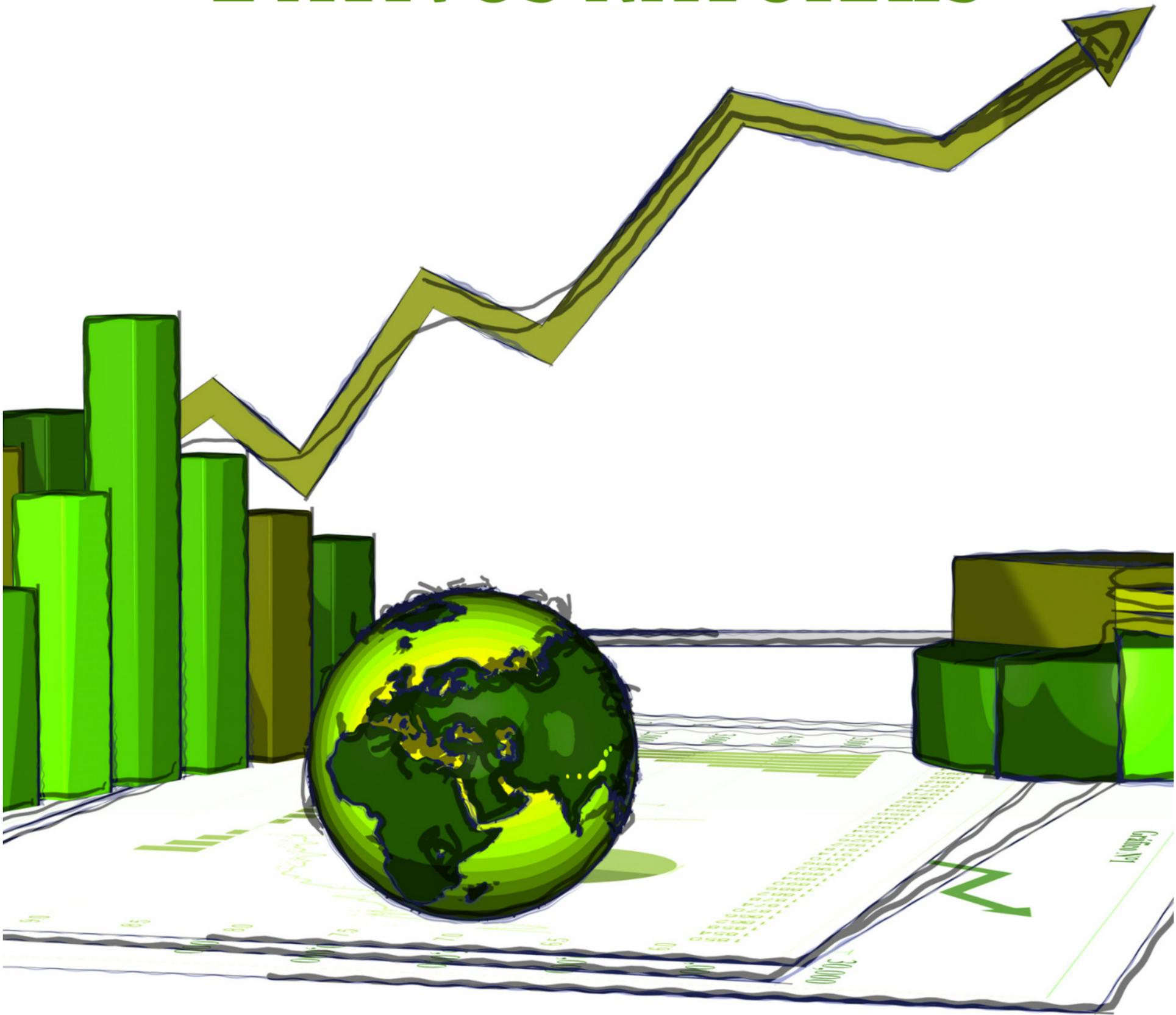


BIOECONOMIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO: MERCADO, EXTERNALIDADES E ATIVOS NATURAIS



ANTÔNIO CORDEIRO DE SANTANA



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Antônio Cordeiro de Santana

Bioeconomia aplicada ao agronegócio: mercado, externalidades e ativos naturais

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S232B Santana, Antônio Cordeiro de / Antônio Cordeiro de Santana, – Piracanjuba-GO
Bioeconomia aplicada ao agronegócio: mercado, externalidades e ativos naturais

Editora Conhecimento Livre, 2020

346 f.: il

DOI: 10.37423/2020.edcl190

ISBN: 978-65-89145-11-0

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. economia-ambiental 2. ,-economia-ecológica 3. ,-agronegócio I. Santana, Antônio Cordeiro de II.
Título

CDU: 330

<https://doi.org/10.37423/2020.edcl190>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

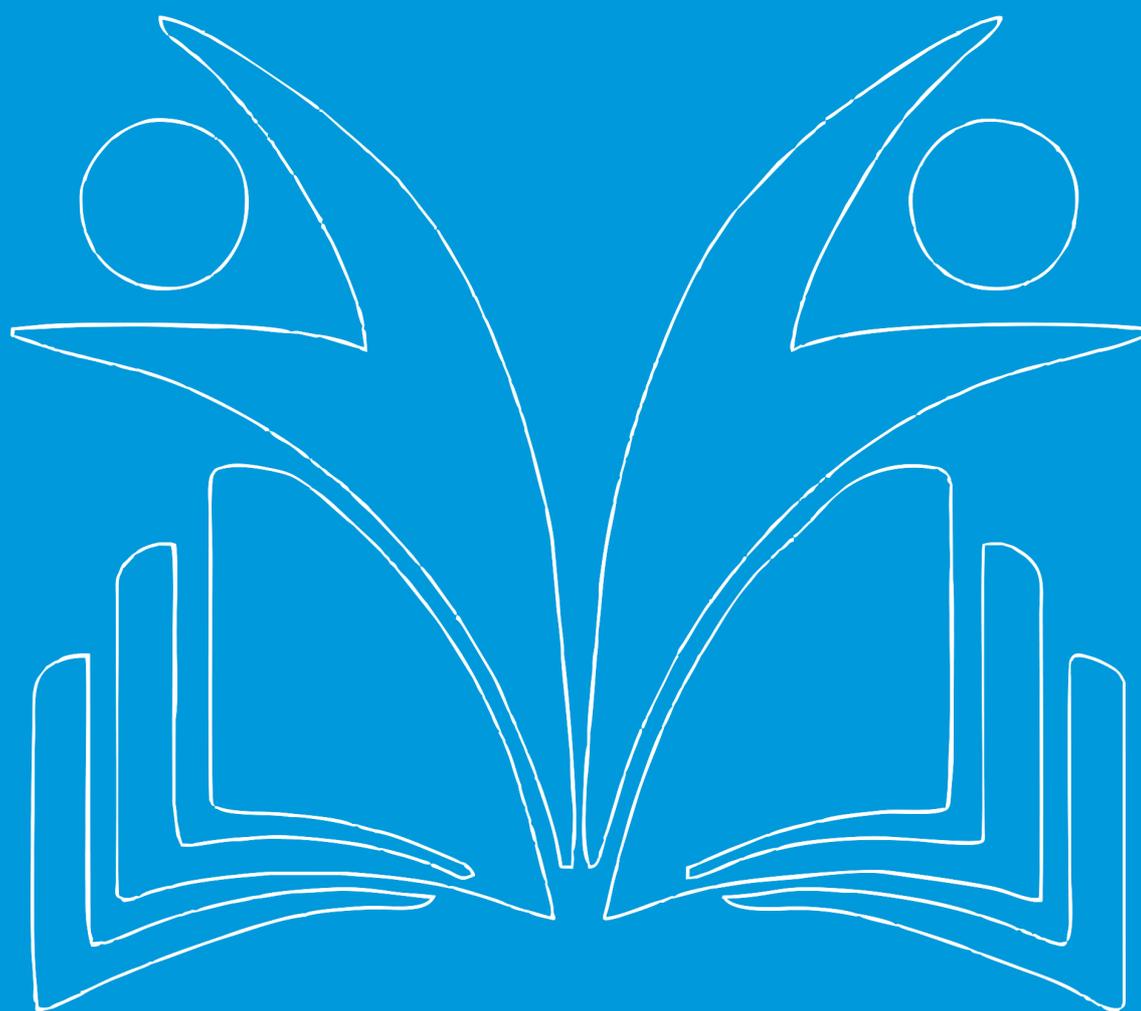
Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2020



10.37423/2020.edcl190



APRESENTAÇÃO DO AUTOR

Antônio Cordeiro de Santana é professor titular da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) desde 1987, possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Ceará (UFC, 1983), mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC, 1987) e doutorado em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1993). Foi agraciado com o prêmio Edson Potsch Magalhães de melhor tese de doutorado do Brasil pela Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER, 1994), com o prêmio Rui Miller Paiva de melhor artigo publicado na Revista de Economia e Sociologia Rural (RER, 1995), com o certificado de Honra ao Mérito pela significativa produção científica e mérito acadêmico em 2009 e 2010 pela UFRA. Foi homenageado pela dedicação e contribuição para a consolidação do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (UFV, 2011), com o Diploma do Mérito pelos relevantes serviços prestados ao sistema Confea/Creas (CREA, 2012) e com o prêmio Professor Samuel Benchimol, em 2017, com o projeto "Valoração ambiental de imóveis rurais na Amazônia, acesso a crédito rural e capitalização do produtor. Na UFRA atua no ensino e orientação nos cursos de graduação (Agronomia, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca, Engenharia Florestal, Medicina Veterinária, Zootecnia e Engenharia Ambiental) e pós-graduação (Mestrado e Doutorado) nos programas de Agronomia (UFRA) e Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (NAEA/UFPA). Foi bolsista de produtividade do CNPq e é líder do grupo de pesquisa "Cadeias Produtivas, Mercados e Desenvolvimento Sustentável". Coordena três projetos de pesquisa e publica artigos científicos, livros e capítulos de livro nas áreas da Economia Agrária e dos Recursos Naturais, Métodos Quantitativos em Economia e Mercados e Comercialização, Organização Industrial e Estudos Industriais, integrando as dimensões da Socioeconomia, Ciências Agrárias e Meio Ambiente, com ênfase nos temas: Desenvolvimento Sustentável na Amazônia, Arranjos Produtivos Locais, Valoração de Recursos Naturais, Governança de Cadeias Produtivas do Agronegócio Regional, Mercado, Comercialização, Análise de Preços e Bioeconomia aplicada ao agronegócio. Foi Pró-reitor de Planejamento e Desenvolvimento Institucional da UFRA no período de agosto de 2013 a julho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal Rural da Amazônia pela liberdade para o desenvolvimento deste e outros trabalhos acadêmicos e de pesquisa científica. Agradeço especialmente ao pronto apoio de Ádina Lima de Santana da University of Nebraska-Lincoln, Food Innovation Center - Lincoln, USA, Ádamo Lima de Santana da Corporate R&D-Headquarters, Fuji Electric - Tokyo, Gilmara Maureline Teles da Silva de Oliveira técnica da UFRA, Marcos Antônio Souza dos Santos professor da UFRA, Andréia Damasceno Costa professora da UFRA, Marcel do Nascimento Botelho professor e reitor da UFRA, Sérgio Castro Gomes professor da UNAMA, Mário Miguel Amin professor da UNAMA e NAEA/UFPA in memoriam, Dilamar Dallemole professor da UFMT, Nilson Luiz Costa professor da UFSM, Fernando Antônio Teixeira Mendes pesquisador da CEPLAC, Wladimir Colman de Azevedo Júnior professor da UFMT, Vanilda Araújo Ferreira professora da SEDUC-PA, Lígia Henriques Begot técnica do GECADS, Vinícius de Campos Paraense professor da UFPA, Éder Silva de Oliveira professor da UEPA, Rubens Cardoso da Silva professor e reitor da UEPA e Mayany Soares Salgado orientada do doutoranda no NAEA/UFPA, na leitura de alguns capítulos do manuscrito e na parceria em publicações de artigos e capítulos de livro.

APRESENTAÇÃO

A sobrevivência da humanidade e a formação da riqueza das nações dependem diretamente dos bens e serviços produzidos pelos ativos naturais como floresta, água, solo e minerais, que dão apoio e sustentação a todas as formas de vida da Terra. Esta afirmação está fundamentada nos estudos das relações sobre a evolução humana e suas relações com a natureza ao longo do tempo.

Com o não reconhecimento da escassez dos recursos naturais como fundamento da Economia Neoclássica, a abundância dos ativos naturais utilizados como insumos na economia, apresenta um custo de oportunidade próximo de zero, por isso o valor de uso socioeconômico dos produtos e serviços ecológicos ofertados aos meios de produção e consumo não é computado. Assim, a exploração dos ativos naturais ainda ocorre sem a preocupação com a capacidade de suporte e de resiliência dos ecossistemas naturais, tornando os estoques remanescentes cada vez mais escassos. Diante dessa escassez de recursos, percebida pelos agentes econômicos e a sociedade, iniciou-se a trajetória de reconhecimento dos benefícios econômicos, sociais e ambientais que os ativos naturais geram para o crescimento econômico e o bem-estar social.

Esta perspectiva evolucionária necessita que todas as atividades de produção, distribuição e consumo incluam os benefícios e custos associados às dimensões econômica, social e ambiental no valor dos bens e serviços fabricados e os ofertados pela natureza. Para isto, deve-se estimar o valor socioeconômico e ambiental dos produtos e serviços ofertados pelos ecossistemas naturais com e sem preço de mercado. Dessa forma, avalia-se a contribuição que estes ativos naturais adicionam ao crescimento da economia e ao bem-estar social, a partir da utilização sustentável e/ou conservação dos recursos naturais.

Com efeito, a crise atual experimentada pela humanidade em relação às questões ambientais está relacionada ao crescimento econômico e às externalidades produzidas pelas empresas e pelos consumidores. Estes fatores definem as dimensões econômicas, sociais e ambientais dos objetivos do desenvolvimento sustentável, cuja interação sistêmica tende a desencadear uma nova trajetória de crescimento econômico capaz de garantir a preservação do meio ambiente e a inclusão social para as gerações presentes e futuras.

Para aumentar o entendimento sobre os ativos naturais, o texto oferece metodologias para a valoração do fluxo de produtos e serviços que os ecossistemas naturais produzem para viabilizar a atividade econômica e melhorar a qualidade de vida das pessoas. Esta relação entre economia e natureza é o campo de ação da **Bioeconomia**, que estuda as interações entre os sistemas econômico e ecológico

em busca de uma evolução integrada e sustentável da produção, consumo e capacidade de suporte na natureza.

O conhecimento do valor socioeconômico e ambiental do fluxo de produtos e serviços ecossistêmicos é a base para a gestão sustentável dos ativos naturais, mediante o pagamento por tais serviços aos produtores rurais e empresas, investimentos na preservação e/ou restauração produtiva dos ecossistemas naturais, assim a recuperação de áreas degradadas com sistemas agroflorestais e silvipastoris. Em sequência, deve-se contribuir para atender aos pleitos judiciais que obrigam o pagamento por danos ambientais, assim como internalizar o custo das externalidades negativas e os benefícios das externalidades positivas geradas pelas atividades produtivas e pelo consumo. Por fim, estimar o valor dos ativos naturais é fundamental para se definir o pagamento por serviços ecossistêmicos aos produtores rurais que preservam os recursos naturais e/ou desenvolvem sistemas de produção sustentáveis, como forma de contribuir para sua capitalização, bem-estar social e desencadear o processo de desenvolvimento local.

Os fundamentos teóricos e metodológicos são internalizados na especificação dos modelos matemáticos e econométricos usados para estimar o valor socioeconômico e ambiental dos produtos e serviços ambientais com e sem preço de mercado. Estes incluem as espécies vegetais e animais desconhecidas, raras e endêmicas, com potencial para manter o equilíbrio da biodiversidade, o bem-estar e os meios de subsistência da humanidade. Estas metodologias visam contribuir para a construção de conhecimento e oferecer diretrizes para viabilizar os empreendimentos sustentáveis dos produtores rurais e dos agentes que operam os demais elos das cadeias de valor. Dessa forma, a valoração dos ativos naturais das áreas de reserva legal, preservação permanentes e de vegetação nativa, que estão definidos no código florestal e mapeados no cadastro ambiental rural, constituem a base para a capitalização dos produtores e desencadear o desenvolvimento a partir do local.

A contribuição do livro está na apresentação clara e didática do conteúdo e na sua evolução por meio do ensinamento sobre como fazer a aplicação passo a passo, envolvendo a formulação, resolução e análise dos problemas econômicos e ambientais apresentados em cada capítulo do livro. A construção de conhecimento inicia com a análise de mercado tradicional e evolui para incorporar os métodos de estimação e análise das equações de oferta e demanda incluindo variáveis quantitativas e qualitativas, avaliação dos efeitos das políticas de imposto e subsídio, preços mínimos e mudanças no clima sobre os preços de equilíbrio, a renda dos produtores, os benefícios dos consumidores e o balanço de ganhos e perdas da integração vertical, por meio de contratos, entre produtores e agroindústrias.

Em seguida, a construção de conhecimentos evolui com a formulação e resolução de problemas sobre a incorporação de externalidades ambientais nos custos de produção e a estimação de danos ambientais causados pela atividade econômica e o consumo, assim como a avaliação de políticas ambientais de comando-e-controle uniformes e de custo-eficiência. Também, aplica-se o método de Coase para a solução negociada do pagamento por danos ambientais, entre as partes envolvidas.

Depois, dedicamos uma análise aplicada aos empreendimentos rurais do agronegócio com forte potencial de desenvolvimento na Amazônia e no Brasil. Nos casos analisados foram incluídos todos os custos explícitos e implícitos, riscos de mercado e do clima, pagamento por serviços ecossistêmicos e uma análise aplicada aos vários sistemas de produção de lavouras temporárias e permanentes, pecuária de corte e de leite, aquicultura, silvicultura, extrativismo de alimentos e sistemas agroflorestais para disponibilizar um conjunto de conhecimentos acerca das alternativas de negócios regionais. Esta é uma característica que diferencia o livro na forma de construir conhecimento com a aplicação dos princípios teóricos a casos reais da bioeconomia da Amazônia e do Brasil.

Outro elemento que faz a diferença neste livro é a apresentação e aplicação de metodologias para estimar do valor socioeconômico e ambiental de ativos naturais e dos serviços ecossistêmicos produzidos nos imóveis rurais. Cada metodologia é descrita e aplicada passo a passo a casos reais da economia rural da Amazônia e de outras regiões do Brasil, para contribuir para formar profissionais aptos a lidar com as questões dessa fronteira que definem o sucesso das atividades do agronegócio pela inclusão social e a sustentabilidade ambiental. Novas formas de estimar o valor da madeira e das árvores em pé são apresentadas, assim como o método integrado de avaliação contingente que faz a ligação entre os ativos naturais e o bem-estar que proporciona às pessoas, individualizando seus efeitos econômicos, sociodemográficos, ambientais e ecológicos.

Uma metodologia específica é apresentada para a construção de indicadores para captar os efeitos diretos e indiretos entre os serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, cultural e formação de ativos naturais sobre o bem-estar social, de acordo com a percepção da população. Um conjunto de questões foi elaborado para a análise de relações entre o serviço ecossistêmico, o grau de benefício e a atribuição de valor. Com isto, faz-se a conexão entre o serviço e o bem-estar de forma direta. Em seguida, aplica-se a análise fatorial para identificar as dimensões latentes dos serviços ecossistêmicos e as contribuições percentuais de dado fator, dadas pela parcela da variância total dos dados explicada por cada fator extraído. O passo final é construir o indicador que vai representar o comportamento da dimensão ambiental e que deve ser introduzida como variável explicativa no modelo econométrico de demanda pelos serviços ecossistêmicos.

No último capítulo, apresenta-se um modelo de investimento para a restauração produtiva de ativos naturais e o negociação de títulos verdes e dos serviços ambientais para apoiar o desenho de uma política pública para orientar e viabilizar a preservação dos ecossistemas naturais, pagamento pelos serviços ecossistêmicos, ter acesso a crédito, contribuir para capitalizar os produtores rurais e beneficiar os empreendedores que utilizam boas práticas de comercialização dos produtos.

O livro apresenta metodologias para análise de mercado e de investimentos em atividades com potencial de desenvolvimento econômico, inclusão das comunidades locais e adoção de boas práticas de produção sustentáveis. As análises incluem os custos de oportunidade dos ativos naturais (terra, água e floresta) como uma forma de utilizar os recursos naturais de forma sustentável e produzir para alcançar o equilíbrio de eficiência social para os mercados de produtos e insumos. Desta forma, contribui-se para corrigir os vieses produzidos pela superexploração dos ativos naturais.

Sumário

ENTRE BIOECONOMIA E AGRONEGÓCIO.....	13
BIOECONOMIA E AGRONEGÓCIO.....	17
CONSIDERAÇÃO FINAL.....	19
CAPÍTULO 1: ESTUDO DE MERCADO	20
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 A DEMANDA	22
1.2.1 MODELO GERAL DE DEMANDA	23
1.3 A OFERTA.....	27
1.3.1 MODELO GERAL DE OFERTA.....	29
1.4 EQUILÍBRIO DE MERCADO.....	34
1.4.1 EQUILÍBRIO DE MERCADO E BEM-ESTAR.....	36
1.4.2 CÁLCULO DOS EXCEDENTES USANDO INTEGRAL	39
1.4.3 EFEITO DE IMPOSTO E SUBSÍDIO NA PRODUÇÃO	40
1.5 ELASTICIDADES DA DEMANDA E DA OFERTA	46
1.5.1 ELASTICIDADE-PREÇO	47
1.5.2 ELASTICIDADES RENDA E CRUZADA	50
1.5.3 ELASTICIDADE-CUSTO DA OFERTA.....	52
1.5.4 RELAÇÃO ENTRE ELASTICIDADE E RECEITA.....	54
1.6 ESTUDO ECONOMÉTRICO DE MERCADO	59
1.6.1 MODELO GERAL DE DEMANDA	64
1.6.2 MODELO GERAL DE OFERTA.....	66
1.7 ANÁLISE DE TENDÊNCIA DOS MERCADOS	68
1.8 ANÁLISE DE CONJUNTURA	73
1.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM	76
ANEXO: QUESTIONÁRIO PARA DEMANDA DE PRODUTOS	93
CAPÍTULO 2: EXTERNALIDADES AMBIENTAIS	96

2.1 INTRODUÇÃO.....	96
2.2 EXTERNALIDADE NEGATIVA	98
ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	106
2.3 EXTERNALIDADE POSITIVA.....	107
2.4 TEOREMA DE COASE E EXTERNALIDADE	112
2.6 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL.....	117
2.6.1 PGPM-BIO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	122
1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM	128
CAPÍTULO 3: ECONOMIA DA PRODUÇÃO E CUSTO.....	136
AMBIENTE DA EMPRESA RURAL	136
3.1 INTRODUÇÃO.....	138
3.2 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO.....	140
3.2.1 EFICIÊNCIA E TOMADA DE DECISÃO	145
3.2.1.1 DEMANDA DO FATOR DE PRODUÇÃO	148
3.3 CUSTO DE PRODUÇÃO	150
3.3.1 CUSTOS MÉDIOS E MARGINAIS DE PRODUÇÃO.....	153
3.3.2 RELAÇÃO ENTRE RECEITA E CUSTO	155
3.3.2.1 OFERTA DA EMPRESA.....	158
3.4.1 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CICLO CURTO	162
3.4.1.1 PRODUÇÃO DE SOJA	163
3.4.2.1 PRODUÇÃO DE CAFÉ CONILLON	170
3.4.2.2 PRODUÇÃO DE CACAU	176
3.4.3 EFICIÊNCIA DA PECUÁRIA E PISCICULTURA.....	182
3.4.3.2 PRODUÇÃO DE BEZERROS	185
3.4.3.3 PRODUÇÃO DE TILÁPIA	187
3.4.4 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO EXTRATIVISTA	190
3.4.5 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA	194
3.4.6 EFICIÊNCIA DE SAF IRRIGADO.....	197

3.5 VISÃO SISTÊMICA DA PRODUÇÃO E CUSTO.....	210
3.5.1 INDICATIVOS PARA AS DECISÕES	213
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM	215
CAPÍTULO 4: VALORAÇÃO DE ATIVOS NATURAIS.....	225
4.1 INTRODUÇÃO.....	226
4.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE VALORAÇÃO	231
4.3 IMPACTOS DO CLIMA NA RENDA E BEM-ESTAR	235
4.4.1 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS	243
4.5 VALORAÇÃO DE ATIVOS SEM PREÇO DE MERCADO	247
4.5.1 APLICAÇÃO DO MIAC	252
4.5.2 APLICAÇÃO DA DAR	255
4.5.3 APLICAÇÃO DA DAP	256
4.6 ENTENDENDO ATIVOS NATURAIS E SEU VALOR	257
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM	259
CAPÍTULO 5: INDICADORES DE SERVIÇOS AMBIENTAIS.....	267
5.1 INTRODUÇÃO.....	269
5.2 DIMENSÃO AMBIENTAL	270
5.2.1 VARIÁVEIS DA DIMENSÃO AMBIENTAL	274
5.2.2 PASSO A PASSO DA CONSTRUÇÃO DE INDICADOR.....	277
5.2.3 PASSO A PASSO DA AF NO SPSS	281
5.3 ESPECIFICAÇÃO ECONOMETRICA DO MIAC	282
5.3.1 PASSO A PASSO NO EViews.....	287
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	288
EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM	288
CAPÍTULO 6: INVESTIMENTO EM ATIVOS NATURAIS	293
6.1 INTRODUÇÃO.....	293
6.2 ESTUDO DE CASO	296
6.2.3 ORGANIZAÇÃO INTEGRADORA (OI).....	299
6.2.4 RETORNO DO INVESTIMENTO NO ATIVO (RIA).....	300

6.4 RETORNO DO INVESTIMENTO DE ATIVOS NATURAIS	304
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	308
GLOSSÁRIO	309
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	318

ENTRE BIOECONOMIA E AGRONEGÓCIO

A relação entre a Economia e a Ecologia já nasceu com a etimologia das palavras: Economia significa o estudo da casa da sociedade e Ecologia significa o estudo da casa da natureza. Assim, a **Economia Ecológica**, ou **Bioeconomia**, que integra as duas palavras, estuda as relações entre os sistemas econômico e ecológico e os meios para garantir que o desenvolvimento social e econômico possa evoluir de forma sustentável com a utilização dos recursos naturais disponíveis. Portanto, configura um campo de estudo transdisciplinar, que reconhece a interdependência entre o sistema econômico e os ecossistemas naturais em processo coevolutivo de desenvolvimento.

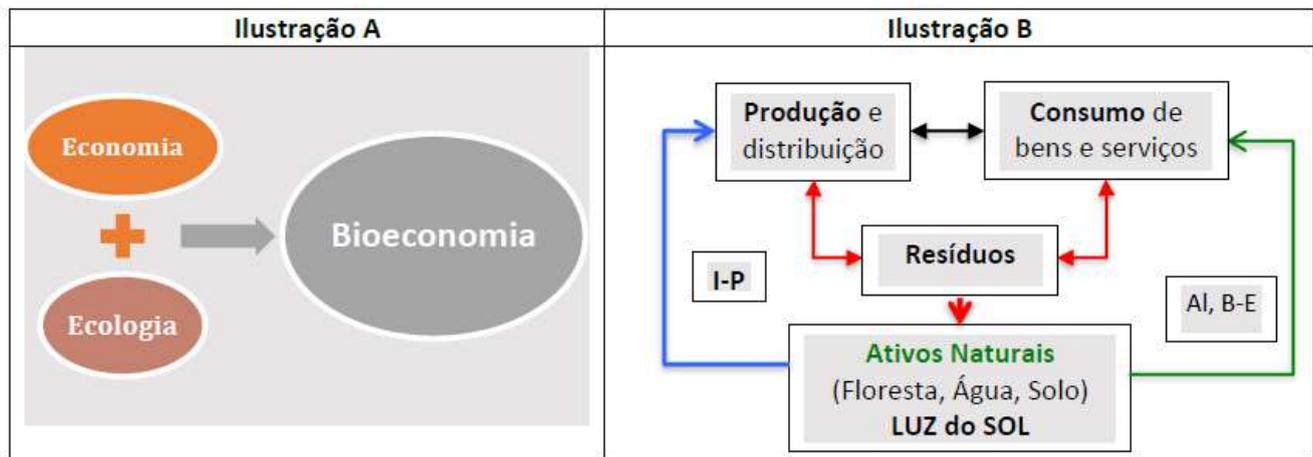
Assim, pode-se definir **Bioeconomia** como a ciência que estuda a alocação de recursos escassos dos sistemas econômico e ecológico em atividades produtivas, mantendo a capacidade de suporte dos ecossistemas naturais e impondo limites ao crescimento econômico, para satisfazer de forma adequada as necessidades das gerações humanas presentes e futuras.

Na ilustração A da Figura 1, a **Bioeconomia** é a soma das interações dinâmicas e coevolutivas entre os sistemas econômico e ecológico. Nesta visão, a coevolução dos sistemas deve avançar até os limites que permitem convergir para manter o equilíbrio estável da atividade econômica com inclusão social e sustentabilidade ambiental, ao longo do tempo.

Como se configura esta análise integrada entre economia e ecologia? Parte-se do princípio de que não existe atividade econômica e consumo sem o fornecimento dos produtos e serviços pela natureza e sem a função de absorver e processar os resíduos produzidos por empresas e famílias.

Como ocorre a interação entre o sistema econômico e o sistema ecológico? A partida é dada pela natureza, em que os **ativos naturais** (floresta, água e solo) geram riquezas na forma de alimento, matéria-prima, água e os serviços ecossistêmicos que viabilizam as atividades econômicas, o bem-estar social e asseguram os meios de sobrevivência das pessoas, ao longo do tempo. Assim, a partir da luz solar, a água, o substrato e a fertilidade do solo, tem-se o desenvolvimento das florestas, lavouras e animais que formam a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas naturais e artificiais. A partir dessa dinâmica, os ativos naturais fornecem produtos e serviços de valor econômico, social e ambiental para o crescimento econômico e a vida na Terra.

Figura 1. Ilustração do conceito de Bioeconomia e da interação entre economia e a natureza.



Fonte: Elaboração própria. I-P = Insumos e produtos primários, Al = alimentos, B-E = bem-estar social.

A dimensão econômica vem dos alimentos, matérias-primas, água potável e para irrigação e a produção de energia, que viabilizam o crescimento da atividade produtiva. A dimensão social vem dos serviços de conforto térmico, lazer, saúde mental e bem-estar proporcionado pelas belezas cênicas, o conhecimento da biodiversidade e a ocupação de mão de obra utilizada na conservação da natureza e nas redes de atividades conectadas. A dimensão ambiental é configurada pela interação dinâmica da biodiversidade para manter os ecossistemas na sua dinâmica evolutiva e de regulação do clima, dos gases de efeito estufa, da água e das chuvas, dos nutrientes e a fertilidade dos solos.

Portanto, os ativos naturais representam a condição necessária e suficiente para alavancar o crescimento da economia, com inclusão social, distribuição de renda e a utilização sustentável dos ecossistemas naturais, assim como garantir os meios de suprimento e qualidade de vida das populações atuais e futuras.

Na ilustração B da Figura 1, os **ativos naturais** ao receberem a energia do Sol e a água da chuva, realizam todas as funções ecossistêmicas e fornecem a matéria-prima e produtos para o desenvolvimento da atividade econômica que, por sua vez, gera bens e serviços e os distribui para o consumo das famílias. O vínculo com as famílias é feito com a natureza fornecendo alimentos e bem-estar para a humanidade.

A exploração dos ativos naturais para obter os produtos e serviços é objeto de estudo da **Economia dos Recursos Naturais**, que se preocupa em otimizar a extração dos recursos sujeito à sua capacidade de suporte dos ecossistemas naturais e da evolução da produção de bens manufaturados substitutos, via domesticação das espécies vegetais e animais de interesse para a atividade econômica e o consumo. Todavia, como se desconhece o custo de oportunidade dos recursos, sobretudo daqueles

que não têm preço de mercado, o ótimo técnico da exploração ocorre em um nível de uso superior ao nível de produção sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental. Por isso, muitas espécies florestais e animais foram extintas e outras estão ameaçadas de extinção, assim como os cursos d'água secam pela irrigação ineficiente, uma parcela dos solos é degradada e outra parte vira deserto pela salinização e erosão.

A contrapartida das atividades de produção, distribuição e consumo para a natureza é dada pelos resíduos que, após a parcela que é reciclada e reutilizada, são lançados no meio ambiente para que realize a absorção e o processamento. O ponto é que na exploração dos recursos naturais para a obtenção dos insumos e produtos utilizados na atividade econômica, uma parcela é destruída e outra é desperdiçada como resíduo, modificando a estrutura dos ecossistemas. Adicionalmente, a distribuição dos produtos pelos diversos meios de transporte, assim como o descarte de resíduos da produção industrial, distribuição e consumo causam desequilíbrios nos ecossistemas ao comprometer a capacidade de processamento e de absorção por parte da natureza de tais resíduos que poluem o ar, a água e o solo e põe em risco a vida na Terra.

A diminuição e adequação do volume de resíduos lançados ao meio ambiente, por meio do uso de tecnologias e inovações que visam diminuir o resíduo gerado pelos processos industriais e pelo consumo humano e animal é o objeto de estudo da **Economia Circular**. Este ramo da Bioeconomia, visa minimizar o impacto do ser humano na natureza por meio do reaproveitamento (remanufatura, remontagem, reuso e updating) e reciclagem dos resíduos produzidos pela atividade econômica, com a coleta e distribuição viabilizada pela logística reversa.

A produção de resíduos e a poluição da água, ar e solo pelas atividades econômicas e o consumo humano, é o foco da **Economia Ambiental**, que estuda os impactos dos resíduos lançados no meio ambiente em montante além da capacidade de processamento dos ecossistemas. Isto gera externalidades ambientais negativas ao causar a destruição dos recursos naturais. Desta forma, criam-se desequilíbrios entre a ação antrópica e a natureza, aumentando poluição do ar por meio das emissões de gases e da água pelo lançamento de esgotos, derramamento de óleo em acidentes com navios petroleiros, rompimento de barragens com rejeitos de mineração, contaminação com metais pesados pela ação dos garimpos, compactação de solo pelo uso de máquinas, assoreamento de rios e igarapés por erosão, contaminação do lençol freático com resíduos de agrotóxicos etc. Isto reduz o fluxo de produtos e serviços ecossistêmicos, que são a fonte da sobrevivência e do bem-estar social.

A **Bioeconomia** atua para equilibrar os fluxos de oferta e demanda por insumos, produtos e bem-estar entre a natureza e a sociedade, assim como o fluxo de resíduos que impacta a capacidade de absorção

e processamento pela natureza. Nesta perspectiva, a atividade econômica não deve extrair insumos e produtos além da capacidade de suprimento dos ativos naturais, para não alterar as dinâmicas das funções dos ecossistemas terrestres e aquáticos que produzem os alimentos e as amenidades que, por sua vez, se traduzem em bem-estar para a população humana. Igualmente, o fluxo de resíduos deve ser menor ou igual à capacidade de suporte dos recursos naturais. O desequilíbrio destes sistemas afeta a qualidade do ar, da água e do solo, a ponto de comprometer a sobrevivência das espécies humanas, animais e vegetais da Terra.

Diante da barreira imposta pela exploração dos recursos naturais e produção de lixo, deve-se avançar com o desenvolvimento de tecnologias e inovações de processo, produto e gestão das atividades econômicas e de consumo para que incorporem na contabilidade os custos e os benefícios dessas externalidades ambientais. Isto deve ser aplicado por meio dos sistemas com maiores produtividades dos fatores, inclusão social e menor impacto ambiental.

Com efeito, deve-se estimar o valor socioeconômico e ambiental dos ativos naturais para orientar as escolhas e as decisões dos agentes econômicos interessados em fazer investimentos nas atividades produtivas e na restauração e/ou conservação desses ativos naturais nos imóveis rurais, onde as atividades agrícolas, pecuárias e extrativistas ocorrem. Com isto, faz-se o nexo entre a bioeconomia e as cadeias de valor que compõem o agronegócio da Amazônia, do Brasil e do mundo.

Este conjunto de atividades relacionadas à Bioeconomia, embora ainda não se disponha de dados sistematizados, pode representar mais de 20% do PIB brasileiro, tendo o Agronegócio, que contempla as atividades de produção rural, as empresas que fornecem insumos, tecnologias e serviços para as unidades produtivas, as empresas que beneficiam, armazenam e transportam os produtos e as empresas dos mercados atacadistas e varejistas, que distribuem os produtos para os consumidores nacionais e internacionais, uma ampla participação na economia brasileira e global. As atividades do agronegócio concentram os avanços científicos e tecnológicos aplicados na produção de alimentos funcionais, sistema agropecuários de baixo carbono, bioprodutos, energias renováveis, biorrefinarias, biotecnologias, biopesticidas, bioinsumo, biofármacos e outras tecnologias e inovações utilizadas no manejo sustentável da biodiversidade dos seis biomas brasileiros. Estes biomas concentram biomassa, água potável, solos férteis e climas favoráveis, e que conferem grande diferencial competitivo para os sistemas agrícolas, pecuário, florestal, pesca e aquicultura.

BIOECONOMIA E AGRONEGÓCIO

A Bioeconomia aplicada ao agronegócio estuda a eficiência socioeconômica e ambiental dos sistemas de produção, contemplando os problemas contemporâneos das mudanças climáticas, crises econômicas globais que envolve pobreza e fome, desmatamento e queima de ecossistemas naturais, substituição de energias fósseis, para melhorar a qualidade de vida das pessoas. Este é o contexto moderno e atual da abordagem deste livro, que faz a aplicação deste conhecimento a casos reais da economia brasileira e formação de capital humano capaz de contribuir para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

O **Agronegócio** é a principal e mais dinâmica atividade socioeconômica e ambiental do Brasil. Em 2019, respondeu por 21,4% do Produto Interno Bruto (PIB), por mais de 17,8 milhões de empregos e por mais de 11 bilhões com a preservação do meio ambiente no Brasil. O segmento de produção agropecuária do agronegócio depende dos insumos e produtos ofertados pela natureza, cujo processo inicia com o solo absorvendo a luz do Sol e armazenando água, fornecendo o substrato para o suporte das plantas, os nutrientes e os demais serviços como a polinização e a regulação do climática de que as plantas necessitam para se desenvolverem.

No estado do Pará, os sistemas diversificados de produção da agricultura familiar têm as lavouras de mandioca, cacau, pimenta-do-reino e açaí como produtos principais geradoras de alimentos, renda e ocupação de mão de obra. Estas lavouras são importantes para ampliar a ocupação de mão de obra local, a arrecadação de tributos sobre os produtos, o uso de insumos e o abastecimento dos mercados, assim como para viabilizar a agregação de valor aos produtos via processamento industrial e gerar divisas com as exportações dos produtos.

Contudo, esses sistemas de produção, em função da pressão da urbanização e dos mercados internacionais de commodities, avançam sobre os recursos naturais e causam externalidades por meio da degradação do solo, desmatamento da floresta e poluição do ar e da água, cujos danos ambientais devem ser incorporados nos preços de mercado desses produtos. Além disso, tais sistemas devem incorporar novas tecnologias e inovações de maior produtividade e sustentáveis para reduzir os impactos ambientais.

A soja, sempre cultivada em monocultivo, já é a principal lavoura temporária em valor bruto da produção e em arrecadação de impostos sobre combustíveis e transporte no estado do Pará. Ela pode integrar o sistema de lavoura, pecuária e floresta, contribuir para aumentar a produtividade da pecuária e reduzir o desmatamento e o uso do fogo na implantação e manejo das pastagens. A pecuária é a principal atividade econômica do estado do Pará em termos de valor bruto da produção, impostos

e exportações de carne para outras regiões do Brasil e mercados internacionais. Todavia, a produtividade ainda é baixa e o impacto ambiental é alto por praticar o desmatamento e queima da floresta para a implantação de pastos e degradas o solo.

A partir da valoração dos ativos naturais dos imóveis rurais, o investimento em biotecnologias e inovações de maior produtividade, pode viabilizar a restauração das áreas com pastagens degradadas, por meio de sistemas agroflorestais, silvipastoris e agrossilvipastoris, além de conservar as áreas de vegetação nativa. Assim, a pecuária de corte e/ou de leite (bovinos e bubalinos) pode contribuir para capitalizar os pequenos produtores, incluir mão de obra, adicionar valor aos produtos e melhorar a qualidade de vida da população local.

Da mesma forma, a agricultura familiar também pode ser viabilizada com a implantação de sistemas agroflorestais e sistemas de produção combinando lavouras temporárias e permanentes, certificando os produtos por origem geográfica, acessando a assistência técnica para orientar o uso das boas práticas de produção e a rastreabilidade, que inclui: a identificação e origem do produto a ser comercializado, uma caderneta de campo para anotar informações, a nota fiscal ou equivalente e o código de barras. Com isto, estruturam-se as cadeias de valor de forma inclusiva e sustentável para os produtos da agricultura, pecuária, pesca e extrativismo da Amazônia, facilitando a conexão com as cadeias globais de alimentos.

As atividades do extrativismo de madeira, de alimentos e da pesca, assim como a produção da agricultura familiar dos assentamentos da reforma agrária não garantem a sobrevivência das famílias, fato que contribui para a exploração dos recursos naturais de forma inadequada, com forte ameaça à sustentabilidade desses ativos naturais. Este ponto exige aumento da capacidade de gestão dos produtores para a utilização de boas práticas de produção e comercialização, manejo e conservação dos recursos naturais, em combinação com a estimativa do valor da natureza para orientar as decisões dos agentes econômicos locais e viabilizar o acesso a crédito.

Neste contexto, a **Bioeconomia** adiciona às análises tradicionais da Economia Neoclássica e da Ecologia, as variáveis que estão associadas ao comportamento e percepção das pessoas sobre produtos agroecológicos, serviços ecossistêmicos, tecnologias sustentáveis, riscos climáticos, danos ambientais, valor de ativos naturais, eficiência e eficácia das políticas públicas orientadas para os produtos da sociobiodiversidade e da governança das cadeias de valor inclusivas e sustentáveis. Esta abordagem torna o texto diferente dos demais livros-texto sobre o tema, ao construir conhecimento para uma análise sistêmica dos produtos e dos empreendimentos do agronegócio brasileiro, com foco nas cadeias de suprimento com potencial de desenvolvimento na Amazônia.

Estes conteúdos são abordados de forma simples, com aplicações a casos reais da economia regional, iniciando pelo entendimento do mercado de bens e serviços do agronegócio, avançando na análise de viabilidade e eficiência econômica dos negócios rurais com potencial de desenvolvimento na Amazônia e no Brasil. Em seguida, faz-se a análise das externalidades ambientais negativas e positivas e os métodos para incorporá-las aos preços e avaliar os efeitos sobre os benefícios e custos para os produtores e consumidores. Depois, apresenta-se um conjunto de metodologias para valorar os ativos naturais com e sem preço de mercado, a construção de indicadores de produtos e serviços ecossistêmicos e finaliza com uma proposta de política pública para a capitalização dos produtores rurais e a conservação dos ativos naturais.

CONSIDERAÇÃO FINAL

O conteúdo deste livro permite que o leitor trafegue na bissetriz do mix de teorias acerca do desenvolvimento regional, uma vez que ao incluir a dimensão ambiental como fundamento de análise dos sistemas de produção, naturalmente os limites são impostos à mobilidade de capital e trabalho. A razão é que as funções de produção são diferentes, uma vez que as tecnologias, inovações, capacidade de gestão e empreendedorismo dos agentes locais também são diferentes.

Por sua vez, os ativos naturais são o fio condutor para o desenvolvimento sustentável, pelo real potencial para garantir o acesso ao crédito e ter a liberdade de fazer escolhas de investimento em boas práticas de produção em atividades rurais alternativas. Com isto, pode-se estruturar a rede de encadeamentos produtivos para trás e para frente e aumentar a eficiência econômica e a dinâmica competitiva das cadeias de suprimento regionais.

Este conteúdo muda por completo a análise tradicional de alocação de recursos em atividades alternativas rurais. A inclusão das externalidades negativas e positivas nos custos e benefícios da produção, assim como o custo de oportunidade dos ativos naturais, do capital próprio e do serviço de gestão do produtor, impõe limite ao nível de produção que configura a escala ótima para os empreendimentos rurais.

Este conteúdo, especialmente direcionado para os estudantes e profissionais interessados no estudo da integração entre o agronegócio e o meio ambiente, propõe a utilização dos ativos naturais existentes nos imóveis rurais na forma de títulos verdes e serviços ecossistêmicos como garantia para o acesso a crédito e a pagamento pelo uso racional e pela preservação de tais ativos.

CAPÍTULO 1: ESTUDO DE MERCADO

Este capítulo trata dos conceitos, aplicações e análise de mercado dos principais produtos da agricultura, pecuária, pesca e extrativismo da Amazônia e do Brasil. Tais produtos são negociados em mercados que operam sob os pressupostos da concorrência perfeita, no meio rural; e no ambiente industrial, operam em concorrência imperfeita. As abordagens iniciam com as definições básicas e vai evoluindo para análises intermediárias e, em alguns pontos, salta para níveis avançados e atualizados na aplicação dos fundamentos da Economia Ecológica, ou Bioeconomia, ao mundo real. Desta forma, é possível mostrar que os conceitos teóricos clássicos e atuais podem ser aplicados a casos reais da bioeconomia rural e agroindustrial da Amazônia e do Brasil.



Foto: Mercado livre.

1.1 INTRODUÇÃO

As falhas de mercado, causadas pelas ações do governo e/ou por externalidades ambientais, são geradas por atividades econômicas de produção e de consumo. Isto quer dizer que a tomada de decisões públicas e/ou privadas com eficiência e eficácia, necessitam de conhecimento teórico e prático sobre o funcionamento do mercado em interação com o meio ambiente, na ótica da análise bioeconômica. A noção básica de eficiência e eficácia refere-se ao benefício-custo de explorar ou preservar uma unidade adicional de um recurso natural escasso.

A concepção mais generalizada de que o máximo de eficiência e eficácia é obtido quando se atinge o ótimo de Pareto, que é a situação na qual uma alocação adicional de recursos não aumenta o bem-estar de uma pessoa sem reduzir o benefício das demais. Para isto, o mercado operando em

concorrência perfeita é a base para a análise dos efeitos de falhas de mercado, de externalidades e da valoração de produtos e serviços da natureza, na perspectiva de se obter resultados que levem a uma maior eficiência no uso dos ativos naturais para o desenvolvimento sustentável.

O estudo de mercado inicia com a análise de um produto específico que está sendo comprado e vendido (açai, cacau, carne, farinha, leite, peixe) em dado local (feira, supermercado, açougue, cidade), em um ponto no tempo (dia, mês). Em princípio, os compradores devem encontrar os vendedores nesses locais sem custo adicional para realizarem as transações de compra e venda.

Na prática, os mercados tendem a ser definidos de modo mais abrangente. Podem ser ampliados em termos da variedade de produtos (frutos, carnes, cereais, bens duráveis), de local (estado, país, continente, mundo, Internet), ou período do tempo (dia, mês, anos, décadas). Com essa abrangência, os pressupostos do mercado tendem a ser menos plausíveis de verificação. Por isso, no âmbito deste livro, as análises abrangem mercados de produtos específicos e suas conexões com outros produtos relacionados ao consumo e/ou à produção.

Conceitualmente, o mercado é determinado pela interação potencial de vendas e compras estabelecidas entre produtores e consumidores. Estas interações podem ocorrer simultaneamente em muitos locais físicos e na Internet. Os resultados destas interações configuram as duas principais forças do mercado: a **oferta**, representada pelos produtores, e a **demand**, configurada pelos consumidores. A funcionalidade dessas forças em mercados de concorrência perfeita, no contexto da análise bioeconômica, pode ser estabelecida pelas seguintes premissas básicas:

- a) Mercado atomizado com grande número de produtores e de consumidores sem que a decisão individual de qualquer um deles tenha influência significativa sobre os preços de mercado, ou seja, a produção ofertada por um produtor de leite ou de feijão não alteram o preço de mercado;
- b) Os produtos ofertados e demandados são idênticos do ponto de vista do consumidor, ou seja, os produtos agrícolas farinha, milho, feijão, carne são considerados homogêneos;
- c) Ausência de barreiras à entrada e à saída de produtores e consumidores do mercado, ou seja, qualquer pessoa pode iniciar livremente a produção de leite ou de qualquer outro produto agrícola;
- d) Informação perfeita sobre o preço dos produtos no mercado local;
- e) Ausência de externalidades ambientais e/ou de falhas de mercado.

Neste contexto, o produtor toma como dado para o seu produto o preço de mercado, ou seja, é um tomador de preço por seguir o comportamento do mercado. Quando a demanda pelo produto se

igual a oferta, o preço resultante, ou preço de equilíbrio do mercado, define a situação de máximo lucro para o produtor e de máximo benefício ou bem-estar social para o consumidor. Portanto, a descrição operacional desse mercado e a inclusão dos custos externos, iniciam pela análise da demanda, oferta e suas interações estáticas e dinâmicas na definição dos preços de mercado.

1.2 A DEMANDA

A **demanda** é definida pelas quantidades de um bem ou serviço que os consumidores desejam e podem comprar, aos preços de mercado, em dado período, *ceteris paribus*. O termo *ceteris paribus* quer dizer que “tudo o mais permanece constante”, ou seja, todas as demais variáveis que não estão em análise são consideradas constantes. A demanda, portanto, é o desejo de comprar e não uma aquisição real. A demanda é individual quando se refere às compras de apenas um consumidor. Quando contempla todos os consumidores, tem-se a demanda de mercado ou demanda agregada.

O ponto mais importante dessa definição é que a demanda representa a relação de todas as combinações entre quantidade e preço dos bens. A diferentes preços, diferentes quantidades podem ser demandadas. Então, a demanda é um conjunto dessas possíveis combinações entre quantidades e preços. Portanto, é um conceito bidimensional, em que as duas dimensões são: quantidade e preço, ou seja, a relação entre as duas dimensões. Por outro lado, a quantidade demandada e o preço são conceitos unidimensionais.

A demanda pode ser representada por uma tabela de dados sobre quantidade e preço, por um gráfico e/ou por uma equação matemática. Vamos iniciar com a apresentação dos dados em tabela e depois evolui para o modelo geral de demanda.

O esquema de demanda da Tabela 1.1 é definido sob a condição *ceteris paribus*, dado que as demais variáveis que influenciam a demanda foram mantidas constantes. Tem-se apenas a relação de combinações de quantidade e preço. No caso, trabalha-se com o produto leite in natura demandado por uma família típica do meio rural. Portanto, trata-se de uma demanda individual. Assumindo que o mercado tem 200 consumidores, a quantidade de leite demandada pelo mercado é a soma das 200 famílias.

Na Tabela 1.1, a combinação entre preço e quantidade do ponto A, representa a quantidade máxima de leite que o consumidor deseja e pode comprar para atender às suas necessidades de consumo. Esta quantidade é de 30 litros para cada consumidor e de 6.000 litros para o mercado. Isto só acontece com o preço igual a zero. No ponto H, tem-se o outro extremo. Ao preço de R\$ 12,00/litro ninguém compraria o produto. Logo não existiria demanda. Entre estes dois pontos, o consumidor vai ajustando

sua necessidade de compra aos preços do produto. No ponto D, ao preço de R\$ 4,00/litro, o consumidor demandaria 20 litros. No ponto F, ao preço de R\$ 8,00/litro, a quantidade demandada seria de 10 litros. Portanto, há uma correlação inversa entre o preço e a quantidade de leite. No geral, tem-se que o conjunto de todas as combinações gera uma relação de demanda entre as variáveis quantidade e preço. Preços mais altos estão associados a quantidades menores e vice-versa.

Tabela 1.1 Esquema de demanda de leite.

Quantidade (litro)		Preço (R\$/litro)	Ponto
Individual	Mercado		
30	6.000	0	A
27,5	5.500	1	B
25	5.000	2	C
20	4.000	4	D
15	3.000	6	E
10	2.000	8	F
5	1.000	10	G
0	0	12	H

Fonte: Notas de aula do autor.

1.2.1 MODELO GERAL DE DEMANDA

A especificação matemática do modelo geral a demanda individual por um dado bem ou serviço X é dada por:

$$Q_{dx} = f(P_x | R, P_y, H, E, V_a, I_g)$$

Em que: Q_{dx} é a quantidade demandada do bem X, que pode ser um produto da agropecuária, pesca, extrativismo etc.; P_x é o preço de mercado do bem X; a | separa a variável preço das demais variáveis que influenciam a demanda e são mantidas na condição *ceteris paribus*; R é a renda *per capita* do consumidor; P_y é o preço deflacionado do produto Y, que pode ser substituto – um produto que pode substituir outro no consumo e manter o mesmo nível de satisfação, ou complementar – um produto que complementa o outro na satisfação de consumo de X; H é a taxa de crescimento da população; E é a expectativa do consumidor sobre como a economia e as políticas públicas se comportam; V_a é um vetor de variáveis associadas a qualidade sanitária, produtos agroecológicos e orgânicos, informação de origem sobre as práticas sustentáveis utilizadas; e I_g é o grau de integração global das economias.

A hipótese que fundamenta a correlação inversa entre quantidade demandada e preço é definida na **Lei da Demanda**, ao estabelecer que as quantidades demandadas de um bem ou serviço (Q_{dx}) tendem a variar inversamente a seus preços (P_x), mantendo constante a influência das demais variáveis que explicam a demanda.

No argumento da função, a **Lei da Demanda** explica a correlação negativa entre a quantidade e o preço de um bem X. Então, as alterações nos preços de X geram alterações no sentido inverso nas quantidades demandadas de X. Assim, um preço alto está associado a uma quantidade baixa e um preço baixo a uma quantidade alta, definindo uma mesma curva de demanda. Portanto, mudança no preço produz deslocamentos de posição das combinações (preço e quantidade), ao longo da curva de demanda.

A expressão matemática da demanda linear é dada por:

$$Q_{dx} = a + bP_x; b < 0$$

Em que Q_{dx} é a quantidade demandada do bem X, P_x é o preço do bem X, a é a média da quantidade para o preço igual a zero e b é a mudança na quantidade demandada para variações unitárias no preço. A demanda de mercado pode ser escrita como a seguir:

$$Q_{dxi} = \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{xi})$$

Em que Q_{dxi} é a quantidade demandada do bem X pelo consumidor i , P_{xi} é o preço do bem X, pago pelo consumidor i , N é o número de consumidores, a_i é a constante e b_i a inclinação da demanda do consumidor i .

A demanda individual ou agregada também pode ser apresentada na forma inversa, fazendo o preço como função da quantidade, da seguinte forma:

$$bP_x = -a + Q_x; P_x = (-a/b) + (1/b)Q_x \text{ ou} \\ P_x = A + BQ_x; A = (-a/b) \text{ e } B = (1/b)$$

Esta é a forma gráfica apresentada nos livros, em que o P_x é representado no eixo vertical e Q_x no eixo horizontal.

As demais variáveis (R , P_y , H , E , I_g), são as que, ao serem alteradas, produzem deslocamento na curva de demanda e, para ilustrar apenas a influência do preço sobre as quantidades, estão mantidas

constantes, ou seja, estão sob a condição *ceteris paribus*. O termo significa dizer que “todas as demais variáveis permanecem constantes”. Assim, uma alteração na renda dos consumidores produz mudança na curva de demanda que, por sua vez, produz mudança no preço e na quantidade do produto.

Os gráficos da Figura 1.1 ilustram a mudança ao longo da curva de demanda (gráfico A), em função de alterações no preço, e a mudança da curva de demanda (gráfico B), em função das variáveis mantidas na condição *ceteris paribus* como a Renda, P_y , H ou E . No exemplo da Figura 1.1, o produto X é o leite *in natura*.

No gráfico A da Figura 1.1, observa-se que a posição inicial é definida pelo ponto $(P1, Q1)$ e a posição final é dada pelo ponto $(P2, Q2)$, o que mostra o preço mais alto $(P2)$ associado a uma menor quantidade $(Q2)$, evidenciando a relação inversa entre preço e quantidade ao longo da mesma curva de demanda. No gráfico B, observa-se que um aumento na renda tende a deslocar toda a curva de demanda para a direita, indicando que para o preço inicial $(P2)$, os consumidores podem comprar uma quantidade maior de leite $(Q2 > Q1)$. Neste caso, tem-se uma relação causal, em que a renda produz deslocamento da demanda.

Como exemplo de aplicação prática, assuma que a demanda de leite *in natura*, sem a influência da renda, é igual a:

$$Q_d = 30 - 2,5 P \text{ ou a inversa } P = 12 - 0,4 Q_d$$

Em que: Q_d é a quantidade de litros de leite comprada por pessoa ao ano e P é o preço do leite em R\$/litro.

Inicialmente, como a equação de demanda é uma reta, para a representação como no gráfico A, necessita-se de apenas dois pontos, obedecendo os seguintes passos:

- a) Toma-se o preço igual a zero e obtém-se a quantidade: $Q = 30 - 2,5 \times 0 = 30$ litros, que vai compor o primeiro ponto extremo $(30, 0)$;
- b) Toma-se a quantidade igual a zero e obtém-se o preço: $0 = 30 - 2,5P$, com $P = R\$ 12,00/\text{litro}$, que vai formar o segundo ponto extremo $(0, 12)$;
- c) Unem-se os pontos por uma reta e a demanda está representada pelos dois pontos extremos.

No gráfico A da Figura 1.1, a quantidade de 30 litros representa o primeiro ponto extremo da demanda, ao indicar **o máximo de leite que os consumidores demandariam ao preço igual a zero**. É o limite da demanda, pois qualquer quantidade maior gera desperdício por falta de consumo no mercado local de

leite. O preço de R\$ 12,00/litro indica o ponto de estrangulamento da demanda, uma vez que é o nível de preço a partir do qual não existe demanda (gráfico A). O preço do produto é tão elevado que a população se recusa a comprar.

Com a representação da demanda no gráfico A da Figura 1.1, podemos gerar outros pontos intermediários para mostrar como ocorre uma mudança ao longo da demanda. Para isto, tem-se que:

- a) Ao preço de R\$ 1,00/litro, a quantidade demandada é 27,5 litros ($Q = 30 - 2,5 \times 1 = 27,5$), ponto (27,5, 1);
- b) Se o preço aumentar para R\$ 2,00/litro, a quantidade demandada é de 25 litros ($Q = 30 - 2,5 \times 2 = 25$), ponto (25, 2);
- c) A conclusão é que o aumento no preço gerou um novo ponto com uma quantidade menor de leite, ao longo da mesma linha de demanda. Ou seja, a mudança no preço não mudou a curva de demanda, apenas a quantidade demandada.

Agora, para avaliar uma mudança na curva de demanda, vamos incluir o efeito da variável renda, que estava mantida constante. O efeito da renda é incluído na equação abaixo e representado no gráfico B da Figura 1.1. A nova demanda é:

$$Q_d = 30 - 2,5 P + 0,01 R$$

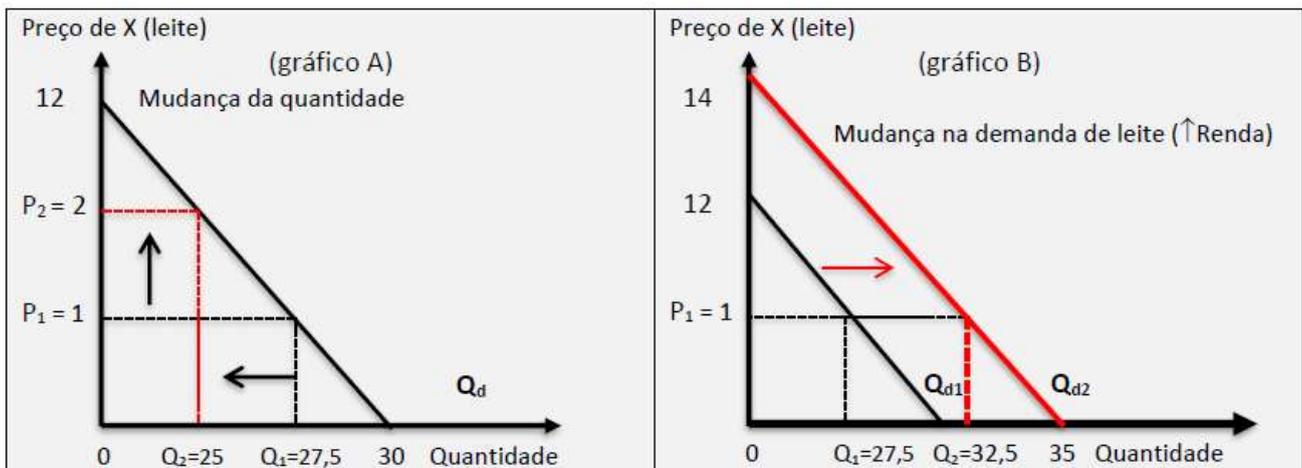
Em que R é a renda do consumidor.

- a) Assumindo que a renda aumentou de R\$ 500,00 e substituindo este valor na equação, tem-se:

$$Q_d = 30 - 2,5P + 0,01 \times 500 = 35 - 2,5P$$

- b) Ao preço de R\$ 1,00/litro, a quantidade de leite comprada passa a ser de 32,5 litros ($Q = 35 - 2,5 \times 1 = 32,5$);
- c) A conclusão é que a quantidade demandada aumentou para o mesmo nível de preço, por causa do deslocamento da curva de demanda.

Figura 1.1. Mudança na quantidade demandada, associada ao preço, e na curva de demanda do produto X (leite), associada a um aumento na Renda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 A OFERTA

A oferta é definida pelas quantidades de um bem ou serviço que os produtores desejam e podem vender, aos preços de mercado, em dado período, *ceteris paribus*, ou seja, afora o preço, as demais variáveis são tidas como constante. A oferta, portanto, é o desejo de vender e não uma oferta real. A oferta é individual quando se refere às vendas de apenas um produtor. Quando se refere a todos os produtores, tem-se a oferta de mercado ou oferta agregada.

O aspecto mais importante dessa definição é que a oferta representa a relação de todas as combinações entre quantidade e preço dos bens. A diferentes preços, diferentes quantidades podem ser ofertadas. Então, a oferta é um conjunto dessas possíveis combinações de quantidades e preços. É um conceito bidimensional, sendo as duas dimensões a quantidade e o preço. Por outro lado, a quantidade ofertada e o preço são conceitos unidimensionais.

A oferta pode ser representada por uma tabela de dados de quantidade e preços, por um gráfico e por uma equação matemática. Inicia-se com a apresentação dos dados em tabela e depois apresenta-se o modelo geral de oferta.

O esquema de oferta da Tabela 1.2 é definido sob a condição *ceteris paribus*, dado que as demais variáveis que influenciam a oferta foram mantidas constantes. Tem-se apenas a relação de combinações de quantidade e preço. Trabalha-se com o produto leite in natura ofertado por um produtor típico do meio rural. Portanto, trata-se de uma oferta individual. Assumindo que o mercado

tem 100 produtores, a quantidade de leite ofertada no mercado é a soma do que foi produzido e pode ser ofertado pelos 100 produtores.

Tabela 1.2 Esquema de oferta de leite.

Quantidade (litro)		Preço (R\$/litro)	Ponto
Individual	Mercado		
24	2.400	0	A
27	2.700	1	B
30	3.000	2	C
36	3.600	4	D
42	4.200	6	E
48	4.800	8	F
54	5.400	10	G
60	6.000	12	H

Fonte: Notas de aula do autor.

Pelos dados da Tabela 1.2, tem-se que na combinação entre quantidade e preço do ponto A representa a ausência de oferta do leite para atender ao mercado. Esta quantidade é de 24 litros para cada produtor e de 2.400 litros para o mercado. Isto só acontece com o preço igual a zero. Ora, mas como ofertar esta quantidade ao preço igual a zero? O ponto é que os produtores familiares de leite tomam suas decisões para atender a subsistência da família e apenas o excedente produzido é ofertado no mercado.

Assim, mesmo com preço zero existe uma oferta, ou seja, um excesso de produção que se não for vendido será aproveitado pelos bezerros. No ponto H, tem-se o ponto de grande interesse em ofertar o produto. Ao preço de R\$ 12,00/litro a quantidade ofertada seria suficiente para atender à demanda autônoma dos consumidores de leite.

Entre estes dois pontos, o produtor vai ajustando sua capacidade de venda aos preços de mercado do produto. No ponto D, ao preço de R\$ 4,00/litro, o produtor ofertaria 36 litros. No ponto F, ao preço de R\$ 8,00/litro, a quantidade ofertada seria de 48 litros. Portanto, há uma correlação positiva entre o preço e a quantidade de leite. No geral, tem-se que o conjunto de todas as combinações gera uma relação oferta entre quantidade e preço. Preços mais altos estão associados a quantidades maiores e vice-versa.

1.3.1 MODELO GERAL DE OFERTA

A expressão matemática do modelo geral de oferta individual de um dado bem ou serviço X pode ser escrita da seguinte forma:

$$Q_{ox} = f(P_x | C_p, P_z, T, F_c, E)$$

que: Q_{ox} é a quantidade ofertada do bem X; P_x é o preço deflacionado do bem X; a | separa o preço das demais variáveis que, ao serem influenciadas, causam mudanças na oferta e estão sob a condição *ceteris paribus*; C_p representa o custo de produção deflacionado; P_z é o preço deflacionado do produto Z, que pode ser um produto substituto, porque compete com os mesmos insumos na produção, ou complementar de X porque são produzidos em conjunto com os mesmos insumos; T é a tecnologia e/ou inovação que influencia a produtividade e o custo; F_c representa os fatores climáticos como chuva e temperatura; E indica as expectativas dos produtores sobre o comportamento da economia e das políticas públicas.

A hipótese que fundamenta a correlação direta entre quantidade ofertada e preço, definida na **Lei da Oferta**, ao afirmar que as quantidades ofertadas de um bem ou serviço (Q_{ox}) tendem a variar diretamente aos preços (P_x) de mercado, mantendo constantes as demais variáveis que explicam as mudanças na oferta.

No argumento da função, a **Lei da Oferta** explica a correlação positiva entre o preço do bem X e a quantidade de X. Então, as alterações nos preços de X geram alterações no mesmo sentido nas quantidades ofertadas de X. Assim, um preço alto está associado a uma quantidade elevada e um preço baixo a uma quantidade baixa, ambos os pontos situados em uma mesma curva de oferta. Assim, mudança no preço produz deslocamento de posição nas combinações (preço e quantidade), ao longo da curva de oferta.

A expressão matemática da oferta individual é dada por:

$$Q_{ox} = c + dP_x; d > 0$$

Em que Q_{ox} é a quantidade ofertada do bem X, P_x é o preço do bem X, c é a média da quantidade para o preço igual a zero e d é a mudança na quantidade ofertada para variações unitárias no preço. A oferta de mercado pode ser escrita como a seguir:

$$Q_{oxi} = \sum_{i=1}^N (c_i + d_i P_{xi})$$

Em que Q_{oxi} é a quantidade ofertada do bem X pelo produtor i , P_{xi} é o preço do bem X, recebido pelo produtor i , N é o número de produtores, c_i é a constante e d_i a inclinação da oferta do produtor i .

A oferta inversa, individual ou agregada, é obtida reorganizando a equação para escrever o preço como função da quantidade, da seguinte forma:

$$dP_x = -c + Q_x; P_x = (-c/d) + (1/d)Q_x \text{ ou}$$

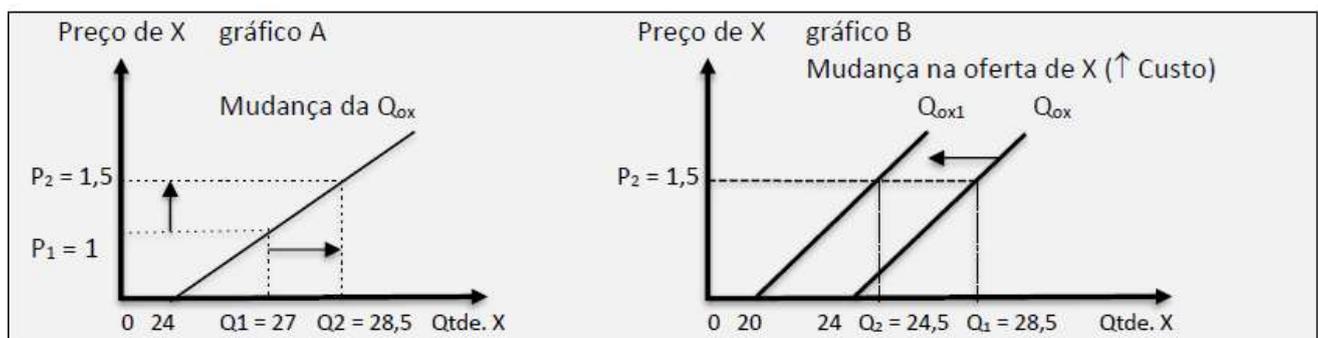
$$P_x = C + DQ_x; C = (-c/d) \text{ e } D = (1/d)$$

As demais variáveis (C_p, P_z, T, F_c, E), são as deslocadoras da oferta e estão na condição *ceteris paribus*. Assim, uma alteração no custo de produção produz mudança na curva de oferta que, por sua vez, produz mudança na combinação preço e quantidade ofertada do produto.

Os gráficos da Figura 1.2 ilustram a mudança ao longo da curva de oferta (gráfico A), em função do preço, e a mudança da curva de oferta (gráfico B), causada por mudanças nas variáveis mantidas na condição *ceteris paribus* como o custo, tecnologia ou fatores climáticos.

No gráfico A da Figura 1.2, observa-se que a posição inicial é definida pelo ponto (P_1, Q_1 ; 27, 1) e a posição final é dada pelo ponto (P_2, Q_2 ; 28,5, 1,5), que mostra o preço mais alto ($P_2 = 1,5$) associado a uma maior quantidade ofertada ($Q_2 = 28,5$), indicando uma relação direta entre preço e quantidade nos pontos ao longo da mesma curva de oferta.

Figura 1.2. Representação de uma mudança nas quantidades ofertadas, associada ao preço, e na curva de oferta do produto X (leite), associada a uma mudança positiva na tecnologia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico B da Figura 1.2, observa-se que um aumento no custo de produção desloca toda a curva de oferta para a esquerda, indicando que ao preço ($P_2 = R\$ 1,5$), os produtores podem produzir e ofertar uma quantidade menor de X ($Q_2 < Q_1$; $24,5 < 28,5$). Neste caso, a relação é de causa e efeito, pois a mudança no custo produz mudança na oferta.

Como exemplo de aplicação prática, inicialmente vamos assumir que a oferta de leite in natura não é definida apenas pela relação entre o preço e a quantidade ofertada.

$$Q_{oL} = 24 + 3,0 P, \text{ ou a inversa } P = -8 + 1/3 Q_{oL}$$

Em que: Q_{oL} é a quantidade de litros de leite vendida para cada consumidor ao ano e P é o preço do leite em R\$/litro).

A construção do gráfico da equação de oferta pode ser feita por meio de apenas dois pontos, como representado no gráfico A da Figura 1.2. Os passos são:

- Toma-se o preço igual a zero e obtém-se a quantidade ofertada: $Q = 24 + 3,0 \times 0 = 24$ litros, que vai compor o primeiro ponto (24, 0);
- Toma-se a quantidade igual a zero e obtém-se o preço: $0 = 24 + 3,0P$, com $P = -R\$ 8,00/\text{litro}$, que vai formar o segundo ponto (0, -8);
- Unem-se os pontos para desenhar a oferta.

Com a representação da oferta no gráfico A da Figura 1.2, podemos gerar outros pontos ao longo da linha de oferta, posicionada no primeiro quadrante, dado que valores negativos para preços e quantidades não fazem sentido na oferta, e representar como ocorre uma mudança ao longo da oferta.

Para isto, temos que:

- ao preço de R\$ 1,00/litro, a quantidade ofertada é 27 litros ($Q = 24 + 3 \times 1 = 27$);
- se o preço aumentar para R\$ 1,5/litro, a quantidade ofertada é 28,5 litros ($Q = 24 + 3 \times 1,5 = 28,5$);
- A conclusão é que o aumento no preço gerou um novo ponto com a quantidade maior, ao longo da mesma linha de oferta.

Agora, para avaliar uma mudança na curva de oferta, vamos incluir o efeito da variável custo de produção, que estava mantido constante. O efeito do custo é incluído na equação abaixo e representado no gráfico B da Figura 1.2. A nova oferta é:

$$Q_{oL} = 24 + 3,0 P - 0,2 C_p$$

Em que C_p é o custo de produção do leite.

Assumindo que o custo de produção teve um aumento de R\$ 20,00 e fazendo a substituição na equação, tem-se a nova oferta que representa o efeito do custo:

$$Q_{oLI} = 24 + 3P - 0,2(20) = 20 + 3,0P$$

- Ao preço de R\$ 1,50/litro, a quantidade ofertada, após o aumento no custo de R\$ 20,00, passa a ser de 24,5 litros de leite ($20 + 3 \times 1,5$), contra os 28,5 litros sem aumento de custo (gráfico B);
- A conclusão é que a quantidade diminuiu para o mesmo preço, em função do deslocamento da oferta de leite para a esquerda, causado pelo aumento no custo de produção.

Neste ponto, é importante orientar sobre como se deve observar e analisar os efeitos das variáveis que mudam as quantidades demandadas (ofertadas) e aquelas que deslocam a curva de demanda (oferta). Devem ser observados os efeitos de associação, ou de correlação, entre as variáveis e os efeitos de causalidade de uma variável sobre as outras.

A variável preço do produto não causa mudança na curva de demanda (oferta), apenas nas quantidades demandadas (ofertadas), dada a associação ou correlação que ocorre entre (preço e quantidade) dos pontos que definem a curva de demanda (oferta).

Por outro lado, um incremento da renda tende a produzir um deslocamento de toda a curva de demanda de leite para a direita. O resultado desta mudança na renda gera um novo ponto, com quantidades mais elevadas para o mesmo nível de preço do ponto inicial (gráfico B da Figura 1.1). Da mesma forma, se um aumento no custo de produção causar diminuição da produtividade, a oferta se desloca para a esquerda, gerando um novo ponto com a quantidade mais baixa para o mesmo nível de preço do ponto inicial (gráfico B da Figura 1.2). Este conhecimento é fundamental para que o analista não incorra em erro de avaliação sobre as causas e efeitos de variáveis e/ou situações adversas sobre o comportamento do mercado.

No esquema abaixo, apresenta-se como funciona a lógica dos efeitos de mudanças na renda ou no custo de produção sobre a curva de demanda (oferta) do produto X e nos preços e quantidades demandadas (ofertadas), para que se faça uma avaliação correta dos impactos que tais variáveis produzem no equilíbrio de mercado do produto X (Figura 1.3).

Figura 1.3. Causas e efeitos de variáveis sobre a demanda (oferta) e os preço e quantidade de equilíbrio do mercado.



Exemplos lógicos de causas e efeitos:

Mudança na Renda (\uparrow ou \downarrow) \rightarrow Mudança na demanda (\uparrow ou \downarrow) \rightarrow Mudança no preço (\uparrow ou \downarrow) e Mudança na quantidade (\uparrow ou \downarrow);
 Mudança no Custo (\downarrow ou \uparrow) \rightarrow Mudança na oferta (\uparrow ou \downarrow) \rightarrow Mudança no preço (\downarrow ou \uparrow) e Mudança na quantidade (\uparrow ou \downarrow).

É comum encontrar comentário afirmando que “um aumento no preço de um produto causa queda na demanda”, ou que “a redução da oferta foi gerada por uma queda no preço do produto”. Na verdade, estas afirmativas não encontram respaldo técnico na análise do mercado. O preço não produz mudança na demanda (oferta), apenas influencia na quantidade demandada (ofertada). Assim, quando a renda aumenta, a demanda aumenta e o novo equilíbrio do mercado ocorre com um nível de preço e quantidade mais elevados. Por outro lado, se a tecnologia aumenta os níveis de produtividade, o novo equilíbrio ocorre com um preço mais baixo e uma quantidade mais elevada. Portanto, a demanda (oferta) muda por causa de alterações nas variáveis mantidas no *ceteris paribus*. Assim, os preços de um bem ou serviço X são determinados pelas curvas de demanda e de oferta. Atenção para este ponto, cuja compreensão depende do efetivo entendimento dos fenômenos que geram efeitos de comportamento associativo, ou de correlação simples entre variáveis, e dos que geram mudanças causais. Os efeitos associativos, ou de correlação, acontecem simultaneamente, enquanto os efeitos causais exigem um lapso de tempo para que a causa se materialize no efeito. Assim, para facilitar o entendimento da análise de mercado, as variáveis que fazem parte do *ceteris paribus* produzem efeitos causais, logo têm o poder de deslocar integralmente as curvas de demanda e de oferta dos bens e serviços e, por sua vez, de influenciar a configuração das novas combinações de preços e quantidades demandadas (ofertadas).

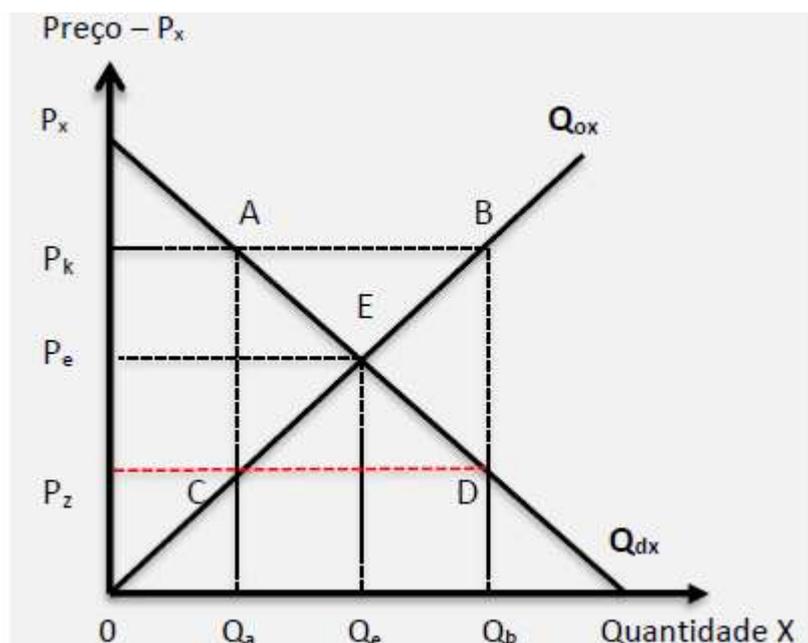
A lógica dos efeitos produzidos por alterações nos preços de um produto e nas demais variáveis deslocadoras da demanda e da oferta, deve ser analisada a partir da variável que é afetada, para que se identifique qual das curvas será influenciada (demanda ou oferta) e qual será a direção do efeito sobre o preço e a quantidade. Para isto, a análise deve ser feita a partir da situação de equilíbrio do mercado desse produto. Ou seja, o ponto em que a demanda se iguala à oferta e determina o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado.

1.4 EQUILÍBRIO DE MERCADO

O mercado deve ser analisado a partir do estudo conjunto das curvas de oferta e demanda de cada bem ou serviço. A igualdade entre as curvas de oferta e de demanda gera o ponto de equilíbrio do mercado. Este ponto representa a combinação de preço e quantidade transacionada no mercado e tende a satisfazer os produtores e os consumidores do bem ou serviço X. No ponto de equilíbrio, não existe pressão para mudança de preço ou de quantidade. Se o produto X é farinha de mandioca e os produtores planejam a produção para atender exatamente a quantidade de farinha que os consumidores desejam e podem comprar a um dado preço, então não há pressão para que tal preço mude. O preço e a quantidade de equilíbrio são mostrados no ponto E da Figura 1.4.

Se o preço de X estiver acima do preço de equilíbrio P_e , digamos P_k , haverá um **excesso de oferta** de X. O excesso de oferta ocorre quando os produtores produzem e ofertam no mercado uma quantidade maior do que a que os consumidores estão dispostos a comprar ao preço P_k . Na Figura 1.4, ao preço P_k , os produtores ofertam Q_b (ponto B) e os consumidores compram Q_a (ponto A). Logo, a diferença ($Q_b - Q_a$) é o excesso de oferta que fará o preço cair para o nível de equilíbrio. Assim, o preço cai e o mercado se move para baixo ao longo da curva de oferta (do ponto B para o ponto E), diminuindo a quantidade ofertada. Por outro lado, ao passo que o preço diminui, o mercado se move ao longo da curva de demanda (do ponto A para o ponto E), aumentando a quantidade demandada. Este processo continua e o excedente de oferta vai diminuindo até se anular quando atingir o ponto E.

Figura 1.4. Oferta, demanda, preço e quantidade de equilíbrio de um produto X.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, o **excesso de demanda** ocorre quando o preço se situa abaixo do preço de equilíbrio, $P_z < P_e$ (Figura 1.4). A este preço, os consumidores estão dispostos a comprar mais do que os produtores estão dispostos a ofertar, o que torna a demanda maior do que a oferta. A este nível de preço, os consumidores querem comprar Q_b (ponto D), mas os produtores só desejam vender Q_a (ponto C), gerando um excesso na demanda de $(Q_b - Q_a)$. Assim, o preço sobe e o mercado se move para cima ao longo da curva de demanda (do ponto D para o ponto E), fazendo com que a quantidade demandada diminua. Ao mesmo tempo, o aumento de preço faz o mercado se mover ao longo da curva de oferta (do ponto C para o ponto E), aumentando a quantidade ofertada. Com isto, o excesso de demanda vai diminuindo até se anular no ponto E .

O **excesso de oferta** acontece quando o preço está acima do preço de equilíbrio ($P_k > P_e$), situação que estimula os produtores a ofertarem mais do que os consumidores desejam e podem comprar. O **excesso de demanda** ocorre quando o preço está abaixo do preço de equilíbrio ($P_z < P_e$), caso em que os consumidores querem comprar mais do que os produtores desejam ofertar. Em ambos os casos, entra em operação o mecanismo de ajuste dos preços e das quantidades na direção do ponto de equilíbrio. Na situação de excesso de oferta, os produtores temendo prejuízo, aceitam preços mais baixos e o excesso vai diminuindo até o equilíbrio se restabelecer. No caso do excesso de demanda, os consumidores aceitam pagar preços mais altos e os produtores ofertam mais e assim os preços caminham para o equilíbrio do mercado.

Este processo de ajuste do equilíbrio, aplica-se a um modelo de equilíbrio estático em que a dinâmica temporal não conta. Em um modelo onde o tempo capta a dinâmica de convergência do preço e quantidade para o equilíbrio após um choque, tem-se alguns pressupostos. Em primeiro lugar, assume-se que a produção de dado bem ou serviço, em qualquer ano, é decidida no período imediatamente anterior. Assim, o preço é ajustado para que toda a produção seja vendida, sem a formação de estoques. Adicionalmente, as curvas de oferta e demanda devem apresentar inclinações normais: positiva para a oferta e negativa para a demanda. Com isto, tem-se que:

- a) Se a inclinação da demanda for menor que a da oferta, os distúrbios levam a uma maior oscilação do preço e da quantidade, gerando um movimento explosivo;
- b) Se a inclinação da demanda for maior que a da oferta, as oscilações são irregulares e o preço e a quantidade convergem para um equilíbrio;
- c) Se a inclinação da demanda for igual a da oferta, as flutuações de preço e de quantidade são de amplitude constante em torno do ponto de equilíbrio.

O modelo de mercado dinâmico associado a esse processo de ajuste é chamado de modelo Teia de Aranha e pode ser especificado como a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Oferta: } Q_{ot} &= c + d P_t \\ \text{Demanda: } Q_{dt} &= a - b P_{t-1} \\ \text{Equilíbrio: } Q_{ot} &= Q_{dt} \\ \text{Preço de equilíbrio: } P_t &= [(a-c)/b] + (-d/b)P_{t-1} \\ \text{Convergência: } P_t &= (P_0 - P_e) \times (-d/b)^t + P_e \end{aligned}$$

Em que Q_{ot} e Q_{dt} são as quantidades ofertadas e demandadas no ano t , P_t e P_{t-1} são os preços relacionados aos anos t e $t-1$, P_0 e P_e são os preços do ponto inicial, fora do equilíbrio, e no ponto de equilíbrio, após o ajuste. Assim, se $(b < d)$ o preço converge para o equilíbrio e se $(b > d)$ o preço não converge.

1.4.1 EQUILÍBRIO DE MERCADO E BEM-ESTAR

A representação matemática do modelo de mercado de um bem ou serviço X pode ser feita da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Oferta: } Q_{ox} &= c + d P_x \\ \text{Demanda: } Q_{dx} &= a - b P_x \\ \text{Equilíbrio: } Q_{ox} &= Q_{dx} = Q_{ex} \end{aligned}$$

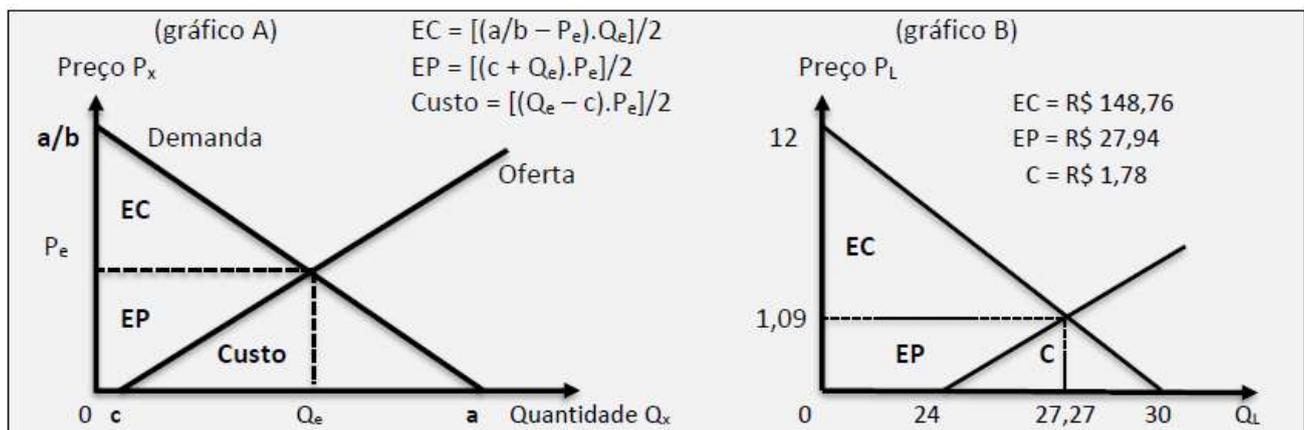
Este modelo está representado graficamente na Figura 1.5. O preço e a quantidade formam o ponto de equilíbrio do mercado do bem ou serviço X (P_e , Q_e), obtido pela igualdade entre as curvas de oferta e de demanda. Este ponto de equilíbrio representa os preços que viabilizam as compras e vendas de X , e que, uma vez estabelecido, gera o máximo de lucro para os produtores e o máximo de bem-estar para os consumidores. Portanto, se o mercado opera em concorrência perfeita, tem-se a situação de máxima eficiência socioeconômica.

O entendimento sobre o equilíbrio eficiente ou ponto de máximo bem-estar social foi definido por Alfred Marshall como **Excedente Econômico** (EE), que é atingido quando a alocação dos bens ou serviços maximiza a soma dos benefícios dos produtores e dos consumidores do bem ou serviço X , produzido e transacionado no mercado (Figura 1.5). Assim, no gráfico A da Figura 1.5, a área definida pelo triângulo abaixo da linha de demanda e acima do preço de equilíbrio é o **Excedente do Consumidor** (EC), que representa o benefício social máximo que o consumidor obtém com o consumo da quantidade de equilíbrio (Q_e), adquirida ao preço de equilíbrio (P_e). Portanto, o **EC é a diferença**

entre o valor total que um consumidor estaria disposto a pagar por uma quantidade do bem X, acima do preço de equilíbrio do mercado.

No gráfico A da Figura 1.5, a área definida pelo trapézio à esquerda da linha de oferta e abaixo do preço de equilíbrio é o **Excedente do Produtor (EP)**, que representa o lucro máximo possível que o produtor obtém com a produção e venda da quantidade de equilíbrio (Q_e), ao preço de equilíbrio do mercado (P_e). Com efeito, o EP é a diferença entre o valor total que um produtor estaria disposto a receber para ofertar uma quantidade do bem X, abaixo do preço de equilíbrio do mercado. A área do triângulo abaixo da linha de oferta e delimitada pela quantidade de equilíbrio, representa o custo marginal privado de produção.

Figura 1.5. Representação das curvas de oferta e demanda do bem X (gráfico A) e do leite (gráfico B) e os benefícios dos consumidores (EC) e dos produtores (EP).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para transformar o conhecimento produzido em aprendizado, considere que o mercado do leite *in natura* do Oeste do Pará opera em concorrência perfeita e cujos resultados da oferta e demanda são os seguintes:

Oferta de leite: $Q_o = 24 + 3 P$
 Demanda de leite: $Q_d = 30 - 2,5 P$
 Equilíbrio do mercado: $Q_o = Q_d = Q_{eL}$

A partir destes resultados, deve-se fazer a representação como no gráfico B da Figura 1.5 com a indicação do preço e a quantidade de equilíbrio. Em seguida, calculam-se os excedentes do produtor e do consumidor e o custo de produção de leite *in natura* (gráfico B da Figura 1.5).

Os resultados da Figura 1.5 (gráfico B) foram obtidos da seguinte forma:

a) Igualam-se a oferta à demanda para se obter o preço de equilíbrio igual a $P_{eL} = R\$ 1,09/\text{litro}$, da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 Q_o &= Q_d \\
 24 + 3P &= 30 - 2,5P \\
 3P + 2,5P &= 30 - 24 \\
 5,5P &= 6 \\
 P &= R\$ 1,0909 = P_{eL}
 \end{aligned}$$

b) Substitui-se o P_{eL} em uma das equações para se obter a quantidade de equilíbrio do mercado de leite igual a $Q_{eL} = 27,27$ litros de leite, da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 Q_o &= 24 + 3 \times 1,0909 = 24 + 3,273 = 27,273 = Q_{eL} \\
 Q_d &= 30 - 2,5 \times 1,0909 = 30 - 2,727 = 27,273 = Q_{eL}
 \end{aligned}$$

c) O excedente do consumidor é: $EC = (b \cdot h)/2$

$$EC = 27,27(12 - 1,09)/2 = R\$ 148,76$$

d) O excedente do produtor é: $EP = (b+B)h/2$

$$EP = (24 + 27,27) \cdot 1,09/2 = R\$ 27,94$$

e) O benefício social total é: $EE = EC + EP$

$$EE = 148,76 + 27,94 = R\$ 176,70$$

f) O custo marginal de produção é: $CMg = b \cdot h/2$

$$CMg = (27,27 - 24) \cdot 1,09/2 = R\$ 1,78$$

Nestas condições de mercado, tem-se o nível máximo de eficiência alocativa e socioeconômica, dado que não existe falha de mercado.

Como exercício de aprendizado, considere o modelo de mercado do leite, incluindo a variável renda na demanda e a variável custo de produção na oferta e calcule o efeito do aumento da renda e do custo sobre os benefícios dos consumidores e dos produtores.

$$\begin{aligned}
 \text{Oferta de leite: } Q_o &= 24 + 3P - 0,2C_p \\
 \text{Demanda de leite: } Q_d &= 30 - 2,5P + 0,01R
 \end{aligned}$$

Neste caso, o primeiro passo é substituir os valores do custo ($C_p = R\$ 20,00$) na oferta e da renda ($R = R\$ 500,00$) na demanda. O passo seguinte é obter o preço e a quantidade de equilíbrio. Depois, calculam-se os excedentes do produtor e do consumidor para comparar com os resultados da análise anterior e avaliar a mudança. A diferença entre os excedentes representa a mudança nos benefícios do produtor e do consumidor, dado pelo aumento nas variáveis renda e custo. Para sua conferência seguem os resultados: $P_e = R\$ 2,727/L$, $Q_e = 28,18 L$, $EC = R\$ 158,84$, $EP = R\$ 65,69$.

1.4.2 CÁLCULO DOS EXCEDENTES USANDO INTEGRAL

Os excedentes econômico, do consumidor e do produtor podem ser facilmente calculados com a aplicação do cálculo integral. Este conhecimento é importante, sobretudo quando as equações se trata de equações não lineares. Assim, utilizando a representação gráfica da Figura 1.5 e o modelo na forma inversa, especificado abaixo, pode-se aplicar diretamente o conceito de integral definida.

$$\begin{aligned} \text{Oferta inversa de leite: } P_o &= -8 + 1/3 Q \\ \text{Demanda inversa de leite: } P_d &= 12 - 1/2,5 Q \\ \text{Equilíbrio do mercado: } P_o &= P_d = Q_{eL} \\ Q_{eL} &= 27,27 \text{ e } P_{eL} = R\$ 1,0909 \end{aligned}$$

Aplicando o conceito de integral tem-se:

$$\begin{aligned} EC &= \int_0^{27,27} (12 - 0,4Q) dq - 1,091 \times 27,27 \\ &= \left(12Q - \frac{0,4}{2} Q^2 \right)_0^{27,27} - 29,75 \\ &= (12 \times 27,27 - 0,2 \cdot 27,27^2) - 29,75 \\ &= 178,51 - 29,75 = R\$ 148,76 \\ EP &= 1,091 \times 27,27 \\ &\quad - \int_{24}^{27,27} \left(-8 + \frac{1}{3} Q \right) dq \\ &= 29,75 - \left(-8Q + \frac{1}{6} Q^2 \right)_{24}^{27,27} \\ &= 29,75 - [(-8 \times 27,27 + 1/6 \cdot 27,27^2) \\ &\quad - (-8 \times 24 + 1/6 \cdot 24^2)] \\ &= 29,75 - [(-218,16 + 123,94) - (-192 \\ &\quad + 96)] = 29,75 - [-94,22 - (-96)] \\ &= 29,75 - 1,78 = R\$ 27,97 \\ EE &= \int_0^{27,27} (12 - 0,4Q) dq - \int_{24}^{27,27} \left(-8 + \frac{1}{3} Q \right) dq \\ &= 178,51 - 1,78 = R\$ 176,73 \end{aligned}$$

Como se observa, os resultados são iguais, basta utilizar o arredondamento de três casas decimais para o preço de equilíbrio. Assim, para equações lineares os resultados são iguais.

1.4.3 EFEITO DE IMPOSTO E SUBSÍDIO NA PRODUÇÃO

A tributação da produção agrícola no Brasil é a principal fonte de arrecadação dos governos estaduais com a circulação dos produtos entre as unidades da Federação. Para a comercialização dos produtos agropecuários, os produtores pagam o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para o fisco estadual.

O ICMS, considerado para efeito de análise como imposto e definido pela letra i , ao incidir sobre a venda, muda o nível ótimo de produção dos produtores, alterando as curvas individuais de oferta e, por sua vez, deslocando a oferta agregada. Como resultado, tem-se uma alteração no ponto de equilíbrio do mercado de cada produto (Figura 1.6). O imposto sobre as vendas pode ser específico ou ad valorem. O imposto específico é definido em termos da quantia que o produtor vai pagar por cada unidade de produto comercializado. O imposto ad valorem é definido como uma percentagem sobre o preço de venda do produto.

Por outro lado, uma política de subsídio à produção, estabelecida na forma de redução ou isenção de imposto, diminuição de taxa de juros sobre o crédito agrícola, que causam redução no custo de produção, alteram a posição de equilíbrio na direção oposta ao imposto. Assim, as variáveis de política (imposto e subsídio) deslocam a curva de oferta dos produtos atingidos e, por sua vez, gera alteração na distribuição do bem-estar social da população.

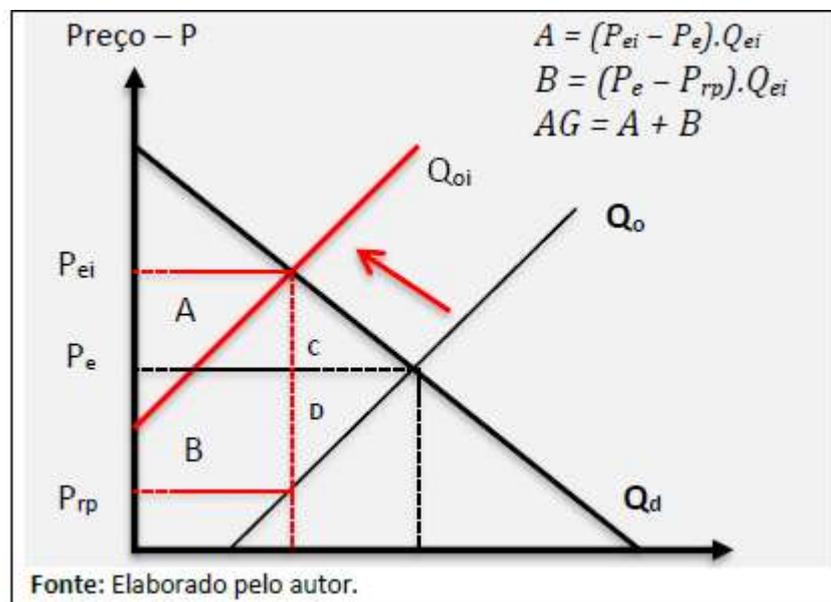
Por facilidade do cálculo, assumem-se que os impostos ou subsídios são específicos. O modelo de mercado com imposto ou subsídio é dado por:

$$\begin{aligned} \text{Oferta: } & Q_o = c + d P_o \\ \text{Demanda: } & Q_d = a - b P_d \\ \text{Equilíbrio sem imposto/subsídio: } & Q_o = Q_d = Q_e \\ \text{Imposto: } & i = (P_d - P_o) \text{ e } P_o = P_d - i \\ \text{Oferta com imposto: } & Q_{oi} = c + d (P_d - i) \\ \text{Equilíbrio com imposto: } & Q_{oi} = Q_d = Q_{ei}; P_{ei} \\ \text{Subsídio: } & s = (P_o - P_d) \text{ e } P_o = P_d + s \\ \text{Oferta com subsídio: } & Q_{os} = c + d (P_d + s) \\ \text{Equilíbrio com subsídio: } & Q_{os} = Q_d = Q_{es}; P_{es} \end{aligned}$$

Em que P_o e P_d são os preços recebido pelo produtor e pago pelo consumidor sem a incidência do imposto ou subsídio. Com a incidência de imposto, a oferta é função do preço líquido que o produtor recebe ($P_{rp} = P_d - i$). Ou seja, o preço que o produtor recebe é a diferença entre o preço que o consumidor paga e o valor do imposto.

A representação gráfica do mercado com a influência do imposto sobre a comercialização está na Figura 1.6. O imposto desloca paralelamente a curva de oferta para a esquerda e o novo ponto de equilíbrio com o imposto ($P_{ei} = P_d$) ocorre em patamar acima do (P_e) sem imposto ($P_{ei} > P_e$), enquanto a quantidade comercializada do produto diminui ($Q_{ei} < Q_e$). Assim, o consumidor paga um valor mais alto do que pagava antes e o produtor recebe um preço menor pela venda do produto. Desta forma, o valor arrecadado pelo governo é o resultado de uma transferência de renda dos consumidores e dos produtores (Figura 1.6). Como a oferta caiu, o tamanho do mercado também encolheu e a sociedade como um todo perde uma parcela do seu benefício.

Figura 1.6. Representação do deslocamento da oferta de um produto causado por um imposto específico.



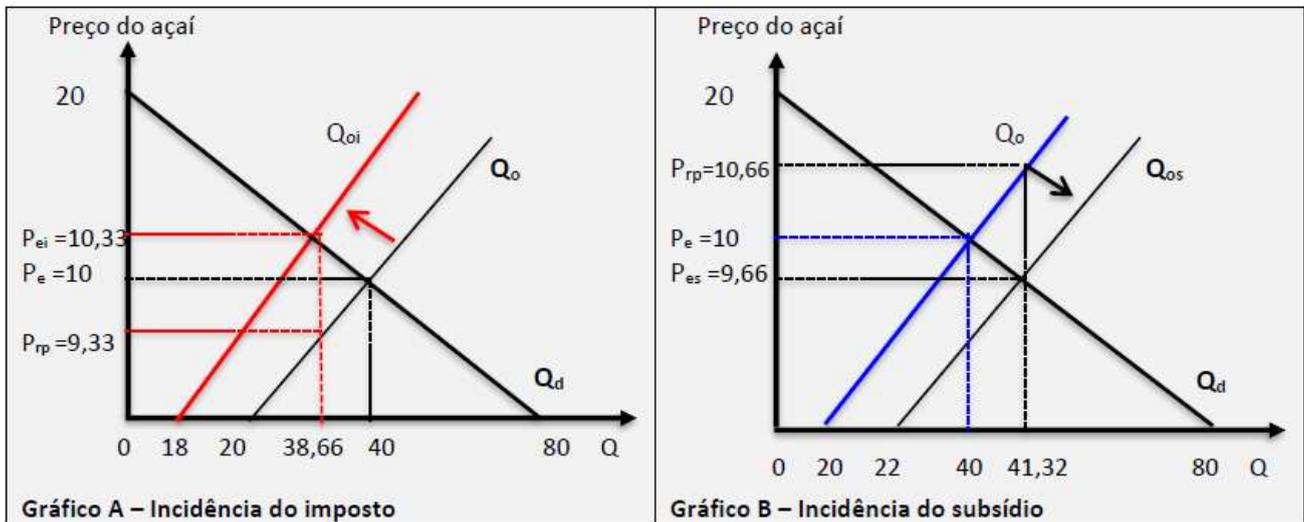
A área A é a parcela do imposto que é paga pelo consumidor, a área B é a parcela paga pelo produtor e a soma das áreas ($A + B = AG$) é o valor total do imposto arrecadado pelo governo. A soma das áreas ($C + D$) é a perda de benefício da sociedade por causa do imposto. É considerado como peso morto, uma vez que não é recuperado porque o tamanho do mercado diminuiu ($Q_e - Q_{ei}$). Agora, como tarefa de aprendizado, o leitor deve fazer a representação gráfica do efeito de um imposto específico sobre a produção.

Para ampliar o aprendizado, aplica-se esse conhecimento ao caso do mercado de polpa de açaí do estado do Pará, apresentado abaixo.

Oferta de polpa de açaí: $Q_o = 20 + 2 P$
 Demanda de polpa de açaí: $Q_d = 80 - 4 P$
 Equilíbrio do mercado: $Q_o = Q_d = Q_e$

A representação gráfica das equações de demanda e oferta, assim como o preço e a quantidade de equilíbrio estão na Figura 1.7.

Figura 1.7. Representação das curvas de oferta e demanda do açaí antes e depois do imposto unitário (Gráfico A) e antes e depois do subsídio (Gráfico B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Igualando a oferta à demanda, tem-se o preço de equilíbrio igual a $P_e = R\$ 10,00/L$,

$$\begin{aligned}
 Q_o &= Q_d \\
 20 + 2P &= 80 - 4P \\
 2P + 4P &= 80 - 20 \\
 6P &= 60 \\
 P &= R\$ 10,00 = P_e
 \end{aligned}$$

A quantidade de equilíbrio, $Q_e = 40 L$ de açaí per capita por ano é obtida substituindo-se o preço de equilíbrio na equação de oferta ou na equação de demanda, como a seguir:

$$\begin{aligned}
 Q_o &= 20 + 2P = 20 + 2 \times 10 = 40 L = Q_e \\
 Q_d &= 80 - 4P = 80 - 4 \times 10 = 40 L = Q_e
 \end{aligned}$$

Com base nesses resultados, tem-se que:

a) O excedente do consumidor é: $EC = (b.h)/2$,

$$EC = 40(20-10)/2 = R\$ 200,00$$

b) O excedente do produtor de $EP = (b+B).h/2$,

$$EP = (20+40).10/2 = R\$ 300,00$$

c) O benefício social total é: $EE = (EC + EP)$,

$EE = 200 + 300 = R\$ 500,00$ para cada unidade consumidora e/ou produtora.

d) O custo de produção dessa quantidade de equilíbrio é: $Custo = (b.h)/2$,

$Custo = (40-20).10/2 = R\$ 100,00$, ou $R\$ 2,50/L$.

Agora, assume-se que o governo interferiu no mercado aplicando um imposto específico no valor de $R\$ 1,00$ por cada litro de polpa de açaí produzido e comercializado. Neste caso, o modelo de mercado pode ser especificado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Oferta de polpa de açaí: } Q_o &= 20 + 2 P \\ \text{Demanda de polpa de açaí: } Q_d &= 80 - 4 P \\ \text{Imposto sobre a produção - } i: Q_{oi} &= 20 + 2 (P-i) = \\ &= 20 + 2P - 2i = 20 + 2P - 2 \times 1 = 18 + 2 P \\ \text{Equilíbrio inicial: } Q_o &= Q_d \\ \text{Equilíbrio com imposto: } Q_{oi} &= Q_d = Q_{ei}; P_{ei} \end{aligned}$$

A representação do efeito do imposto sobre o mercado de açaí está no Gráfico A da Figura 1.7. Com a solução do problema, obtém-se o valor arrecadado pelo governo com a aplicação do imposto, a parcela do imposto paga pelo produtor, a parcela paga pelo consumidor e a perda de benefício que o imposto gera para a sociedade como um todo. Esta perda de benefício, chama-se de peso morto, uma vez que não é recuperado.

Seguindo o mesmo procedimento de cálculo utilizado na solução anterior, vamos obter o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado com o imposto, os excedentes do consumidor e do produtor, a arrecadação de imposto por parte do governo e quanto cada consumidor e produtor pagou. O processo de cálculo inicia fazendo-se a igualdade entre a oferta Q_{oi} e a demanda Q_d , após o imposto:

$$\begin{aligned} Q_{oi} &= Q_d \\ 18 + 2P &= 80 - 4P \\ 2P + 4P &= 80 - 18 \\ 6P &= 62 \\ P &= R\$ 10,33/L = P_{ei} \\ Q_o &= 18 + 2P = 18 + 2 \times 10,33 = 38,66 L = Q_{ei} \\ EC_i &= 38,66.(20-10,33)/2 = R\$ 186,92 \\ EP_i &= (18+38,66) \times 10,33/2 = R\$ 292,65 \end{aligned}$$

Resumo dos resultados:

Preço de equilíbrio (P_{ei}) = R\$ 10,33/litro
 Quantidade de equilíbrio (Q_{ei}) = 38,66 litros
 Excedente do consumidor (EC_i) = R\$ 186,92
 Excedente do Produtor (EP_i) = R\$ 292,65
 Excedente Econômico (EE_i) = R\$ 479,57
 Valor *per capita* arrecadado pelo governo (VAG) = $i \times Q_{ei}$
 Q_{ei} = R\$ 38,66

Valor pago pelo consumidor (VPC) = $(P_{ei} - P_e) \times Q_{ei}$ = R\$ 12,76
 Valor pago pelo Produtor (VPP) = $(P_{ei} - P_{rp}) \times Q_{ei}$ = R\$ 25,90;
 Valor da perda de benefício da sociedade (VPBS) = $EE_i - EE$ = - R\$ 20,43;
 Valor de peso morto do imposto (VPMI) = $(b.h)/2$,
 $VPMI = [(40-38,66).(10,33-9,33)]/2 = - R\$ 0,67$.

Estes resultados deixam claro o efeito que o imposto produz sobre a distribuição dos benefícios dos consumidores e dos produtores. O sacrifício que cada agente tem que arcar para atender à política tributária do governo está explícito na variação dos excedentes do consumidor e do produtor. A perda de benefício dos agentes é dada pela variação do excedente econômico e está representada no gráfico pela área entre as duas curvas de oferta e abaixo da demanda.

O efeito de um subsídio de R\$ 1,00/L de açaí tem um efeito assimétrico sobre o mercado e a distribuição dos gastos entre os consumidores e os produtores. A configuração do mercado antes e com o subsídio é a seguinte:

Oferta de polpa de açaí: $Q_o = 20 + 2 P$
 Demanda de polpa de açaí: $Q_d = 80 - 4 P$
 Subsídio sobre a produção - s : $Q_{os} = 20 + 2 (P+s) =$
 $20 + 2P + 2s = 20 + 2P + 2 \times 1 = 22 + 2 P$
 Equilíbrio inicial: $Q_o = Q_d$
 Equilíbrio com subsídio: $Q_{os} = Q_d = Q_{es}$ e P_{es}

A representação gráfica do efeito do subsídio sobre o mercado de polpa de açaí está no Gráfico B da Figura 1.7. Os preços e as quantidades de equilíbrio do mercado antes e com o subsídio são obtidos igualando-se as ofertas à demanda original. A partir deste ponto, os excedentes do consumidor e do produtor são calculados, assim como os valores dos gastos totais e sua distribuição.

$$\begin{aligned}
 Q_{os} &= Q_d \\
 22 + 2P &= 80 - 4P \\
 2P + 4P &= 80 - 22 \\
 6P &= 58 \\
 P &= R\$ 9,66/L = P_{es} \\
 Q_o = 22 + 2P &= 22 + 2 \times 9,66 = 41,32 L = Q_{es} \\
 EC_s &= 41,32 \times (20 - 9,66) / 2 = R\$ 213,62 \\
 EP_s &= (22 + 41,32) \times 9,66 / 2 = R\$ 305,84
 \end{aligned}$$

Resumo dos resultados:

Preço de equilíbrio (P_{es}) = R\$ 9,66/litro;
 Quantidade de equilíbrio (Q_{es}) = 41,32 litros;
 Excedente do consumidor (EC_s) = R\$ 213,62;
 Excedente do Produtor (EP_s) = R\$ 305,84;
 Excedente Econômico (EE_s) = R\$ 519,46;

Valor *per capita* pago pelo governo (VPG) = $s \times Q_{ei}$ = R\$ 41,32;
 Valor recebido pelo consumidor (VRC) = $(P_e - P_{es}) \times Q_{es}$ = R\$ 14,05;
 Valor recebido pelo Produtor (VPP) = $(P_{rp} - P_e) \times Q_{ei}$ = R\$ 27,27;
 Valor do ganho de benefício da sociedade (VGBS) = $EE_s - EE$ = 519,46 - 500,00 = R\$ 19,46;
 Valor de peso morto do subsídio (VPMS) = $(b.h) / 2$,
 $VPMS = [(41,32 - 40) \times (10,66 - 9,66)] / 2 = R\$ 0,66$.

Com o subsídio, o preço de equilíbrio (P_{es}) que o consumidor paga é mais baixo, o que eleva o excedente (Gráfico B da Figura 1.7). O preço que o produtor recebe (P_{rp}) é mais alto que o preço de equilíbrio, o que aumenta o lucro do produtor. Ao contrário do imposto, a aplicação de um subsídio beneficia os consumidores com preços mais baixos e os produtores com preços mais altos. O saldo em relação à situação inicial foi o aumento do benefício social de R\$ 19,46. O consumidor ficou com 69,99% deste valor e o produtor com os 30,01% restantes.

Um ponto adicional sobre a distribuição dos efeitos do imposto e do subsídio entre consumidor e produtor está relacionado ao conceito de elasticidade-preço do produto analisado. Caso as elasticidades-preço de oferta e demanda sejam diferentes, o efeito de imposto ou subsídio sobre os excedentes do consumidor e do produtor também são diferentes. Para aferir esta afirmação calcule as

elasticidades-preço da oferta e da demanda para as três situações de equilíbrio: mercado livre, mercado com imposto e mercado com subsídio.

Estas políticas estão presentes na economia real. O imposto sobre a produção é a principal fonte de receita dos governos, logo incide sobre os bens e serviços produzidos na economia. A carga de tributos é diferenciada entre produtos. Alguns são compensados com subsídios, via redução da tarifa de impostos, redução na taxa de juros sobre crédito de investimento e custeio e/ou incentivos fiscais para manter o crescimento da economia. Portanto, o leitor deve atentar para o fato de que os setores da economia pagam impostos de um lado e recebem subsídios de outro lado. A gestão destas políticas, em geral, cria falha de mercado e, como resultado, a sociedade arca com os resultados.

Este conhecimento sobre o efeito do imposto e subsídio no equilíbrio do mercado de produtos é a base da análise da externalidade ambiental, por meio do imposto Pigouviano, proposto por Arthur Pigou, utilizado para internalizar o valor da externalidade no custo de produção e estimar o valor a ser pago para compensar os danos ambientais produzidos pelas atividades produtivas. Este tema é estudado no próximo capítulo.

1.5 ELASTICIDADES DA DEMANDA E DA OFERTA

A elasticidade é um indicador que capta os efeitos dos gostos e preferências dos consumidores sobre os produtos que compram e das expectativas de lucro dos produtores sobre as quantidades dos produtos que ofertam no mercado. É utilizada para estimar os efeitos de variações nas quantidades demandadas (ofertadas) causadas por mudanças nos preços e nas demais variáveis que influenciam a demanda (oferta). Portanto, elasticidade é uma razão matemática entre a variação percentual da quantidade e a variação percentual nos preços. Ou seja, é uma medida de causa e efeito percentual. O **efeito** é o numerador (quantidade) e a **causa** é o denominador (preço). A fórmula de cálculo é a seguinte.

$$E = \frac{\text{Variação \% nas quantidades}}{\text{Mudança \% nas demais variáveis}}$$

No geral, têm-se as elasticidades-preço e cruzadas da demanda e da oferta, a elasticidade renda da demanda e a elasticidade-custo da oferta. Estes indicadores são importantes para a análise da demanda e oferta de mercado.

1.5.1 ELASTICIDADE-PREÇO

A elasticidade-preço da demanda e da oferta mede o quanto varia a quantidade demandada (ofertada) de um bem ou serviço em relação a uma mudança percentual no preço do referido bem ou serviço. Portanto, a elasticidade-preço mostra a relação entre uma variação percentual nas quantidades demandadas (ofertadas) pelo consumidor (produtor) em resposta às mudanças percentuais nos preços dos bens e serviços. A fórmula de cálculo da elasticidade-preço para dados discretos é a seguinte:

$$E_p = \frac{\text{Variação \% nas quantidades}}{\text{Variação \% nos preços}} = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta P}$$

A E_p mede a variação percentual da quantidade demandada (ofertada) para cada 1% de variação no preço. Assim, quando a variação na quantidade é maior do que a variação no preço ($\% \Delta Q > \% \Delta P$), tem-se que a demanda (oferta) é elástica a preço, dado que a mudança percentual na quantidade demandada (ofertada) é maior que a variação no preço. Por outro lado, quando a mudança percentual na quantidade for menor do que a mudança no preço ($\% \Delta Q < \% \Delta P$), tem-se que a demanda (oferta) é inelástica a preço.

O que faz a demanda ser mais elástica ou inelástica? Um produto com muitos substitutos tem uma demanda mais elástica do que aquele que tem poucos substitutos. Por exemplo, a carne de boi tem mais substitutos do que a farinha de mandioca. Logo a demanda de carne tende a ser mais elástica do que a demanda de farinha. Também, quanto maior é a participação relativa do produto no gasto total do consumidor, mais elástica tende a ser a demanda. A picanha e o filé de carne de boi ou o filé de pescada amarela e de filhote tendem a ser mais elásticos do que a carne de frango inteiro, dado que o preço da carne de frango tem menor peso na renda do consumidor do que os preços destes cortes especiais da carne de boi e dos peixes.

Neste contexto, os produtos *in natura* da agropecuária e do extrativismo tendem a ter a demanda e oferta mais inelásticas do que os produtos beneficiados, com maior valor agregado. Contudo, a demanda pelos produtos orgânicos *in natura* tende a ser mais elástica do que os produtos não orgânicos, em função de não aplicar agrotóxicos no manejo da lavoura, manter o equilíbrio com a natureza e usar biotecnologia e bioinsumo. Isto torna esses produtos diferenciados e com preço de mercado mais elevado. Além de agregar valor, tem uma participação relativamente maior no gasto total das famílias.

A fórmula matemática da elasticidade para dados discretos é dada por:

$$E_p = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta P} = \frac{\left(\frac{Q_f - Q_i}{\bar{Q}}\right) \cdot 100\%}{\left(\frac{P_f - P_i}{\bar{P}}\right) \cdot 100\%} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \cdot \frac{\bar{P}}{\bar{Q}}$$

Em que Q_f e Q_i são as quantidades final e inicial, P_f e P_i são os preços final e inicial, \bar{Q} e \bar{P} são a quantidade média e o preço médio do produto. A aplicação prática dessa fórmula é feita com base nas informações sobre preço e quantidade de um dado produto X.

Como se interpretam os resultados e como se faz a classificação da demanda e da oferta dos produtos com base no coeficiente de elasticidade-preço?

Elasticidade-preço da demanda - E_{pd}		
Preço X	Qtde. X	Elasticidade-preço
i) R\$ 5,00/kg	10 kg	$E_{pd} = \frac{-3}{3} \cdot \frac{6,5}{8,5} = -0,765$
f) R\$ 8,00/kg	7 kg	
Elasticidade-preço da oferta - E_{po}		
i) R\$ 5,00/kg	9 kg	$E_{po} = \frac{3}{3} \cdot \frac{6,5}{10,5} = 0,619$
f) R\$ 8,00/kg	12 kg	

A elasticidade da demanda igual a $-0,765$, indica que a demanda do produto X é inelástica a preço porque a variação nas quantidades é menos que proporcional à variação no preço de X. Ou seja, para um aumento de 10% no preço, a quantidade tende a diminuir em 7,65%, ceteris paribus. No caso da oferta, $E_{po} = 0,619$, tem-se que em resposta a um aumento de 10% no preço de X, a quantidade ofertada tende a aumentar em 6,19%, indicando que a oferta é inelástica a preço.

O conceito de elasticidade é importante para avaliar distribuição do imposto entre produtor e consumidor. Caso a demanda e a oferta tenham elasticidades-preço iguais, o peso do imposto recai igualmente sobre o produtor e o consumidor. Se a demanda é mais elástica que a oferta, o excedente do consumidor será menor do que o do produtor, assim como o impacto do imposto. Por outro lado, se a demanda é mais inelástica do que a oferta, o excedente do consumidor será maior e a parcela do imposto a ser paga será maior que a do produtor.

Para o caso da demanda e oferta expressa por meio de equações, o cálculo da elasticidade-preço é feito por meio da aplicação do conceito de deriva, para se obter a variação da quantidade em relação ao preço. A metodologia é a seguinte:

Cálculos a partir de uma equação:

Oferta: $Q_{ox} = c + dP_x$;

Elasticidade-preço: $E_{po} = \frac{\partial Q_{ox}}{\partial P_x} \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{ox}} = d \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{ox}}$

$E_{po} > 1$, Oferta elástica;

$0 < E_{po} < 1$, Oferta inelástica;

$E_{po} = 1$, Oferta unitária.

Demanda: $Q_{dx} = a - bP_x$;

Elasticidade-preço: $E_{pd} = \frac{\partial Q_{dx}}{\partial P_x} \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{dx}} = -b \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{dx}}$

$E_{pd} < -1$, Demanda elástica;

$-1 < E_{pd} < 0$, Demanda inelástica;

$E_{pd} = -1$, Demanda unitária.

Para as equações de oferta e demanda do mercado de leite apresentadas a seguir, calculam-se o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado para então estimar as elasticidades-preço da oferta e da demanda, como a seguir.

Oferta de leite: $Q_o = 24 + 3 P$;

Demanda de leite: $Q_d = 30 - 2,5 P$;

Preço de equilíbrio: $P_e = R\$ 1,09/\text{litro}$;

Quantidade de equilíbrio: $Q_e = 27,27$ litros.

Aplicação:

Elasticidade-preço: $E_{po} = d \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{ox}} = 3 \cdot \frac{1,09}{27,27} = 0,12$

A oferta é inelástica a preço e indica que para um aumento no preço do leite de 10%, a quantidade ofertada tende a subir 1,2%.

Elasticidade-preço: $E_{pd} = -b \cdot \frac{\bar{P}_x}{Q_{dx}} = -2,5 \cdot \frac{1,09}{27,27} = -0,099$

A demanda é inelástica a preço e indica que se o preço do leite aumentar em 10%, a quantidade demandada tende a cair 0,99%.

Como a demanda é mais inelástica do que a oferta, dado que a elasticidade da demanda, em valor absoluto é menor que a da oferta ($|-0,099| < 0,12$), o excedente do produtor é menor que o excedente do consumidor.

1.5.2 ELASTICIDADES RENDA E CRUZADA

Além da elasticidade-preço, os conceitos de elasticidade-renda e de elasticidade-cruzada são importantes para o estudo das relações horizontais entre produtos comercializados no mercado. A elasticidade-renda mede a variação na demanda de um bem ou serviço em resposta às mudanças na renda, *ceteris paribus*. Um coeficiente de elasticidade renda maior do que zero, diz-se que o bem ou serviço é normal, ao apresentar correlação positiva entre renda e consumo; se for maior do que um, trata-se de bens ou serviços de luxo; se for menor do que zero, o bem é considerado inferior; e se ficar entre zero e um, trata-se de bens ou serviços normais e de primeira necessidade para os consumidores. A equação é dada por:

$$E_r = \frac{\text{Variação \% nas quantidades}}{\text{Variação \% na renda}} = \frac{\% \Delta Q}{\% \Delta R}$$

A elasticidade-cruzada capta a alteração na demanda (oferta) produzida por variações nos preços de outros bens ou serviços, *ceteris paribus*. Ou seja, capta o comportamento das relações entre mercados diferentes. No caso da demanda, uma elasticidade-cruzada positiva indica que os bens ou serviços são substitutos no consumo. Exemplo de produtos substitutos: carne de boi e carne de frango, dado que se o preço da carne de boi se eleva (por causa de aumento no custo de produção), o consumidor tende a comprar menos carne de boi e substituir uma parcela por carne de frango; refrigerante e suco de frutas; carne dos peixes Tambaqui e Tilápia; café e chá etc. Uma elasticidade-cruzada negativa, indica que os produtos são complementares no consumo. São os casos do açúcar e farinha de mandioca, que são consumidos em conjunto, do café com o açúcar, do pão com manteiga, da gasolina com os carros.

$$E_{cz} = \frac{\text{Variação \% na quantidade X}}{\text{Variação \% no preço Y}} = \frac{\% \Delta Q_x}{\% \Delta P_y}$$

Na oferta, uma elasticidade-cruzada negativa indica que os produtos são substitutos porque competem com o uso dos mesmos insumos para serem produzidos. Assim, a produção de soja exige terra, mão de obra, adubo e agrotóxicos, assim como a produção de café, que compõem os custos de produção. Se o produtor decide produzir café, então não pode cultivar a soja no mesmo local e nem usar os demais insumos simultaneamente. Por isso, os produtos são substitutos ao competirem pelo uso dos mesmos fatores de produção. Assim, se o preço do café aumenta, a área plantada com café tende a aumentar e a produção de soja tende a diminuir, *ceteris paribus*. O mesmo ocorre com a produção de boi e a produção de laranja, a produção de aves e de suínos, a produção de soja e de arroz.

Uma elasticidade-cruzada positiva indica que os produtos são produzidos em conjunto e fazem uso dos mesmos fatores de produção. É o caso dos cultivos em consórcio (milho e feijão; milho e mandioca), sistemas agroflorestais (pimenta-do-reino, cupuaçu, maracujá e feijó; cacau, banana e ipê; açai, cupuaçu e teca), que são produzidos em uma mesma área de terra e utilizam os mesmos insumos e mão de obra. Neste caso, se a produção de um aumenta a dos outros também tende a aumentar.

Para a aplicação destes conceitos a casos reais, necessitam-se dos parâmetros das equações de oferta e de demanda, especificadas por meio de regressões múltiplas. O processo de estimação dos parâmetros requer uso da econometria e vamos deixar esta tarefa como exercício para o leitor, com a ajuda da referência indicada e o uso de software específico ou da planilha Excel. Assim, toma-se o resultado da demanda de peixe, especificada para o mercado varejista de Belém, em 2016.

$$Q_{pi} = a_0 + a_1P_{pi} + a_2R_i + a_3P_{fi} + e_i$$

em que Q_{pi} é a quantidade demandada de peixe pela família i (kg/mês), P_{pi} é o preço real do peixe adquirido pela família i (R\$/kg), R_i é a renda real mensal da família i , P_{fi} é o preço real da carne de frango (R\$/kg), considerada um produto substituto da carne de peixe e e_i é o termo de erro aleatório da regressão.

Esperam-se, com base na teoria da demanda, as seguintes hipóteses para os sinais dos parâmetros: $a_1 < 0$ para atender a lei da demanda, $a_2 > 0$ a carne de peixe é um bem normal e $a_3 > 0$ os produtos são substitutos no consumo.

O cálculo das elasticidades é feito com a aplicação de derivada parcial, da seguinte forma:

$$\text{Elasticidade-preço: } E_p = \frac{\partial Q_p}{\partial P_p} \cdot \frac{\bar{P}_p}{Q_p} = a_1 \cdot \frac{\bar{P}_p}{Q_p}$$

$$\text{Elasticidade-renda: } E_r = \frac{\partial Q_p}{\partial R} \cdot \frac{\bar{R}}{Q_p} = a_2 \cdot \frac{\bar{R}}{Q_p}$$

$$\text{Elasticidade-cruzada: } E_{cz} = \frac{\partial Q_p}{\partial P_f} \cdot \frac{\bar{P}_f}{Q_p} = a_3 \cdot \frac{\bar{P}_f}{Q_p}$$

Aplicando-se o método econométrico à equação de demanda, tem-se:

$$Q_{pi} = 8,1 - 1,31P_{pi} + 0,002R_i + 1,22P_{fi}$$

Os resultados estão de acordo com a teoria. Assim, os resultados para as elasticidades são:

$$\text{Elasticidade-preço: } E_p = -1,31 \cdot \frac{11,25}{12,01} = -1,336$$

$$\text{Elasticidade-renda: } E_r = 0,002 \cdot \frac{3.037,97}{12,01} = 0,506$$

$$\text{Elasticidade-cruzada: } E_{cz} = 1,22 \cdot \frac{8,11}{12,01} = 0,825$$

Os resultados indicam que a demanda de peixe no mercado varejista de Belém é elástica, indicando que um aumento de 10% no preço leva a uma queda na quantidade demandada de 13,36%. Com relação à elasticidade-renda, o peixe é um bem normal e de primeira necessidade, dado que o coeficiente está entre zero e um. Assim, para um incremento de 10% na renda, a demanda de peixe tende a aumentar em 5,06%. O coeficiente de elasticidade-cruzada foi positivo, indicando que os produtos frango e peixe são substitutos. Isto indica que se o preço do frango aumentar em 10%, a demanda por peixe tende a diminuir em 8,25%, tudo o mais permanecendo constante.

Com efeito, o leitor deve observar que as variações na renda e no preço do frango produzem deslocamentos da demanda de peixe. Por outro lado, mudanças nos preços do peixe promovem ajustamentos nos pontos (preço, quantidade) ao longo da curva de demanda.

1.5.3 ELASTICIDADE-CUSTO DA OFERTA

Na oferta, o custo de produção e a tecnologia utilizada são os principais deslocadores da oferta. Um custo mais elevado tende a tornar o produto menos competitivo e faz a oferta diminuir. A equação de oferta incluindo a variável custo e dada por:

$$Q_c = b_0 + b_1 P_c + b_2 C_c + e_c$$

em que Q_c é a quantidade ofertada de castanha-do-brasil (em t), P_c é o preço real da castanha-do-brasil (R\$/t), C_c é o custo real de produção da castanha (R\$) e e_c é o erro aleatório da regressão. Espera-se, com base na teoria da oferta, obter os seguintes sinais: $b_1 > 0$, e $b_2 < 0$. A fórmula para o cálculo da elasticidade-custo é:

$$\text{Elasticidade-custo: } E_{cp} = \frac{\partial Q_c}{\partial C_c} \cdot \frac{\bar{C}_c}{\bar{Q}_c} = b_2 \cdot \frac{\bar{C}_c}{\bar{Q}_c}$$

A equação de oferta de castanha-do-brasil da região Norte do Brasil é dada por:

$$Q_c = 35.226 + 52 P_c - 944 C_c$$

Os resultados indicam que o sinal positivo para o coeficiente associado ao preço da castanha e o sinal negativo para o custo de coleta da castanha estão de acordo com a teoria da oferta. O cálculo da

elasticidade-custo, a partir da média da quantidade ($Q_c = 42.770$ t), do principal item do custo de coleta da castanha ($C_c = R\$ 25,00/\text{dia de trabalho}$) é:

$$E_{cp} = -944 \cdot \frac{25}{42770} = -0,581$$

O coeficiente de elasticidade-custo da oferta de castanha-do-brasil da região Norte é $-0,581$, indicando que um aumento de 10% no principal item de custo (valor da diária da mão de obra utilizada na coleta) leva a uma queda na oferta de 5,81%. Cabe ao leitor calcular o coeficiente de elasticidade-preço da oferta para o preço médio de (R\$ 561,00/t) e a quantidade $Q_c = 42.770$ t, com base na equação.

Na Tabela 1.3, apresentam-se os coeficientes de elasticidade-preço e renda da demanda e a elasticidade-preço da oferta para diversos produtos da agricultura, pecuária e do extrativismo vegetal da Amazônia e do Brasil.

Todos os produtos da Tabela 1.3 apresentam demandas inelásticas a preço. Os coeficientes variam muito: alguns produtos como leite *in natura*, banana e laranja, a elasticidade é próxima de zero; outros estão próximo de um, como polpa de açaí e carne de boi. Com relação à elasticidade-renda, tem-se produtos classificados como inferiores, dada o coeficiente negativo e outros aparecem como bens de luxo, com elasticidade maior do que um. No lado da oferta, apenas a carne de boi tem uma oferta elástica a preço. Os demais produtos são inelásticos, com coeficientes entre zero e um.

Tabela 1.3. Elasticidade-preço e renda da demanda e elasticidade-preço da oferta de alguns produtos.

Produtos	Elasticidade - E_d		Oferta E_{po}
	Preço	Renda	
Açúcar	-0,13	0,13	0,45
Arroz	-0,10	0,10	0,29
Feijão comum	-0,12	0,39	0,23
Feijão caupi	-0,64	0,08	0,44
Farinha de mandioca	-0,34	-0,03	0,11
Farinha de trigo	-0,35	0,32	0,32
Banana	-0,09	0,39	0,27
Laranja	-0,09	0,06	0,15
Limão	-0,13	0,95	0,17
Abacaxi	-0,20	0,53	0,69
Cacau em amêndoa	-0,26	-0,91	0,12
Café em grão	-0,12	0,25	0,03
Açaí fruto	-0,12	0,73	0,22
Polpa de açaí	-0,81	0,87	0,75
Castanha-do-pará	-0,22	0,82	0,27
Óleo de copaíba	-0,41	1,60	0,40
Mel de abelha	-0,56	1,27	0,44
Ovo de galinha	-0,25	0,51	0,78
Carne de boi	-0,94	0,62	1,02
Carne de frango	-0,76	0,39	0,74
Carne de porco	-0,65	0,41	0,23
Carne de peixe	-0,73	0,52	0,37
Leite <i>in natura</i>	-0,03	0,32	0,41

Fonte: Santana (notas de aulas).

1.5.4 RELAÇÃO ENTRE ELASTICIDADE E RECEITA

A elasticidade-preço da demanda também é útil para a análise dos impactos de mudanças nos preços de mercado dos produtos causados por fatores climáticos, pragas e doenças, custo de transporte, tecnologia e outros fatores de mercado sobre a receita dos produtores. Dessa forma, falhas de mercado produzidas por ineficácia de políticas públicas podem influenciar os preços de equilíbrio de mercado e, por sua vez, afetar diferentemente os produtos de acordo com a elasticidade-preço.

Assim, elasticidade-preço da demanda capta a influência direta do preço sobre a renda dos produtores, fato que serve de base para orientar as políticas de preços mínimos, garantia de renda e

comercialização das safras. Também tem relação com os ganhos das integrações verticais dos produtores para a entrega de produtos por meio de contratos ou não com as agroindústrias e/ou cooperativas.

O entendimento é que uma variação no preço do produto causa uma variação na receita do produtor ($R = P \times Q$). Para uma demanda elástica, tem-se que: aumento no preço leva a diminuição na receita; queda no preço gera aumento na receita. No caso de demanda inelástica, tem-se: aumento no preço causa aumento na receita; queda no preço produz queda na receita. A relação matemática é:

$$\% \Delta R = (1 - E_p) \cdot \% \Delta P$$

Assim, para a elasticidade-preço do fruto de açaí do Pará, igual 0,12 (Tabela 1.3) e assumindo uma queda no preço do produto de -10%, tem-se uma variação na renda dos extrativistas de -8,8%.

$$\% \Delta R = (1 - 0,12) \cdot (-10\%) = -8,8\%$$

Observe que a queda na receita foi forte em relação à redução do preço. Por isto, uma grande safra de um produto de demanda inelástica a preço pode descapitalizar muitos produtores. Assim, uma queda no preço tende a reduzir as receitas dos produtores. No período da safra, em que a expansão da oferta causa queda nos preços, a demanda sendo inelástica, tem-se que a variação na quantidade será menos que proporcional ao preço, o que impacta negativamente na receita agrícola. Para atenuar este efeito pode-se aplicar a política de estoques reguladores, que retira do mercado o excesso de oferta. Efeito similar tem a política de exportação e/ou de apoio ao beneficiamento industrial do excesso de produto. Veja o que acontece com a polpa de açaí, cuja demanda é mais elástica 0,81 (Tabela 1.3):

$$\% \Delta R = (1 - 0,81) \cdot (-10\%) = -1,9\%$$

A queda na receita da agroindústria de polpa de açaí, para a queda no preço do produto é 4,63 vezes menor do que o impacto sobre a receita dos extrativistas. Vale lembrar que uma queda no preço da fruta, em função de boas safras, causa uma diminuição no custo da agroindústria, o que ajuda a compensar as mudanças no preço da polpa de açaí.

No caso da integração vertical entre os agricultores e as agroindústrias e/ou cooperativas, envolvendo ou não contratos para a entrega dos produtos com preços fixados *ex ante*, o aumento de produção entregue pelos produtores tende a reduzir a receita individual deles e a aumentar a receita das empresas integradoras. Isto ocorre pelo fato de que os produtos vendidos por essas empresas são mais elásticos do que os produtos *in natura* fornecidos como matérias-primas pelos produtores.

Adicionalmente, dado o controle das regras dos contratos, o custo de produção das empresas com a matéria-prima torna-se mais baixo dado o poder utilizado na formação dos preços, *ceteris paribus*.

O fundamento econômico disso está no fato de que a empresa integradora exerce o poder de monopólio e os produtores operam em mercado de concorrência perfeita. O monopólio configura-se quando o mercado é construído por um único comprador, que compra a matéria-prima ofertada por muitos produtores integrados ou não por meio de contratos. Para atenuar esse efeito do poder da empresa integradora ou compradora de fixar o preço dos produtos, os agricultores devem se organizar para aumentar a eficiência e a eficácia da governança vertical, otimizando as relações contratuais e/ou das parcerias firmadas, para que obtenham estabilidade nos preços em níveis que viabilizem a produção.

Para visualizar o ganho de receita líquida na integração vertical entre produtor e agroindústria, a partir da diferença da elasticidade dos produtos, considere que a demanda agregada do produto *in natura* entregue à empresa pelos produtores e a demanda do produto beneficiado da agroindústria sejam dadas por:

$$P_{dp} = 10 - Q \text{ e } P_{de} = 16 - Q,$$

em que P_{dp} é o preço do produto recebido pelos produtores e P_{de} é o preço do produto beneficiado pela empresa. As equações das receitas são:

$$R_p = 10Q - Q^2 \text{ e } R_e = 16Q - Q^2.$$

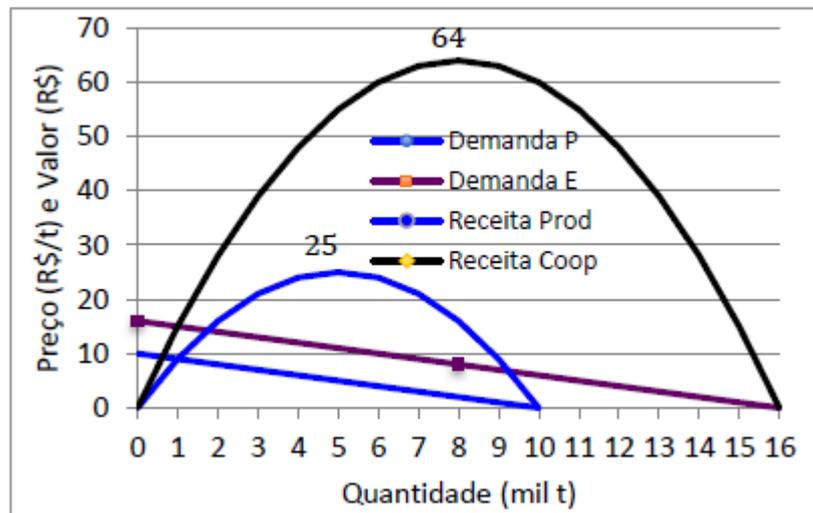
A ilustração gráfica desta relação está na Figura 1.8. Observa-se que o nível máximo da receita dos produtores ocorre com a venda de 5 mil toneladas, gerando o valor de R\$ 25,00 milhões, considerando o preço médio de R\$ 1.000,00/t. Neste ponto, a elasticidade-preço do fruto é unitária. Para a empresa, a receita atinge o máximo de R\$ 64,00 milhões com a venda de 8 mil toneladas do produto beneficiado. Também, neste ponto a elasticidade-preço da polpa é igual a 1.

A equação que estabelece a relação entre a elasticidade-preço (E_p) e a receita total ($R = P \cdot Q$) é a seguinte:

$$RM_g = \frac{dR}{dQ} = P \frac{dQ}{dQ} + Q \frac{dP}{dQ} = P \left(1 - \frac{1}{E_p}\right)$$

Em que R_{Mg} é a receita marginal. Segue-se que se a $E_p > 1$ (demanda elástica), a $R_{Mg} > 0$ e o aumento na quantidade, ou no preço, incrementa a receita total e vice-versa. Quando a $E_p = 1$ (demanda unitária), a $R_{Mg} = 0$ e a receita total é máxima. Pela Figura 1.8, as elasticidades das demandas são iguais a um para as quantidades 5 e 8, respectivamente, para os produtos *in natura* e industrial.

Figura 1.8. Demandas e receitas dos produtores e da empresa integradora.



Fonte: Notas de aula do autor.

O leitor deve observar o seguinte:

a) Quando a quantidade vendida aumenta, a receita do produtor também aumenta até o nível de 5 mil toneladas, e a receita da empresa continua aumentando até 8 mil toneladas;

b) Se os produtores continuarem ofertando maior quantidade individual ou coletiva, a receita deles cai porque a demanda passa a ser inelástica a preço; enquanto isso a receita da indústria aumenta porque a demanda é elástica a preço até o nível de 8 mil t;

c) Esta situação sempre se reproduz na integração vertical em que a elasticidade-preço dos produtos é diferente, a formação dos preços determinada pela empresa e as normas de qualidade dos produtos, que devem ser firmadas em contratos, para fazer jus a dado preço, exigem níveis de conhecimentos que fogem do alcance dos produtores;

d) A minimização do efeito da quantidade sobre a receita dos produtores pode ser alcançada com o aumento da disponibilidade de informação e a qualificação dos produtores para melhorar a eficiência e a eficácia da governança vertical dos contratos, sobretudo das regras que definem os níveis de preços antes das safras.

Portanto, deve-se levar em consideração que a organização dos produtores para a integração vertical exige atenção do ponto de vista econômico para que ao invés de distribuir equitativamente os benefícios gerados pela integração, contribuam para ampliar a desigualdade da renda.

Por fim, o estudo de elasticidade também inclui os casos de demanda (oferta) com coeficiente de elasticidade constante, cuja forma é dada por:

$$Q = aP^b; \nabla a > 0, b \neq 0$$

A equação acima pode ser alternativamente escrita na forma logarítmica como a seguir:

$$\ln Q = \ln a + b \ln P$$

O cálculo da elasticidade é feito aplicando o conceito matemático de derivada:

$$E_p = \frac{dQ}{dP} \cdot \frac{P}{Q} = abP^{b-1} \cdot \frac{P}{Q} = \frac{baP^b}{P} \cdot \frac{P}{aP^b} = b$$

Portanto, para este modelo, a elasticidade-preço é o próprio coeficiente associado à variável preço.

Assim, para o modelo de demanda a seguir, tem-se que:

$$\begin{aligned} Q_d &= \alpha P^\beta R^\lambda P_y^\theta \\ \ln Q_d &= \ln \alpha + \beta \ln P + \lambda \ln R + \theta \ln P_y \\ E_p &= \beta; E_r = \lambda; E_{cz} = \theta \end{aligned}$$

Isto facilita os cálculos das elasticidades. Assim, desde que esta forma funcional seja a que melhor representa a equação de demanda ou de oferta, deve ser utilizado.

Como aplicação, considere a demanda por fruto de açaí por mesorregião do estado do Pará, no período de 2000 a 2014.

$$LQ_a = 36,19 - 0,528 LP_a + 0,494 LR + 0,429 LP_c - 0,623 LICMS$$

Em que LQa é o logaritmo da quantidade de frutos de açaí (t), LPa é o logaritmo do preço do fruto de açaí (R\$/t), LR é o logaritmo da renda per capita (R\$), LPc é o logaritmo do preço da castanha-do-pará (R\$/t) e LICMS é o logaritmo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

Assim, tem-se que a elasticidade-preço constante do fruto de açaí no período analisado foi -0,528, indicando que o produto é inelástico a preço. A elasticidade renda foi 0,494, o que caracteriza o produto como essencial ao consumo dos paraenses. A elasticidade cruzada entre açaí e castanha foi 0,429, caracterizando tais produtos como substitutos. A elasticidade de imposto foi igual a -0,623, mostrando que aumentos de 10% no imposto tende a reduzir a demanda de fruto de açaí em 6,23%. Portanto, observa-se que o cálculo da elasticidade foi facilitado a partir dos modelos especificados na forma logarítmica.

Como exercício de aprendizado, analise a coerência da demanda de castanha-do-pará, no período de 2000 a 2012, obtenha as elasticidades e interprete os resultados.

$$LQ_c = -5,76 - 0,207 LP_c + 0,968 LR + 0,968 LP_a - 0,657 LICMS$$

Em que LQc é o logaritmo da quantidade de castanha com casca (t), LPC é o logaritmo do preço da castanha-do-pará (R\$/t), LPa é o logaritmo do preço do fruto de açaí (R\$/t), LR é o logaritmo da renda *per capita* (R\$) e $LICMS$ é o logaritmo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

1.6 ESTUDO ECONOMÉTRICO DE MERCADO

Para tornar a análise da demanda e oferta mais interessante, aplique o método econométrico dos mínimos quadrados ordinários para estimar os parâmetros dessas equações (Santana, 2003). Para um produto X, a especificação econométrica das equações de oferta e demanda é a seguinte.

$$\begin{aligned} \text{Demanda de X: } Q_{dx} &= a_0 + a_1 P_d + u_d; a_1 < 0 \\ \text{Oferta de X: } Q_{ox} &= b_0 + b_1 P_o + u_o; b_1 > 0 \\ \text{Parâmetros: } a_1 &= \frac{\text{Covar}(Q_{dx}, P_d)}{\text{Var}(P_d)}; b_1 = \frac{\text{Covar}(Q_{ox}, P_o)}{\text{Var}(P_o)} \\ \text{Parâmetros: } a_0 &= \bar{Q}_{dx} - a_1 \bar{P}_d \text{ e } b_0 = \bar{Q}_{ox} - b_1 \bar{P}_o \end{aligned}$$

Em que Q_d e Q_o são as quantidades demandas e ofertadas de peixe, P_d e P_o são os preços pagos pelos compradores e os preços recebidos pelos vendedores de peixe, a_0 e b_0 são os interceptos das equações e a_1 e b_1 são os parâmetros associados à variável preço e são dados pela razão entre as covariâncias das variáveis (quantidade e preço) e a variância da variável preço e u é o termo de erro aleatório. Os dados sobre o mercado de peixe estão na Tabela 1.4, estruturada de acordo com a planilha do Excel.

O cálculo da covariância e da variância dos dados do mercado de peixe da Tabela 1.4 é feito da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Covariância: } Covar_{Q,P} &= \frac{\sum_{i=1}^{14} [(Q_i - \bar{Q}) \cdot (P_i - \bar{P})]}{N-1} = \frac{\sum_{i=1}^{14} (q_i p_i)}{N-1} \\ \text{Variância: } Var_P &= \frac{\sum_{i=1}^{14} (P_i - \bar{P})^2}{N-1} = \frac{\sum_{i=1}^{14} p_i^2}{N-1} \end{aligned}$$

Alternativamente, podem-se obter os valores da covariância e variância por meio da aplicação das fórmulas do Excel aos dados de preço e quantidade de peixe do Brasil, para o período de 2004 a 2017 (Tabela 1.2).

$$\begin{aligned} &= \text{COVARIANCE.S}(B1:D14; C1:C14) \\ &= \text{VAR.S}(C1:C14) \end{aligned}$$

Os dados de quantidade de peixe estão na coluna B, da linha 1 à linha 14 (B1:B14) e os dados de preço na coluna C, da linha 1 à linha 14 (C1:C14), da Tabela 1.4.

Tabela 1.4. Dados de quantidade e preço do peixe no Brasil.

Excel	Ano	Qdpeixe (kg/hab)	Pdpeixe (R\$/kg)	Popeixe (R\$/kg)
	A	B	C	D
1	2004	7,00	5,50	2,70
2	2005	8,00	4,70	2,97
3	2006	9,00	3,90	3,10
4	2007	9,60	3,65	2,75
5	2008	10,10	3,45	2,90
6	2009	10,20	3,70	3,37
7	2010	10,65	3,51	3,28
8	2011	11,00	3,25	3,25
9	2012	11,45	3,32	3,32
10	2013	12,50	3,38	3,38
11	2014	13,00	3,14	3,45
12	2015	13,60	3,43	3,51
13	2016	14,00	3,15	3,59
14	2017	14,50	3,50	3,89
15	Média	11,043	3,684	3,247

Fonte: Santana (notas de aula).

A aplicação destas fórmulas no Excel pode ser feita como na Tabela 1.5. Para isto, calcula-se o desvio em torno da média das variáveis quantidade $q_i = (Q_i - \bar{Q})$ e preço $p_i = (P_i - \bar{P})$, colunas D e E. Para obter o numerador da covariância, somam-se os dados da coluna F. Dividindo-se este valor por 13, tem-se a covariância igual a -1,158 (= -15,05/13).

A variância, seguindo o mesmo processo, é igual a 0,427 (= 5,56/13). Assim, os parâmetros a_0 e a_1 da demanda são:

$$a_1 = (-1,158/0,427) = -2,712$$

$$a_0 = 11,043 - (-2,712 \times 3,684) = 21,034$$

A equação de demanda é:

$$Q_d = 21,034 - 2,712 P_d$$

Os resultados estão coerentes com a lei da demanda, dada a relação negativa entre o preço e a quantidade demanda de peixe. O coeficiente -2,712 indica que para um aumento de R\$ 1,00/kg no preço do peixe, as quantidades demandadas de cada pessoa, em média, caem 2,712 kg, no período

analisado. O coeficiente 21,034 é a quantidade que cada pessoa demandaria caso o preço do peixe fosse igual a zero.

Tabela 1.5. Quantidade e preço do peixe no Brasil, para estimar os parâmetros da demanda.

EX	A	B	C	D	E	F	G
1	Ano	Q	P_d	q_i	p_i	$q_i \cdot p_i$	p_i^2
2	2004	7,00	5,50	-4,04	1,82	-7,34	3,30
3	2005	8,00	4,70	-3,04	1,02	-3,09	1,03
4	2006	9,00	3,90	-2,04	0,22	-0,44	0,05
5	2007	9,60	3,65	-1,44	-0,03	0,05	0,00
6	2008	10,10	3,45	-0,94	-0,23	0,22	0,05
7	2009	10,20	3,70	-0,84	0,02	-0,01	0,00
8	2010	10,65	3,51	-0,39	-0,17	0,07	0,03
9	2011	11,00	3,25	-0,04	-0,43	0,02	0,19
10	2012	11,45	3,32	0,41	-0,36	-0,15	0,13
11	2013	12,50	3,38	1,46	-0,30	-0,44	0,09
12	2014	13,00	3,14	1,96	-0,54	-1,06	0,30
13	2015	13,60	3,43	2,56	-0,25	-0,65	0,06
14	2016	14,00	3,15	2,96	-0,53	-1,58	0,29
15	2017	14,50	3,50	3,46	-0,18	-0,64	0,03
16	Média	11,043	3,684	Soma =		-15,05	5,56

Fonte: Santana (notas de aula). Os dados foram arredondados para duas casas para ajuste na tabela.

Para estimar os parâmetros da equação de oferta de peixe, a partir dos dados da Tabela 1.4, siga a metodologia da Tabela 1.5, considerando o preço P_o . De posse deste resultado, ache o preço e a quantidade de equilíbrio, o preço máximo e a quantidade máxima da demanda e a quantidade mínima da oferta.

Em seguida, desenhe ambas as curvas em um gráfico e calcule os excedentes do produtor e do consumidor e o excedente econômico. Calcule os coeficientes de elasticidade-preço da demanda e da oferta de peixe no ponto de equilíbrio. Faça uma análise completa de todos os resultados obtidos, pondo em evidência o fato de que a distribuição dos benefícios dos consumidores e dos produtores é desigual.

A estimação dos parâmetros de regressões múltiplas – equação com uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes, é um pouco mais complexa. Então o leitor deve consultar um livro de econometria ou de estatística para dominar o conteúdo e fazer uso da ferramenta de Regressão do

Excel para estimar os parâmetros das equações de demanda e oferta. Como exemplo, apresenta-se a demanda por farinha de mandioca de um grupo de famílias de uma turma de alunos de Economia do curso de Agronomia da UFRA, especificada abaixo.

$$\text{Demanda de farinha: } Q_{df} = a_0 + a_1 P_f + a_2 R + u_d$$

Em que a variável dependente Q_{df} é a quantidade de farinha consumida por uma família (kg/mês), e as variáveis independentes: preço real da farinha P_f em (R\$/kg) e renda mensal *per capita* das famílias R em (R\$/mês), e o termo de erro u_d . Os dados para a estimação dos parâmetros da regressão estão na Tabela 1.6.

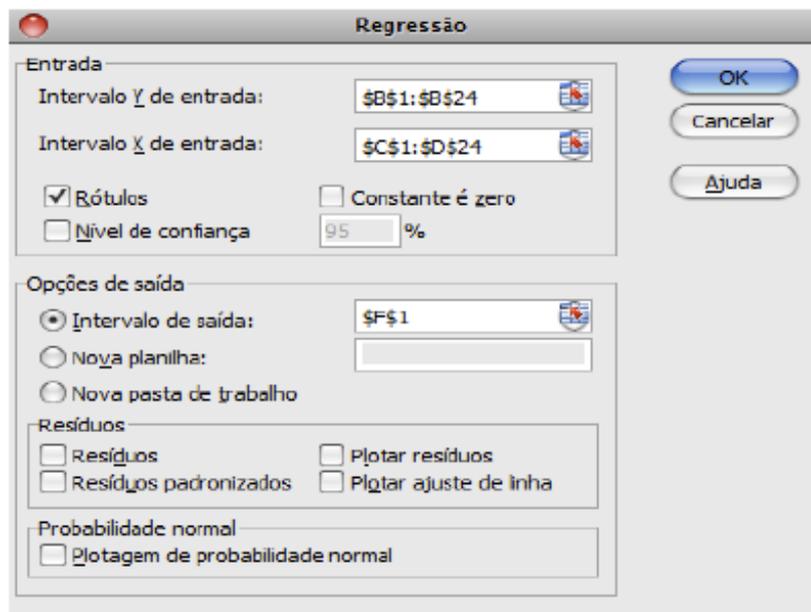
Tabela 1.6. Quantidade e preço de farinha e renda dos consumidores, conforme as colunas e linhas do Excel.

A	B	C	D
1	<i>Q_{far}</i>	<i>P_{far}</i>	<i>Renda</i>
2	4	5,0	4.770
3	2	4,5	1.300
4	1	5,0	1.900
5	7	4,2	4.200
6	5	4,0	4.964
7	4	5,0	2.800
8	5	4,5	5.000
9	2	5,0	2.700
10	4	5,5	1.800
11	8	4,0	4.960
12	1	7,0	1.385
13	4	4,5	1.800
14	2	7,0	3.000
15	5	4,0	1.200
16	8	3,0	5.500
17	2	6,0	2.400
18	7	4,0	3.000
19	2	5,0	1.600
20	11	2,5	7.200
21	1	5,0	1.800
22	4	5,5	2.500
23	10	2,5	6.200
24	8	4,0	4.300

Fonte: Notas de aula do autor.

Os passos para estimar os parâmetros da regressão, a partir dos dados da Tabela 1.6, abre-se o Excel e segue os passos: **Dados, Análise de dados, Regressão**. Aparece uma tela do Excel que deve ser preenchida para gerar os resultados.

O Intervalo Y se refere à variável *QFar*, ou *Qdf*. Na planilha Excel, a linha 1 contém o nome das variáveis. Por isso está marcado o quadro Rótulos. Neste caso, o *software* assume que na primeira linha temos os nomes das variáveis. Portanto, a coluna B (\$B\$1:\$B\$24) define o intervalo dos dados da variável *Qfar*. A faixa definida no Intervalo X (\$C\$1:\$D\$24) contém os dados das variáveis preço e renda. O intervalo de saída indica onde vai alocar os resultados (\$F\$1).



O resumo dos resultados das estatísticas de regressão estimadas pelo Excel é exibido abaixo:

RESUMO DOS RESULTADOS				
Estatística de regressão				
R múltiplo		0,9011		
R-Quadrado		0,8121		
R² - ajustado		0,7933		
Erro padrão		1,3404		
Observações		23		
ANOVA	gl	SQ	MQ	F
Regressão	2	155,28	77,64	43,21
Resíduo	20	35,94	1,80	(0,000)
Total	22	191,22		
	Coefficiente	Desvio	Stat t	valor-P
Interseção	7,956	2,113	3,766	0,001
Pfar	-1,293	0,331	-3,904	0,001
Renda	0,001	0,000	3,698	0,001

Fonte: notas de aula do autor.

Como se trata de uma regressão múltipla, deve-se considerar o R^2 – **ajustado**, que indica o quanto da variação na quantidade demandada é explicada pelas variáveis P_{far} e Renda. No caso, tais variáveis explicam 79,33% das variações na variável dependente. A estatística F indica que pelo menos uma das variáveis é relevante para explicar a demanda. As estatísticas t indicam que as variáveis são estatisticamente significativas a menos de 1%, conforme valor-p.

Com relação aos coeficientes, tem-se que a interseção é positiva, indicando que se o preço e a renda forem iguais a zero, a quantidade que cada consumidor estaria disposto a demandar seria de 7,956 kg. O coeficiente ligado ao preço é negativo, o que representa uma relação inversa entre preço e quantidade, obedecendo a Lei da Demanda. Isto quer dizer que se o preço da farinha aumentar de R\$ 1,00, a quantidade demandada tende a diminuir em 1,293 kg/mês por pessoa, mantida a renda constante. O coeficiente associado à variável renda foi positivo e indica que o aumento de R\$ 1.000,00 tende a incrementar o consumo de farinha em 1,0 kg/mês por pessoa, mantendo o preço constante. A partir destes resultados, pode-se ampliar a análise do mercado de farinha e a sua coerência com a teoria da demanda, por meio do cálculo das elasticidades preço e renda, a partir da média das variáveis: preço da farinha ($P_{far} = R\$ 4,64/kg$), quantidade de farinha ($Q_{far} = 4,65 kg$) e renda das famílias (Renda = R\$ 3.316,48/mês).

1.6.1 MODELO GERAL DE DEMANDA

A demanda de um produto também é influenciada por variáveis comportamentais como educação e qualidade do produto. A decisão de comprar um produto pode ser influenciada pelo grau de escolaridade do consumidor, que reúne mais informação sobre a influência do produto na nutrição, saúde e segurança alimentar. Também, a qualidade do produto influencia na decisão de consumo, levando o consumidor a escolher marcas e locais de venda que indique segurança de que o produto é saudável. Para isto, especificou-se a demanda de polpa de açaí da seguinte forma:

$$Q_{ai} = a + b_1 P_{ai} + b_2 R_i + b_3 NEd_i + b_4 Qual_i + b_5 PFTri + b_6 PFTap_i + b_7 P_{xi} + u_i$$

Em que Q_{ai} é a quantidade per capita de polpa de açaí consumida (litro de açaí/mês) pela família i , no mercado varejista de Belém, P_{ai} é o preço médio do açaí pago pela família i , em (R\$/L); R_i é renda da família i , em R\$/mês; NEd_i corresponde ao nível de escolaridade do entrevistado i , em anos de escolaridade; $Qual_i$ é um indicador da qualidade do açaí construído a partir das condições de higiene no manuseio, processamento da fruta e embalagem do produto, $PFTri$ é o preço da farinha de

mandioca tradicional consumida pela família i , em R\$/kg, $PFTap_{ii}$ é o preço da farinha de tapioca consumida pela família i , em R\$/kg, P_{xi} é o preço do peixe consumida pela família i , em R\$/kg, os b_j são os coeficientes a serem estimados e representam a influência individual de cada variável no consumo de açaí, e u_i é o termo de erro aleatório com média zero e variância constante.

Na Tabela 1.7, apresentam-se os resultados da demanda de polpa de açaí com os coeficientes e as elasticidades. Os resultados estão coerentes com a teoria da demanda, em que a quantidade de polpa demandada varia inversamente em relação ao preço e diretamente em relação à renda. Os produtos: farinha e peixe, apresentaram relação de complementaridade no consumo de açaí.

Com relação à educação, tem-se que a cada aumento no nível de escolaridade, o consumo de polpa de açaí muda de 1,30 L por família e por mês. Assim, os consumidores com nível médio de educação teriam um consumo inferior ao das famílias com educação superior, *ceteris paribus*. A variável qualidade do açaí também impacta positivamente no consumo, indicando que o açaí produzido com higiene e os cuidados no processamento em relação à doença de Chagas tem uma demanda de 4,44 L superior ao produzido nas quitandas.

Tabela 1.7. Resultados da demanda de polpa de açaí do mercado de Belém.

Variável	Coefficiente	Elasticidade
Constante	9,463	-
Preço do açaí	-1,791	-0,811
Renda	0,007	0,866
Nível de educação	1,302	-
Qualidade do açaí	4,660	-
PFar tradicional	-1,201	-0,454
PFar de tapioca	-1,662	-0,678
Preço do peixe	-1,969	-0,806
R^2 Ajustado:	0,87861	
Estatística F: 262,286	$V_p = 0,000$	

Fonte: Santana et al. (2017).

Com relação às elasticidades, tem-se que o coeficiente de elasticidade-preço da demanda de açaí igual a -0,8114 indica que a demanda é inelástica a preço, dado que em resposta a aumentos de 10% no preço, as famílias tendem a diminuir a quantidade consumida em 8,11%, *ceteris paribus*. A elasticidade-renda igual a 0,8655, a polpa de açaí é classificada como um bem normal. Portanto, em resposta a aumentos de 10% na renda *per capita* das famílias, a demanda tende a incrementar de

8,65%, mantendo constante os efeitos das demais variáveis. Portanto, o açaí consumido em Belém pode ser classificado como um produto essencial, visto que aumentou menos que proporcional em resposta aos incrementos na renda dos consumidores.

A elasticidade cruzada da demanda de açaí em relação às farinhas tradicional e de tapioca (-0,4542 e -0,6783), indicou que tais produtos são complementares e, em resposta a mudanças de 10% em seus preços, o consumo tende a cair, respectivamente, em 4,74% e 5,74% para as farinhas tradicional e de tapioca. Com relação ao peixe, a elasticidade cruzada foi de - 0,806, indicando que o consumo do açaí tende a cair de 8,06% em resposta a aumento de 10% no preço do peixe, *ceteris paribus*.

A estatística R2-ajustado indica que as variáveis independentes incluídas na equação de demanda por açaí explicaram 87,86% das variações no consumo de polpa de açaí (Tabela 1.7). A estatística F foi significativa a 1%, mostrando que a equação é válida para representar a demanda por açaí do mercado varejista de Belém.

1.6.2 MODELO GERAL DE OFERTA

A oferta de um produto agrícola é influenciada pelas variáveis relevantes preço do produto, custo de produção e preço de produtos relacionados à produção. A decisão de produzir e vender um produto pode ser influenciada diretamente pelo comportamento do preço de mercado do produto, inversamente ao custo de produção e ao preço do produto competitivo com os fatores de produção terra e mão de obra. Em caso de produtos cultivados conjuntamente em consórcio ou em sistema agroflorestal, a relação é direta. Para isto, especificou-se a oferta de amêndoa de cacau do estado do Pará, no período de 2000 a 2016, da seguinte forma:

$$Q_{ct} = a_0 + a_1 P_{ct} + a_2 SR_t + a_3 PBan_t + u_t$$

Em que Q_{ct} é a quantidade de amêndoa de cacau ofertada (tonelada/ano) no ano t, no mercado do produtor, P_{ct} é o preço médio em nível do produtor da amêndoa de cacau do ano t, em (R\$/tonelada); SR_t é o salário rural pago à mão de obra no ano t, como uma *proxy* do custo de produção, em R\$/dia; $PBan_t$ é o preço da banana recebido pelo produtor no ano t, em R\$/tonelada, os a_i são os coeficientes a serem estimados e representam a influência individual de cada variável na oferta de amêndoa de cacau no ano t; e u_t é o termo de erro aleatório com média zero e variância constante.

Na Tabela 1.8, apresentam-se os resultados da oferta de amêndoa de cacau com os coeficientes e as elasticidades. Os resultados estão coerentes com a teoria da oferta, pois a quantidade ofertada de amêndoa varia diretamente em relação ao preço, inversamente em relação ao salário rural e

diretamente ao preço da banana. O coeficiente 1,3785 associado ao preço do cacau indica que um incremento no preço de R\$ 1.000,00 na tonelada, a oferta tende a crescer em 1,38 tonelada, mantendo o efeito das demais variáveis constante.

Tabela 1.8. Resultados da oferta de amêndoa de cacau do mercado paraense.

Variável	Coeficiente	Elasticidade
Constante	116.569,803	-
Preço do cacau	1,3785	0,1106
Salário rural	-1.849,459	-1,6416
Preço da banana	48,3367	0,4169
R ² -ajustado	0,9695	-
Estatística F _(3,13gl)	32,0193	Vp= 0,000

Fonte: Gerado a partir dos dados do IBGE.

No caso do salário rural, tem-se que se a diária da mão de obra aumentar em R\$ 1,00, a oferta de cacau tende a diminuir de 1,85 tonelada, *ceteris paribus*. Um aumento no preço da banana de R\$ 1.000,00 por tonelada, a oferta de amêndoa de cacau tende a aumentar em 48,34 toneladas.

Com relação às elasticidades, tem-se que a oferta de amêndoa de cacau é inelástica a preço e elástica ao salário rural. Para variação de 10% no preço do cacau, tem-se que a quantidade ofertada tende a diminuir em 1,1%, *ceteris paribus*. Portanto, a oferta é pouco sensível às variações nos preços recebidos pelos produtores. Esta é uma característica das lavouras permanentes, cultivadas por agricultores de pequeno porte não organizados e que vendem a maior parte da produção para atravessadores.

No caso do salário rural, a oferta apresenta elevada dependência de mão de obra. Assim, aumentos no valor da diária de 10%, induz a uma queda na oferta de 16,4%. Na atividade cacau, a mão de obra é o principal item de custo, o que torna a produção fortemente dependente das variações no salário rural. Quando isto acontece, o primeiro impacto é na redução dos tratamentos culturais da lavoura que, por sua vez, diminui a produtividade e o excedente de produção a ser ofertado no mercado.

Com relação à banana, que é uma lavoura cultivada em consórcio com o cacau nos primeiros quatro a seis anos de sua implantação, tem-se uma resposta positiva da oferta de amêndoa de cacau de 4,17% para cada aumento de 10% no preço da banana. Isto ocorre porque o preço mais alto da banana viabiliza a implantação da lavoura do cacau, por reduzir o custo de produção.

A estatística R2-ajustado igual a 0,9695, indica que as variáveis independentes explicam 96,95% das variações nas quantidades ofertadas de amêndoa de cacau, no período analisado. A estatística F, por sua vez, ao apresentar significância menor que 1%, respalda a adequação do modelo de oferta, uma vez que as variáveis independentes são teoricamente relevantes para especificar o modelo.

1.7 ANÁLISE DE TENDÊNCIA DOS MERCADOS

A análise de tendência do mercado agrícola pode ser feita a partir da evolução temporal das variáveis preços e quantidades de cada produto agropecuário ao longo de um período que represente pelo menos um ciclo de produção. Assim, pode-se arbitrar o seguinte limite mínimo para o período: cinco anos para lavouras temporárias; 10 anos para lavouras permanentes, pecuária e produtos do extrativismo.

A estimação da taxa de crescimento do preço e da quantidade é feita por meio do seguinte modelo de tendência log-linear (SANTANA, 2003).

$$\ln Y_t = r_0 + r_1 T + u_t$$

Em que $\ln Y_t$ é o logaritmo natural da variável preço ou quantidade do produto no período t ; r_0 é a constante ou intercepto da regressão; r_1 é o coeficiente de tendência da variável; T_i é o valor da variável de tempo no período t ; u_t é o termo de erro aleatório. O coeficiente de tendência indica o incremento (diminuição) relativo no valor da variável Y em relação a um aumento de uma unidade na variável de tempo. Assim, a tendência revela o comportamento, crescente ou decrescente, da variável Y . Se o coeficiente de tendência for positivo e significativo, há uma tendência crescente em Y ; se for negativo, a tendência é decrescente. A taxa de crescimento w é obtida fazendo o $\ln(r_1) = w$.

Na planilha Excel, pode-se calcular a taxa de crescimento estimando os parâmetros da regressão ou por meio da fórmula PROJ.LOG, aplicada a uma série de dados, como demonstrado a seguir para os dados de preço e quantidade de banana do estado do Acre, no período de 2001 a 2015. Assim, a fórmula geral de cálculo no Excel da taxa de crescimento é:

$$=\text{PROJ.LOG}(\text{Dados}; \text{tendência}),$$

A aplicação ao preço da banana da Tabela 1.9 é:

$$=\text{PROJ.LOG}(\text{B1:B15}; \text{D1:D15}),$$

onde o intervalo (B1:B15) é preço e (D1:D15) é a tendência.

O resultado é $(1+w) = 1,01969$ (Tabela 1.9). A taxa simples é igual a: $w = 0,01969$ e, em porcentagem, é $w\% = 1,969\%$.

De posse da taxa de crescimento, faz-se a projeção da variável para se ter ideia da evolução no tempo. Com isto, pode-se observar a tendência de mudanças e antecipar decisões. Isto é possível com a aplicação da equação abaixo:

$$Y_{it} = Y_{i20az} (1 + w_i)^t$$

Em que Y_{it} e Y_{i20az} são as quantidades ou preços do produto i , respectivamente, nos períodos t e $20az$, considerado como o ano zero, ou o ano mais recente das informações, w_i é a taxa de crescimento da variável Y , envolvendo quantidade (produzida ou consumida e preço real).

Assim, a projeção do preço da banana para o ano de 2020, conforme dados da Tabela 1.9, é obtido da seguinte forma:

$$Y_{B2020} = Y_{B2015} (1 + w_B)^5 = 606,69(1+0,0197)^5 = 606,69(1,0197)^5 = 606,69 \times 1,102458 = R\$ 668,85.$$

Tabela 1.9. Dados de preço e quantidade de banana, tendência e taxa de crescimento.

Ano	Preço (R\$/t)	Qtde. (t)	Tendência
A	B	C	D
2001	512,98	43625	1
2002	572,60	52087	2
2003	539,43	57918	3
2004	348,98	62503	4
2005	316,66	55479	5
2006	284,12	75589	6
2007	420,41	90786	7
2008	271,18	94964	8
2009	289,83	50109	9
2010	415,01	65623	10
2011	518,18	69730	11
2012	519,02	64112	12
2013	579,73	77742	13
2014	619,54	100969	14
2015	606,69	106268	15
PROJ.LOG	1,01969	1,04225	-
TC(%aa)	1,969%	4,225%	-

Fonte: Santana et al. (2016).

As informações de taxa de crescimento dos preços e quantidades de produtos das lavouras, pecuária e extrativismo estão nas Tabelas 1.10 e 1.11. Na Tabela 1.10 constam os preços médios dos produtos, a taxa geométrica de crescimento (TGC) e o Valor-p para aferir a significância estatística da taxa. Adotam-se valores menores ou iguais a 10% como indicativo de que os preços evoluíram ou diminuíram no mesmo período. Valores superiores a 10% são considerados não significativos, indicando que as médias de preços permaneceram constantes.

Sendo assim, os preços da banana evoluíram no período a uma taxa de 1,97% ao ano (Tabela 1.10) e as quantidades a uma taxa de 4,22% ao ano (Tabela 1.11). Portanto as quantidades de banana aumentaram mais rápido do que os preços. Destes resultados, extrai-se que o mercado de banana, ao longo do período, operou com uma demanda superior à oferta. Ou seja, o mercado está em desequilíbrio por escassez de oferta.

No caso do coco-da-baía, os preços caíram a uma taxa de 3,85% ao ano (Tabelas 1.10), enquanto a quantidade aumentou a uma taxa de 12,46% ao ano (Tabela 1.11). Estes resultados indicam que o mercado operou com preços muito elevados para o mercado, o que estimulou o aumento de oferta, mesmo diante de uma demanda interna pequena.

Tabela 1.10. Taxas de crescimento de preço dos produtos das lavouras, pecuária e extrativismo do Acre.

Lav. permanente	Preço	TGC (%a.a.)	Valor-p
Banana (mil cachos)	454,29	1,97	0,0707
Coco-da-baía (t)	1.043,26	-3,85	0,0025
Laranja (t)	793,00	0,73	0,4778
Mamão (t)	1.090,18	-2,08	0,0575
Maracujá (t)	1.919,11	0,17	0,8669
Lav. temporária	Preço	TGC (%a.a.)	Valor-p
Abacaxi (t)	1.957,19	2,05	0,0615
Arroz (t)	877,87	-3,13	0,0080
Feijão (t)	3.019,37	2,19	0,0470
Mandioca (t)	373,63	-0,85	0,4085
Milho em grão (t)	617,63	-0,04	0,9721
Produto extrativo	Preço	TGC (%a.a.)	Valor-p
Açaí fruto (t)	880,79	4,41	0,0007
Castanha-do-brasil (t)	1.723,85	5,78	0,0001
Produto da pecuária	Preço	TGC (%a.a.)	Valor-p
Leite (mil l)	1,01	1,44	0,1742
Ovo (mil dz)	4,74	-1,54	0,1470
Pescado	Preço	TGC (%a.a.)	Valor-p
Curimatã (kg)	7,56	6,71	0,0942
Pacu (kg)	7,42	6,20	0,1018
Pintado (kg)	11,26	-9,08	0,0699
Pirarucu (kg)	16,05	-3,43	0,1808
Tambaqui (kg)	6,92	-0,33	0,7975

Fonte: Santana et al. (2017).

Nestes termos, os preços apresentaram queda e o mercado evoluiu ao longo da demanda, enquanto a oferta continuou se deslocando, dado que o preço em queda ainda não atingiu o patamar que inviabiliza a produção. Por isso, a quantidade cresceu tanto pelo lado da demanda como da oferta, fazendo o mercado expandir. Contudo, a continuar esta tendência, o equilíbrio vai ocorrer com um patamar de preço bem mais baixo e a quantidade bem mais elevada.

Situação diferente ocorre como o arroz, em que os preços (-3,13% aa, Tabela 1.10) e as quantidades (-9,45% aa, Tabela 1.11) apresentaram queda no período. Este caso indica que o mercado, claramente

operou com excesso de oferta, dado que os preços estão muito acima do equilíbrio do mercado. Assim, o mercado se ajusta ao longo da oferta, com os preços e as quantidades ofertadas diminuindo rumo ao equilíbrio do mercado.

Tabela 1.11. Taxas de crescimento de quantidade dos produtos das lavouras, pecuária e extrativismo do Acre.

Lav. permanente	Quant.	TGC (%a.a.)	Valor-p
Banana (mil cachos)	71.166,9	4,22	0,0010
Coco-da-baía (t)	868,80	12,46	0,0000
Laranja (t)	5.285,60	1,89	0,0813
Mamão (t)	2.707,3	5,63	0,0001
Maracujá (t)	566,47	5,74	0,0001
Lav. temporária	Quant.	TGC (%a.a.)	Valor-p
Abacaxi (t)	4.687,4	9,80	0,0000
Arroz (t)	25.100,7	-9,45	0,0000
Feijão (t)	6.520,1	-4,08	0,0013
Mandioca (t)	698.755	9,52	0,0000
Milho em grão (t)	72.840,5	6,20	0,0000
Produto extrativo	Quant.	TGC (%a.a.)	Valor-p
Açaí fruto (t)	1.794,20	14,89	0,0000
Castanha-do-brasil (t)	10.633,1	7,14	0,0000
Produto da pecuária	Quant.	TGC (%a.a.)	Valor-p
Leite (mil l)	70.218,9	-6,44	0,0000
Ovo (mil dz)	3.085,1	6,72	0,0000
Pescado	Quant.	TGC (%a.a.)	Valor-p
Curimatã (kg)	617.628	38,80	0,0164
Pacu (kg)	33.464,67	13,46	0,0472
Pintado (kg)	189.068	94,63	0,0067
Pirarucu (kg)	55.677,00	31,04	0,0205
Tambaqui (kg)	2.056.830	30,54	0,0208

Fonte: Santana et al. (2017).

Nos produtos do extrativismo, embora a evolução dos preços e das quantidades apresente taxas positivas, a situação do mercado do Acre é diferente. A oferta do fruto do açaí para a agroindústria local é pequena, necessitando de importação da polpa para fabricar os produtos para o consumo no mercado local e para a exportação. No caso da castanha, a demanda interna é menor do que a oferta

e o excesso é exportado. Assim, o mercado de fruto de açaí está em desequilíbrio por excesso de demanda e a evolução do mercado ocorre ao longo da demanda rumo ao equilíbrio. No caso da castanha, o excesso de oferta interno não produz queda no preço porque o excesso de externa mantém os preços crescendo. A análise dos demais produtos segue a mesma lógica.

1.8 ANÁLISE DE CONJUNTURA

O início da entressafra do boi gordo no Brasil, em 2019, que vai de agosto a janeiro de cada ano, coincidiu com o auge do colapso do rebanho de suínos da China, que foi acometido pela peste suína africana e dizimou 21% do rebanho chinês. O consumo da carne suína, com 39,8 kg per capita é a de maior consumo, depois da carne de peixe, com 40 kg per capita. Para suprir esta queda na oferta, a China aumentou as importações das carnes suína, bovina e de frango do mercado mundial. O Brasil é o maior exportador de carne de boi e reagiu a esta demanda externa com um forte incremento nas quantidades exportadas das carnes de suíno, aves e bovina para a China.

Como o aumento das exportações coincidiu com a entressafra do boi gordo e com o aumento do Dólar em relação ao Real, a oferta de carne de boi destinada ao abastecimento interno diminuiu. Em função dessa redução na oferta, um novo ponto de equilíbrio do mercado de carne bovina está em processo de ajuste com uma combinação de preço mais alto e uma quantidade menor de carne.

Este movimento de ajuste conjuntural no mercado de carne bovina também ocorreu nos mercados das carnes de suíno e de frango, porém com menor impacto nos preços e nas quantidades. No geral, a consequência foi o aumento dos preços, com impacto negativo no excedente do consumidor e positivo sobre o excedente do produtor. Como este fenômeno não será corrigido em curto prazo, o horizonte futuro é de que a estabilidade dos preços das carnes no Brasil ocorrerá em novo equilíbrio com preços mais altos, mesmo com a tendência de expansão da produção em médio prazo e a recuperação do rebanho suíno na China.

Então, a sequência lógica das causas e efeitos nos preços e quantidades no mercado de carnes, em função do choque externo de oferta, é a seguinte:

- a) O aumento da demanda por carnes no mercado chinês criou uma oportunidade para as cadeias de valor das carnes no Brasil;
- b) O aumento das exportações de carnes do Brasil para a China, composta com a parcela da carne bovina, que antes do choque era destinada ao abastecimento do mercado interno, fez a oferta de carne cair;

c) A redução da oferta agregada de carne bovina no mercado interno causou um aumento nos preços e uma redução nas quantidades por parte dos consumidores do mercado brasileiro.

d) Esta mesma dinâmica ocorreu com o mercado de carnes de aves e de suínos, embora com menor impacto porque a carne bovina tem peso maior no orçamento dos consumidores e é mais elástica a preço e à renda (Tabela 1.3).

A conexão horizontal entre as cadeias de valor das carnes (frango e suíno) e as cadeias de grãos (milho e soja), é feita porque os grãos são a principal matéria-prima da ração das aves, suínos e peixes de cultivo e representam mais de 60% do custo da ração. Como a China reduziu a importação de soja por causa da eliminação do rebanho suíno e negociou com outros países produtores, houve um efeito de amortecimento na alta dos preços dos grãos, que já estavam elevados por causa do câmbio favorável às exportações. Assim, com o aumento da demanda por grãos no mercado interno, os preços dos grãos, mesmo com a expectativa da maior safra em 2020, continuaram elevados por causa da pressão de demanda. Portanto, o equilíbrio de mercado deve ocorrer em um patamar de preços relativamente mais elevado nos próximos anos.

Como se observa, a lógica conjuntural dos efeitos sobre o mercado de grãos é a seguinte:

a) Aumento da demanda de grãos para atender o incremento de produção de aves e suínos no mercado interno;

b) Como resultado do incremento da demanda, os preços dos grãos e as quantidades demandadas aumentam, gerando um novo equilíbrio para o mercado;

c) O aumento de preço dos grãos causa aumento no preço da ração e, por sua vez, nos custos de produção das carnes de aves, suínos e peixes e de todas as atividades que demandam ração à base de milho e soja; o mesmo ocorre com o óleo de cozinha;

d) O aumento no custo de produção causa redução na oferta agregada das carnes de suínos e aves, o que contribui para manter os preços destas carnes elevados no médio prazo.

Observa-se, portanto, que em função da conexão global dos mercados, um fenômeno que ocorre em um país produtor e/ou consumidor de um produto, tende a causar efeitos nos preços e nas quantidades demandadas e ofertadas, em vários países e em diversas cadeias de valor, com repercussões internas e internacionais e com diversos padrões de ajustes ao longo do tempo. Por isso é importante que o leitor aprenda a identificar as variáveis que deslocam a demanda e a oferta, para fazer um bom diagnóstico alinhando as causas e efeitos das mudanças nos preços de equilíbrio.

Ficou claro que os produtores de boi gordo aves e suínos do Brasil estão ganhando com o aumento das exportações de carnes e com a consequente diminuição das exportações de grãos para a China. Quem está ganhando mais com este fenômeno: os produtores ou os frigoríficos?

A resposta é direta: os frigoríficos ganham mais com as exportações de carnes, uma vez que a carne beneficiada é mais elástica a preço do que o boi e o suíno em pé, assim como do frango e do peixe de cultivo. Este mesmo raciocínio pode ser extrapolado para as cadeias de grãos. Assim, as agroindústrias de óleo e de ração tendem a ganhar mais do que os produtores de grãos.

Por outro lado, os consumidores internos de carne são os agentes do mercado que perdem com este tipo de choque externo sobre a produção interna de alimentos com grande importância na dieta alimentar. O bem-estar social diminui por causa da redução no excedente do consumidor.

Com efeito, os ganhos dos produtores tendem a superar a transferência de renda dos consumidores para os produtores, de modo que o benefício líquido para a sociedade é positivo. Portanto, os efeitos de encadeamento para trás e para frente, dado pelas relações dos produtores com as empresas fornecedoras insumos e as empresas que compram os produtos de cada elo destas cadeias de valor, criam empregos, geram lucros, incrementam a arrecadação de impostos e eleva as expectativas para investimentos na ampliação da capacidade produtiva das empresas, o que tende a ampliar o tamanho do mercado.

Como tarefa de aprendizado, tem-se que o aumento do abate de bovinos para atender as exportações aumenta a produção de peles. Sendo assim, faça uma análise lógica do que acontece com a oferta de couro e de calçados e os respectivos efeitos sobre os preços e quantidades de equilíbrio nesta cadeia de valor.

1.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O texto foi estruturado de forma a facilitar o aprendizado de forma rápida e crescente do leitor, exercitando a relação entre o conteúdo teórico e a sua aplicação prática. O estudo iniciou com os conceitos de demanda, oferta, quantidade e preço de equilíbrio do mercado, eficiência econômica e as falhas de mercado de produtos das cadeias de valor do agronegócio brasileiro.

As variáveis que influenciam a oferta e a demanda foram identificadas e analisadas. Os efeitos da incidência de imposto e subsídio sobre o a produção e os custos e benefícios dos produtores e consumidores foram ilustrados. As elasticidades da oferta e demanda e suas relações com a renda dos produtores e os gastos dos consumidores, assim como os efeitos na integração vertical foram aplicadas aos produtos da agricultura, pecuária e do extrativismo.

O aprofundamento do conhecimento evoluiu para a estimação dos parâmetros das equações de oferta e demanda, a partir da coleta de dados reais das variáveis oriundas de fontes secundárias e primárias. Em seguida, a análise contempla todos os conceitos apresentados para que o leitor crie a tarimba necessária ao estudo dos mercados. Com isto, o texto se distancia dos livros-texto utilizados no ensino da Microeconomia, sobretudo quando se trata do agronegócio.

Em seguida, o texto apresenta a metodologia e aplicação da economia à análise de tendência dos mercados de produtos das lavouras temporárias e permanentes, do extrativismo, da pecuária e da pesca. Depois, apresentou-se uma análise de conjuntura sobre os efeitos de questões internacionais sobre o mercado de produtos das cadeias de valor de carnes e grãos do Brasil. A avaliação dos efeitos foi desenvolvida em harmonia com os conhecimentos apresentados no texto, para mostrar como a teoria se aplica a casos reais e ajuda na tomada de decisão dos produtores e consumidores.

O texto finaliza o aprendizado com uma lista de exercícios para a consolidação dos conceitos e a aplicação em diversos níveis de conhecimento, indo do fácil até o avançado, que requer uso de estatística e leitura adicional para a solução. Em complemento, disponibilizou-se uma referência de textos básicos, intermediários e avançados.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

E1. Com base na leitura do texto, responda ao que se pede nos itens seguintes:

- a) Apresente o conceito de demanda e de oferta por frutos de cupuaçu;
- b) Apresente a definição de lei da demanda e da oferta e faça a representação gráfica de ambas.

E2. Responda às seguintes questões sobre o mercado de ovos de galinha:

- a) Apresente as variáveis que estão associadas a uma mudança ao longo da oferta (demanda) de ovos de galinha de granja e em toda a linha de oferta (demanda) de ovos?
- b) Uma informação veiculada como notícia em um Jornal afirmava que preço da cuba de ovos de galinha caiu e, por isso, a demanda por ovos de galinha aumentou. Por que essa afirmativa é falsa?
- c) O aumento no preço do arroz percebido como muito alto nos meses de agosto e setembro de 2020, é um resultado do aumento da demanda e da redução da oferta. Por que essa afirmativa está correta?
- d) Com base na afirmação do item c, quais variáveis provocaram o deslocamento da demanda e da oferta. (Lembrete: auxílio emergencial de renda, alto desemprego, dólar elevado, sazonalidade, redução de área).

E3. A renda do consumidor é uma variável cujas variações tende a influenciar a demanda pelos produtos que compõem a sua cesta básica de alimentos.

a) Desenhe um gráfico para representar o efeito de um aumento na renda sobre a demanda de frutas orgânicas, mantendo o preço constante;

b) O que aconteceria com a demanda de frutas orgânicas se o preço das frutas tradicionais caísse;

c) Desenhe um gráfico de oferta para representar o efeito de uma mudança na tecnologia de produção de frango com grande aumento de produtividade, mantendo o preço constante;

d) O que ocorreria com a oferta de frango se o preço da ração aumentasse no período da safra.

E4. Sobre os fatores que influenciam mudanças na demanda e nas quantidades demandadas de uma mesma demanda, faça um diagrama explicando a ordem e a direção da causação dos eventos apresentados a seguir: A. Mudança no preço do frango; B. Mudança na oferta de frango; C. Redução no preço da ração para frango; D. Aumento no preço da carne de boi; E. Mudança no preço e quantidade demandada de carne suína; F. Mudança na demanda de carne suína.

E5. Com base na relação entre produtos na demanda: complementar e substituto. Identifique essa relação e separe os produtos na lista a seguir: café, açúcar, pão, chá, arroz, gasolina, etanol, carro, banana, maçã, suco de laranja, refrigerante, manteiga, margarina, bolo, ovos, tapioca, e-mail e zap, software e computador. E na oferta: café, cana-de-açúcar, suíno, aves, pecuária, soja, milho, cacau, banana, arroz, mandioca.

E6. A curva de demanda para peixe ornamental é dada por: $Q = 150 - 5P$, em que Q é a quantidade demandada, P é o preço do peixe.

a) Obtenha a demanda na forma inversa: $P = f(Q)$ e desenhe o gráfico;

b) Qual é a quantidade demandada para o preço de um peixe igual a R\$ 20,00/unidade?

c) Qual o preço máximo ou de estrangulamento do mercado?

d) Qual a quantidade máxima de peixe que define o tamanho do mercado *per capita*?

e) Qual a elasticidade-preço do peixe para os preços de R\$ 15,00 e R\$ 10,00 por unidade? Por que a elasticidade diminuiu?

E7. A curva de demanda para peixe ornamental é dada por: $Q = 150 - 5P + 2R$, em que Q é a quantidade demandada, P é o preço do peixe e R é a renda média do consumidor em salários mínimos.

a) Para a renda média igual a $R = R\$ 10 \text{ SM}$, desenhe a curva de demanda e ache o preço de estrangulamento da demanda e a quantidade máxima que pode ser demandada no mercado;

b) Para a renda média igual a $R = R\$ 10 \text{ SM}$ e o preço médio de $P = R\$ 20,00$ por unidade, calcule a elasticidade-preço e a elasticidade renda da demanda e interprete os resultados.

E8. A curva de oferta para peixe ornamental é dada por: $Q = -15 + 2,5P$, em que Q é a quantidade ofertada, P é o preço do peixe.

a) Obtenha a oferta na forma inversa: $P = f(Q)$ e desenhe o gráfico;

b) Qual é a quantidade ofertada para o preço de um peixe igual a $R\$ 10,00/\text{unidade}$ e qual a elasticidade-preço neste ponto?

c) Qual a elasticidade-preço do peixe para o preço de $R\$ 20,00$ por unidade? O que aconteceu com a elasticidade em relação ao item b)?

E9. A elasticidade renda (E_r) da demanda mede a variação percentual na quantidade de um produto para a variação de 1% na renda dos consumidores; a elasticidade cruzada (E_{cz}) da demanda mede a variação percentual na quantidade quando o preço de outro produto relacionado ao consumo varia 1%, *ceteris paribus*.

a) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos café e pão? Por quê?

b) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos café e chá? Por quê?

c) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos manteiga e margarina? Por quê?

d) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos gasolina e etanol? Por quê?

e) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos saia e blusa? Por quê?

f) Que sinal você espera encontrar para a E_{cz} entre os produtos leite e cerveja? Por quê?

g) Que sinal você espera encontrar para a E_r caso o produto seja raiz de mandioca? Por quê?

h) Que sinal você espera encontrar para a E_r caso o produto seja farinha de tapioca? Por quê?

i) Que sinal você espera encontrar para a E_r caso o produto seja filé mignon? Por quê?

j) Que sinal você espera encontrar para a E_r caso o produto seja um celular? Por quê?

E10. Com base nos resultados da Tabela 1.1, analise os casos dos feijões e da farinha de mandioca e explique, com base na teoria da demanda, o que acontece com as quantidades demandadas e os gastos dos consumidores quando o preço e a renda aumentam, simultaneamente, 10%. Consulte os textos indicados nas referências.

E11. Com base nos exercícios E5 e E7, desenhe um gráfico para representar as curvas de demanda e de oferta e calcule:

a) Preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de peixe ornamental;

b) As elasticidades-preço da demanda e da oferta no ponto de equilíbrio, diga qual a natureza de cada uma e interprete os resultados.

E12. O mercado de madeira em tora da Amazônia, conforme Santana (2012), funciona em regime de concorrência perfeita nos vários polos madeireiros da Amazônia. Assim, um estudo empírico sobre o mercado de madeira em tora gerou os seguintes resultados:

$$\begin{aligned} \text{Demanda: } Q_d &= 900 - 2,0 P \\ \text{Oferta: } Q_o &= 50 + 0,5 P \\ \text{Equilíbrio: } Q_d &= Q_o = Q_e \end{aligned}$$

Em que: Q_d e Q_o são as quantidades demandada e ofertada de madeira em tora (m^3); P é o preço da madeira em tora (R\$/ m^3).

Pede-se:

- Represente as equações de demanda e de oferta em um mesmo gráfico;
- Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado e explique o resultado;
- Calcule as elasticidades-preço da demanda e da oferta e interprete os resultados;
- Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício econômico total para a situação de equilíbrio;
- Faça uma análise geral dos resultados obtidos, contemplando a eficiência do mercado, a empresa, o consumidor e a sociedade.

E13. Nos casos apresentados a seguir, mostre qual apresenta a maior queda no preço de equilíbrio e qual exibe maior variação na quantidade de equilíbrio? Avalie sua resposta do gráfico de cada uma das situações.

- A demanda tem alta elasticidade-preço e ocorreu um pequeno aumento na oferta;
- A demanda tem baixa elasticidade-preço e ocorreu um grande aumento na oferta;
- A oferta tem baixa elasticidade-preço e ocorreu um substancial aumento na demanda;
- A oferta tem alta elasticidade-preço e ocorreu uma pequena queda na demanda;

E14. Admita que o governo aplique um imposto sobre a comercialização das toras de madeira ($i = R\$ 20,00/m^3$), cuja arrecadação se reverterá no apoio ao manejo florestal. Com base no exercício anterior, defina a nova curva de demanda com o imposto e responda:

- Represente as equações de demanda e de oferta (com e sem imposto) em um mesmo gráfico;
- Calcule o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de madeira em tora com o imposto;

c) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio com o imposto;

d) Calcule o valor arrecadado pelo governo e a parcela do imposto paga pelo produtor e pelo consumidor.

E15. O mercado de ovos de galinha de granja do Pará está representado pelas equações estruturais de demanda e oferta: $Q_d = 24 - 2P$ e $Q_o = -6 + 3P$, em que Q_d e Q_o são as quantidades demandadas e ofertadas de ovos *per capita* por ano (dúzia) e P é o preço dos ovos (R\$/dz). Adicionalmente, considere a implementação de um imposto sobre a comercialização dos ovos de ($i = R\$ 1,00/dz$) e um subsídio de ($s = R\$ 1,00/dz$), apenas para efeito de aprendizado, e responda:

a) Represente as equações de demanda e de oferta (com e sem imposto) em um mesmo gráfico;

b) Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado sem imposto e calcule as elasticidades-preço da demanda e da oferta;

c) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio;

d) Analise os resultados obtidos, contemplando a eficiência do mercado de ovos, a empresa, o consumidor e a sociedade;

e) Represente as equações de demanda e de oferta (com e sem subsídio) em um mesmo gráfico;

f) Calcule o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de ovos com subsídio e veja o que ocorreu com a elasticidade da demanda e da oferta;

g) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio com o subsídio;

h) Faça uma análise comparativa entre os resultados obtidos com o imposto e com o subsídio e avalie a distribuição dos benefícios e custos das políticas para os produtores e os consumidores de ovos.

E16. O mercado de castanha-do-brasil com casca no estado do Pará está representado pelas equações:

$$\text{Demanda: } Q_d = 14,5 - 6P;$$

$$\text{Oferta: } Q_o = 7,3 + 0,8P.$$

em que Q_d e Q_o são as quantidades demandadas e ofertadas de castanha por ano (mil kg) e P é o preço da castanha com casca (R\$/kg). Adicionalmente, considere a implementação de um subsídio aos extrativistas de R\$ 0,25/kg de castanha comercializada, equivalente à subvenção da política geral de preços mínimos para os produtos da sociobiodiversidade e responda:

- a) Represente as equações de demanda e de oferta (com e sem subsídio) em um mesmo gráfico;
- b) Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado sem subsídio e calcule as elasticidades-preço da demanda e da oferta;
- c) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio;
- d) Analise os resultados obtidos, contemplando a eficiência do mercado de castanha;
- e) Represente as equações de demanda e de oferta (com e sem subsídio) em um mesmo gráfico;
- f) Calcule o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado com subsídio e veja o que ocorreu com a elasticidade da demanda e da oferta;
- g) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio com o subsídio;
- h) Faça uma análise comparativa entre os resultados obtidos com e sem o subsídio, avalie a distribuição dos benefícios e dos custos da política para os produtores e os consumidores.

E17. A demanda de carne de boi do estado do Pará, no período 1980/2000 foi: $LQ_d = 6,7 - 0,4 LP + 0,8 LR$, em que LQ_d é o logaritmo da quantidade demandada em kg, LP é o do preço da carne de boi (R\$/kg) e LR é o logaritmo da renda dos consumidores (R\$/ano). Com base nestes dados, faça o que se pede a seguir:

- a) Represente a equação de demanda em um mesmo gráfico;
- b) Calcule as elasticidades-preço e renda da demanda de carne de boi e interprete os resultados.

E18. A demanda e a oferta de peixe *in natura* do estado do Pará, no período anterior a 2007, são dadas por: $Q_d = 20 - P$; $Q_o = P - 6$, em que Q_d e Q_o são as quantidades demandada e ofertada em kg, P é o do preço do peixe em R\$/kg. Com base nestas informações, responda:

- a) Represente as equações de demanda e oferta em um mesmo gráfico;
- b) Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de peixe, represente no gráfico e analise o resultado;
- c) Estime os excedentes do consumidor e do produtor de peixe e analise o resultado;
- d) Calcule as elasticidades-preço da demanda e da oferta de peixe, interprete o resultado e diga a natureza da demanda e da oferta.

E19. Com base no exercício anterior, o incremento na renda dos consumidores, por meio do aumento real do salário-mínimo, promoveu um incremento no consumo e gerou a demanda: $Q_{dr} = 28 - P$.

a) Mostre este resultado no mesmo gráfico da questão anterior;

b) Calcule o novo preço e quantidade de equilíbrio e relate sobre o que aconteceu com o preço e a quantidade de equilíbrio e com o tamanho do mercado de peixe no estado do Pará;

c) O que aconteceu com os excedentes do consumidor e do produtor? Qual a magnitude do impacto do aumento da renda e quem teve maior alteração no excedente (ganho ou perda).

E20. A demanda de polpa de açaí em Belém, no ano de 2017 foi: $Q_{da} = 9,46 - 1,79 P_a + 0,007 R - 1,66 P_f - 19,9 P_p$, em que Q_{da} é a quantidade demandada de polpa de açaí (litro/mês), P_a é o do preço da polpa de açaí (R\$/litro), R é renda real das famílias (R\$/mês), P_f é o preço da farinha de tapioca (R\$/kg) e P_p é o preço do peixe (R\$/kg). Os valores médios das variáveis são: $Q_{da} = 12,67$ litros; $P_a = R\$ 5,74$ /litro, $R = R\$ 1.612,68$ /mês, $P_f = R\$ 5,17$ /kg e $P_p = R\$ 5,19$ /kg. Com base nestes dados, faça o que se pede a seguir:

a) Verifique se os resultados estão de acordo com a teoria da demanda;

b) Calcule as elasticidades-preço da demanda de polpa de açaí, a elasticidade-renda e as elasticidades cruzadas da demanda de açaí em relação à farinha de tapioca e o peixe;

c) Analise os resultados obtidos no item anterior;

d) Faça a substituição dos valores médios das variáveis deslocadoras da demanda, obtenha a função bivariada entre quantidade e preço, desenhe o gráfico e estime, a partir dos preços e quantidades médias, os excedentes do consumidor e dos vendedores de polpa de açaí.

E21. Com base nos resultados da Tabela 1.1 sobre elasticidades, considere a elasticidade-preço e estime a variação na renda dos produtores para uma variação 10% nos preços dos produtos agrícolas, pecuários e do extrativismo. De posse dessa informação, que política pública você recomendaria para minimizar os efeitos dos preços sobre a receita dos produtores e evitar sua descapitalização. Conduza desenvolva a análise tendo em vista a produção nos sistemas em consórcio, monocultivo e SAF.

E22. Caso a safra de cacau do estado do Pará aumentar 15% em função das condições climáticas favoráveis, o preço cairá em quantos por cento? Qual o impacto na receita dos agricultores caso não haja nenhuma política de garantia de renda? O que de fato deve ocorrer com a renda dos produtores em função da perda de competitividade do cacau baiano (queda de 5% da produção e 2,5% na oferta total de cacau) e do constante crescimento da demanda (incremento de 5% no preço do cacau). Faça os cálculos e produza um diagnóstico de conjuntura sobre a economia do cacau.

E23. Com base nos dados da Tabela 1.12 sobre o consumo de carne de boi das famílias de estudantes da Economia Regional e do Agronegócio, do curso de Medicina Veterinária da UFRA, apresente a equação de demanda por meio de uma regressão múltipla, tendo a variável quantidade consumida de carne de boi por família (kg/fam.) ao mês como variável dependente e, como variáveis independentes, o preço da carne de boi (R\$/kg), a renda mensal da família (R\$/fam.) e o preço da carne de frango (R\$/kg). Apresente as hipóteses esperadas para os sinais dos parâmetros associados às variáveis. Use o Excel para estimar os parâmetros da regressão. Agora verifique se os resultados estão coerentes com a teoria da demanda. Calcule as elasticidades-preço, renda e cruzada da demanda por carne de boi e analise os resultados.

Tabela 1.12. Dados sobre a demanda de carne de boi.

Aluno	QCboi	PCboi	Renda	Pfrango
1	4	20,0	4.000	10,0
2	20	12,0	16.000	7,0
3	8	21,0	6.000	15,0
4	10	24,0	9.000	10,0
5	20	12,0	10.000	6,7
6	16	13,0	9.000	7,0
7	15	20,0	8.000	8,0
8	7	18,0	2.000	13,0
9	18	12,0	8.500	7,2
10	10	18,0	4.500	7,0
11	3	24,0	3.000	15,0
12	6	20,0	2.000	12,0
13	10	15,0	4.700	10,0
14	10	18,0	2.000	5,8
15	5	24,0	2.500	14,0
16	9	19,5	7.500	12,0

17	18	14,0	7.900	7,8
18	2	25,9	1.500	15,5
19	6	23,0	1.849	9,0
20	1,5	26,0	1.000	16,0
21	17	15,0	15.000	8,0
22	8	25,9	4.500	12,0
23	13	18,0	4.000	9,0
24	11	16,0	3.670	6,0
25	20	15,0	9.500	7,0
26	10	20,0	2.500	9,0
27	12	16,0	4.500	9,0
28	9	22,0	7.485	10,0
29	5	23,0	5.100	15,0
30	7	19,0	6.000	9,0
31	12	18,0	10.500	7,0
32	14	20,0	6.500	9,0
33	10	22,0	3.000	15,0
34	12	16,0	5.500	15,0
35	8	17,0	2.500	11,0
36	4	24,0	3.000	16,0
37	8	20,0	4.000	12,0
38	9	15,0	4.000	12,0
39	10	15,0	3.700	11,0
40	10	20,0	6.600	8,5
41	11	18,0	10.000	10,0
42	2	25,0	1.700	12,9
43	5	20,0	3.200	15,0
44	8	22,0	8.000	10,0
45	10	18,0	7.000	11,0
46	10	17,0	2.500	10,0
47	7	22,0	3.000	14,0
48	15	14,5	5.398	10,0
49	10	17,5	1.996	10,0

Fonte: Trabalhos de aula do autor.

E24. Com base nos dados da Tabela 1.13 sobre a oferta de cacau do estado do Pará, no período de 2000 a 2016, apresente a equação de oferta por meio de uma regressão múltipla, tendo a variável quantidade produzida de cacau (tonelada/ano) como variável dependente e como variáveis explicativas o preço do cacau (R\$/t), o salário rural com proxy do custo de produção (é o principal item de custo) (R\$/dia de trabalho) e o preço da banana (R\$/t). Apresente as hipóteses esperadas para os sinais dos parâmetros associados às variáveis. Use o Excel para estimar os parâmetros da regressão. Agora verifique se os resultados estão coerentes com a teoria da oferta. Adicionalmente, Calcule as elasticidades-preço, custo e cruzada da oferta de cacau e analise os resultados. Com base na elasticidade-preço do cacau, estime o impacto de uma elevação no preço da amêndoa de cacau em 15% sobre a renda dos agricultores. Como este efeito influenciaria a oferta do produto nos anos seguintes, caso acreditem que a demanda vai continuar firme e crescente?

Tabela 1.13. Dados sobre a oferta de cacau do Pará.

Ano	QCacau	PCacau	Srural	PBanana
2000	28278	1.301,40	53,16	126,32
2001	29028	1.745,52	49,02	252,00
2002	34069	4.370,34	53,93	273,25
2003	31524	3.528,90	55,47	235,34
2004	32804	3.528,93	54,64	265,23
2005	38119	2.983,74	52,08	278,03
2006	36595	2.779,64	50,27	306,81
2007	43207	3.346,12	48,52	312,24
2008	47108	4.331,22	48,16	314,00
2009	54216	5.360,56	45,86	372,28
2010	59537	5.046,59	45,67	421,13
2011	63799	4.810,06	45,44	497,53
2012	67299	4.565,40	47,22	503,40
2013	79727	4.225,02	45,07	703,01
2014	100293	6.489,97	46,98	894,42
2015	105914	7.606,59	46,07	999,33
2016	85826	9.204,04	44,49	1.329,34

Fonte: IBGE.

E25. Com base nos dados da Tabela 1.14 sobre a demanda por ovos de galinha de 50 famílias de estudantes da disciplina Economia Regional e do Agronegócio, do curso de Medicina Veterinária da UFRA, especifique a equação de demanda por meio de uma regressão múltipla, tendo a variável quantidade demandada de ovos de galinha por família (cuba de 30 ovos/família) ao mês como variável dependente e tendo como variáveis explicativas, o preço da cuba de ovos (R\$/cuba), a renda mensal da família (R\$/família) e o preço da carne de boi (R\$/kg), o preço da farinha de (R\$/kg) e a educação (nível de escolaridade – primário, médio e superior incompleto e completo, e pós-graduação). Apresente as hipóteses esperadas para os sinais dos parâmetros associados às variáveis. Use o Excel para estimar os parâmetros da regressão. Especifique também o modelo na forma logarítmica e compare os resultados. Depois verifique se os resultados dos dois modelos estão coerentes com a teoria da demanda. Calcule as elasticidades-preço, renda e cruzada da demanda e analise os resultados.

Tabela 1.14. Dados sobre a demanda de ovos de galinha.

Família	Qovo	Povo	Renda	PCBoi	PFar	Educa
1	2	12,0	4.000	12,0	6,0	5
2	5	11,0	16.000	15,0	3,0	6
3	4	10,0	6.000	21,0	6,0	4,5
4	6	8,0	9.000	24,0	3,5	4,5
5	6	9,0	10.000	22,0	3,5	5
6	5	10,0	9.000	20,0	4,0	4,5
7	4	12,0	8.000	20,0	4,5	3
8	2	12,0	2.000	18,0	6,0	5
9	2	13,0	5.000	15,0	7,0	2,5
10	4	10,0	1.500	18,0	3,5	1,5
11	6	9,6	3.000	24,0	3,0	6
12	3	11,0	2.000	20,0	6,0	1,5
13	2	12,0	1.700	15,0	5,5	2
14	2	13,0	2.000	18,0	5,0	5
15	2,5	12,0	2.500	24,0	5,0	5
16	5	8,0	7.500	19,5	3,7	6
17	4	12,0	6.900	14,0	4,0	5,5
18	3	12,0	1.500	15,0	6,0	4,5
19	2,5	10,0	1.849	23,0	4,0	2,5
20	1	14,0	1.000	12,0	8,0	4,5
21	8	9,0	15.000	25,0	3,0	7
22	6	8,0	4.500	25,9	4,0	7
23	4	11,9	4.000	18,0	5,0	5
24	2	14,0	3.670	16,0	6,0	5
25	6	8,0	4.000	22,0	3,0	4,5
26	1,5	12,0	2.500	12,0	8,0	3
27	5	8,0	4.500	16,0	4,5	5
28	4	10,0	7.485	22,0	6,0	4,5
29	3	10,0	5.100	16,0	5,0	4
30	4	10,5	6.000	19,0	5,0	4
31	8	6,0	10.500	25,0	3,5	7
32	5	12,0	4.000	20,0	4,0	5
33	2,5	13,0	3.000	22,0	4,5	4,5
34	4	8,5	3.500	18,0	4,0	2,5
35	2	13,0	2.500	17,0	5,0	2
36	3	12,0	3.000	18,0	4,0	3
37	2	14,0	4.000	20,0	6,0	4
38	1	15,0	1.000	12,0	8,0	2
39	2	12,0	3.700	15,0	5,0	5
40	3	13,0	6.600	20,0	4,0	5
41	5	8,5	10.000	20,0	3,5	6
42	2,5	10,0	1.700	15,0	5,0	2
43	1,5	14,0	3.200	15,0	8,0	2
44	5	9,0	6.000	22,0	5,0	5
45	2,5	11,8	8.000	18,0	7,0	5
46	2	14,0	7.000	17,0	8,0	7
47	2	13,0	2.500	18,0	7,0	2
48	3	12,0	3.000	14,5	7,0	5
49	5	8,8	3.398	20,0	5,0	5
50	2,5	12,5	1.996	16,5	6,0	4

Fonte: Trabalhos de aula.

E26. Para exercitar o estudo de elasticidade a partir de modelos logarítmicos, transforme os dados das Tabelas 1.11, 1.12 e 1.13 em logaritmo natural e estime os parâmetros usando o Excel. Compare os resultados das elasticidades constantes com as elasticidades médias obtidas dos modelos na forma linear. Lembre-se que as elasticidades geradas pelos modelos lineares se referem ao ponto médio, logo pode variar ao longo das curvas.

E27. Com base nos dados de oferta e demanda de produtos das **lavouras** de um estado da região Norte, complete a Tabela 1.15 e analise o resultado obtido com relação à tendência de comportamento em relação ao equilíbrio do mercado (escassez ou excesso de oferta ou demanda).

Tabela 1.15. Dados de oferta e demanda de alguns produtos da agropecuária.

Produto	Oferta 2020	Demanda 2020	Varição (%)
Banana (t)	80.100	85.400	
Frango (t)	20.700	30.500	
Peixe (t)	25.100	18.945	
Feijão (t)	6.500	5.800	
Produto	Oferta 2025	Demanda 2025	Varição (%)
Banana (t)		90.750	
Frango (t)		32.800	
Peixe (t)		20.650	
Feijão (t)		6.450	

Fonte: SANTANA (2017). $Varição\ (%) = [(O - D)/O] \times 100$.

A equação de projeção da oferta para 2025 é dada por: $Q_{i2025} = Q_{i2020} (1 + r_i)^t$, em que Q_{i2025} e Q_{i2020} = quantidades totais do produto i (= banana, frango, peixe e feijão), produzidas, respectivamente, nos períodos 2020 e 2025, sendo 2020 considerado como ano-base; r_i = taxa de crescimento da quantidade ofertada Q_i , dos produtos (banana, $r = 0,0625$; frango, $r = 0,0365$; peixe, $r = -0,115$; e feijão, $r = -0,045$).

E28. O surgimento da epidemia do Coronavírus (COVID-19) na China, principal mercado comprador das commodities soja e carnes (ave, boi e suíno) do Brasil e dos Estados Unidos, assim como a ampliação de seus efeitos na economia mundial, causou impacto no mercado chinês e nas demais

economias parceiras. A China, inicialmente, diminuiu as importações de soja e carnes do Brasil e do mundo, logo todos os países produtores e exportadores foram afetados. O impacto deste fenômeno no Brasil exige estratégias para enfrentar estas questões e oferecer soluções para reduzir os prejuízos. Faça uso do conteúdo apresentado neste capítulo e apresente respostas para as seguintes questões:

a) O que você faria, em curto prazo, com o excesso de soja e de carnes que deixou de ser exportado para o mercado chinês?

b) O que você espera que ocorra com a oferta de soja, o preço e a quantidade de equilíbrio no mercado brasileiro? Ilustre sua resposta por meio de gráficos de oferta e demanda.

c) O que você espera que ocorra com a oferta de carnes (ave, suíno e boi), o preço e a quantidade de equilíbrio no mercado brasileiro? Ilustre sua resposta por meio de gráficos de oferta e demanda.

d) A soja é ingrediente da ração de aves e suínos, então quais os efeitos na produção dessas carnes no Brasil? Como este fato pode ser transformado em uma estratégia competitiva nos mercados interno e internacional?

e) E depois da pandemia na China, as importações de carne devem aumentar. Como o Brasil pode tirar proveito dessa situação?

E29. Até março de 2020, os mercados de arroz, feijão e óleo de soja funcionavam em equilíbrio estável entre oferta e demanda no Brasil. A partir de abril de 2020, com o **Coronavírus** (COVID-19), mais de 60 milhões de brasileiros muito pobres e sem emprego, passaram a contar como única fonte de renda o auxílio emergencial do Governo Federal de R\$ 600,00 por seis meses e R\$ 300,00 por mais quatro meses. Esta parcela da população reajustou o hábito de consumo e concentrou os gastos nos alimentos básicos (arroz, feijão e óleo). Com isto, houve mudanças importantes na demanda, oferta, preços de equilíbrio, importação e exportação destes produtos. Neste contexto, responda às questões apresentadas nos itens abaixo.

a) Os preços do arroz, feijão e óleo aumentaram muito com a pandemia, apresente as causas destes aumentos por meio da análise das variáveis que influenciaram a demanda e oferta de cada produto no mercado interno;

b) Avalie o efeito de eventos do mercado externo que causaram mudanças nas exportações e nas importações de arroz e óleo e, por sua vez, influenciaram os preços destes produtos;

c) O que deve ocorrer com a oferta e a demanda de arroz e feijão para o ano de 2021, como resposta ao cenário conjuntural evidenciado em 2020, considerando que o auxílio emergencial reduzir

os prejuízos. Faça uso do conteúdo apresentado neste capítulo e apresente respostas para as seguintes questões:

a) O que você faria, em curto prazo, com o excesso de soja e de carnes que deixou de ser exportado para o mercado chinês?

b) O que você espera que ocorra com a oferta de soja, o preço e a quantidade de equilíbrio no mercado brasileiro? Ilustre sua resposta por meio de gráficos de oferta e demanda.

c) O que você espera que ocorra com a oferta de carnes (ave, suíno e boi), o preço e a quantidade de equilíbrio no mercado brasileiro? Ilustre sua resposta por meio de gráficos de oferta e demanda.

d) A soja é ingrediente da ração de aves e suínos, então quais os efeitos na produção dessas carnes no Brasil? Como este fato pode ser transformado em uma estratégia competitiva nos mercados interno e internacional?

e) E depois da pandemia na China, as importações de carne devem aumentar. Como o Brasil pode tirar proveito dessa situação?

E29. Até março de 2020, os mercados de arroz, feijão e óleo de soja funcionavam em equilíbrio estável entre oferta e demanda no Brasil. A partir de abril de 2020, com o Coronavírus (COVID-19), mais de 60 milhões de brasileiros muito pobres e sem emprego, passaram a contar como única fonte de renda o auxílio emergencial do Governo Federal de R\$ 600,00 por seis meses e R\$ 300,00 por mais quatro meses. Esta parcela da população reajustou o hábito de consumo e concentrou os gastos nos alimentos básicos (arroz, feijão e óleo). Com isto, houve mudanças importantes na demanda, oferta, preços de equilíbrio, importação e exportação destes produtos. Neste contexto, responda às questões apresentadas nos itens abaixo.

a) Os preços do arroz, feijão e óleo aumentaram muito com a pandemia, apresente as causas destes aumentos por meio da análise das variáveis que influenciaram a demanda e oferta de cada produto no mercado interno;

b) Avalie o efeito de eventos do mercado externo que causaram mudanças nas exportações e nas importações de arroz e óleo e, por sua vez, influenciaram os preços destes produtos;

c) O que deve ocorrer com a oferta e a demanda de arroz e feijão para o ano de 2021, como resposta ao cenário conjuntural evidenciado em 2020, considerando que o auxílio emergencial acaba em dezembro de 2020 e o alcance de um novo programa de transferência de renda?

E30. Desde 2016, o abate de fêmeas vem aumentando a ponto de impactar o ciclo da pecuária de corte, com evidência da diminuição da oferta de bezerros e, por sua vez, de boi gordo para os frigoríficos. Neste mesmo período, o consumo de carne bovina vem crescendo na China, com a carne brasileira desenhando um hábito novo para os consumidores chineses de carne. Também o dólar está em patamar alto em relação ao real, o que favorece as exportações brasileiras. Em função dessa conjuntura, novo cenário para o mercado de carne nacional se configura para os próximos anos. Diante disso, analise as questões abaixo.

A. O abate de fêmeas diminui a oferta de bezerros e de boi gordo, com impactos no aumento dos preços do bezerro, do boi gordo e da carne bovina;

B. O aumento das exportações de carne bovina para a China e outros mercados internacionais, favorecido pelo câmbio, reduziu a oferta para o mercado brasileiro, porém não causou grande impacto no consumo e nos preços;

C. A queda na demanda de carne bovina deu-se em parte ao aumento dos preços que provocou a substituição da carne bovina pela carne de frango, sobretudo por parte da população de baixa renda;

D. O desemprego e a queda na renda das pessoas pobres causaram uma diminuição na demanda de carne a ponto de contrabalançar o aumento de preços provocado pela redução da oferta. Agora, com base nas questões acima, marque a opção que julgar correta:

- a) As questões A, B e D estão corretas;
- b) As questões B, C e D estão erradas;
- c) As questões A e C estão corretas;
- d) As questões C e D estão erradas.

E31. Antes da pandemia, o consumo de arroz no Brasil e no mundo apresentava tendência de queda. Com a pandemia, cerca de 30% da população perderam a renda, passando a contar apenas com o auxílio emergencial de R\$ 600,00 por seis meses e depois R\$ 300,00 por quatro meses. Esta parcela da população concentrou seus gastos em alimentos básicos, priorizando o arroz. Com isto, o consumo *per capita* aumentou e os preços do produto tiveram aumentos elevados, sobretudo por alcançar a entressafra do produto e ausência de estoques reguladores. Em função do fenômeno inesperado, muitas análises foram apresentadas para justificar as causas do aumento dos preços e para as soluções da questão. Analise as questões abaixo e marque a opção correta.

A. A substituição da área plantada com arroz por soja na safra 2019/20 causou uma diminuição da oferta de arroz e, por sua vez, gerou o aumento dos preços do produto no varejo;

B. A concentração dos gastos na compra de maior quantidade de arroz, em função da pandemia, juntamente com a entressafra, baixos estoques reguladores e importações a preços altos por causa do câmbio, são fatores que explicam o aumento de preço do arroz;

C. A redução da tarifa de importação de arroz por parte do governo tem força para abastecer o mercado e reduzir o preço do arroz para o nível de antes da pandemia;

D. Com os preços elevados do arroz, a produção da safra 2020/21 vai aumentar e o mercado vai voltar a funcionar com novo patamar de preços mais elevado do que antes da pandemia;

E. Como se trata de uma situação atípica, tudo volta ao normal, após a pandemia, com os mesmos níveis de consumo e de preço do arroz.

Agora, com base nas questões acima, marque a opção correta:

- a) As questões A, C e E estão erradas;
- b) As questões B, C e D estão corretas;
- c) As questões B e D estão erradas;
- d) As questões A, D e E estão corretas;
- e) Somente a questão B está correta.

ANEXO: QUESTIONÁRIO PARA DEMANDA DE PRODUTOS

Identificação do consumidor

Nome:

—

Contato:

Bairro:_____

1. Tipo de residência

1.1. Casa ();

1.2. Apartamento ();

1.3. Outro (). Qual: _____

2. Sobre o sexo do entrevistado

2.1 Masculino () 2.2 Feminino () () outro.

3. Estado civil

3.1() Casado 3.2 () Solteiro (a)

3.3() Viúvo 3.4 () Outro. _____

4. O que mais atrai você na compra de peixe?

4.1. () Preço

- 4.2. Produto fresco
- 4.3. Produto congelado
- 4.4. Peixe inteiro
- 4.5. Filé de peixe
- 4.6. Tambaqui
- 4.7. Tambaqui em banda
- 4.8. Outro: _____

5. Qual a frequência de compra do produto?

- 5.1. Diária
- 5.2. Semanal
- 5.3. Quinzenal
- 5.4. Mensal
- 5.5. Outra: _____

6. Onde você compra o produto com maior frequência?

- 6.1. Ponto de venda (mercadinho, baiúca, pescador)
- 6.2. Supermercado
- 6.3. Feira livre
- 6.4. Mercado do peixe
- 6.5. Outro local: _____

7. Como você escolhe o produto? [Irrelevante; Regular Bom; Ótimo]

- 7.1. Preço: I, R, B, O
- 7.2. Espécie: I, R, B, O
- 7.3. Local: I, R, B, O
- 7.4. Qualidade: I, B, B, O
- 7.5. Costume: I, R, B, O
- 7.6. Praticidade: I, R, B, O
- 7.7. Origem I, R, B, O

8. Qual a importância dada aos seguintes atributos no ato da compra? [Irrelevante; Regular; Bom; Ótimo]

- 8.1. Higiene: I, R, B, O
- 8.2. Preço: I, R, B, O
- 8.3. Espécie I, R, B, O
- 8.4. Água doce: I, R, B, O
- 8.5. Água salgada: I, R, B, O
- 8.6. Inspeção SIF: I, R, B, O
- 8.7. Forma de conservar: I, R, B, O
- 8.8. Local de venda: I, R, B, O
- 8.9. Peixe de cultivo: I, R, B, O

9. Onde você busca informação sobre o produto?

- 9.1. Feira
- 9.2. Televisão
- 9.3. Internet
- 9.4. Informação de amigos
- 9.5. Supermercado
- 9.6. Outra fonte: _____

10. Quando você compra o produto, você procura conhecer sobre como é a forma da pesca (artesanal/outra)?

- 10.1. Sim
- 13.2 Não

11. Você daria preferência de compra para um produto que é produzido por uma comunidade de pescadores artesanais?

- 11.1. Sim
- 11.2. Sim, mas que atenda às exigências.
- 11.3. Não

12. A forma de exposição do produto à venda influencia sua decisão de comprar o produto?

- 12.1. Sim
- 15.2 Não

13. Indique as quantidades e preço dos produtos abaixo que compra por mês?

Produto	Qtde. (kg)	Preço (R\$/kg)	Observação
Peixes			
Açaí			
Farinha			
Carne boi			
Arroz			
Feijão			
Ovos (cuba)			
Frango			
Camarão			

14. Qual produto relacionado acima você costuma comprar como substituto no consumo do peixes por mês?

Produto	Qtde. (kg)	Preço (R\$/kg)
Carne de boi		
Carne de frango		
Carne de porco		
Ovos		
Camarão		
Charque		

15. Qual produto você costuma comprar como complementar no consumo dos peixes por mês?

Produto	Qtde. (kg)	Preço (R\$/kg)
Açaí		
Farinha		
Verduras		
Arroz		
Tucupi		
Frutas		

16. Nível de Educação

- 16.1. () Analfabeto
- 16.2. () Ensino Fundamental incompleto
- 16.3. () Ensino Fundamental completo (1º grau)
- 16.4. () Ensino Médio incompleto
- 16.5. () Ensino Médio completo (2º grau)
- 16.6. () Ensino Superior (3º grau)
- 16.7. () Pós-Graduação

17. Idade do entrevistado? _____ anos

18. Quantas pessoas residem com você? _____

19. Quantas têm emprego? _____

20. Renda Média Familiar (Total em R\$)

- 20.1. () Menos de um Salário Mínimo (SM)
- 20.2. () De 1 SM a menos de 2 SM
- 20.3. () De 2 SM a menos de 4 SM
- 20.4. () De 4 SM a menos de 6 SM
- 20.5. () De 6 SM a menos de 10 SM
- 20.6. () De 10 SM a menos de 20 SM
- 20.7. () De 20 SM a menos de 30 SM
- 20.8. () Igual ou maior a 30 SM.

CAPÍTULO 2: EXTERNALIDADES AMBIENTAIS

Este capítulo trata da inclusão e análise dos custos, ou benefícios relacionados à produção e/ou ao consumo de bens e que afetam outras empresas e consumidores que não participam do mercado. Este é o princípio da externalidade ambiental que será desenvolvido e aplicado a casos da bioeconomia da Amazônia, com diversas escalas de influência. A externalidade ambiental, em geral, causa falha de mercado, ao não ser considerada nas decisões dos agentes públicos e privados. Isto quer dizer que o uso de tecnologias e inovações para mitigar os danos ambientais produzidos pelas atividades econômicas e de consumo que causam a destruição dos recursos naturais e poluem o meio ambiente, respeitando a capacidade de suporte dos ativos naturais, contribui-se para alcançar os objetivos e metas do desenvolvimento sustentável.



Foto: Uso do solo e castanheiras isoladas.

2.1 INTRODUÇÃO

As externalidades são os benefícios e custos sociais, econômicos e ambientais gerados pela produção, venda e/ou consumo de um bem ou serviço que influenciam outros produtores ou consumidores. Portanto é um efeito associado a produção ou consumo de um bem ou serviço, que se propaga para um outro produtor ou consumidor fora do mercado e sem a compensação pela variação do lucro ou do bem-estar socioambiental.

O conceito de externalidade ambiental guarda íntima relação com o registro histórico de Alfred Marshall sobre Economias e Deseconomias Externas às empresas, dado que se referia aos efeitos gerados com o uso de tecnologias e/ou de mão de obra por meio da aglomeração de empresas em dado local e não aos efeitos emanados pelo mercado. Assim, a aglomeração de empresas tenderia a viabilizar o desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias e a qualificação de mão de obra para atuar nos processos produtivos. Com isto, o domínio desse conhecimento se disseminaria para outros locais e produziria os efeitos positivos (Economias Externas) e os efeitos negativos (Deseconomias Externas) em sua vizinhança.

Depois, inspirado nestes conceitos, Arthur Pigou criou os termos Externalidade Positiva (associada às Economias Externas) e Externalidade Negativa (associada às Deseconomias Externas), vinculados ao mercado, para mostrar os efeitos causados pelas falhas de mercado sobre o meio ambiente e propor a internalização desses efeitos nos custos, por meio de um imposto, ou aos benefícios por meio de um subsídio, como uma forma de compensar os agentes afetados.

As externalidades surgem com as ações de um consumidor, ou de um produtor, que podem beneficiar ou prejudicar outros consumidores ou outros produtores. Na presença de externalidades, o mercado deixa de produzir (consumir) os bens e serviços nas quantidades ideais. Em consequência, as externalidades levam a falhas de mercado, dado que do ponto de vista social, o mercado produz (consume) pouco ou em excesso de um dado bem ou serviço. Portanto, os benefícios, ou custos, das externalidades, ao não serem inseridos nos preços de mercado, a alocação dos recursos nas atividades econômicas leva a uma combinação não eficiente.

Existem vários tipos de externalidades e os principais são apresentados a seguir:

a) **Externalidade positiva:** a produção (consumo), fruto das trocas realizadas no mercado, tende a gerar efeitos positivos, que beneficiam outros produtores (consumidores) – um fazendeiro que vacina seu rebanho contra a aftosa tem um benefício privado e gera um benefício social por evitar que a doença se propague para os rebanhos de outros fazendeiros da vizinhança;

b) **Externalidade negativa:** a produção (consumo), fruto das trocas realizadas no mercado, gera efeitos negativos ou custos, que afetam outros produtores (consumidores) – um fumante em local público tem um prejuízo privado contra a própria saúde e causa um dano social à saúde de outras pessoas que inalam a fumaça no local;

c) **Externalidade pecuniária:** as trocas realizadas no mercado causam efeitos nos preços dos produtos para outros agentes – um lixão causa

baixa nos preços das terras e casas do seu entorno e a Infraestrutura de estradas causa aumento no preço das terras e cria barreira à entrada de outros agentes;

d) **Externalidade estática:** apresenta um efeito específico, localizado e reversível, ou seja, a internalização do dano resolve o problema – a poluição do ar por emissão de gases da chaminé de uma fábrica pode ser solucionada com o uso de filtros para reduzir o dano a níveis aceitáveis;

e) **Externalidade dinâmica:** causa efeito ecológico prolongado sobre o meio ambiente e não se resolve apenas com a internalização do dano – poluição global do ar e da água, gases de efeito estufa, desmatamento e queimadas alteram a camada de ozônio e seu estoque demora a se dissipar.

Portanto, a externalidade associada à uma unidade de produção de um bem se revela, em grande parte, na forma de Externalidade Negativa e estática, pelo fato de o empresário, movido pelo princípio da maximização do lucro, não computar todos os custos inerentes à produção e que devem ser considerados na apuração do lucro econômico. Em geral, computam-se apenas os custos privados e os custos externos à atividade não são incluídos na contabilidade da empresa. A consequência disso é que, com externalidade, o preço de equilíbrio não orienta uma alocação eficiente dos recursos, logo o equilíbrio de mercado não leva a uma situação de máxima eficiência social.

Com isto, consegue-se apenas maximizar o lucro do ponto de vista privado, considerando que o mercado opera em concorrência perfeita. Assim, as ações de um produtor que negligencia os custos ou benefícios ambientais, geram externalidades negativas ou positivas sobre outros produtores e consumidores.

2.2 EXTERNALIDADE NEGATIVA

As externalidades negativas resultam das ações de produtores ou consumidores que impõem custos não compensados para os demais produtores ou consumidores. Isto quer dizer que o **custo social** do bem ou serviço – o custo que todos pagam pela produção ou consumo do bem ou serviço, é maior do que o **custo privado** – o custo pago por quem produziu ou consumiu o bem ou serviço. Por exemplo, um frigorífico que despeja os resíduos do abate e beneficiamento de carcaças de animais em um rio, polui a água e prejudica diretamente o equilíbrio do ambiente aquático e afeta as comunidades que pescam no rio e utilizam a água para beber e outras finalidades. Neste caso, o custo do frigorífico é maior do que o custo privado, ao não pagar pelo prejuízo causado ao meio ambiente e às pessoas que moram nas comunidades afetadas. Assim, pelo fato de não pagar pelo dano da externalidade negativa, produz-se uma quantidade maior do que a ideal, gerada com a inclusão de todos os custos. Isto causa o que se chama de falha de mercado.

As falhas de mercado decorrem de situações em que, mesmo que o mercado opere em livre concorrência, não gera um equilíbrio eficiente. A presença de externalidades ambientais negativas ou positivas não internalizadas pelas empresas, envia o preço de equilíbrio do mercado. Com isto, o preço perde a função de orientar a alocação eficiente de recursos nas atividades produtivas.

As externalidades negativas surgem em função de os agentes econômicos não incluírem os custos dos danos ambientais nos seus custos de produção. O mercado falha na orientação em busca de eficiência alocativa dos recursos e da eficiência socioeconômica representada pelo equilíbrio dos mercados de insumos e produtos.

Sendo assim, os custos computados são apenas os **Custos Privados** (CP) e os custos não computados das externalidades são denominados de **Custos Externos** (CE). Estes custos variam de acordo com a quantidade produzida do bem ou serviço (q). Dessa forma, tem-se que o **Custo Total** de produção (CT) é dado por:

$$CT(q) = CP(q) + CE(q)$$

Os custos marginais, ou incrementais, são derivados a partir da equação de custo total, dando origem aos **Custos Marginais Sociais** (CMS), que são a somatória dos **Custos Marginais Privados** (CMP) com os **Custos Marginais Externos** (CME), ou seja:

$$\frac{\partial CT(q)}{\partial q} = \frac{\partial CP(q)}{\partial q} + \frac{\partial CE(q)}{\partial q}$$

$$CMS = CMP + CME$$

Os custos marginais representam a oferta a partir do nível de custo variável médio mínimo. A partir deste ponto, a quantidade ofertada de um produto tende a crescer em função do preço. Por isso, o custo marginal representa a curva de oferta na forma inversa. A representação é a seguinte;

$$CMS = \text{Preço} = f(\text{Quantidade})$$

A internalização Pigouviana da externalidade é feita por meio de um pagamento suficiente para compensar o valor (preço) do dano ambiental. Ou seja, incorpora-se o custo externo no preço do produto. Para isto, o governo deve atribuir um imposto, ou taxa, igual ao valor da externalidade, representado pelo custo marginal externo. Dessa forma, o estudo das externalidades é facilitado por meio da introdução dos conceitos de **Benefício Marginal Privado** - BMP (ou demanda inversa) e **Custo Marginal Privado** - CMP (ou oferta inversa). Ao se adicionar o **Custo Marginal Externo** - CME (custo

da externalidade) ao *CMP*, obtém-se o **Custo Marginal Social** – $CMS = CMP + CME$, que é o custo pago por todos os produtores e consumidores do bem ou serviço.

O modelo na forma inversa, gerado a partir das funções de oferta e demanda escritas na forma direta ($Q_{ox} = c + dP_{ox}$ e $Q_{dx} = a - bP_{dx}$), pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\text{Oferta: } P_{ox} = CMP = b_0 + b_1 Q_{ox}$$

$$\text{Demanda: } P_{dx} = BMP = a_0 - a_1 Q_{dx}$$

$$\text{Equilíbrio: } P_{ox} = P_{dx}; \text{ ou } CMP = BMP$$

em que: $a_0 = a/b$; $a_1 = 1/b$; $b_0 = -c/d$; $b_1 = 1/d$

O modelo de equilíbrio Pigouviano pode ser escrito da seguinte forma:

$CMS = CMP + \text{Taxa}$, sendo a $\text{Taxa} = CME = CMS - CMP$.

$$BMP = P_d = a_0 - a_1 Q$$

$$CMP = P_o = b_0 + b_1 Q$$

$$CME = c_0 + c_1 Q$$

$$CMS = CMP + CME = (b_0 + b_1 Q) + (c_0 + c_1 Q)$$

$$CMS = (b_0 + c_0) + (b_1 + c_1)Q$$

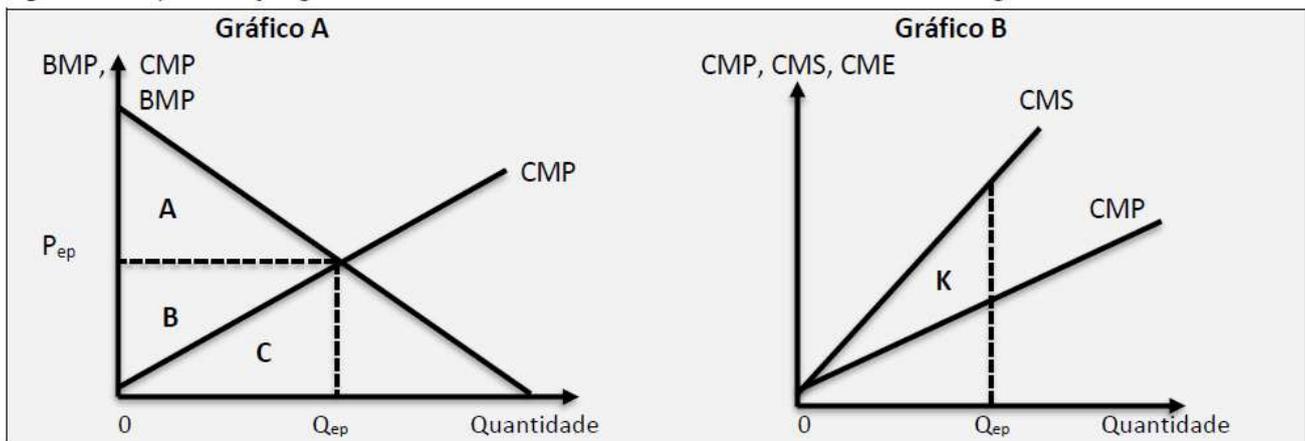
$$\text{Equilíbrio: } BMP = CMS$$

A representação gráfica da externalidade pode ser vista na Figura 2.1, da seguinte forma:

a) No gráfico A da Figura 2.1, tem-se o equilíbrio do mercado em concorrência perfeita, sem incluir o valor da externalidade. *BMP* = Benefício Marginal Privado (Demanda); *CMP* = Custo Marginal Privado (Oferta); *Pep* = Preço de equilíbrio privado; *Qep* = Quantidade (ofertada e demandada) de equilíbrio privado; a área A (abaixo do *BMP* e acima do *Pep*) é o Excedente do Consumidor (*EC*), que representa o benefício do consumidor; a área B (abaixo do *Pep* e acima do *CMP*) é o Excedente do Produtor (*EP*), lucro ou benefício do produtor; a área C é o custo de produção (abaixo do *CMP* e a esquerda da *Qep*). Dando sequência, tem-se que na situação do gráfico A, o *Pep* não sinaliza adequadamente a alocação das atividades no mercado, dada a não inclusão do *CME*. Portanto, este equilíbrio não gera a máxima eficiência social, é apenas a situação de máximo lucro privado.

b) No gráfico B, o $CME = CMS - CMP$ representa a área K, equivalente ao valor do *CME*, ou o valor do dano ambiental.

Figura 2.1. Representação gráfica da externalidade ambiental e os custos e benefícios marginais.



Fonte: Notas de aula do autor.

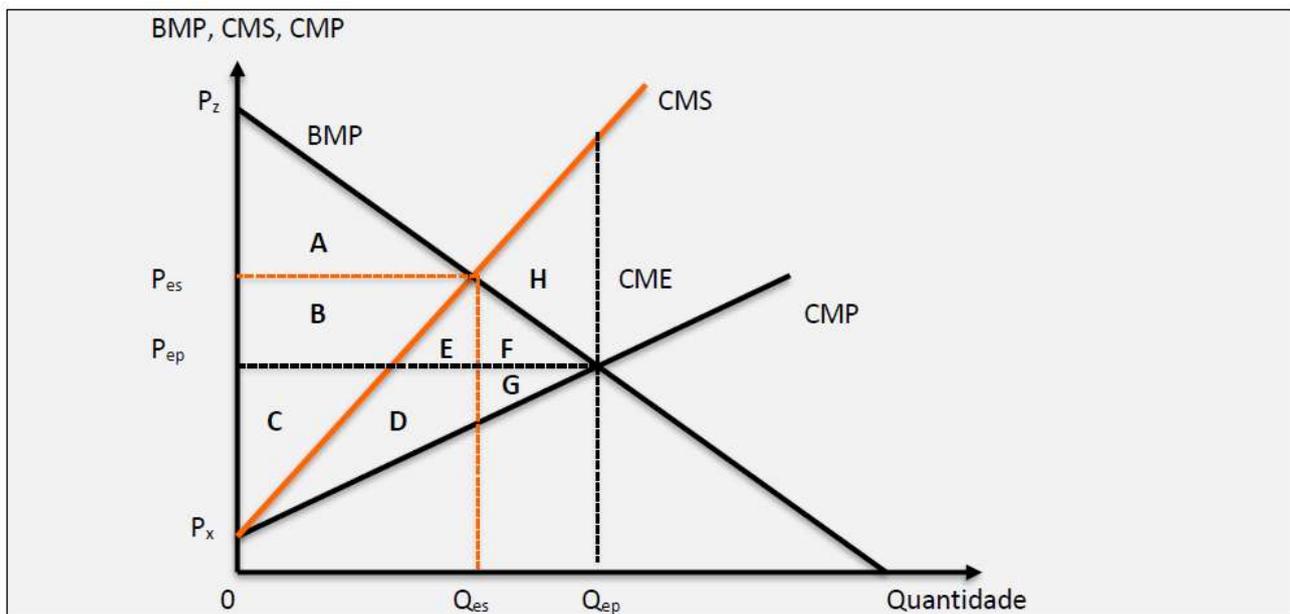
Na Figura 2.2, tem-se a representação do equilíbrio social, obtido no ponto em que o $BMP = CMS$. Neste ponto, todos os custos são levados em conta no processo produtivo.

Na ausência da externalidade, o equilíbrio privado ocorre com o preço (P_{ep}) e a quantidade (Q_{ep}). A situação de equilíbrio social (Figura 2.2), ao incorporar a externalidade, ocorre com o preço (P_{es}) e a quantidade (Q_{es}). No equilíbrio sem incluir a externalidade, tem-se ($P_{ep} < P_{es}$ e $Q_{ep} > Q_{es}$), o que gera um dano ambiental pelo nível de poluição ser maior do que o considerado “adequado” para a sustentabilidade da produção.

Na Figura 2.2 é ilustrada uma situação em típica de externalidade negativa gerada por uma empresa. A curva de CMS inclui o custo marginal externo da produção. Com isto, pode-se estimar o impacto que a externalidade produz sobre o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado. A partir desse ponto, pode-se medir a magnitude do dano ambiental e definir o valor da compensação a ser paga para reparar o problema.

A área (H + F + G) representa o benefício bruto para a sociedade, ao ter reduzida a poluição ou dano ambiental e a área H é o benefício líquido para a sociedade pela redução da poluição, uma vez que a área (F+G) é o valor compensado pelos próprios agentes (consumidores e produtores). A área (D + E) é o custo que deve ser pago pela externalidade no equilíbrio social.

Figura 2.2. Representação dos efeitos da externalidade sobre produtores, consumidores.



Fonte: Notas de aula do autor.

No Quadro 2.1, apresentam-se os resultados do modelo gráfico, separando os efeitos do ponto de vista privado e social, que correspondem aos danos causados pelo impacto ambiental.

Quadro 2.1. Resumo dos resultados das situações de equilíbrio sem e com externalidade.

Resultado	Equilíbrio Privado	Equilíbrio Social
Excedente do Consumidor - EC	A+B+E+F	A
Excedente do Produtor - EP	C+D+G	B+C
Dano Ambiental - DA	D+E+F+G+H	D+E
Ganho/Benefício Social Líquido - BS	A+B+C-H	A+B+C
Compensação pelo Dano Ambiental - CDA	-	D+E

Para consolidar esse conhecimento teórico, vamos aplicar o modelo a uma situação real da produção de polpa de açaí no mercado de Belém. Assim, estimamos o CMP de produção da polpa pelas “quitandas” e o CME para a retirada e/ou tratamento dos resíduos despejados no meio ambiente para não contaminar o ambiente (ar, água e solo). No equilíbrio privado, o BMP é considerado igual ao CMP e no equilíbrio social, o BMS = CMS. Neste caso, assumiu-se que o benefício privado é igual ao benefício social, dado que a externalidade negativa resulta da produção. Assim, o equilíbrio social é atingido no ponto em que a curva de CMS iguala a curva de BMP.

O modelo matemático para o mercado de polpa de açaí, compatível com a Figura 2.3, sem incluir a externalidade e incorporando o custo da externalidade é apresentado juntamente com os resultados para o caso das quitandas ou batedeiras de açaí do mercado de Belém.

Equilíbrio do mercado sem incluir a externalidade:

$$\text{Demanda: } P_d = BMP = a_0 - a_1 Q_a$$

$$\text{Oferta privada: } P_{op} = CMP = b_0 + b_1 Q_a$$

$$\text{Equilíbrio: } BMP = CMP$$

Em que: P_d é o preço da demanda (R\$/L); P_{op} é o preço da oferta privada (R\$/L); Q_a é a quantidade de polpa de açaí (litros) ofertada e demandada no mercado varejista de Belém.

Equilíbrio com a inclusão da externalidade:

$$\text{Demanda: } P_d = BMP = BMS = a_0 - a_1 Q_a;$$

$$\text{Externalidade: } CME = c_0 + c_1 Q_a$$

$$\text{Oferta social: } P_{os} = CMS = CMP + CME = b_0 + b_1 Q_a + c_0 + c_1 Q_a = (b_0 + c_0) + (b_1 + c_1) Q_a$$

$$\text{Equilíbrio: } BMS = CMS$$

Em que P_{os} é o preço da oferta social. As equações de oferta e demanda do mercado de polpa de açaí é apresentado abaixo:

$$\text{Demanda privada: } BMP = BMS = 30 - 0,25 Q_a$$

$$\text{Oferta privada: } CMP = 10 + 0,15 Q_a$$

$$\text{Externalidade: } CME = 0,10 Q_a$$

$$\text{Oferta social: } CMS = 10 + 0,25 Q_a$$

A representação gráfica das retas do BMP, CMP e CMS é feita na Figura 2.3. O valor máximo para o preço e a quantidade de açaí da equação do BMP é obtido da seguinte forma:

$$P_{m\acute{a}x} = BMP = BMS = 30 - 0,25 \times 0$$

$$P_{m\acute{a}x} = 30 \text{ L}$$

$$0 = 30 - 0,25 Q_a$$

$$0,25 Q_a = 30$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 120 \text{ L}$$

O valor mínimo do CMP é obtido para $Q_a = 0$. Assim, tem-se:

$$P_{op} = CMP = 10 + 0,15xQ$$

$$P_{op} = CMP_{\min} = 10$$

Os preços e as quantidades de equilíbrio do mercado privado e social de açaí são calculados da seguinte forma:

Equilíbrio privado: $BMP = CMP$

$$30 - 0,25Q_a = 10 + 0,15Q_a$$

$$0,15Q_a + 0,25Q_a = 30 - 10$$

$$0,40Q_a = 20$$

$$Q_a = 50 \text{ L} = Q_{ep}$$

Substituindo Q_{ep} na equação de CMP, tem-se o preço de equilíbrio privado - P_{ep} .

$$CMP = 10 + 0,15 \times 50 = \text{R\$ } 17,50/\text{L} = P_{ep}$$

Equilíbrio social: $BMS = CMS$

$$30 - 0,25Q_a = 10 + 0,25Q_a$$

$$0,25Q_a + 0,25Q_a = 30 - 10$$

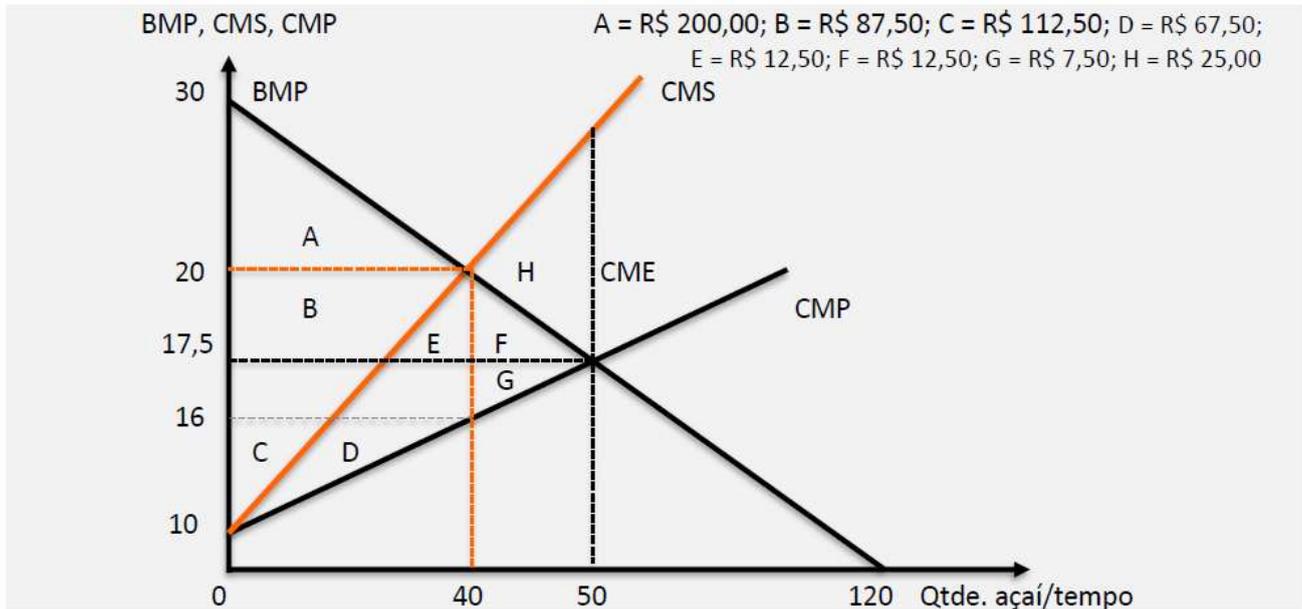
$$0,50Q_a = 20$$

$$Q_a = 40 \text{ L} = Q_{es}$$

Substituindo Q_{es} na equação de CMS, tem-se o preço de equilíbrio social - P_{es} .

$$CMS = 10 + 0,25 \times 40 = \text{R\$ } 20,00/\text{L} = P_{es}$$

Figura 2.3. Representação dos efeitos da externalidade sobre produtores, consumidores de polpa de açai.



Como o objetivo é determinar o valor do dano ambiental total, definido pela área (D+E+F+G), calculamos o Benefício Total Líquido (BTL) a partir da solução sem externalidade, representado pela área (A+B+C+D+E+F+G = $EC_p + EP_p$) e o BTL com a inclusão da externalidade é dado pela área (A + B + C = $EC_s + EP_s$). A diferença entre as situações com e sem externalidade nos revela a magnitude do dano ambiental, a ser compensado. Os resultados podem ser obtidos pela utilização dos valores disponíveis na Figura 2.3, gerados a partir do cálculo das áreas referentes a cada letra.

Situação sem externalidade ou privada:

$$EC_p = A + B + E + F = [(30-17,5)*50/2] = R\$ 312,50 \text{ por consumidor};$$

$$EP_p = C+D+G = [(17,5 - 10)*50/2] = R\$ 187,50 \text{ por produtor};$$

$$BTL_{privado} = EC + EP = R\$ 500,00/\text{sociedade}.$$

Situação com externalidade ou social:

$$EC_s = A = [(30-20)*40/2] = R\$ 200,00/\text{consumidor};$$

$$EP_s = B + C = [(20 - 10)*40/2] = R\$ 200,00/\text{produtor};$$

$$BTL_{social} = EC + EP = R\$ 400,00/\text{sociedade}.$$

$$Dano\ Ambiental\ Total - DAT: BTL_{social} - BTL_{privado} = 400 - 500 = -R\$ 100,00.$$

ANÁLISE DOS RESULTADOS

a) Mercado: A eficiência do mercado melhora com o aumento do preço (de R\$ 17,50 para R\$ 20,00), porque estabelece o sinal do preço para a alocação eficiente, e com a redução da quantidade produzida e comercializada de 50 litros para 40 litros, porque diminui o dano ambiental. No equilíbrio social, tem-se o (BMS = CMS), que representa a situação de máximo bem-estar social, ou seja, obtém-se um ótimo de Pareto. Isto significa uma redução do custo ambiental e um aumento do bem-estar social.

b) Quitanda: A empresa é motivada pelo ganho privado (lucro) e não pelo benefício social. Se deixar o mercado operar livremente, não vai incorporar a externalidade ou custo externo. Isto porque incorre em perda de lucro da ordem de R\$ 20,00 (área F+G) com a produção menor $[(20-16) \times (50-40)/2]$, sendo R\$ 7,50 a perda líquida de lucro (G) e R\$ 12,50 a perda compensada pelo excedente do consumidor (F). Assim, a empresa só incorpora a externalidade mediante obrigação ou exigência legal.

c) Consumidor: O ganho bruto com a redução do dano ambiental é de R\$ 45,00 (área H+F+G) e o ganho líquido, depois de compensar o produtor, é de R\$ 25,00 (área H). Este valor é igual à poluição evitada $[H = (22,5-17,5) \times (50-40)/2]$. O CMS igual a R\$ 22,5 é obtido substituindo-se a quantidade 50 na equação de CMS.

d) Externalidade: A poluição ou dano ambiental continua mesmo com a externalidade incluída no preço do produto, só que em nível tolerável para a sociedade – é a área (D + E = R\$ 80,00).

e) Custo ou dano ambiental total: O valor do dano ambiental é de R\$ 100,00 (área D + E + F + G) e a compensação pelo dano ambiental que continua será de R\$ 80,00 (área D + E), para o nível de produção social.

f) Equilíbrio eficiente: O equilíbrio social do mercado é obtido com o preço de R\$ 20,00/L e a quantidade transacionada de 40 litros de polpa de açaí, gerando um benefício líquido social de R\$ 400,00 para a sociedade (produtores e consumidores).

g) Conclusão: Na presença de externalidade, o mercado falha na alocação de recursos entre as atividades produtivas, dado que parcela dos custos externos não é computada no custo de produção. Como resultado, tem-se que o preço é menor e a quantidade produzida é maior do que a considerada no equilíbrio eficiente.

Estes resultados ajudam o leitor a entender o fato de as empresas produzirem quantidades em excesso em um mercado competitivo, na presença de externalidades negativas. Todas as atividades, em tese, geram externalidades negativas em algum montante para o meio ambiente. Por isto, deve-se fiscalizar as atividades para controlar os níveis de externalidades dentro de padrões aceitáveis.

As agroindústrias despejam seus resíduos, em geral, sem o tratamento adequado, no meio ambiente (água, solo e ar). Como estes resíduos contêm produtos químicos e/ou orgânicos, ao serem lançados no ambiente, causam poluição e afetam a qualidade da água, do solo e do ar. Com isto, a população e a biodiversidade do entorno dos ecossistemas naturais são impactadas.

Por outro lado, como não é ilegal beneficiar os produtos agropecuários e florestais destinados ao mercado, fazendo uso de produtos químicos e destinando os resíduos ao meio ambiente, deve-se regular o quantitativo destes resíduos para não afetar a capacidade de suporte do ecossistema a ponto de comprometer sua sustentabilidade. Isto é importante para não excluir a sociedade de obter os benefícios gerados pela produção e consumo dos bens e serviços, cujo processo causa danos ao meio ambiente. Por isso, deve-se incorporar os custos externos aos preços de mercado dos produtos para tornar os sistemas de produção sustentáveis. Com efeito, o leitor deve lembrar que mesmo na situação de equilíbrio social, ainda resta nível de poluição que deve ser pago para que a sociedade atenuo o impacto da externalidade.

2.3 EXTERNALIDADE POSITIVA

As externalidades positivas são originadas por atividades que produzem bens ou serviços e beneficiam produtores e/ou consumidores que não pagam por tais benefícios. O benefício social ou o benefício para todos, é maior do que o benefício privado – benefício recebido pelos produtores ou consumidores do bem ou serviço. Por exemplo, um produtor de laranjas beneficia os apicultores do entorno ao não cobrar pela alimentação das abelhas que visitam as flores das laranjeiras. O benefício social gerado pelo fruticultor é maior do que seu benefício privado. Neste caso, o dono do pomar só incorpora uma parcela dos benefícios sociais que geram, por isso tendem a produzir uma quantidade menor do que a considerada eficiente.

As externalidades positivas tendem a reduzir os custos e/ou aumentar a eficiência da produção. Portanto, geram benefícios privados e sociais ao invés de custos. Com efeito, a curva de oferta tende a se deslocar para a direita em razão do aumento da produtividade e/ou redução dos custos. Com isto, o excedente do produtor tende a aumentar.

No caso de a externalidade positiva influenciar o consumidor, ao proporcionar melhoria no bem-estar, a demanda tende a se deslocar para cima e incrementar o excedente do consumidor. Assim, o benefício social gerado pela externalidade positiva atinge consumidores e produtores.

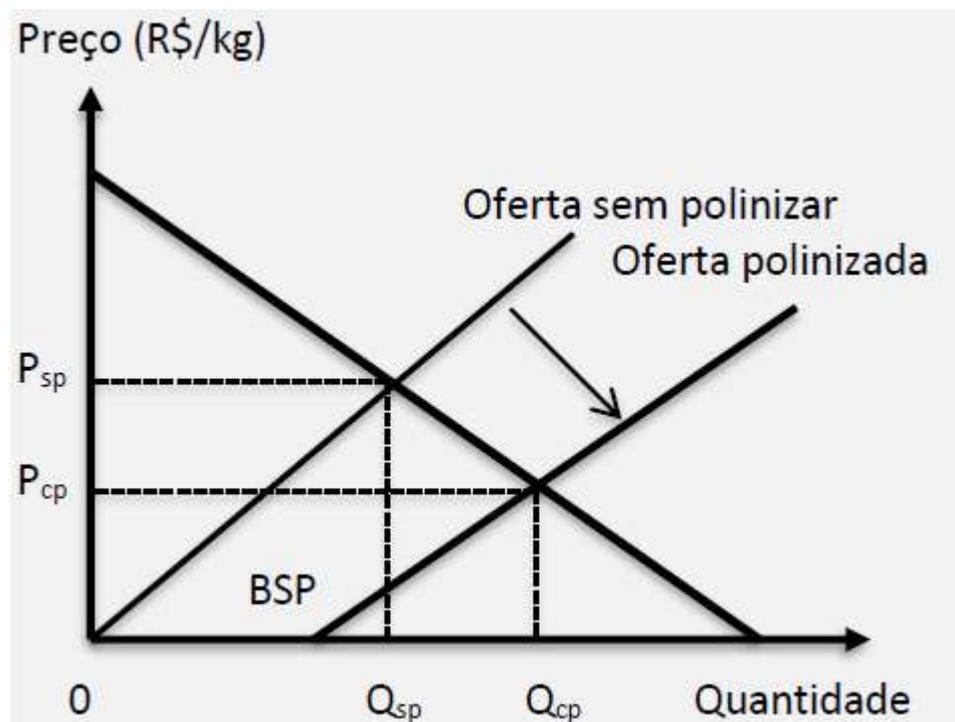
A aplicação da externalidade positiva pode ser feita ao serviço ecossistêmico produzido pelas abelhas nativas que polinizam as flores das lavouras agrícolas. Assumindo a informação de que 30% da

produção de frutos do açazeiro das várzeas da ilha do Marajó resultam da polinização de abelhas, tem-se que este serviço de polinização das abelhas gera um benefício para os extrativistas por incrementar a produção e, por sua vez, aumentar a oferta do produto para o mercado. A magnitude deste efeito pode ser ilustrada na Figura 2.4.

Na Figura 2.4, o equilíbrio do mercado de fruto do açaí ocorreria ao preço P_{sp} e quantidade Q_{sp} . Com a polinização, o equilíbrio ocorre ao nível de preço P_{cp} e da quantidade Q_{cp} . Os preços mais baixos e as quantidades vendidas maiores se devem ao aumento da oferta, o que reflete o **Benefício Social da Polinização** (BSP) na magnitude da área gerada entre as duas linhas de oferta e abaixo da linha de demanda. Este valor é obtido, calculando-se a diferença entre o excedente econômico com a polinização e sem a polinização.

Portanto, a preservação da floresta de várzea gera um benefício social para os extrativistas e para os consumidores de açaí. Este fato justifica que a sociedade pague pelos serviços produzidos pelas abelhas nativas e a consequente preservação das florestas que abrigam as abelhas.

Figura 2.4. Situação do mercado de fruto de açaí com e sem a polinização das flores dos açazeiros das várzeas.



Fonte: Notas de aula do autor.

Para aplicar este conhecimento, toma-se o seguinte modelo de mercado do açaí fruto da região do Oeste do Pará, assumindo que as abelhas contribuem com 25% da produção dos frutos de açaí. As equações de demanda e oferta do mercado são dadas por:

$$\text{Demanda: } Q_d = 4.542 - 1,2 P$$

$$\text{Oferta com polinização: } Q_{oc} = 441 + 2,2 P$$

$$\text{Oferta sem polinização: } Q_{os} = 331 + 2,2 P$$

Em que: Q_d é a quantidade demandada de fruto de açaí (em t); Q_{oc} é a quantidade ofertada de fruto de açaí com a polinização (em t); Q_{os} é a quantidade ofertada de açaí sem o efeito da polinização (em t) e P é o preço do fruto de açaí em nível do produtor (R\$/t).

A estimação do valor do benefício gerado pela polinização é feita da seguinte forma:

a) O preço de estrangulamento da demanda ou preço máximo do fruto e a quantidade máxima que ocorre quando o preço for zero, são obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Q_d &= 0 \\ 0 &= 4.542 - 1,2P \\ 1,2P &= 4.542 \\ P &= \text{R\$ } 3.785,00/\text{t} = P_{\text{máx}} \\ P &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= 4.542 - 1,2 \times 0 \\ Q_d &= 4.542 \text{ t} = Q_{\text{máx}} \end{aligned}$$

Em que: Q_d é a quantidade demandada de fruto de açaí (em t); Q_{oc} é a quantidade ofertada de fruto de açaí com a polinização (em t); Q_{os} é a quantidade ofertada de açaí sem o efeito da polinização (em t) e P é o preço do fruto de açaí em nível do produtor (R\$/t).

A estimação do valor do benefício gerado pela polinização é feita da seguinte forma:

a) O preço de estrangulamento da demanda ou preço máximo do fruto e a quantidade máxima que ocorre quando o preço for zero, são obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{oc} \\ 4.542 - 1,2P &= 441 + 2,2P \\ 2,2P + 1,2P &= 4.542 - 441 \\ 3,4P &= 4.101 \\ P &= \text{R\$ } 1.206,18/\text{t} = P_{ec} \end{aligned}$$

Substituindo-se o valor de P_{ec} na equação de demanda, tem-se:

$$Q_d = 4.542 - 1,2P = 4.542 - 1,2 \times 1.206,18 =$$

$$Q_d = 3.094,6 \text{ t} = Q_{ec}$$

c) O $EC_c = R\$ 3.990.208,19$, $EP_c = R\$ 2.132.285,00$ e o $EE_c = R\$ 6.122.493,19$. O consumidor é o maior beneficiado porque a oferta é mais elástica do que a demanda por frutos de açaí. O cálculo é:

$$EC_c = (b \times h) / 2$$

$$EC_c = (Q_{ec} \times P_{m\acute{a}x} - P_{ec}) / 2$$

$$EC_c = [3.094,6 \times (3.785 - 1.206,18)] / 2 =$$

$$EC_c = R\$ 3.990,208,19$$

$$EP_c = [(b + B) \times h / 2]$$

$$EP_c = [(441 + 3.094,6) \times 1.206,18 / 2] =$$

$$EP_c = R\$ 2.132.285,00$$

$$EE_c = EC_c + EP_c$$

$$EE_c = R\$ 6.122.493,19$$

d) Aplicando o mesmo raciocínio, iguala-se $Q_d = Q_{os}$ para obter o preço e a quantidade de equilíbrio sem o serviço de polinização: $P_{es} = R\$ 1.236,53/t$ e $Q_{es} = 3.055,77 \text{ t}$.

$$Q_d = Q_{os}$$

$$4.542 - 1,2P = 331 + 2,2P$$

$$2,2P + 1,2P = 4.542 - 331$$

$$3,4P = 4.201$$

$$P = R\$ 1.236,53/t = P_{es}$$

Substituindo-se o valor de P_{es} na equação de demanda, tem-se:

$$Q_d = 4.542 - 1,2P = 4.542 - 1,2 \times 1.236,53 =$$

$$Q_d = 3.055,77 \text{ t} = Q_{es}$$

e) A partir desses resultados, calcula-se o valor dos excedentes: $EC_s = R\$ 2.835.861,52$, $EP_s = R\$ 2.097.308,12$ e o $EE_s = R\$ 4.933.169,64$.

$$EC_s = (b \times h) / 2$$

$$EC_s = (Q_{es} \times P_{m\acute{a}x} - P_{es}) / 2$$

$$EC_c = [3.055,77 \times (3.785 - 1.336,53) / 2 =$$

$$EC_s = R\$ 2.835.861,52$$

$$EP_s = [(b+B) \times h / 2]$$

$$EP_s = [(331 + 3.055,77) \times 1.336,53 / 2] =$$

$$EP_s = R\$ 2.097.308,12$$

$$EE_s = EC_s + EP_s$$

$$EE_s = R\$ 4.933.169,64$$

Portanto, o consumidor continua sendo o maior beneficiado porque a oferta é mais elástica do que a demanda por frutos de açaí. Para confirmar, faz-se o cálculo das elasticidades-preço:

$$E_{pd} = -1,2 \times (1.206,18 / 3.094,6) = -0,468$$

$$E_{Po} = 2,2 \times (1.206,18 / 3.094,6) = 0,857$$

$$E_{Po} > |E_{pd}|$$

f) A variação no excedente do consumidor foi de $\Delta EC = EC_c - EC_s = R\$ 1.154.346,67$, no excedente do produtor de $\Delta EP = EP_c - EP_s = R\$ 34.976,88$ e no excedente econômico de $\Delta EE = EE_c - EE_s = R\$ 1.189.323,55$.

O valor do benefício social produzido pelo serviço ecossistêmico de polinização do açaí pelas abelhas foi de R\$ 1.189.323,55. Este valor não é conhecido pela sociedade. É gerado em função da preservação dos ativos naturais dos imóveis rurais e das áreas de reservas florestais da região. Estas áreas abrigam as espécies de abelha polinizadoras e, para a manutenção deste benefício, deve-se preservar a floresta. Para isto, a sociedade deve pagar para que esses serviços continuem sendo prestados, pois todos recebem um benefício que não está incorporado nos preços de mercado do fruto de açaí.

O resultado deste benefício é apropriado, na quase totalidade, pelos consumidores. Isto eleva o bem-estar e justifica o esforço para estimar o valor dos ativos naturais. Contudo, o cálculo do benefício exige a utilização de modelos econométricos para a estimação dos parâmetros da demanda e da oferta dos produtos e serviços. Isto quer dizer que sem esta metodologia, as empresas e órgãos ambientais

conseguem estimar pelo método benefício-custo apenas o valor presente líquido do excedente do produtor. Assim, apenas os produtores e empresas são beneficiados pelos serviços ecossistêmicos que os ecossistemas naturais produzem.

As externalidades positivas nos acompanham diariamente. Os serviços de educação e saúde, pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, transporte e comunicação são exemplos do nosso cotidiano. Externalidades positivas em educação ou saúde geram benefícios sociais que excedem os benefícios privados. Assim, as pessoas que vivem na vizinhança de um produtor ou consumidor que aumentou seu nível educacional, ou se manteve com boa saúde, também são beneficiadas. Da mesma forma, quando o governo faz o saneamento básico em um bairro de uma cidade para fornecer água potável, coleta e tratamento de esgotos, a população da vizinhança também é beneficiada. Com efeito, quando pesquisadores produzem uma vacina que imuniza as pessoas contra uma doença, a sociedade local e até mundial, como a Covid-19, também se beneficia com os investimentos feitos em pesquisa e desenvolvimento de vacinas e medicamentos.

O conhecimento dos benefícios e custos privados e sociais produzidos pelas externalidades positivas justifica o uso de recursos do orçamento público e/ou da iniciativa privada para subsidiá-los. No caso das externalidades geradas pela natureza, a estimação do valor econômico total dos ativos naturais deve ser feita para viabilizar o pagamento por serviços ecossistêmicos e o investimento na restauração desses ativos, assim como justificar as políticas de preservação dos recursos naturais das áreas de reserva e dos imóveis rurais.

2.4 TEOREMA DE COASE E EXTERNALIDADE

O Professor Ronald Coase, agraciado com o Prêmio Nobel de Economia em 1991, propôs uma forma para solucionar os problemas relacionados a externalidades negativas estáticas e/ou dinâmicas, por meio de negociação entre as partes envolvidas com o problema (produtores e consumidores). Para entender a metodologia de Coase, necessitamos dominar os conceitos de bens públicos, direitos de propriedade e custos de transação.

Os **bens públicos** têm duas características que os diferenciam dos demais: são **não exclusivos** e **não rivais**. Um bem ou serviço **não exclusivo** é aquele que após ser produzido torna-se acessível a todos os agentes consumidores ou produtores, ou seja, ninguém pode ser excluído da sua utilização. Bens não exclusivos, ou não excludentes, incluem a segurança pública, parques públicos, sinais de rádio e de televisão.

Um bem ou serviço é **não rival** quando o consumo por parte de um agente não reduz a quantidade disponível para outros agentes e o *CMP*, neste caso, é igual a zero. Assim, quando a externalidade atinge parcela considerável de uma comunidade, torna-se um bem público, ou seja, todos da comunidade se beneficiam ou saem prejudicados. Com efeito, quando o mercado relevante é delimitado pela qualidade do ar, água ou solo, não existe direito de propriedade, logo não existe um mercado formal para regular o uso desses bens e serviços.

O **direito de propriedade** é posto de muitas formas, mas neste caso fazemos a distinção apenas entre o direito de propriedade individual e o direito coletivo ou de uso comum. No geral, **direito de propriedade** é um conjunto de normas válidas sobre bens (recursos naturais) que permite seu uso e transferência por meio da venda. Os direitos de propriedade são limitados por leis e convenções sociais. Desse modo, o direito de propriedade é considerado a base legal para viabilizar as trocas entre os agentes econômicos que atuam no mercado.

O **direito de propriedade privada** vincula-se a pessoas físicas e a empresas, ou pessoas jurídicas, e pode ser transferível entre si. É o direito atribuído a um agente para exercer o controle exclusivo da utilização e/ou venda de um bem ou serviço sem a interferência de outros agentes. Na maioria das transações, a troca ou a transferência do direito de propriedade se realiza por meio do dinheiro, com um agente comprando uma propriedade de outro agente. Os direitos de propriedade apresentam as características de **exclusividade**, **transferibilidade** e **segurança contra a violação** destes direitos. Por isto, os direitos de propriedade são a base do funcionamento dos mercados.

O **direito de propriedade coletiva**, ou comum, pertence a um grupo de indivíduos e, em alguns casos como no Brasil, pertence ao Governo. São os casos das 200 milhas do oceano Atlântico, das áreas de várzea, das áreas de reservas florestais etc. Neste caso, o Governo pode autorizar o uso desses bens pelas pessoas físicas e/ou jurídicas, por meio de instrumentos legais para regular as áreas com reserva mineral, extração de petróleo, concessões florestais, aldeias indígenas, áreas de quilombolas, pesca artesanal em rios, lagos e no mar etc. Por fim, na ausência dos direitos de propriedade, tem-se o acesso livre aos recursos naturais.

Isto posto, pode-se dizer que a ausência ou a má definição dos direitos de propriedade sobre os bens e serviços é uma das causas principais das externalidades ambientais. Sem a definição e operacionalização clara do direito de propriedade, a utilização livre dos recursos, ou o livre acesso, pode levar ao esgotamento dos recursos, causando o fenômeno chamado de **tragédia dos comuns**, definido por Garrett Hardin.

A **tragédia dos comuns** se refere ao fato de que o acesso livre e a demanda irrestrita de um recurso finito podem levar ao seu esgotamento por causa da superexploração. Servem como exemplo a exploração irracional de espécies de peixes de alto valor comercial do oceano Atlântico e de rios da Amazônia, da castanha-do-brasil, do pau-rosa e do mogno na Amazônia.

O **custo de transação** é a soma dos custos envolvidos na realização das trocas de bens e serviços e contempla os gastos com a obtenção de informação sobre preços, taxas, honorários de advogados, tempo gasto em mobilidade, reuniões etc., que estão incluídos no processo de negociação entre as partes arroladas na solução de problemas de externalidades ambientais.

Com efeito, a questão-chave inicial para se chegar à solução de um problema de externalidade ambiental é: qual das partes interessadas tem o direito de propriedade sobre o ar, solo ou a água?

Sabe-se que a sociedade **quer** o ar e a água limpos para maximizar o seu bem-estar. Sabe-se, também, que a empresa **quer** poluir o ar e a água e degradar o solo para maximizar o lucro. Estes interesses, em geral, são antagônicos e, por isso, necessita de negociação qualificada para se chegar a uma solução ótima.

Para Coase, a internalização da externalidade deve ser feita por meio de **negociação** sobre preços entre os agentes envolvidos (sociedade e empresa). Neste caso, quando o custo de transação for próximo de zero e os danos ambientais forem palpáveis e mensuráveis (externalidade estática), o problema passa a ser recíproco, ou seja, evitar prejudicar o agente A, automaticamente lesará o agente B. Logo, busque saber se A tem o direito de propriedade de lesar B ou B de prejudicar A.

As duas fases da solução de Coase

Fase 1: O agente A deve pagar uma indenização ou compensação ao agente B pelo prejuízo que causou a B, para continuar sua atividade produtiva, mesmo causando danos ao ambiente.

Fase 2: A vítima, agente B, paga um valor ao agente A para convencê-lo a parar a atividade causadora de danos ambientais.

Em ambos os casos é a interação entre a **Disposição a Pagar** (DAP) um valor para prevenir o dano ambiental e a **Disposição a Receber** (DAR) um valor para compensar o prejuízo causado pela externalidade que determina o equilíbrio eficiente gerado ao final da negociação. Para compreender o processo de negociação, toma-se como exemplo um caso de poluição do ar ou água. Inicialmente, a sociedade é a vítima dos efeitos da poluição e a empresa é a vilã, ao não dar o destino correto aos resíduos poluidores da fabricação de polpa de açaí.

Fase 1: A empresa tem o direito de propriedade

Sociedade: *DAP um Preço $< (CMS - CMP)$, ou $P < CME$;*

Empresa: *DAR um Preço $> (BMP - CMP)$, ou $P > Lucro$.*

Em resumo, tem-se: $CME > P > Lucro$. A negociação continua até que o $CME = Lucro$. Esta solução ocorre no equilíbrio social dado pela igualdade: $BMS = CMS$. O caminho adotado para a solução do problema pode ser acompanhado por meio da Figura 2.5.

No ponto M da Figura 2.5, as quitandas produtoras de polpa de açaí têm lucro máximo e o equilíbrio privado é eficiente. Assim, com a produção e comercialização de 50 litros, o $CME = NM$. Então a $DAP > Lucro$, que é igual a zero neste ponto, em que o $BMP = CMP$. A negociação começa no ponto M e a conclusão ocorre no ponto W onde a $DAP = DAR$ e o $Lucro = CME = WP$. Assim, o benefício bruto é a área NMPW e o benefício líquido é igual à área NMW.

Fase 2: A sociedade tem o direito de propriedade

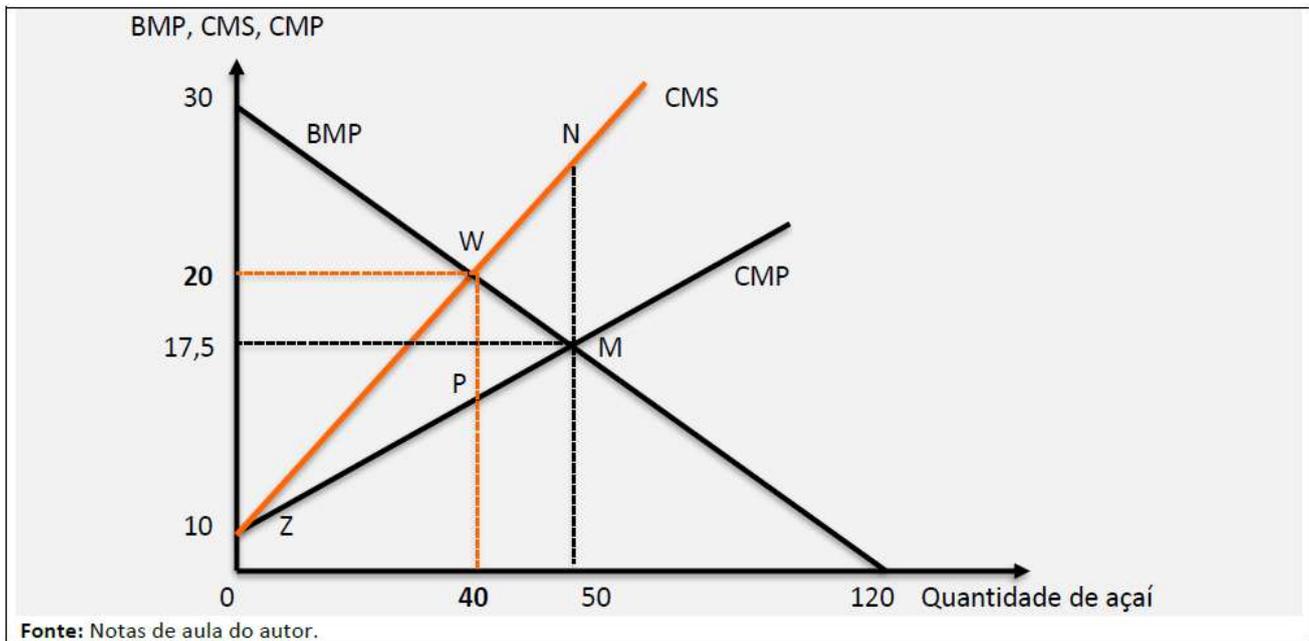
Empresa: *DAP um Preço $< (BMP - CMP)$;*

Sociedade: *DAR um Preço $> (CMS - CMP)$.*

Assim, tem-se que: $Lucro > P > CME$. A negociação continua até que: $CME = Lucro$. Isto ocorre no equilíbrio social dado pela igualdade: $BMS = CMS$ (Figura 2.5). No ponto Z da Figura 2.5, a quantidade produzida é igual a zero e o BMS é máximo. Assim, com a produção igual a zero, o $BMS > CMS$ e a negociação começa, pois, a $DAP > CME$ para que a empresa não tenha o direito de poluir ($CME < Lucro$). A conclusão ocorre no ponto W onde a $DAP = DAR$ e o $Lucro = CME = WP$. Assim, a quantidade produzida de 40 litros atende ao princípio de equilíbrio social por satisfazer aos consumidores e produtores de forma simultânea.

Na prática, o teorema de Coase gera resultados eficientes quando existem direitos de propriedade bem definidos, um pequeno número de agentes envolvidos na negociação e custos de transação baixos ou nulos. Neste caso, não há externalidades porque as partes envolvidas nas transações levam em consideração todos os custos e benefícios. Assim, Coase afirma que a solução da externalidade não faz diferença para o agente que possui o direito de propriedade.

Figura 2.5. Representação da solução de Coase para os produtores, consumidores de polpa de açaí.



O exercício de aprendizagem a seguir ilustra a negociação de Coase para um caso bem comum em nosso meio, envolvendo o conflito entre um fazendeiro e uma comunidade de produtores de alimentos. Para facilitar a compreensão, denomina-se o fazendeiro que cria gado de Fazenda A e a comunidade que planta milho de Fazenda B.

Fazenda A: cria gado e o gado, geralmente, invade os campos da fazenda vizinha.

Fazenda B: cultiva uma plantação de milho

Coase levantou as seguintes questões:

- Deve o gado pastar na área com a lavoura de milho da Fazenda B?
- Pode o dono da Fazenda B exigir que o dono da Fazenda A construa uma cerca para evitar o acesso do gado à roça de milho?
- Caso afirmativo, quem deve pagar pela cerca?
- Tem alguma importância se os direitos de propriedade forem atribuídos aos donos da Fazenda A ou da Fazenda B?

A conclusão de Coase é que o direito de propriedade não influencia o resultado da negociação. Vejam a solução do exemplo a seguir:

Situação 1: O custo da cerca é de R\$ 2.500,00 e o risco à plantação de milho é R\$ 1.200,00. Decisões: 1) construir a cerca; 2) assumir o risco; 3) pagar pelo risco.

a) O direito de propriedade é da Fazenda A. O dono da Fazenda B pode pagar R\$ 2.500,00 pela cerca ou arcar com o risco de R\$ 1.200,00. A decisão de B é que não é vantajoso pagar pela cerca

porque nada garante que o gado não vai comer o milho. Neste caso, a Fazenda B não recebe a indenização, caso o gado entre na roça de milho;

b) **O direito de propriedade é da Fazenda B.** O proprietário da Fazenda A pode gastar R\$ 2.500,00 com a cerca e evitar o risco de invasão da roça de milho pelo gado, ou pagar R\$ 1.200,00 ao proprietário da Fazenda B para compensar o risco. Nesta situação, a Fazenda A não irá fazer a cerca, mas pagará R\$ 1.200,00 ao dono da Fazenda B.

Conclusão: Com o direito de propriedade, o resultado é o mesmo: o gado irá comer o milho. A construção da cerca não é economicamente viável; ela custa mais que o risco de destruição da roça de milho.

Situação 2: O custo da cerca é de R\$ 2.500,00 e o risco à plantação de milho é R\$ 3.500,00. **Decisões:** 1) Construir a cerca; 2) Assumir o risco; 3) Pagar pelo risco.

a) **O direito de propriedade é da Fazenda A.** O dono da Fazenda B acha vantajoso pagar R\$ 2.500,00 para construir a cerca e evitar o risco de R\$ 3.500,00. Neste caso, o gado não irá invadir a roça de milho.

b) **O direito de propriedade é da Fazenda B.** O proprietário da Fazenda A acha vantajosa a construção da cerca por R\$ 2.500,00 e evitar o risco de invasão da roça de milho pelo gado, que custa R\$ 3.500,00 ao dono da Fazenda B. Portanto o gado ficará preso.

Conclusão: Na presença do direito de propriedade, o resultado é o mesmo: o gado não irá comer o milho. A construção da cerca é economicamente eficiente; ela custa menos que o risco de destruição da roça de milho.

2.6 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL

Os conhecimentos teóricos apresentados podem ser utilizados na formulação de política ambiental para regular as atividades poluidoras e aplicar medidas mitigadoras dos danos ambientais, com alcance uniforme sobre os agentes produtivos, ou considerando as diferenças nos custos marginais de produção. A abordagem de política ambiental do tipo comando-e-controle com padrão uniforme tem grande aplicação pela fácil operacionalidade. Por outro lado, a regulação com base no custo-eficiente necessita dos custos de produção e de redução dos resíduos poluidores de cada empresa para então gerar os níveis diferentes de redução da poluição que resultam da solução ideal em que os custos marginais de produção de todas as empresas poluidoras sejam iguais. Assim, a solução custo-eficiente apresenta maior grau de dificuldade para ser implementada, por necessitar de informações de difícil obtenção.

Não obstante o grau de implementação de um ou outro instrumento de política, o elemento comum a todas as análises de política ambiental é a dependência direta da teoria microeconômica, na perspectiva de se obter o ótimo de Pareto. Neste ponto, busca-se o ótimo econômico da redução dos danos ambientais, causados pela poluição e outras formas de degradação e/ou destruição dos ativos naturais.

No contexto da avaliação de políticas ambientais, alguns dos modelos de análise listados abaixo podem ser aplicados de acordo com a exigência do problema ambiental:

a) O Modelo de Função de Produção (abordagem tecnológica) de proporções fixas, com base nos modelos de insumo-produto. Neste caso, uma forma de reduzir a emissão de resíduos poluentes é diminuir a quantidade produzida e o conseqüente volume de resíduos;

b) O Modelo Fiscal de Pigou que propõe aplicar um imposto para compensar os danos ambientais sem a preocupação de individualizar o agente que causa o dano ou o agente que sofre com a poluição;

c) O Modelo de Coase propõe uma barganha que se orienta pela disposição a pagar um valor para beneficiar o agente prejudicado e penalizar o culpado pelo dano ambiental;

d) O Modelo de Regulação por instrumentos de negociação e/ou de taxaço depende do critério adotado por quem faz o comando-e-controle das ações;

e) O Modelo de Mercado visa mensurar o custo marginal externo e a estimacão do custo total do dano ambiental.

Não há regra geral em relacão ao modelo que deve ser usado como política ambiental. Tudo depende da especificidade de cada caso em análise. Há situaçoes em que os modelos de padrão uniforme são indicados e outros que exigem modelos específicos, dadas às especificidades do dano ambiental. No âmbito deste texto, cabe apresentar os modelos de comando-e-controle e de custo-eficiêcia para fazer a diferença entre a soluçoão do modelo com padrão uniforme para todos os agentes.

Assim, o objetivo da política de comando-e-controle é considerar os limites de poluição ou das restriçoes impostas com base em tecnologia para regular as fontes poluidoras. Em geral, as decisões políticas tendem a adotar tecnologias de forma padronizada para todos os agentes. Nestes casos, ajusta-se a quantidade máxica de resíduos que uma empresa pode liberar, dados os critérios técnicos, ou exige-se o uso de tecnologia-padrão para reduzir a poluição emitida por todas as empresas que atuam no mesmo ramo de produçoão.

Como exemplo desse tipo de tecnologia, tem-se a utilizaçoão de lagoas para decantaçoão e estabilidade dos resíduos produzidos pelas agroindústrias que beneficiam produtos agrícolas, pecuários e do

extrativismo. Mesmo assim, os custos de processamento dos resíduos são diferentes entre as empresas. Logo, a solução pode não ser custo-eficiente. Neste caso, a sociedade arca com a ineficiência da política.

O custo marginal externo é definido com base no método do menor custo disponível. Isto significa que não se deve impor uma tecnologia de 62 padrão uniforme para reduzir o problema de todas as empresas, dado que a uniformidade da política pode não ser eficiente. Para a aplicação empírica da política de comando-e-controle, vamos considerar uma situação em que duas empresas emitem CO₂ sobre comunidades situadas fora da área permitida pela legislação ambiental sobre o controle da qualidade do ar.

Para solucionar o problema da poluição, o governo municipal exige que cada empresa reduza a emissão do CO₂ em 100 toneladas, para que a poluição total seja diminuída em 200 toneladas de descarga do gás no ar por dia e, com isto, mantenha-se a qualidade do ar em níveis aceitáveis. Por outro lado, cada empresa enfrenta uma situação diferente com relação aos custos marginais de produção e de redução da poluição, conforme informações das equações de custos totais apresentadas no exemplo abaixo:

Custo total da empresa 1: $CTP_1 = 800 + 10 R_1^2$

Custo total da empresa 2: $CTP_2 = 500 + 15 R_2^2$

Em que: CTP é o custo total de redução da poluição e R é o nível de redução da poluição.

Com base nestas informações, o governo aplica o modelo de comando-e-controle padrão uniforme para reduzir a poluição do ar a um nível aceitável de qualidade do ar para a população, que é de 200 toneladas de CO₂ por dia. Para isto, cada empresa deve reduzir 100 toneladas por dia.

A solução do problema é obtida seguindo os passos apresentados a seguir:

a) derivar o custo marginal de cada empresa:

Empresa 1:

$$\text{Custo total: } CTP_1 = 800 + 10 R_1^2$$

$$\text{Custo marginal: } CMP_1 = 20 R_1$$

Empresa 2:

$$\text{Custo total: } CTP_2 = 500 + 15 R_2^2$$

$$\text{Custo marginal: } CMP_2 = 30 R_2$$

b) O custo da redução da poluição em 100 t para cada empresa, $R_1 = R_2 = 100$. Então, tem-se:

$$\begin{aligned} \text{CMP}_1 &= 20 R_1 = 20 \times 100 = \text{R\$ } 2.000,00 \\ \text{CMP}_2 &= 30 R_2 = 30 \times 100 = \text{R\$ } 3.000,00 \end{aligned}$$

O custo marginal para reduzir 100 t de poluição é de R\$ 5.000,00, sendo que cada empresa paga um valor diferente pela despoluição.

c) O custo total de cada empresa para a redução das 100 toneladas de poluição por empresa é:

$$\text{CTP}_1 = 800 + 10 R_1^2 = 800 + 10 \times (100)^2 = \text{R\$ } 100.800,00$$

$$\text{CTP}_2 = 500 + 15 R_2^2 = 500 + 15 \times (100)^2 = \text{R\$ } 150.500,00$$

O custo total pago pelas empresas para reduzir a poluição é de R\$ R\$ 251.300,00.

d) A solução custo-efetiva para a quantidade de poluição que cada empresa deve reduzir é dado pela igualdade entre os custos marginais de cada empresa, para atender à redução de 200 t de CO2 por dia.

$$\text{CMP}_1 = \text{CMP}_2; R_1 + R_2 = 200$$

20 R1 = 30 R2, sendo que R1 = 1,5 R2, assim temos:

$$\begin{aligned} 1,5 R_2 + R_2 &= 200 \text{ e } 2,5 R_2 = 200, R_2 = 80 \text{ t e} \\ R_1 &= 1,5 \times 80 = 120 \text{ t} \end{aligned}$$

e) Os custos marginais e total de cada empresa são dados por:

$$\begin{aligned} \text{CMP}_1 &= 20 R_1 = 20 \times 120 = \text{R\$ } 2.400,00 \\ \text{CMP}_2 &= 30 R_2 = 30 \times 80 = \text{R\$ } 2.400,00 \end{aligned}$$

O custo marginal social é de: R\$ 4.800,00 para reduzir as 200 t de CO2. Os custos totais são:

$$\begin{aligned} \text{CTP}_1 &= 800 + 10 R_1^2 = 800 + 10 \times (120)^2 = \text{R\$ } 144.800,00 \\ \text{CTP}_2 &= 500 + 15 R_2^2 = 500 + 15 \times (80)^2 = \text{R\$ } 96.500,00 \end{aligned}$$

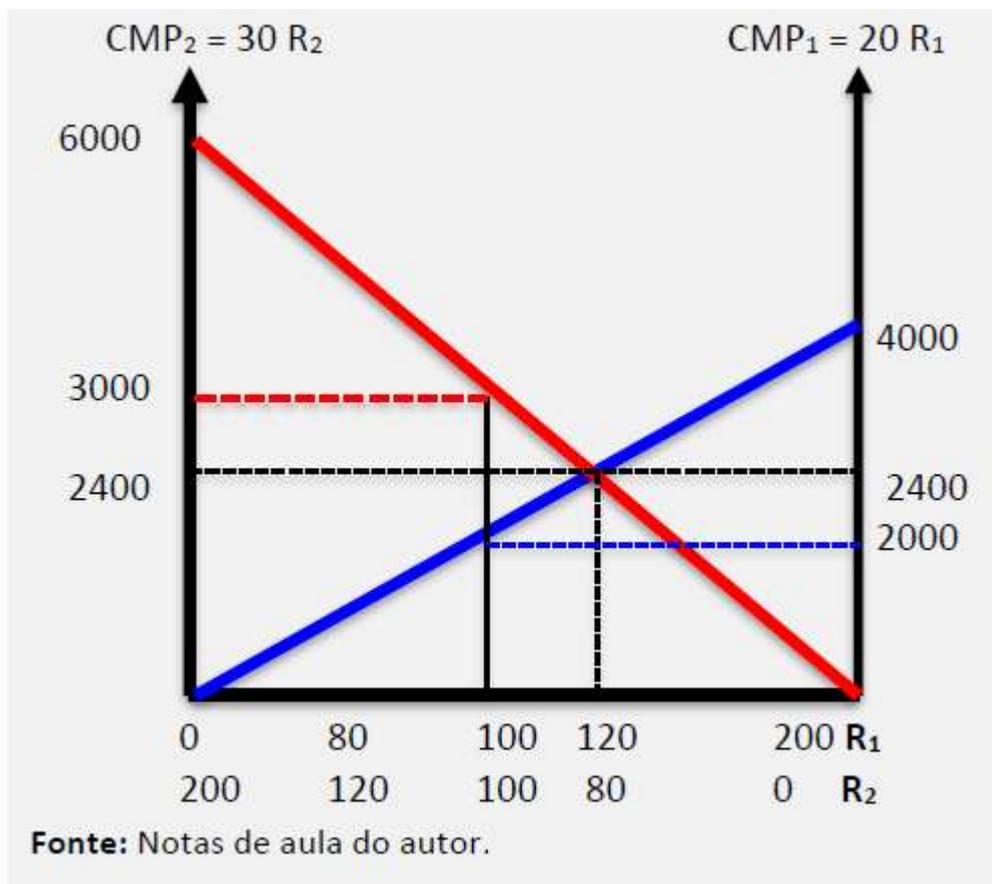
Assim, o custo social total pago pelas empresas para reduzir a poluição é de R\$ R\$ 241.300,00. Portanto, a solução custo-efetiva gerou um valor a menos de R\$ 10.000,00, o que indica que a política define valores iguais para a redução da poluição é economicamente ineficiente;

f) O valor a ser fixado por empresa para que a solução custo-efetiva beneficie a sociedade, deve ser de R\$ 2.400,00, o que levaria a uma redução de 120 t pela empresa 1 e de 80 t pela empresa 2, em função dos custos de produção serem diferentes.

A solução gráfica para o problema de regulação de danos ambientais por meio do modelo de comando-e-controle com padrão de abrangência uniforme para os agentes causadores de danos ambientais e do modelo custo-eficiente é apresentada na Figura 2.6. No eixo da abscissa, a redução de poluição da empresa 1 (R1) cresce da esquerda para a direita no intervalo de 0-200 e a redução da empresa 2 (R2) cresce da direita para a esquerda, no mesmo intervalo. A ordenada da direita representa o custo marginal da empresa 1 (CMP1), ilustrado pela linha azul, e a ordenada da esquerda representa o custo marginal da empresa 2 (CMP2), ilustrado pela linha vermelha.

A solução da regulação comando-e-controle com padrão de aplicação uniforme de redução de 100 t de CO2 para as duas empresas, resultou no pagamento de R\$ 3.000,00 para a empresa 2 e de R\$ 2.000,00 para a empresa 1, gerando um custo total para a despoluição de 200 t de CO2 de R\$ 251.300,00. A diferença de pagamento ocorre porque os custos marginais das empresas são diferentes, em função das instalações, tecnologia preço dos insumos, mão de obra qualificada, diferenças locais, riscos climáticos, gestão etc. Com efeito, este instrumento de política ambiental tende a resultar em uma solução ineficiente.

Figura 2.6. Solução gráfica da regulação de comando-e-controle com padrão uniforme e custo-eficiente.



A solução custo-eficiente é obtida com a opção de que as empresas devem pagar pelo custo da despoluição de acordo com seu custo marginal. Assim, a solução ocorre no ponto de intersecção dos custos marginais ($R_1 = 120 \text{ t}$ e $R_2 = 80 \text{ t}$). Desta forma, o valor a ser pago pela redução da poluição das empresas é de R\$ 2.400,00. Portanto, o custo da política ambiental é minimizado e a sociedade se beneficia com a política.

A economia de custo total da política custo-eficiente em relação a política de padrão uniforme é de R\$ 10.000,00 para a sociedade.

2.6.1 PGPM-BIO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A Política de Garantia de Preços Mínimos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio) é um instrumento de política pública com foco na inclusão social, conservação dos ativos naturais e garantia de renda dos extrativistas, que tem potencial para a inserção dos produtos do extrativismo nas cadeias globais de alimentos e contribuir para o desenho de novas trajetórias de desenvolvimento local a partir da exploração sustentável dos recursos naturais.

Um dos gargalos do desenvolvimento da economia extrativista está na garantia de renda dos extrativistas. Os produtos do extrativismo são enquadrados na categoria de produtos inelásticos a preço, tanto na oferta quanto na demanda. Isto quer dizer que para induzir mudanças na produção e no consumo, necessitam-se de grandes variações nos preços de mercado desses produtos, que são formados por agentes da comercialização como atravessadores, atacadistas e varejistas. Sendo assim, safras abundantes podem causar problemas de inadimplência para os extrativistas, uma vez que a renda tende a cair. Nestes casos, a recuperação dos prejuízos, em média, pode levar de dois a três anos.

A ausência de garantia de renda está na inoperância dos canais de comercialização destes produtos, até certo ponto por ineficácia de gestão pública. A formação dos preços dos produtos do extrativismo destinados ao abastecimento do mercado interno é definida pelos atravessadores, que dominam pelo menos 78% da comercialização da castanha-do-brasil e do açaí fruto na Amazônia. Como não há contratos formais para viabilizar a comercialização, os extrativistas, por diversas razões, perdem até 40% da produção entre a colheita (coleta) e a venda para os agentes da comercialização. Uma forma eficiente de atenuar essa instabilidade do extrativismo é a garantia de compra do produto e/ou do oferecimento de boas práticas de produção e canais de comercialização com a oferta de informações sobre toda a cadeia produtiva para os extrativistas.

O extinto Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), em associação com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) implantaram o instrumento de garantia de renda por meio da PGPM-Bio, operacionalizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). A PGPM-Bio além do objetivo de viabilizar a exploração racional dos produtos florestais não madeireiros (castanhas, sementes, frutos, látex, óleos etc.), contribui para a preservação dos recursos naturais ao reduzir o desmatamento, a instabilidade da renda e o risco de preço desses produtos não madeireiros. Na Amazônia, a PGPM-Bio garante um preço mínimo para o açaí, babaçu, andiroba, borracha extrativa, cacau extrativo e castanha-do-brasil, com perspectiva de incluir o buriti e o pirarucu.

Os fundamentos dessa política podem ser defensáveis, porém a sua implantação e operacionalização ainda apresenta problemas de eficiência e eficácia do ponto de vista econômico e socioambiental. Como se trata de uma política com grande potencial para o crescimento econômico local e a melhoria da qualidade de vida de um grande número de comunidades excluídas do mercado e das cadeias produtivas globais, devem ser apresentados meios para melhorar sua eficácia e produzir impactos positivos na utilização sustentável dos recursos naturais da Amazônia.

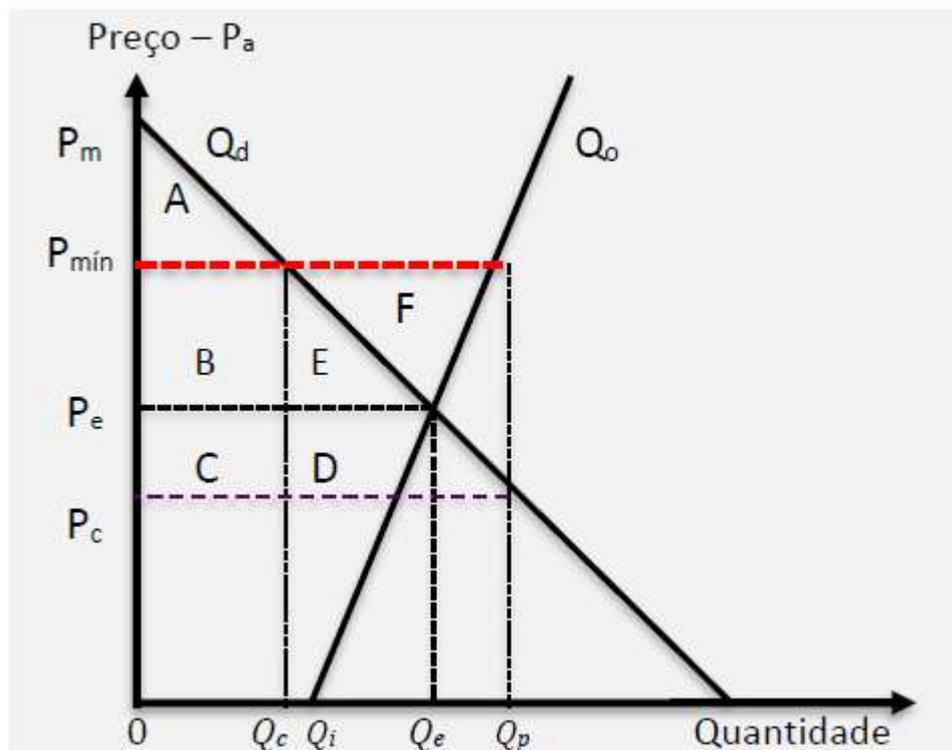
Em tese, uma política de preços mínimos visa garantir a renda dos produtores contra os riscos de preços na comercialização destes produtos, por meio da fixação dos preços de venda em patamar de equilíbrio do mercado dos últimos cinco anos e válidos quanto situados acima da média de preços históricos. Com esta garantia, as expectativas dos produtores aumentam e a tendência é obter-se aumento de produção e melhoria na qualidade dos produtos. Além disso, os efeitos da sazonalidade dos preços são atenuados e a certeza de contar com um patamar de preços já definido orienta o planejamento das atividades de produção, armazenamento, comercialização e industrialização dos produtos. Isto tem acontecido em alguns locais restritos, mas não ganhou a generalidade esperada. No estado do Pará, a PGPM-Bio foi ineficaz no período de 2014 a 2016, pois a CONAB não fechou nenhuma operação de comercialização da castanha-do-brasil. Por que isto ocorreu?

Para entender como uma política como esta pode contribuir para a estabilidade de renda dos extrativistas, vamos apresentar a forma de como se analisa este tipo de política. Uma política de preços mínimos só tem efeito se a definição do preço de compra do produto for estabelecida a um patamar acima do preço de equilíbrio do mercado. Assim, pode-se ilustrar na Figura 2.7, o efeito da PGPM-Bio esperado, dada a sua modalidade de subvenção, ou seja, o governo não adquire a produção, apenas paga a diferença entre o preço de compra do produto e o preço mínimo fixado para um dado ano de safra. A Figura 2.7 tem a ilustração do efeito da política de preço mínimo, na modalidade subvenção.

Sem a PGPM-Bio (Figura 2.7), o excedente do consumidor é dado pela área (A + B + E) e o excedente do produtor pela área (C + D). Com a PGPM-Bio, o excedente do consumidor se restringe à área A. Por outro lado, o excedente do produtor torna-se (B + C + D + E + F). Portanto, o produtor incorpora a área (B + E) que, antes, era parte do excedente do consumidor. O ganho líquido, é a área F. Assim, o gasto com a política de subvenção é dado pela área (D + E + F). Uma parcela deste gasto se torna uma compensação entre consumidor e produtor. Sendo que a área F é o benefício líquido do produtor e o gasto equivalente do governo para o funcionamento da política ambiental.

Por que isto acontece? Note-se que ao P_{min} , o consumidor deseja e pode comprar apenas a quantidade Q_c , enquanto o produtor deseja ofertar a quantidade Q_p . Portanto, cria-se um excesso de oferta do produto no mercado do montante $(Q_p - Q_c)$. Se o governo comprasse a produção, o gasto total com a política seria de $[(Q_p - Q_c) \times P_{min}]$. Caso conseguisse vender o excesso de oferta para o consumidor, o gasto com a política seria de $[(Q_p - Q_c) \times P_c]$ (Figura 2.7). Dado que somente ao preço P_c , os consumidores comprariam a quantidade Q_p , que os produtores estariam dispostos a ofertar.

Figura 2.7. Ilustração da política de preços mínimos sobre os produtos do extrativismo da Amazônia.



Fonte: Notas de aula do autor.

Para aplicação deste conhecimento, assume-se que o mercado de castanha-do-brasil do estado do Pará, no período de 1990 a 2010, extraído de Santana et al. (2017), é dado por:

$$\text{Demanda: } Q_{dc} = 14,5 - 6,0 P_c$$

$$\text{Oferta: } Q_{oc} = 7,3 + 0,8 P_c$$

$$\text{Equilíbrio: } Q_{dc} = Q_{oc} = Q_e$$

Em que Q_{dc} é a quantidade demandada de castanha-do-brasil, em t; Q_{oc} é a quantidade ofertada de castanha-do-brasil, em t e P_c é o preço da castanha-do-brasil, em kg.

O preço mínimo estabelecido para o período 2016/17 foi de R\$ 1,27/kg de castanha com casca. Com esta informação e assumindo que a política foi eficaz, pode-se obter todos os pontos indicados na Figura 2.7: a quantidade e o preço de equilíbrio da castanha-do-brasil (P_e e Q_e); o preço P_c que o consumidor está disposto a comprar a quantidade Q_p e a quantidade que o consumidor compra ao preço mínimo $P_{mín}$; os excedentes do consumidor e do produtor antes da PGPM-Bio. Em seguida, calcula-se o efeito da PGPM-Bio sobre os excedentes do produtor e do consumidor, assim como o peso morto da política e o benefício líquido da política. Por fim, calculam-se os valores das áreas A, B, C, D, E e F (Figura 2.7) e faz-se a interpretação dos resultados e a análise da política.

O cálculo dos pontos P_e , Q_e , Q_c , P_c e Q_p são:

$$\begin{aligned} Q_{dc} &= Q_{oc} \\ 14,5 - 6,0 P_c &= 7,3 + 0,8 P_c \\ 0,8 P_c + 6,0 P_c &= 14,5 - 7,3 \\ 6,8 P_c &= 7,2 \\ P_c &= \text{R\$ } 1,06/\text{kg} = P_e \\ Q_e &= 7,3 + 0,8 \times 1,06 = 8,15 \text{ t} \end{aligned}$$

Substituindo o $P_{mín}$ nas equações de oferta e demanda, obtêm-se os valores de Q_p e Q_c .

$$\begin{aligned} Q_p &= 7,3 + 0,8 \times 1,27 = 8,32 \text{ t} \\ Q_d &= 14,5 - 6 \times 1,27 = 6,88 \text{ t} \end{aligned}$$

O preço P_c é estimado substituindo-se Q_d na equação de demanda.

$$\begin{aligned} 8,32 &= 14,5 - 6,0 P_c \\ 6,0 P_c &= 14,5 - 8,32 = 6,18 \\ P_c &= \text{R\$ } 1,03/\text{kg} \end{aligned}$$

O preço P_m é obtido para a quantidade demandada igual a zero e a Q_i é a oferta quando o preço for zero.

$$0 = 14,5 - 6,0 P_m$$

$$6,0P_m = 14,5$$

$$P_m = R\$ 2,42/kg$$

$$Q_i = 7,3 + 0,8x0$$

$$Q_i = 7,3 t$$

Os excedentes do consumidor e do produtor antes da política de preços mínimos são dados por:

$$EC_{ap} = (bxh)/2$$

$$EC_{ap} = [8,15x(2,42-1,06)/2]$$

$$EC_{ap} = R\$ 5,54$$

$$EP_{ap} = [(b+B)h/2]$$

$$EP_{ap} = [(7,3+8,15)1,06/2]$$

$$EP_{ap} = R\$ 8,19$$

A eficácia da política PGPM-Bio ainda não foi avaliada para os produtos da Amazônia. Os dados empíricos, calculados a partir do estudo de Santana et al. (2017) para o estado do Pará (Quadro 1), revelam que houve ineficiência e ineficácia na condução dessa política.

Com estes resultados, pode-se apresentar sugestões para reajustar que a política, no que tange aos níveis mínimos de preços de garantia, para que passe a funcionar de forma adequada e atender aos propósitos de garantia de renda, capitalização dos extrativistas e de preservação das reservas florestais de onde tiram seu sustento.

Os resultados do mercado da castanha-do-brasil para a Amazônia, com base nas equações de oferta e demanda, estão disponíveis em Santana (2015), caso o leitor tenha interesse em analisar os efeitos da PGPM-Bio para os estados da Amazônia.

Quadro 1. Dados sobre os efeitos da PGPM-Bio sobre a Castanha-do-brasil no estado do Pará.

Conceito	Mercado	PGPM-Bio	Efeito
<i>EC</i>	A + B + E R\$ 5,54	A R\$ 3,96	- (B + C) - R\$ 1,58
<i>EP</i>	C + D R\$ 8,19	B+C+D+E+F R\$ 9,92	B + E + F R\$ 1,73
Gasto do Governo	Zero	- (D+E+F) - R\$ 1,18	- (D+E=F) - R\$ 1,18
Benefício Líquido	A+B+C+D+E R\$ 13,73	A+B+C R\$ 12,70	- (D+E) - R\$ 1,03
Peso Morto	Zero	- (D + E) - R\$ 1,03	-
A = R\$ 3,96; B = R\$ 1,45; C = R\$ 7,29; D = R\$ 0,90; E = R\$ 0,13; F = R\$ 0,15; ABE = R\$ 5,54; CD = R\$ 8,19.			

Fonte: Notas de aula do Professor.

1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento dos efeitos causados pelas externalidades sobre a população e o meio ambiente é de fundamental importância para que se desenhem políticas de regulação das atividades poluidoras. Manter a resiliência dos ecossistemas e a continuidade do fornecimento de alimentos e serviços em benefício da economia e da qualidade de vida das pessoas faz a diferença para a geração atual e as gerações futuras. Por isto, deve-se adotar boas práticas para fazer e recuperação e/ou restauração produtiva de áreas desmatadas, assim como preservar e reduzir a degradação do solo, a poluição da água e do ar.

Na Amazônia, as populações ribeirinhas e das áreas de reservas e indígenas necessitam que sejam viabilizados os dispositivos de políticas definidos no Artigo 41 do Código Florestal, no que tange à valoração dos ativos naturais e o pagamento pelos serviços ecossistêmicos, para garantir renda para essas populações e demais produtores rurais, com vistas à conservação dos ecossistemas naturais. Com isto, os imóveis rurais com florestas nativas e sistemas de produção agroflorestais e de agropecuária de baixo carbono devem receber o pagamento pelos serviços ecossistêmicos que estes ativos naturais geram em benefício da população e do meio ambiente.

Neste livro, foi apresentada a base teórica da externalidade ambiental positiva e negativa e as metodologias para a internalização dos efeitos nos custos e pagamento por danos causados ao meio

ambiente. Aplicou-se, também, a metodologia de Coase para a solução de conflitos causados pelos efeitos de externalidade, tendo em vista os direitos de propriedade. Depois, analisou-se o instrumento de política comando-e-controle com abrangência uniforme para todos os poluidores e a utilização da análise custo-eficiente na determinação de taxas em conformidade com o custo marginal de cada unidade poluidora.

Ao final, fez-se uma análise da eficácia da política geral de preços mínimos para os produtos da sociobiodiversidade, aplicada à castanha-do-brasil produzida no estado do Pará. Este é um diferencial deste texto, que aplica a Bioeconomia a casos reais de externalidades positivas e negativas causadas pelas atividades econômicas da Amazônia e aponta caminhos para superar os problemas.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

E1. Com base na leitura do texto, apresente a definição dos termos: equilíbrio de mercado privado e social, externalidade negativa e positiva, teorema de Coase, tragédia dos comuns, direito de propriedade.

E2. Faça uma análise comparativa entre as externalidades positivas e negativas, considerando um exemplo para cada uma e outro exemplo que contemple os dois tipos de externalidade.

E3. Explique as razões que levam as empresas de um mercado não regulado fabricarem quantidades em excesso de produtos que regam externalidades negativas. Ilustre a resposta com um exemplo.

E4. Apresente as razões que levam os gestores a optarem por um imposto de Pigou para regular os problemas de externalidades e gerar equilíbrio de mercado eficiente.

E5. Diga qual é a principal previsão do teorema de Coase aplicado na solução de externalidades.

E6. Por que a solução de problemas de danos ambientais por meio da regulação comando-e-controle de padrão uniforme tende a ser diferente da solução custo-eficiente?

E6. **Fábrica de farinha:** Na fabricação de farinha, os resíduos (cascas e manipueira) são jogados no ambiente (solo e água) gerando poluição e contaminação do solo e da água (pesquise sobre os efeitos desta contaminação). Estes custos não são incorporados ao processo produtivo. No entanto, como a atividade causa um dano ambiental, este deve ser incorporado na matriz de custos da fábrica para gerar o preço e a quantidade de equilíbrio eficiente do mercado de farinha e tornar essa atividade sustentável. Um estudo empírico sobre o problema gerou os seguintes resultados:

$$\text{Demanda: } BMS = P_d = 18 - 0,2 Q;$$

$$\text{Oferta: } CMP = P_o = 2,25 + 0,25 Q;$$

$$\text{Externalidade: } CME = 0,05 Q.$$

Em que: BMS é o benefício marginal social, dado pela demanda de farinha na forma inversa; CMS é o custo marginal social, dado pela oferta de farinha na forma inversa; P_d é o preço da demanda (R\$/kg); P_o é o preço da oferta (R\$/kg); Q é a quantidade produzida de farinha (saca de 60 kg).

Pede-se:

- a) ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado sem incorporar a externalidade, ou seja, o equilíbrio privado;
- b) estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio;
- c) Incorpore a externalidade e ache o preço e a quantidade de equilíbrio social;
- d) estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio;
- e) calcule o valor do dano ambiental e o valor da compensação ambiental para o equilíbrio social.
- f) analise os resultados obtidos, contemplando a eficiência do mercado, a empresa, o consumidor e a sociedade.

E7. Pesca artesanal: A demanda e a oferta de peixe da pesca artesanal realizada por comunidades ribeirinhas em lagos abastecidos pelo rio Amazonas e que estão atendendo à legislação ambiental para manter em equilíbrio o estoque das espécies nativas de peixes, são dadas pelas seguintes equações: $Q_d = 25 - P$; e $Q_o = P + 5$, em que Q_d e Q_o são as quantidades demandada e ofertada de peixe, em kg, P é o do preço real do peixe, em R\$/kg. O atendimento a esta política ambiental, levou os consumidores a pagarem um valor mais alto pelo peixe por causa da segurança alimentar e a conservação da natureza, gerando uma nova demanda pelo produto de $Q_{da} = 29 - P$. Com base nestas informações, pede-se que:

- a) Represente as equações de demanda e oferta em um mesmo gráfico;
- b) Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de peixe e analise o resultado;
- c) Estime os excedentes do consumidor e do produtor de peixe e analise o resultado;
- d) Ache o novo equilíbrio do mercado com a política ambiental e o represente no gráfico anterior (item a);

e) Calcule o excedente econômico e o valor do benefício social obtido pelo consumidor.

E8. Uma fábrica de farinha de mandioca despeja o tucupi nos igarapés, poluindo a água, afugentando peixes e tornando a água imprópria para beber e tomar banho. Os demais resíduos orgânicos são jogados ao solo e contribuem para proliferar insetos que incomodam a população e poluem o ar, água ou degrada o solo. A incorporação desta externalidade ambiental negativa está definida na equação de custo marginal externo (CME), com a inclusão de um imposto Pigouviano de R\$ 1,00 sobre o preço de uma unidade do produto farinha comercializado.

$$\text{Demanda: } Q_d = 90 - 6 P$$

$$\text{Oferta: } Q_o = 4 P$$

$$\text{Oferta com imposto: } Q_{oi} = 4 (P - i)$$

$$\text{Imposto Pigouviano } - i = R\$ 1,00$$

Estime os excedentes do produtor e do consumidor sem e com o imposto e calcule o valor do dano ambiental e os respectivos impactos sobre os consumidores e produtores. Calcule, também, o valor arrecadado pelo governo e faça a comparação do resultado com o valor total do dano ambiental. Dê uma solução ao caso por meio da negociação de Coase.

E9. Uma empresa madeireira ao extrair uma dada quantidade de madeira em tora (Q), utilizando a técnica de manejo florestal, gera um benefício para a sociedade ao contribuir para reduzir a taxa de desmatamento e manter o fluxo de serviços ecossistêmicos. Este benefício marginal gera uma externalidade positiva é igual ao Benefício Marginal Externo: BME = R\$ 150/m³.

$$\text{Demanda: } BMP = 450 - 0,5 Q$$

$$\text{Oferta: } CMP = 100 + 2,0 Q$$

$$BME = R\$ 150,00$$

Em que Q é a quantidade de madeira em tora (m³) e P = CMP (R\$/m³). Estime o Benefício Marginal Social (BMS = BMP + BME) e calcule os excedentes do produtor e do consumidor sem e com o imposto e determine o valor do dano ambiental e os respectivos impactos sobre os consumidores e produtores. Calcule o valor arrecadado pelo governo e compare com o valor total do dano ambiental. Dê uma solução ao caso por meio da negociação de Coase.

E10. Duas agroindústrias de polpa de frutas despejam os resíduos do processamento em um igarapé que, por sua vez, causa danos aos pescadores ribeirinhos à jusante da empresa tanto pelo impacto sobre a pesca, quanto pela poluição da água. Cada agroindústria despeja 90 toneladas de resíduos orgânicos no igarapé, o que gera um total de 180 unidades de descarga poluente na água do rio por

dia. Cada empresa, em função do porte, tecnologia e gestão, enfrenta uma situação diferente tanto de custos de produção quanto de redução da poluição. Os dados são:

$$\text{Custo total da empresa 1: } CTA_1 = 100 + 40 R_1^2$$

$$\text{Custo total da empresa 2: } CTA_2 = 150 + 20 R_2^2$$

Em que: CTA é o custo total de redução da emissão de resíduos por parte das agroindústrias e R é o nível de redução da emissão de resíduos.

Utilizando o instrumento de comando-e-controle, o governo municipal deseja reduzir a poluição a um nível aceitável para a população que é de 120 toneladas por dia. Assumindo o padrão uniforme, cada empresa deve reduzir 60 toneladas de poluição. Pede-se que:

- estime o custo marginal e o custo total de cada empresa para a redução das 120 t de resíduos orgânicos jogados no igarapé, assumindo padrão uniforme;
- apresente a solução custo-eficiente para o problema, compare e analise os custos totais e por empresa para as duas políticas;
- represente graficamente a solução final da política de comando-e-controle de padrão uniforme e de custo-eficiente e faça uma análise comparativa da solução.

E11. A castanha-do-brasil é um dos principais produtos da economia extrativista da Amazônia, pela contribuição para ocupar mão de obra, gerar renda e garantir o sustento de muitas comunidades de famílias tradicionais (povos indígenas e quilombolas, ribeirinhos etc.) e dar fundamento a História Econômica da Amazônia (COSTA, 2019; SANTANA, 2015; SANTANA et al., 2017). O mercado de castanha-do-brasil com casca da região Norte, do período 1951 a 1973, é representado pela demanda e oferta, conforme Santana (2015):

$$\text{Demanda: } Q_d = 87.930,35 - 43,37 P$$

$$\text{Oferta: } Q_o = 14.138,04 + 51,87 P$$

$$\text{Imposto Pigouviano: } i_p = \text{R\$ } 100,00/\text{t.}$$

Assumindo que o governo estabeleça uma taxa no valor de R\$ 100,00/t de castanha comercializada para os as empresas que beneficiam e vendem a castanha coletada em reservas extrativistas, como forma de garantir um preço justo pelo produto e evitar o desmatamento nestas áreas. Com base nos dados sobre o mercado, resolva as questões abaixo.

- Ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de castanha sem o imposto;
- Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio;

- c) Incorpore o imposto na equação de oferta e ache o preço e a quantidade de equilíbrio social;
- d) Estime os excedentes do produtor e do consumidor e o benefício líquido para a situação de equilíbrio após a taxa;
- e) Calcule o valor do custo desta política para as empresas e o benefício para os extrativistas;
- f) Agora, assuma a plena implementação da política geral de preços mínimos para a sociobiodiversidade, com a subvenção de R\$ 1,18/kg. Qual o valor do benefício bruto e líquido dos extrativistas com a PGPMBio? Qual o gasto do governo com a política?

E12. A borracha foi o principal produto da economia extrativista da Amazônia, por mais de um século, pela contribuição para ocupar mão de obra, gerar renda e garantir o sustento de muitas famílias de migrantes nordestinos e as populações indígenas, e criar as bases para a ocupação da região e fomentar o desenvolvimento da Amazônia (COSTA, 2019). Com base nos dados da Tabela 2.1, utilize as ferramentas do Excel e estime os parâmetros da equação de demanda de borracha a seguir:

$$Q_{bt} = a_0 + a_1 P_{bt} + a_2 Renda_t + u_t$$

Em que Q_b é o índice de quantidade de borracha no ano t , P_b é o índice de preço da borracha do ano t e $Renda$ é o índice do PIB da população da Amazônia. De posse dos resultados:

- a) Calcule as elasticidade-preço e renda da demanda e interprete o resultado;
- b) Substitua o valor médio da renda na equação de demanda e a represente em um gráfico, para essa quantidade;
- c) Assumindo que o valor médio da produção seja igual à oferta e estime o valor econômico total;
- d) Ao preço médio de mercado, determine o benefício dos consumidores pelo serviço de suprimento na forma de borracha extraída das seringueiras nativas da Amazônia;
- e) Construa o fluxo de caixa e estime o valor presente líquido, assumindo uma taxa de juros de 4% ao ano, para o valor econômico total.

Tabela 2.1. Índices de quantidade e preço da borracha do ano base (1939=100) e índice do PIB da Amazônia.

Ano	QBorracha	PBorracha	Renda
1939	1,0000	1,0000	1,0000
1940	1,1047	1,2099	1,0152
1941	1,0254	1,4712	1,0025
1942	1,2376	1,9673	0,9899
1943	1,3187	1,7998	0,9772
1944	1,6310	1,6807	0,9646
1945	2,0090	1,4722	0,9519
1946	1,8586	1,3686	0,9405
1947	1,9733	1,2373	0,9278
1948	1,6740	1,0959	0,8696
1949	1,6864	1,1091	0,7949
1950	1,9298	1,0822	0,8291
1951	1,6815	1,2658	0,8430
1952	1,8450	1,2700	0,9329
1953	2,0030	1,1222	0,8810
1954	1,8455	1,0230	0,8861
1955	1,8127	0,9618	0,9759
1956	2,1013	1,1054	1,1633
1957	2,0143	1,0246	1,4101
1958	1,8199	0,9766	1,3165
1959	1,8898	1,0935	1,1456
1960	1,8799	1,0444	1,3962
1961	1,9523	1,0248	1,6772
1962	1,7831	0,9348	1,4608
1963	1,9804	0,5015	1,3911
1964	2,1387	0,5338	1,3203
1965	2,2251	0,9331	1,3342
1966	1,7552	0,7497	1,3759
1967	1,6350	0,7269	1,2987
1968	1,7916	0,9291	1,4278
1969	1,9891	0,8958	1,5139
1970	1,6328	1,0358	1,7063

Fonte: Costa (2019, p.314).

E13. A demanda e a oferta de peixe da pesca artesanal, realizada por comunidades de ribeirinhos em lagos abastecidos pelo rio Amazonas e que estão atendendo à legislação ambiental, para manter em equilíbrio o estoque das espécies de peixe, são dadas por: $Q_d = 20 - P$; $Q_o = P - 6$, em que Q_d e Q_o são as quantidades demandadas e ofertadas em kg, P é o do preço do peixe em R\$/kg. Com base nestas informações, pede-se que:

- represente as equações de demanda e oferta em um mesmo gráfico;
- ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de peixe e analise o resultado;
- estime os excedentes do consumidor e do produtor de peixe e analise o resultado;
- calcule as elasticidades-preço da demanda e da oferta de peixe, interprete o resultado e diga a natureza da demanda e da oferta.

E14. Com base no exercício anterior, os consumidores estão dispostos a pagar um preço mais alto pelo produto, visando preservar os estoques pesqueiros, garantindo uma oferta de alimentos saudáveis e a melhoria da qualidade de vida dos pescadores ribeirinhos. Este pagamento tende a produzir aumento no benefício do consumidor de peixe oriundo dos lagos, gerado pelo incremento na demanda: $Q_{dr} = 28 - P$.

- mostre este resultado no mesmo gráfico da questão anterior;
- calcule o novo preço e quantidade de equilíbrio e relate sobre o que aconteceu com o preço e a quantidade de equilíbrio e com o tamanho do mercado de peixe;
- O que aconteceu com os excedentes do consumidor e do produtor de peixe? Qual a magnitude do impacto do pagamento pelo peixe e quem teve maior alteração no excedente;
- qual o valor do benefício gerado pela política de preservação dos estoques pesqueiros dos lagos?

E15. A pecuária extensiva na Amazônia é acusada de ser a principal atividade econômica causadora do desmatamento da floresta para a implantação de pastagens e viabilizar o desenvolvimento da atividade. Toda atividade agropecuária responde a preço, em condições normais de funcionamento dos mercados de produtos e de insumos regional, nacional e internacional. Neste caso, incrementos no preço do boi gordo, estimularia os produtores a investirem no aumento do rebanho para responder ao estímulo de preço. Como a pecuária envolve um conjunto de atividades inter-relacionadas, o simples aumento no preço do boi gordo poderia reduzir o abate de matrizes e a redução da produção de leite dos produtores safristas para ampliarem a oferta de bezerros e, por sua vez, de boi magro. Por outro lado, em condições de facilidade de se reduzir custos de produção por meio do desmatamento

da floresta para a implantação de novas áreas de pastagens, o rebanho pode aumentar com o desmatamento, mesmo em situação de queda no preço do boi gordo.

Com base nestes argumentos e nos dados da Tabela 2.2 sobre o efetivo do rebanho bovino da região Norte, desmatamento florestal da região Norte e preço do boi gordo, para o período de 2011 a 2020, período em que a taxa de desmatamento na Amazônia interrompe a trajetória de queda e volta a crescer, responda às seguintes questões:

a) estime os parâmetros da regressão múltipla dada por (Tabela 2.2):

$$EBOV_t = a + b PBOV_t + c DESMAT_t + e_t$$

E analise os resultados;

b) com base nos resultados do item anterior, qual o impacto do aumento de 1000 km² no desmatamento sobre o rebanho bovino?

c) assumo o desmatamento médio como dado, substitua esse valor na equação do item a) e calcule o valor econômico em relação à situação sem desmatamento;

d) estime os parâmetros da regressão múltipla dada por (Tabela 2.2):

$$DESMAT_t = a + b PBOV_t + c EBOV_t + e_t$$

e analise os resultados;

e) Com base nos resultados do item anterior, qual o impacto do aumento de 1000 cabeças de gado sobre o desmatamento?

Tabela 2.2. Dados do efetivo bovino (EBOV) em cabeças da região Norte, preço do boi gordo (PBOV) em R\$/@ e desmatamento da floresta da região Norte (DESMAT) em km².

Ano	EBOV	PBOV	DESMAT
2011	38.295.335	68,70	6.418
2012	40.164.211	55,20	4.571
2013	41.417.083	52,80	5.891
2014	42.304.229	58,70	5.012
2015	41.610.984	48,70	6.207
2016	39.857.707	47,60	7.893
2017	40.830.856	46,20	6.947

2018	42.056.273	40,80	7.536
2019	42.523.716	41,90	10.129
2020	43.777.077	43,60	12.100

Fonte: Anualpec (2020); INPE (2020).

CAPÍTULO 3: ECONOMIA DA PRODUÇÃO E CUSTO

Apresentam-se os pontos centrais da análise da produção e custo de empresas rurais, com vistas a orientar o produtor, ou gestor, a tomar decisões quanto ao uso sustentável de insumos fixos e variáveis para obter o lucro máximo do negócio. A **Empresa Rural** é tida como uma organização especializada na produção de um ou de vários produtos agrícolas e pecuários, com direito de propriedade definido e a gestão feita, em geral, pelo produtor.



Foto: Frutos do açai.

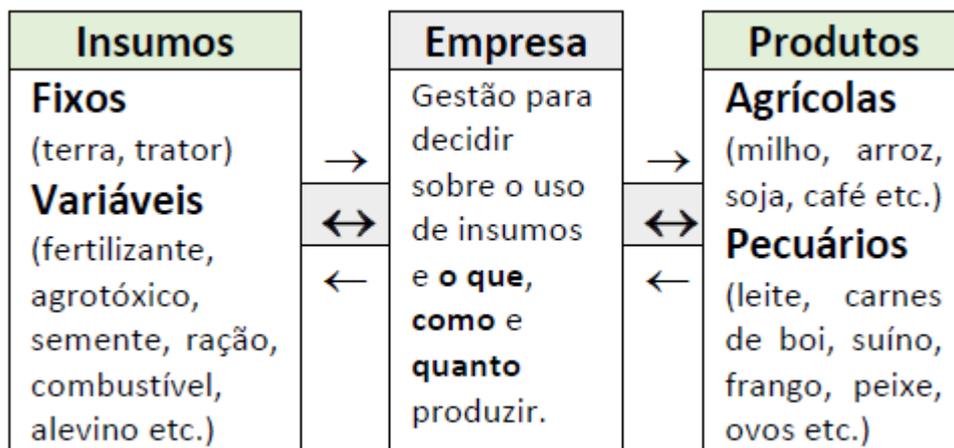
AMBIENTE DA EMPRESA RURAL

Na **empresa rural**, o ponto central da análise é a produção de um produto agrícola ou pecuário, no caso de empresas especializadas, ou diversos produtos agrícolas e/ou pecuários, para o caso de empresas diversificadas. Cada atividade produtiva é considerada um empreendimento, dado que exige tecnologia de produção específica, análise de preços de mercado, impostos e taxas, condições climáticas e riscos, que devem ser considerados pelo gestor da empresa.

A **produção** é definida como o processo em que o gestor toma a decisão de combinar insumos fixos e variáveis para fabricar produtos ao menor custo e vender ao maior preço de mercado, de modo a gerar o lucro máximo ou a receita líquida máxima. De forma simples, o processo de produção agropecuário pode ser representado na Figura 3.1.

Na Figura 3.1, tem-se a representação do processo produtivo de uma empresa rural que se dedica à produção agrícola e/ou pecuária e seu relacionamento com os fornecedores de insumo e com os clientes que demandam os produtos. Na relação entre empresa e fornecedores de insumos, a seta (→) indica as quantidades de fatores fixos e variáveis comprados pela empresa. A seta (←) mostra o fluxo de pagamentos pelos insumos. Essa relação de mão dupla representa o mercado de insumos ou de fatores de produção. Os insumos, juntamente com a mão de obra e a gestão do produtor formam os custos totais de produção. A função do gestor é combinar tais insumos de modo a minimizar os custos e os impactos ambientais.

Figura 3.1. Processo de produção agropecuário.



Fonte: Elaboração do autor.

Na relação entre a empresa e os produtos, a seta (→) indica as quantidades de produtos que são fabricadas e destinadas para o mercado, ou seja, representa a produção e venda dos produtos que formam a receita total da empresa. A seta (←) descreve o fluxo de pagamentos recebidos pelos produtos vendidos. Este fluxo em dupla direção representa o mercado de produtos. O foco do gestor é analisar o mercado para vender o produto ao preço mais alto do período da safra. O gestor deve atuar de forma a minimizar custo e maximizar as receitas, para que a empresa alcance o lucro máximo ou a receita líquida máxima, que é o principal objetivo do empresário que pensa em crescer e se tornar cada vez mais competitivo no mercado.

O esquema da Figura 3.1 também representa uma **função de produção**, que indica a quantidade máxima de cada produto que a empresa pode fabricar a partir da combinação de insumos (fixos e

variáveis), em dado período. Na forma matemática, a função de produção é definida pela produção em relação aos insumos, como a seguir:

$$Q = f(X)$$

Em que Q é a quantidade do produto, X é a quantidade dos insumos utilizados e f representa a tecnologia que transforma as combinações dos insumos em quantidades de produtos, ou seja, resume a atividade do gestor da empresa.

A empresa, em busca da maximização do lucro, deve analisar seu ambiente organizacional para desenvolver estratégias de negociação com os fornecedores de insumos e com os clientes que compram o produto. Dentro da empresa, o gestor deve aplicar a tecnologia apropriada em cada atividade de modo a contemplar as dimensões econômica (lucro, produtividade), social (ocupação de mão de obra direta e indireta) e ambiental, utilizando boas práticas para mitigar os efeitos na degradação do solo, poluição do ar e da água e assegurar o equilíbrio da biodiversidade, aplicando os princípios da análise bioeconômica.

Com o propósito de tornar o conhecimento sobre a produção e custo dos **empreendimentos rurais** mais simples, damos ênfase à análise dos pontos fundamentais para a gestão e a tomada de decisão dos produtores, por meio da combinação harmônica entre teoria e prática, aplicada em casos reais do agronegócio da Amazônia e do Brasil. Desta forma, apresenta-se o conhecimento teórico sobre produção e custo e depois faz-se a aplicação aos casos de lavouras temporárias, lavouras permanentes e atividades da pecuária, pesca e extrativismo, tendo em vista a utilização das tecnologias digitais para a gestão sustentável da empresa rural.

3.1 INTRODUÇÃO

A atividade econômica é o resultado da contínua interação entre produtores e consumidores em busca de gerar riqueza e bem-estar social. Os produtores que estão envolvidos na produção são considerados como empreendedores. A empresa é a unidade onde se fabrica os bens e serviços ofertados no mercado. A produção é o processo em que insumos (fatores ou recursos de produção) são combinados na empresa, unidade de produção ou imóvel rural, para produzir um produto. Muitos dos insumos utilizados em um dado processo de produção pode ter sido fabricado em uma unidade produtiva de um elo anterior da cadeia produtiva.

A **cadeia produtiva** de um dado produto é caracterizada pelas unidades que produzem e fornecem insumos, tecnologia e serviços para as unidades de produção ou empresas rurais, as agroindústrias que beneficiam e transformam os produtos em outros de maior valor agregado, os mercados

atacadistas, que negociam grandes quantidades de produto e os mercados varejistas que vendem pequenas quantidades diretamente para os consumidores.

A Economia da Produção e Custo é aplicada, neste capítulo, aos empreendimentos rurais. No Brasil, empresa rural (familiar ou não familiar), em geral, desenvolve simultaneamente mais de um empreendimento. A empresa pode estar envolvida na produção de produtos agrícolas (arroz, feijão, milho, soja, mandioca, açaí, banana, cacau, dendê, pimenta-do-reino), pecuária (gado de corte, gado de leite, aves, suínos e peixes) e madeira (cedro, eucalipto, ipê, mogno africano, paricá, teca). Estas atividades podem ser desenvolvidas na forma individual (soja, eucalipto, pecuária) e/ou como sistemas consorciados (soja, pecuária, madeira) em uma mesma área. Cada um desses sistemas pode ser considerado como um empreendimento da empresa. Para facilitar o aprendizado, a análise da produção e custo será aplicada individualmente a cada empreendimento.

Todos os empreendimentos dependem da utilização de insumos para o seu desenvolvimento. Neste ponto, os insumos ou fatores de produção podem ser enquadrados como **fixos e variáveis**.

Os **insumos variáveis** são aqueles que afetam o nível de produção e variam diretamente com ele. Assim, sementes, adubos, fertilizantes e agrotóxicos, ração, vacina, combustível e mão de obra de diaristas são exemplos de insumos variáveis.

Os **insumos fixos** são aqueles que não variam com a produção obtida. Nas empresas rurais são considerados insumos fixos: terra, máquinas e equipamentos, cercas de arame, construções rurais e tanques-rede para a piscicultura. Dessa forma, um hectare de terra pode ser combinado com água, adubo, sementes, fertilizantes e agrotóxicos na produção de soja.

Neste contexto, o processo de produção pode ser classificado em função do período a ser considerado para a sua implantação e desenvolvimento. O **curto prazo** é o período suficientemente pequeno para que alguns dos fatores de produção sejam considerados fixos. Isto depende da atividade a ser desenvolvida. Por exemplo, na produção soja, a semente e o adubo são considerados variáveis e, terra e trator, fixos.

Os insumos variáveis são incorporados ao produto em apenas um ciclo de produção, enquanto apenas uma parcela da fertilidade do solo e da vida útil do trator é utilizada. O período de produção da soja (do preparo da área à colheita) gira em torno de seis meses. Este é o horizonte de curto prazo para a soja. No caso da pecuária de corte e de leite, o ciclo de produção (da aquisição das matrizes até a venda de bois gordos ou a incorporação de novilhas como matrizes) gira em torno de cinco anos. Este é o curto prazo para a pecuária de corte e de leite. Portanto, no **curto prazo**, a principal tarefa do gestor

da empresa é definir quais insumos variáveis devem ser combinados com o insumo fixo para determinar o lucro máximo do empreendimento.

No **longo prazo**, que é o período suficiente para que todos os fatores de produção sejam considerados variáveis, o gestor deve avaliar entre alternativas de investimentos que elevem a utilização ou a aquisição de mais fatores fixos como terra e máquinas. Ou seja, a ampliação da escala de produção exige a ampliação da área plantada e ou da tecnologia, que implica em investimento para a aquisição de tais fatores fixos de produção.

A análise de custo acompanha a mesma lógica da produção, sendo que, no curto prazo, apenas os custos associados aos insumos variáveis são denominados de custos variáveis (sementes, adubos, combustíveis, mão de obra etc.) e os custos fixos, que não variam com a produção, são a terra, trator, armazéns, mão de obra do empresário etc. No longo prazo, todos os custos são variáveis. Assim, um empreendimento com ciclo vida de 20 ou mais anos, uma máquina com 10 anos de vida produtiva é considerada um custo variável.

Na tomada de decisão, considera-se o nível de produção que torna mínimo o custo variável e o custo total médio ou custo unitário. A partir destes pontos, tem-se que os custos marginais, ou custos relacionados a cada unidade adicional de produto, são crescentes.

Ao final, relaciona-se a **receita total**, dada pelas quantidades produzidas vezes os preços dos produtos, com os custos totais (fixos e variáveis), para obter a **receita líquida**, que é a diferença entre a receita total e o custo total. Valores positivos da receita líquida indicam que a atividade é viável economicamente e valores negativos revelam que é inviável.

A partir destes conceitos introdutórios, inicia-se o estudo da produção, considerando os pontos básicos aplicados aos empreendimentos rurais. A abordagem teórica se restringe à relação entre um fator variável e a quantidade produzida de um produto da agropecuária. Na aplicação prática, leva-se em conta a combinação técnica e econômica dos insumos fixos e variáveis nas lavouras, pecuária, pesca e extrativismo.

3.2 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

A **função de produção** é a relação entre unidades de insumos variáveis e unidades de um produto, associadas a uma quantidade de insumo fixo. Esta é uma relação técnica ou física que define o padrão tecnológico usado no processo produtivo. Portanto, a economia não determina a natureza da função de produção. É a função de produção que determina a economia.

A análise inicia com a função de produção de um empreendimento que faz uso de um insumo variável em combinação com um ou mais insumos fixos. Considere o caso da produção de soja tendo como insumo variável o adubo químico, na fórmula *NPK*, e a terra e máquinas como insumos fixos. Este modelo de função de produção é denominado de relação fator-produto, dado que se observa o uso de um insumo na fabricação de um produto. O modelo matemático geral da função de produção é dado por:

$$Q = f(X | T, M)$$

Em que Q é a quantidade total do produto, X é a quantidade do insumo variável utilizado, a $|$ separa o insumo variável dos insumos fixos, T é a área de terra e M a máquina utilizada (trator), ambos classificados como fatores de produção fixos. A equação estatística usada na especificação da função de produção pode assumir várias formas: a forma clássica é especificada por um polinômio de terceiro grau, para representar as fases de crescimento marginal crescente, decrescente e negativo, referente ao uso do fator variável em combinação com o fator fixo; a forma de polinômio de segundo grau representa as fases de retorno marginal decrescente e retorno marginal negativo; e a forma logarítmica exibe apenas o retorno marginal decrescente.

$$\text{Modelo 1: } Q = a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3 + u$$

$$\text{Modelo 2: } Q = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + u$$

$$\text{Modelo 3: } Q = AX^c u \text{ ou } \ln Q = \ln A + c \ln X + \ln u$$

Em que Q é a quantidade produzida do produto, X é a quantidade do insumo variável, a_i , b_i , A e c são os parâmetros a serem estimados e u é o termo de erro aleatório.

No Modelo 1, os sinais dos parâmetros são: $a_3 < 0$ e $a_2 > 0$; no Modelo 2, $b_2 > 0$; e no Modelo 3, $c > 0$.

No modelo 1, a ausência de intercepto indica que se manteve a fertilidade natural do solo como insignificante, computando-se apenas a diferença incremental da produção com a adição de adubo.

Como a função de produção é analisada?

A função de produção é analisada por meio de três conceitos básicos: **Produto Total** (QT), **Produto Médio** (PMe) e **Produto Marginal** (PMg).

O **Produto Total** é a quantidade total de soja produzida por hectare, obtida por diferentes combinações de adubo (mistura *NPK*) por hectare. A representação da relação entre o uso de adubo e quantidade produzida de soja pode ser feita por uma tabela ou gráfico, a partir dos dados gerados no experimento.

O QT é o resultado gerado pela própria função de produção.

$$\text{Produto total: } QT = a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3 + u$$

O **Produto Médio** é a relação entre a quantidade produzida de soja e a quantidade de NPK utilizada por hectare e representa a produtividade média do adubo. Assim, o *PM_e* para o Modelo 1 da função de produção é dado por:

$$PM_e = \frac{QT}{X}$$

para dados apresentados na forma de tabela.

$$PM_e = \frac{a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3}{X} = a_1 + a_2 X + a_3 X^2$$

Para a função de produção do Modelo 1.

O **Produto Marginal** é a relação entre o crescimento da produção de soja que resulta de cada unidade adicional de adubo usada por hectare. Ou seja, é a razão entre a variação na quantidade produzida e a variação na quantidade de adubo usada. Assim, o *PM_g* é dado por:

$$PM_g = \frac{\Delta QT}{\Delta X}$$

Para dados discretos dispostos na forma de tabela.

$$PM_g = \frac{dQT}{dX} = a_1 + 2a_2 X + 3a_3 X^2$$

Para a função de produção do Modelo 1.

O *PM_g* representa a **lei dos rendimentos marginais decrescentes** do produto, que revela que à medida que se adiciona quantidades de um insumo variável por um insumo fixo, a produção inicialmente cresce a taxas crescentes (ou retornos marginais crescentes ao uso do insumo), depois a produção continua crescendo a taxas decrescentes (ou retornos marginais decrescentes) e a partir de dado limite, a produção passa a decrescer (ou retornos marginais negativos).

A relação entre o produto marginal e o produto médio é dada pela **elasticidade da produção (*E_q*)**, que mede a mudança na quantidade produzida em resposta a cada variação de 1% na quantidade de insumo utilizada. A fórmula da elasticidade é:

$$E_q = \frac{PM_g}{PM_e}$$

A aplicação deste conhecimento é feita a partir de dados gerados em um experimento. Para isto, toma-se uma área de terra (fator fixo) de 10 ha, subdividida em 10 áreas de um hectare cada. Nestas áreas, assume-se que o conteúdo natural de *NPK* disponível no solo e assimilável pelas plantas é insignificante ou próximo de zero. Logo, sem a adição de *NPK* não se consegue produzir soja. Ou seja, a produção de soja em cada área de um ha vai variar exclusivamente em função da quantidade adicionada de *NPK*. Assim, na área 1, adicionou-se 50 kg de *NPK*, na área 2, 100 kg, na área 3, 150 kg, ..., na área 10, 500 kg de *NPK*. Os resultados estão na Tabela 3.1, que incluem a quantidade de insumo, *NPK*, a produção total, *QT*, o produto médio, *PMe*, e produto marginal, *PMg*.

Tabela 3.1. Dados da função de produção de soja em áreas de Cerrado do Brasil.

Área	<i>NPK</i>	<i>QT</i>	<i>PMe</i>	<i>PMg</i>	<i>Eq</i>
1	50	360	7,2	7,2	1,00
2	100	930	9,3	11,4	1,23
3	150	1590	10,6	13,2	1,25
4	200	2300	11,5	14,2	1,23
5	250	2875	11,5	11,5	1,00
6	300	3240	10,8	7,3	0,68
7	350	3395	9,7	3,1	0,32
8	400	3400	8,5	0,1	0,01
9	450	3195	7,1	-4,1	-0,58
10	500	2800	5,6	-7,9	-1,41

Fonte: Notas de aula do autor.

Conforme dados do experimento (Tabela 3.1), a primeira dose foi de 50 kg de *NPK* e gerou a produção de 360 kg de soja por hectare. A segunda dose, de 100 kg, resultou na produção de 930 kg de soja. Assim, com a quarta dose, de 200 kg de *NPK*, a produção alcançou 2.300 kg de soja. Até esta dose, a produção evoluiu a taxas crescentes. A partir deste ponto a produção de soja continuou crescendo até atingir 3.400 kg/ha, que é o ponto máximo de produção em resposta ao uso de 400 kg de adubo, a uma taxa decrescente. Deste ponto em diante, a produção diminuiu, alcançando 2.800 kg com 500 kg de *NPK* por hectare, refletindo o rendimento negativo. Isto ocorre porque o excesso de adubo tende a diminuir a produção de grãos e aumentar a produção de massa verde da planta.

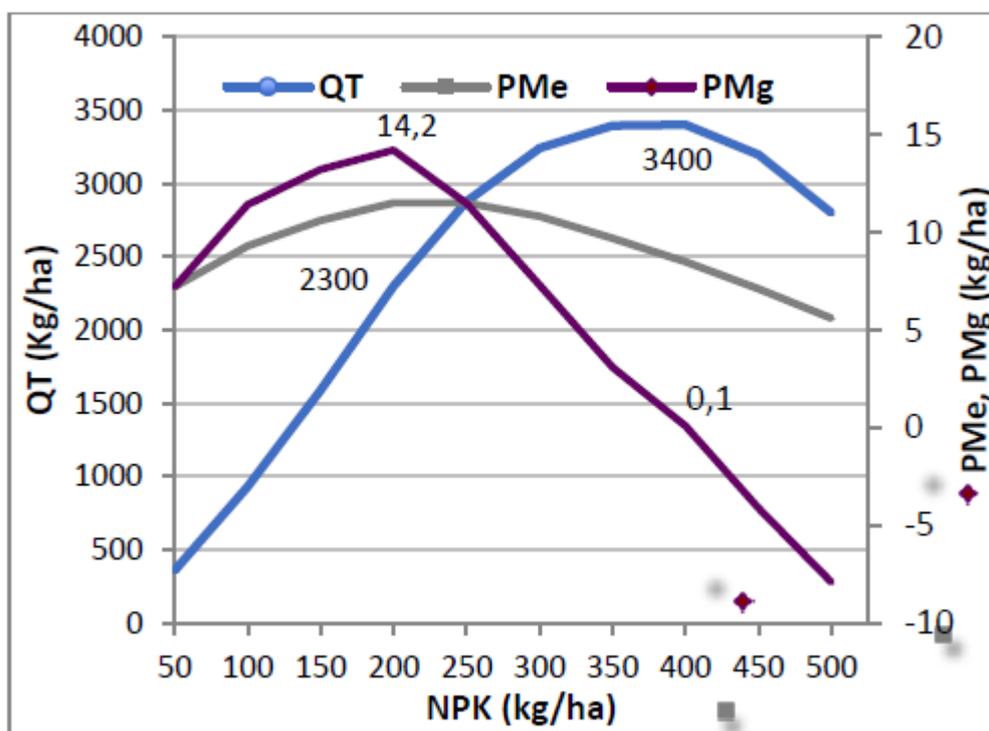
O **Produto Médio** representa o quanto de soja é produzido por cada unidade de insumo, ou seja, mede a produtividade média do *NPK* na produção de soja. À medida que o uso do insumo aumenta, a produtividade aumenta, alcança o nível máximo com 11,5 kg de soja produzido por kg de adubo, e

depois passa a diminuir (Tabela 3.1). Este nível de produtividade coincide com o máximo de retorno técnico do insumo variável combinado com o insumo fixo.

O **Produto Marginal** exibe comportamento crescente até o nível de 200 kg de adubo, quando a produtividade marginal do *NPK* atinge seu máximo com 14,2 kg de soja por kg de *NPK* (Figura 3.2). Depois o *PMg* declina até próximo de zero, quando a produção se aproxima do máximo. Depois deste ponto, o *PMg* é negativo e a produção diminui. Este comportamento representa a **lei dos rendimentos marginais decrescentes**.

No caso da soja, a combinação entre *NPK* e terra só interessa tecnicamente até o nível de 400 kg de *NPK* por ha. Neste intervalo, os retornos marginais são crescentes até o ponto em que o *PMg* alcança o nível máximo 14,2 kg de soja por kg adicional de *NPK* por ha de terra. Do nível 14,2 kg até o menor nível 0,1 kg, tem-se retornos marginais decrescentes e, depois daí, o *PMg* é negativo, assim como a taxa de retorno ao fator variável (Figura 3.2).

Figura 3.2. Produto total, médio e marginal da soja por ha.



Fonte: Elaboração do autor.

Na relação entre as produtividades média e marginal, inicialmente o $PMg > PMe$ e se igualam quando o PMe é máximo. A partir desse ponto, o $PMg < PMe$ (Figura 3.2). Assim, quanto o produto marginal é maior do que o produto médio, o incremento no uso do fator variável faz com que a produtividade aumente e quando $PMg < PMe$, a produtividade da soja tende a cair.

A elasticidade de produção, última coluna da Tabela 3.1, mostra que a produção de soja é elástica na faixa em que o $PMg > PMe$, inelástica quando o $PMg < PMe$, nula para o $PMg = 0$ e negativa para o $PMg < 0$. É uma outra forma de visualizar o comportamento da lei dos rendimentos marginais decrescentes.

3.2.1 EFICIÊNCIA E TOMADA DE DECISÃO

Os resultados da Tabela 3.1 e Figura 3.2 permitem aplicar os conceitos de eficiência técnica, que representa o ponto dado pelo nível de insumos que gera a produção máxima, e de eficiência econômica, que resulta da igualdade entre o produto marginal e a relação de troca entre os preços de mercado de insumo (P_a) e o preço do produto (P_q), dada por $PMg = P_a/P_q$. Estes conceitos podem fazer a diferença na decisão do produtor sobre a dose de *NPK* que deve aplicar para maximizar o lucro. No ponto em que a produção é máxima, obtém-se a máxima produção de soja em relação ao uso de *NPK* por hectare. Assim, a dose de 400 kg de *NPK* por ha configura o ótimo técnico ou de máxima **eficiência técnica**. Do ponto de vista da análise agrônômica, esta seria a dose de adubo recomendada aos produtores de soja. Todavia, observa-se que apenas as relações técnicas foram levadas em conta, o lucro seria máximo apenas na condição do preço do *NPK* ser igual a zero. A relação técnica é:

$$PMa = 0$$

Como o produtor é um tomador de preço, sua decisão não influencia o preço da soja e nem o preço do adubo. Por isso estes fatores de produção fogem do seu controle. Como tanto a soja como o *NPK* têm preço diferentes de zero no mercado, o ótimo econômico difere do ótimo técnico. Neste caso, para estimar a dose de *NPK* que resulta na máxima **eficiência econômica**, deve-se igualar o PMg à relação de troca do mercado (razão entre o preço do insumo *NPK* – P_q em (R\$/kg), e o preço do produto soja – P_a em (R\$/kg). Assim, tem-se a relação de eficiência econômica:

$$PMg = \frac{P_a}{P_q}, \text{ ou seja, } P_q PMg = P_a$$

Assumindo o preço da soja $P_q = R\$ 1,30/\text{kg}$ e o preço do adubo *NPK* $P_a = R\$ 1,82/\text{kg}$, na safra de 2019, pode-se estimar a dose de adubo que gera a máxima receita líquida, ou máximo lucro, desse empreendimento, da seguinte forma:

$$PMg = \frac{1,82}{1,30} = 1,40$$

Nota-se que o *PMg* está acima da dosagem 350 kg/ha de *NPK* e abaixo de 400 kg/ha (Tabela 3.1). Fazendo a interpolação entre estes pontos, obtém-se um valor aproximado de 378 kg de *NPK*, ou seja, 22 kg de *NPK* deveriam ser poupados, o que reduziria o custo em R\$ 40,04/ha.

Para se obter o valor com maior precisão, podem-se estimar os parâmetros da função de produção, derivar o *PMg* e calcular o valor exato das doses de *NPK* que estão associadas à produção máxima e à produção economicamente eficiente. Assim, aplicando-se a ferramenta do Excel, aos dados da produção total e do insumo, como feito nos capítulos anteriores, pode-se estimar os parâmetros da seguinte função de produção.

$$QT = a_1 Q_{npk} + a_2 Q_{npk}^2 + a_3 Q_{npk}^3 + u$$

O resultado obtido, utilizando o Excel foi:

$$QT = 7,8965 Q_{npk} + 0,030023 Q_{npk}^2 - 0,00007 Q_{npk}^3$$

$$PMg = 7,8965 + 0,060046 Q_{npk} - 0,00021 Q_{npk}^2$$

Igualando-se $PMg = 0$, obtém-se a dose de *NPK* que torna a produção de soja máxima.

Para aplicar a regra de Bhaskara na solução, considera-se o seguinte: $a_3 = a$; $a_2 = b$; $a_1 = c$.

$$\Delta = b^2 - 4ac = 0,060046^2 - 4(-0,00021).7,8965 =$$

$$\Delta = 0,010239 \text{ e } \Delta^{0,5} = 0,101188$$

$$Q_{npk1} = (-b - \Delta^{0,5}) / (2.a) =$$

$$Q_{npk1} = (-0,06005 - 0,101186) / (2.-0,00021) =$$

$$Q_{npk1} = 383,90 \text{ kg}$$

O resultado obtido foi 383,90 kg ou 384 kg de *NPK* por hectare, que representa o **ótimo técnico** ou ponto de **eficiência técnica**. Este resultado apresenta maior precisão do que os dados discretos da tabela. Na Tabela 3.1, a produção máxima foi de 3.400 kg, obtida com o uso de 400 kg de *NPK*.

Com o modelo matemático, a produção foi de 3.501,64 kg/ha para a dose de 383,90 kg/ha de adubo. Ou seja, obteve-se maior quantidade de soja com menos adubo. O incremento na receita total foi de R\$ 132,13 (= 101,64 kg x R\$ 1,30) e uma diminuição no custo de R\$ 29,30 (= 16,1 kg x R\$ 1,82), gerando um ganho de R\$ 161,43/ha. Por isto é importante aplicar o método matemático para se obter maior precisão dos resultados.

Para se obter o **ótimo econômico**, iguala-se o $PMg = (Pa/Pq) = 1,40$. O resultado é 369,63 kg ou 370 kg de *NPK* por hectare e uma produção de 3.490,92 kg de soja por hectare. Esta é a dose de *NPK* que gera o máximo de **eficiência econômica**.

A diminuição no uso de *NPK* foi de 14,27 kg/ha e no nível de produção de soja foi de 10,72 kg/ha. A redução no custo é maior do que a diminuição na receita em R\$ 12,04/ha (R\$ 25,97 – R\$ 13,93), que torna vantajoso adotar o nível de adubo que gera maior eficiência econômica.

Com efeito, a receita líquida gerada com o uso da dose econômica é R\$ 12,04/ha maior do que a obtida com a produção máxima. A Receita Líquida (*RL*) é a diferença entre a Receita Total (*RT*), ou Valor Bruto da Produção, e o Custo Variável (*CV*). A *RT* é o produto da quantidade total de soja produzida (*QT*) pelo preço da soja (*Pq*) e o *CV* é a quantidade de adubo (*Qnpk*) vezes o preço do adubo (*Pa*), como na equação abaixo.

$$RT = P_q \times QT$$

$$CV = P_a \times Q_{npk}$$

$$RL = RT - CV = P_q \times Q - P_a \times Q_{npk}$$

O resultado obtido para as doses máxima e ótima é apresentado abaixo:

Modelo	Produção Máxima	Produção Ótima
<i>RT</i>	1,30 x 3.501,64	1,30 x 3.490,92
<i>CV</i>	1,82 x 383,90	1,82 x 369,63
<i>RL</i>	R\$ 3.853,43/ha	R\$ 3.865,47/ha
Resultado líquido: R\$ 12,04/ha		

Os resultados desta análise da produção indicam que se deve aplicar métodos quantitativos aos dados para tornar os resultados mais precisos. Depois, deve-se aplicar a análise econômica para se operar com o máximo lucro, ou com a máxima eficiência econômica. **Portanto, o nível de uso dos insumos que geram eficiência técnica só coincide com a eficiência econômica quando os preços dos insumos forem iguais a zero.** Em quaisquer situações em que os preços dos insumos forem diferentes de zero, o lucro máximo ocorre para um nível de combinação de insumos abaixo do que seria adotado pensando-se apenas em alcançar a máxima eficiência técnica.

Neste contexto, as recomendações técnicas com base nos dados experimentais que geram a produção máxima, levam a uma maior utilização de insumos do que a necessária para se obter o lucro máximo. Isto causa desperdício de recursos e perda de competitividade da empresa rural.

No contexto atual das exigências globais para a incorporação das externalidades ambientais que são produzidas pelo uso de tecnologias químicas, mecânicas e genéticas nos custos da produção de alimentos, pode-se deparar com diferenças cada vez maiores entre o **ótimo técnico** e o **ótimo econômico**, por incluir as externalidades ambientais. A razão disso decorre do fato de que os produtos

oriundos de sistemas de produção que degradam o ambiente tendem a se deparar com preços de mercado mais baixos do que os que utilizam sistemas de produção sustentáveis. Isto levaria a uma grande diferença entre os ótimos técnico e bioeconômico para os produtores que degradam a natureza.

Por outro lado, os produtores que usam boas práticas de produção ambientalmente corretas, têm um custo com insumos mais elevado, dadas as características da tecnologia biológica. Em função disso, a diferença entre a eficiência técnica e a econômica tende a ser maior. Desta forma, caso o aumento no custo dos insumos seja compensado pelo incremento no preço do produto ecológico, a diferença entre os pontos de ótimo econômico tecnologia tradicional e ecológica será mínima. Por outro lado, tende a se distanciar na medida em que o incremento relativo no custo do insumo ecológico for maior que no preço do produto. Por isso, deve-se aplicar os métodos de análise econômica para melhorar a gestão dos empreendimentos e torná-los mais competitivos.

3.2.1.1 DEMANDA DO FATOR DE PRODUÇÃO

A demanda do fator de produção variável de uma empresa que opera em concorrência perfeita é definida pelo ramo da curva de produtividade marginal situada entre o ponto de máximo e o nível zero. Este ramo da curva define a trajetória de uso racional do fator variável em combinação com os fatores fixos de produção. Assim, a demanda pelo fator variável *NPK* do empreendimento soja é dada por:

$$PMg_{npk} = f(Q_{npk}), \text{ para } 0 < PMg < PMg_{máx}$$

A representação matemática desta função, na forma de polinômio do 2o grau, é:

$$PMg_{npk} = a + b Q_{npk} + c Q_{npk}^2 + u$$

$$b > 0, c < 0 \text{ e } Q_{npk} \geq 200$$

Em que PMg_{npk} é o produto marginal do fator variável usado na produção de soja e Q_{npk} é a quantidade de *NPK* utilizada. Após a estimação dos parâmetros da equação de demanda tem-se:

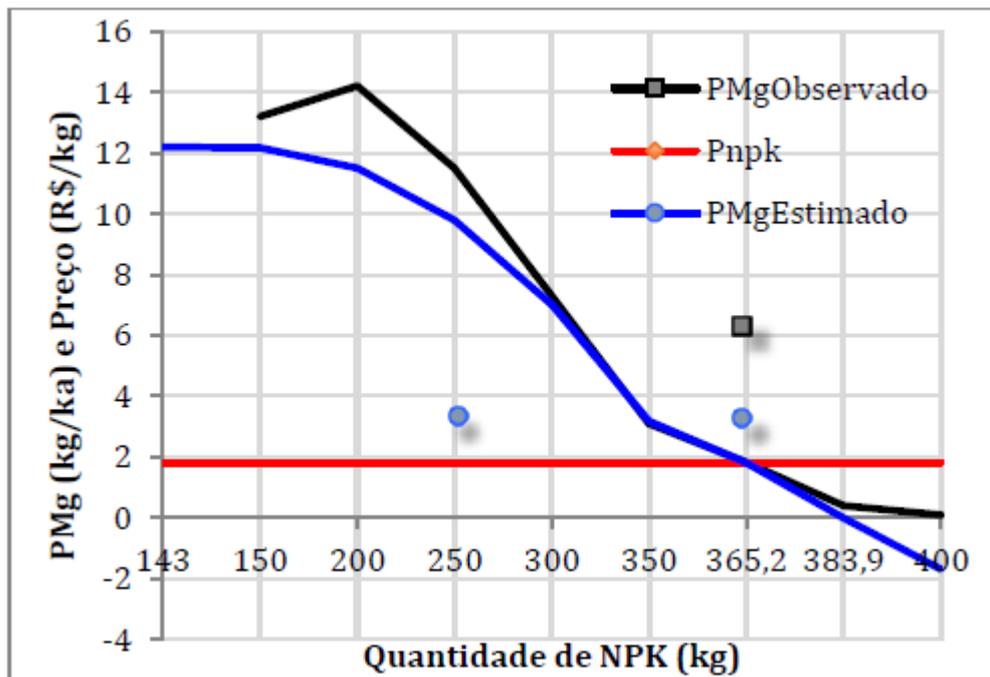
$$PMg_{npk} = 7,8965 + 0,060046 Q_{npk} - 0,00021 Q_{npk}^2$$

Com base nesta equação, tem-se que para 143 kg de *NPK*, o $PMg = 12,19$ e para 383,9 kg, o $PMg = 0$. Quando o $PMg = Pa = R\$ 1,82$, a quantidade de *NPK* é 365,2 kg/ha. A representação gráfica dos valores reais e os estimados pela equação de demanda estão na Figura 3.3.

O que há de importante a ser analisado? Com base na Figura 3.3, o custo com *NPK* para realizar a produção economicamente eficiente, é dado pela área do retângulo abaixo do P_{npk} e entre as

quantidades 200 kg e 365,2 kg de *NPK*. Assim, o *NPK* é remunerado com base na contribuição da última quantidade de *NPK* usada na produção de soja. O custo é de R\$ 300,66 [=1,82x(365,2-200)], valor que corresponde ao excedente ou lucro da empresa que vende o insumo.

Figura 3.3. Demanda do empreendimento soja pelo fator variável *NPK*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A área situada abaixo da curva de *PMg* e entre as quantidades 143 kg e 365,2 kg de *NPK*, é o benefício bruto que o insumo agrega à produção de soja. Subtraindo deste valor o custo do insumo, tem-se o benefício líquido para o produtor por usar esta dose de *NPK* na produção e soja.

O cálculo deste benefício pode ser obtido pela soma das áreas dos quatro trapézios formados pelas bases definidas entre as doses de insumos ou pela integral da equação de demanda. Como o uso da integral proporciona um resultado com maior precisão da área, vamos utilizá-la e deixar o cálculo das áreas dos trapézios como tarefa de aferição do resultado pelo leitor, no intervalo entre 200 kg e 365,2 kg. A área é R\$ 1.409,89 (= 642,5 + 470 + 260 + 37,39).

A integral definida pela área da equação de *PMg*, limitada pelas quantidades 143 kg e 365,2 kg, é dada por:

$$BF = \int_{143}^{365,2} (7,8965 + 0,060046Q_{npk} - 0,00021Q_{npk}^2) dPMg$$

$$BF = (7,8965Q_{npk} + 0,030023Q_{npk}^2 - 0,00007Q_{npk}^3)_{143}^{365,2}$$

$$= (3.478,50 - 1.538,45) = R\$ 1.940,06$$

O benefício bruto total agregado à produção de soja pelo uso desta dose estimada de *NPK* foi de R\$ 1.940,06 por ha. Subtraindo deste valor o custo do insumo R\$ 404,40, tem-se um valor líquido de R\$ 1.535,66 por esta dose de *NPK* usada por hectare de soja. Este valor é o excedente que o produtor recebe líquido por usar o adubo. Ou seja, o produtor está disposto a pagar este valor a mais para não deixar de usar insumo.

O valor do excedente, em geral, apenas as empresas que ofertam os insumos têm ideia de sua magnitude. Os produtores que demandam o adubo, por não disporem de informação suficiente e atuarem como tomadores de preços, aceitam as regras das empresas fornecedoras. Estas empresas definem os preços dos insumos, de tal forma a se apropriarem de uma parcela cada vez maior do benefício que o insumo gera.

Na Figura 3.3, os produtores mais eficientes estão dispostos a pagar até R\$ 12,19/kg de *NPK* para utilizar a quantidade de 143 kg/ha. Logo, são os que mais respondem pela viabilidade de uso do adubo porque obtêm os maiores excedentes ou retornos líquidos. Como os produtores, em geral não utilizam modelos matemáticos para estimar o produto marginal, tendem a pagar até R\$ 14,20/kg para a dose de 200 kg/ha como revelado nos dados observados.

3.3 CUSTO DE PRODUÇÃO

A análise de custo leva em consideração os conceitos de **custos explícitos** e **custos implícitos**, que fazem a diferença entre a análise contábil e a análise econômica. **Custos explícitos** são os gastos com aqueles insumos que a empresa efetivamente paga com dinheiro. Inclui o salário da mão de obra, aluguel, juros sobre empréstimos etc. **Custos implícitos** são os gastos que a empresa não paga diretamente com dinheiro. Inclui a desistência do aluguel da própria terra utilizada, remuneração do produtor, dinheiro que o produtor investiu na atividade etc. Portanto, o **custo de oportunidade** dos insumos, que representa aqueles insumos que o produtor abriu mão, independente do uso fazer parte, ou não, do custo explícito. Assim, o custo de oportunidade inclui os custos explícitos e implícitos na composição do custo total de produção.

No caso da função de produção de soja, a análise de custo é feita para o horizonte de curto prazo, em que a produção é realizada a partir de um insumo variável (adubo *NPK*), combinado com o fator fixo

(terra). Assim, o **Custo Total** (CT) para um dado nível de produção é igual à soma do **Custo Variável** (CV) com o **Custo Fixo** (CF).

O **Custo Variável** de produção é a soma de todos os custos com os insumos variáveis utilizados na produção. Estes custos variam com a quantidade produzida. São custos variáveis da agropecuária: adubo, fertilizante, semente, agrotóxico, vacina, ração, combustível, mão de obra, análise de solo, transporte, embalagem etc. A fórmula geral do custo variável é:

$$CV = \sum_{i=1}^N P_{xi} X_i$$

Em que X é a quantidade do i -ésimo insumo X e P_{xi} é o preço do i -ésimo insumo X . No caso específico da produção de soja, o custo variável é dado por

$$CV = P_{npk} X X_{npk}$$

Em que P_{npk} é o preço do NPK em (R\$/kg) e X_{npk} é a quantidade de NPK utilizada em (kg/ha).

O **Custo Fixo** é a soma de todos os custos associados aos fatores fixos de produção. Estes custos não variam com a produção. São exemplos de custos fixos da agropecuária: terra, máquinas (trator), estábulo, armazém, remuneração do produtor, juros sobre investimento, impostos. Para as máquinas e instalações, a parcela do custo fixo anual é dado pela depreciação linear, calculada pela razão entre o valor da máquina ou instalação, na situação atual, pela vida útil. Assim, um trator novo que tem vida útil de 10 anos e o preço é de R\$ 100.000,00, a parcela do custo fixo anual, ou depreciação anual, é de R\$ 10.000,00. No caso da terra, considera-se a remuneração pelo seu uso, ou custo de oportunidade, que equivale ao aluguel de arrendamento para que outro produtor a cultive. A fórmula geral do custo fixo é

$$CF = \sum_{j=1}^M P_{kj} K_j$$

Em que K_j a quantidade do j -ésimo insumo K e P_{kj} é o preço do j -ésimo insumo K . No caso da produção de soja, o custo fixo é dado por

$$CF = P_{terra} X K_{terra}$$

Em que P_{terra} é o preço do arrendamento da terra (R\$/ha) e K_{terra} é a quantidade de terra em ha.

Portanto, a fórmula geral do CT de produção é dada por

$$CT = CF + CV = \sum_{j=1}^M P_{kj} K_j + \sum_{i=1}^N P_{xi} X_i$$

No caso específico da produção de soja do nosso exemplo, tem-se que o *CT* é igual a:

$$CT = CF + CV = P_{terra} \times K_{terra} + P_{npk} \times X_{npk}$$

Assumindo que o custo fixo da terra é igual a R\$ 500,00 por hectare e o preço do *NPK* é igual a R\$ 1,80/kg, os custos de produção da soja por hectare são apresentados na Tabela 3.2.

O *CF* é R\$ 500,00/ha e não varia com o nível de produção. O *CF* deve ser pago no curto prazo, ainda que a empresa opte por não produzir nada. Por isso, como na Tabela 3.2, na coluna de *CF* os valores são constantes. Por outro lado, o *CV* muda de acordo com o nível de produção obtido por ha (Tabela 3.2). Desta forma, o *CT* também varia com o nível de produção por ha, por causa da mudança no custo variável. Desta forma, a estratégia é otimizar o uso dos insumos variáveis com vistas a diminuir o custo total e aumentar a produtividade.

Tabela 3.2. Custos de produção de soja por hectare.

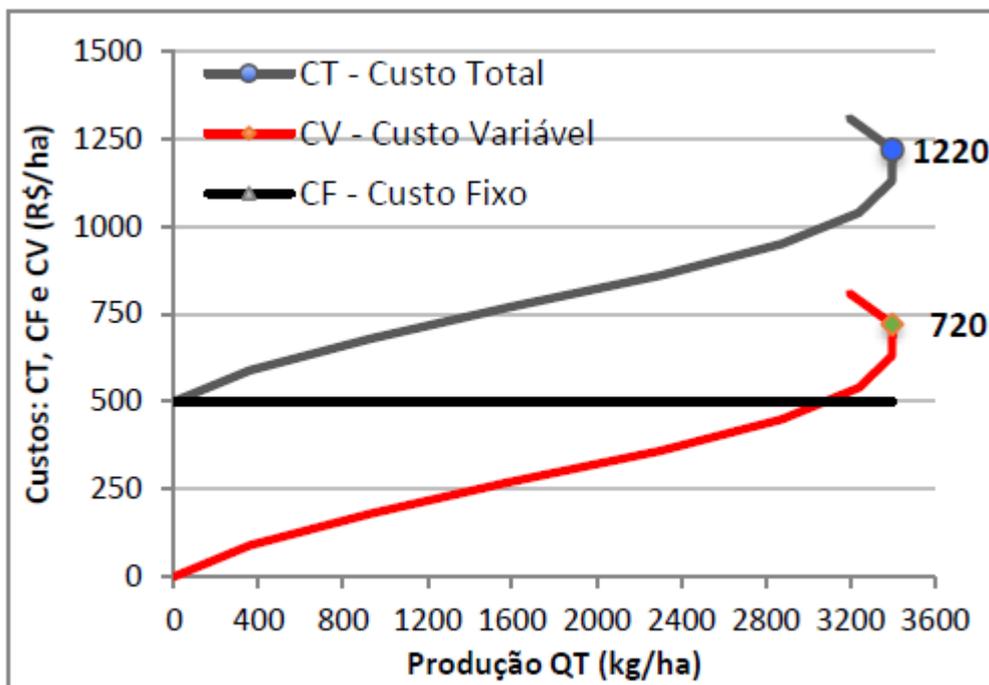
<i>QT</i>	<i>CT</i>	<i>CV</i>	<i>CF</i>
0	500	0	500
360	590	90	500
930	680	180	500
1.590	770	270	500
2.300	860	360	500
2.875	950	450	500
3.240	1.040	540	500
3.395	1.130	630	500
3.400	1.220	720	500
3.195	1.310	810	500
2.800	1.400	900	500

Fonte: Notas de aula do autor.

O comportamento dos custos totais, fixos e variáveis em função da quantidade produzida de soja é apresentado na Figura 3.4. Essas curvas de custos mostram a relação matemática entre os custos de produção de uma empresa e a produção total no curto prazo.

A curva de custo total mostra como o *CT* de produção de soja varia de acordo com o nível de produção. Com a produção igual a zero, *CT* é de R\$ 500,00, indicando que o *CF* deve ser pago no curto prazo. O *CV* inicia do zero e evolui de acordo com a quantidade produzida. Até o custo variável R\$ 720,00/ha, uma maior quantidade de soja exige maior quantidade de *NPK* e, portanto, um custo variável maior. Este custo tem o mesmo comportamento do *CT*, dado que muda apenas o ponto de partida, uma vez que a produção sendo igual a zero, o custo total é igual ao custo fixo de R\$ 500,00 por hectare. O custo fixo permanece igual para todos os níveis de produção, por isso a linha de *CF* na Figura 3.4 é horizontal.

Figura 3.4. Comportamento das curvas de custos de produção de soja.



Fonte: Elaboração própria.

3.3.1 CUSTOS MÉDIOS E MARGINAIS DE PRODUÇÃO

A análise de custo orientada para a tomada de decisão foca no comportamento dos custos médios e marginais de produção. Os custos médios são dados pelas razões entre os custos totais e as quantidades produzidas, como a seguir

$$\text{Custo total médio: } CTMe = \frac{CT}{QT}$$

$$\text{Custo variável médio: } CVMe = \frac{CV}{QT}$$

$$\text{Custo fixo médio: } CFMe = \frac{CF}{QT}$$

O **Custo Marginal (CMg)** é o incremento (\uparrow) no custo total da produção para gerar uma unidade adicional de produto ($\uparrow \Delta CT$ para o $\uparrow \Delta QT = 1$ kg). No caso da soja, é a razão entre a variação no custo total de produção e a variação na produção total.

$$\text{Custo Marginal: } CMg = \frac{\Delta CT}{\Delta QT} = \frac{\Delta CV}{\Delta QT}$$

Como apresentado na Tabela 3.3, o *CFMe* declina com a quantidade produzida até o nível máximo de produção, depois passa a aumentar em função do declínio da produção, por causa do retorno marginal negativo. Este fenômeno é típico da produção agropecuária no curto prazo, quando se observa a resposta da produção ao uso de apenas um fator variável.

Por outro lado, os *CVMe* e *CTMe* apresentam diminuição com o aumento da produção até atingir os níveis mínimos, respectivamente de 2.875 kg e 3.240 kg (Tabela 3.3 e Figura 3.5). A partir deste ponto, os custos passam a crescer de acordo com o aumento da produção. Portanto, as curvas de *CVMe* e *CTMe* apresentam a forma de “U”. Os pontos de mínimo dos custos médios indicam eficiência técnica na combinação entre fatores variáveis e fixos.

Tabela 3.3. Custos médios e marginais de produção de soja.

<i>QT</i>	<i>CTMe</i>	<i>CVMe</i>	<i>CMg</i>	<i>CFMe</i>
0	-	-	-	-
360	1,639	0,250	0,250	1,389
930	0,731	0,194	0,158	0,538
1590	0,484	0,170	0,136	0,314
2300	0,374	0,157	0,127	0,217
2875	0,330	0,157	0,157	0,174
3240	0,321	0,167	0,247	0,154
3395	0,333	0,186	0,581	0,147
3400	0,359	0,212	18,00	0,147
3195	0,410	0,254	-0,439	0,156
2800	0,500	0,321	-0,228	0,179

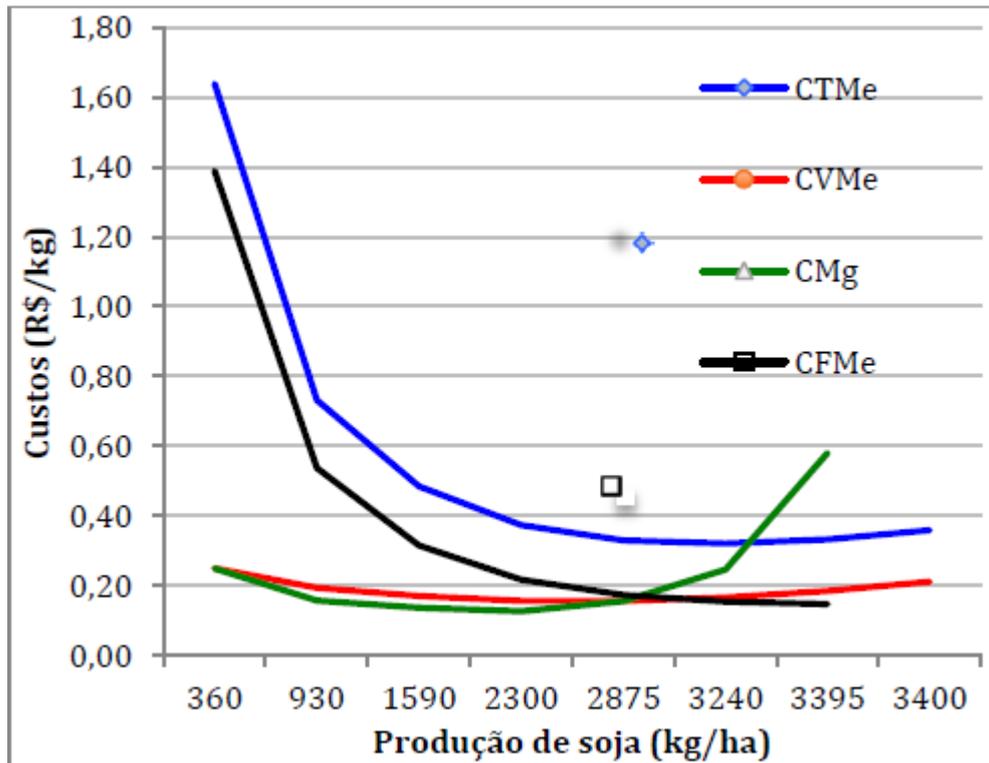
Fonte: Notas de aula do autor.

A curva de *CMg* é um conceito central na análise microeconômica. Inicialmente ele decresce, alcança um mínimo antes das curvas de *CVMe* e *CTMe* e depois passa a crescer mais rápido do que estas e as cruzam nos seus pontos de mínimo. Esta visualização torna-se mais clara na Figura 3.5.

Os pontos em que o custo marginal se iguala ao *CVMe* e *CTMe* mínimos, são fundamentais para indicar a racionalidade do empreendimento. Assim, o nível racional de produção ocorre a partir do ponto em

que o $CMg = CVMe$ e continua enquanto o CMg e a produção crescem até atingir o nível máximo de produção.

Figura 3.5. Curvas de custos médios e marginais de produção de soja.



Fonte: Elaboração própria.

Quando o $CMg = CVMe$, tem-se o nível de produção necessário para cobrir os custos variáveis, caso o preço do produto esteja neste nível. A partir daí, níveis de produção mais elevadas contribuem para cobrir parcelas do custo fixo. Quando o preço do produto está no mesmo nível do ponto em que o $CMg = CTMe$, tem-se o ponto de equilíbrio do empreendimento, dado que este nível de produção é suficiente para cobrir todos os custos. Para níveis de produção acima desse ponto o empreendimento torna-se lucrativo, dado que a $RT \geq CT$.

Adicionalmente, tem-se que a curva de custo marginal, quando o preço do produto é igual ou superior ao ponto de mínimo do custo variável médio, $CMg \geq CVMe$, representa a **curva de oferta** do produto soja para a empresa rural. Quando o preço está abaixo do $CVMe$ mínimo, a empresa deve fechar, caso não seja uma situação atípica de curtíssimo prazo.

3.3.2 RELAÇÃO ENTRE RECEITA E CUSTO

O ponto principal deste capítulo é mostrar como a partir de uma situação experimental de um empreendimento de soja chega-se ao nível ótimo de produção e ao nível de uso do fator variável, que gera a receita líquida máxima, ou lucro máximo. Para isto, falta apresentar o conceito de Receita Total

(*RT*) e Receita Líquida (*RL*), aqui considerada como igual ao lucro. Para este caso, a *RL* é dada pela diferença entre a *RT* e o *CT*.

$$RL = RT - CT = P_q \times QT - (P_{terra} \times K_{terra} + P_{npk} \times X_{npk})$$

Uma forma de observar o comportamento da maximização do lucro de um empreendimento é por meio da análise da receita total e custo total, conforme apresentado na Tabela 3.4. Os dados revelam que o *CT* é sempre crescente e inicia, dado o custo fixo, com valor positivo. Todavia, a *RT* inicia do zero, pois não há receita sem produção; depois cresce até atingir o ponto máximo e, em seguida, passa a diminuir.

A receita líquida é negativa para o nível de 360 kg por hectare. Depois a *RL* aumenta até o valor máximo de R\$ 3.283,50/ha, correspondente à produção de 3.395 kg de soja por ha e a 350 kg de *NPK* por hectare.

A partir dos dados das Tabelas 3.1, 3.2 e 3.4, tem-se que a produção máxima de 3.400 kg de soja ocorre com a dose de 400 kg de *NPK* (Tabela 3.1) e na análise de custo, a quantidade de soja para o *CMg* igual a R\$ 1,30 está acima dos 9.395 kg/ha, próximo do resultado anterior. O resultado da Tabela 3.4, com referência à receita líquida, indica que o nível máximo ocorre com a produção de 3.395 kg. Este resultado demonstra que o gestor da empresa deve utilizar métodos quantitativos para estimar, com maior precisão, os níveis de insumos relacionados ao ótimo técnico e ao ótimo econômico.

Sabe-se que, em geral, os produtores não utilizam de métodos quantitativos para a tomada de decisão. Levam em conta apenas a experiência e as informações obtidas em diálogos com outros produtores. A razão é que os sistemas de apuração de custos e dos resultados econômicos, que caracterizam os sistemas de produção de precisão, que usam conhecimentos científicos e tecnologia da informação e conhecimento, ainda estão fora do alcance da maioria dos produtores rurais. Todavia, o futuro exige, cada vez mais, o domínio e aplicação deste conhecimento técnico e científico para que as empresas passem a operar de forma competitiva nos mercados locais, nacional e internacional.

Tabela 3.4. Receita total, receita líquida e custo de produção de soja por hectare.

<i>QT</i>	<i>CT</i>	<i>RT</i>	<i>RL</i>
0	500	0	-500,00
360	590	468	-122,00
930	680	1.209	529,00
1590	770	2.067	1.297,00
2300	860	2.990	2.130,00
2875	950	3.738	2.787,50
3240	1.040	4.212	3.172,00
3395	1.130	4.414	3.283,50
3400	1.220	4.420	3.200,00
3195	1.310	4.154	2.843,50
2800	1.400	3.640	2.240,00

Fonte: Notas de aula do autor.

Outra forma de se obter o nível de insumo que gera a produção de lucro máximo, ou *RL* máxima, é por meio dos conceitos de receita marginal (*RMg*) e custo marginal. Quando o valor do produto marginal ($VP_{Mg} = P_q \times PMg$), ou a receita marginal, iguala-se ao *CMg*, tem-se a combinação de insumo e produto que gera o lucro máximo do empreendimento. O resultado é obtido da seguinte forma:

$$RMg = CMg, \text{ equivalente a: } PMg = (P_a/P_q)$$

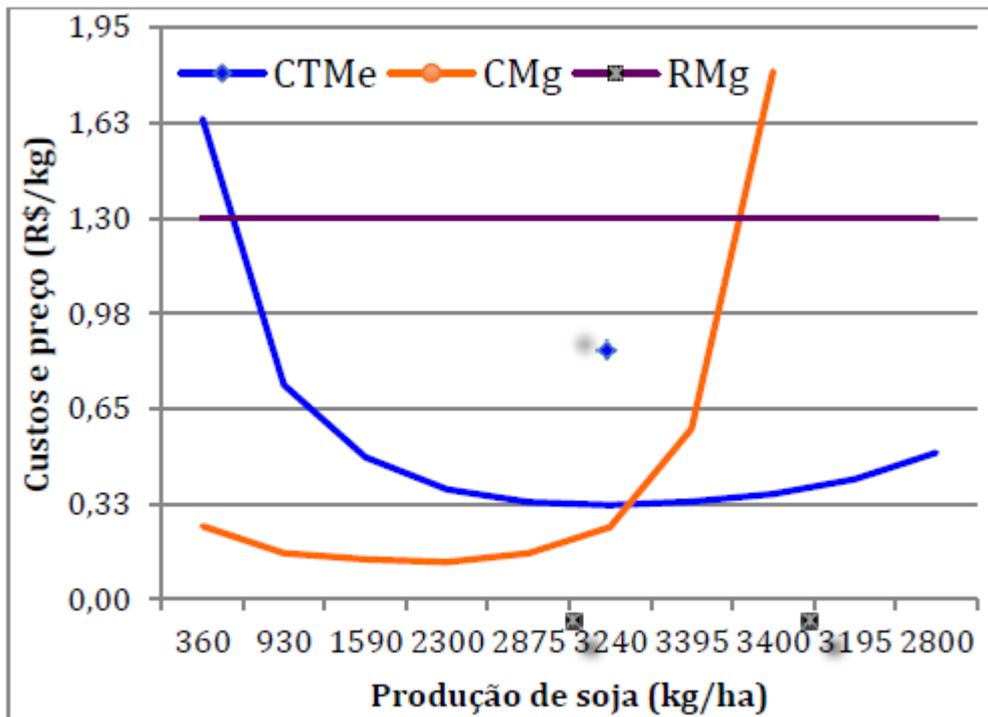
A *RMg* é a derivada da *RT*, como a seguir

$$RMg = \frac{\Delta RT}{\Delta QT} = \frac{\Delta(P_q QT)}{\Delta QT} = P_q \frac{\Delta QT}{\Delta QT} = P_q$$

Portanto, a *RMg* é igual ao preço do produto, $P_q = R\$ 1,30/\text{kg}$. Logo, a quantidade de soja que gera um *CMg* igual a $R\$ 1,30$ situa-se entre 3.395 kg e 3.400 kg de soja (Figura 3.6).

As curvas de *PMg* e *CMg* apresentam comportamentos inversos. Quando a curva de *PMg* atinge o máximo, o *CMg* é mínimo e isto ocorre para o nível de 2.300 kg de soja e 200 kg de NPK. Portanto, o máximo de resposta da produção por unidade adicional de *NPK* coincide com o mínimo de incremento no custo de cada unidade adicional de soja produzida. Assim, tanto faz trabalhar com a função de produção como com a função de custo para se obter o nível de produção que maximiza o lucro do empreendimento soja.

Figura 3.6. Relação entre CMg e RMg , nível ótimo de produção e RL máxima de soja.



Fonte: Elaboração própria.

3.3.2.1 OFERTA DA EMPRESA

A oferta do produto de uma empresa que opera em mercado competitivo é definida pelo ramo da curva de custo marginal a partir do ponto em que o preço do produto é igual ao custo variável médio mínimo. Deste ponto em diante, a quantidade ofertada do produto tende a aumentar em resposta aos preços de mercado. O modelo matemático da oferta do empreendimento soja é definido como a seguir:

$$\text{Oferta: } CMg = f(P_q), P_q = CMg \geq CVMe_{\text{mín}}$$

O modelo matemático da oferta pode ser especificado, na forma inversa, da seguinte forma:

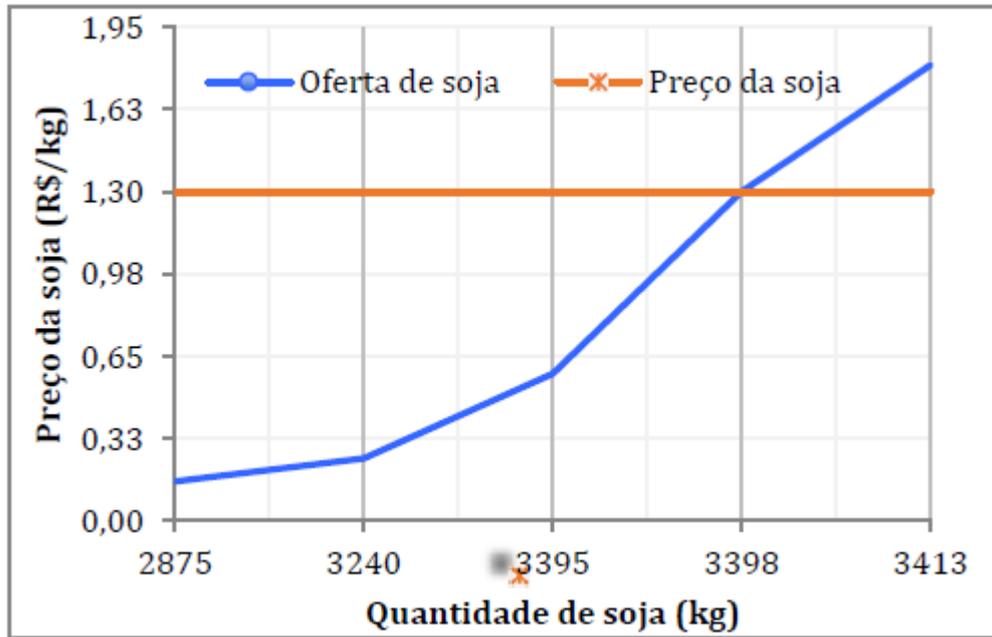
$$CMg = P_q = a + bQ + cQ^2 + u, b < 0 \text{ e } c > 0$$

Em que Q é a quantidade de soja ofertada pela empresa em kg e P_q é o preço da soja em (R\$/kg). A forma polinomial da equação de oferta se deve ao fato de que o CMg é uma curva, conforme pode ser visualizado na Figura 3.7.

Na Figura 3.7, a área abaixo da linha de preço, ou receita marginal, e à esquerda da quantidade observada de 3.398 kg, representa a Receita Total obtida com a venda do produto. A área abaixo da curva de oferta, representa o custo de produção. Assim, a área situada entre a linha de preço e a curva

de oferta, define a Receita Líquida, ou o excedente do produtor de soja. O cálculo desta área pode ser feito subtraindo da área do retângulo que representa a $RT = R\$ 679,90 [=1,3 \times (3.398 - 2.875)]$, a soma das áreas dos três trapézios que se situam abaixo da curva de oferta (Custo = R\$ 141,97). A $RL = R\$ 537,93$. Portanto, trata-se de um cálculo aproximado.

Figura 3.7. Curva de oferta de soja da empresa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado da equação de oferta, na forma inversa, é:

$$P_q = 112,018 - 0,0736 Q + 0,00001206 Q^2$$

O preço da soja estimado para a quantidade 2.875 kg é R\$ 0,10/kg e o observado é R\$ 0,16/kg. A quantidade estimada para o preço de R\$ 1,30/kg é 3.413 kg, maior que a quantidade observada de 3.398 kg de soja.

A Receita Total estimada é de R\$ 699,40 [=1,3x(3.413-2875)]. O custo é estimado com a aplicação de integral, por se tratar de uma curva. Assim a Receita Líquida é obtida da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 RL &= P_q Q - \int_{2875}^{3413} (112,018 - 0,0736 Q + 0,00001206 Q^2) dQ \\
 RL &= P_q Q - (112,018 Q - 0,0368 Q^2 + 0,000004082 Q^3) \Big|_{2875}^{3413} \\
 &= 113.471,49 - 113.406,71 = R\$ 46,78
 \end{aligned}$$

O resultado mostra que o excedente do produtor, ou receita líquida, foi de R\$ 634,62, considerando as quantidades produzidas dentro da escala racional de produção. Portanto, a oferta é definida somente para o nível de produtividade de soja maior ou igual a 2.875 kg/ha.

Nota-se que o valor estimado da *RL* é maior do que o valor observado. Neste cálculo, não foi considerado o ponto de mínimo do *CVMe*, o que torna o benefício maior. Além disso, a oferta gera um preço menor do que o observado para a produção inicial e uma quantidade maior do que a observada. Do ponto de vista econômico, a *RL* torna a arena de competição entre produtores muito forte, pois entre R\$ 0,10/kg e R\$ 1,30/kg tem uma gama de empresas competindo com tecnologias e escalas de produção diferentes, em busca da sobrevivência no mercado. A concorrência é dinâmica e exige que estratégias competitivas sejam definidas para atender a exigência das empresas fornecedoras de insumos e das que compram o produto e, ainda, se manter no mercado, com *RL* positiva.

3.4 Viabilidade bioeconômica da produção

As análises agronômicas e zootécnicas de sistemas de produção agrícolas, pecuários e extrativistas, em curto prazo, levam em conta os resultados gerados em experimentos e as tecnologias já testadas no campo e validadas pelos produtores. Estas tecnologias e inovações adotadas buscam obter combinações eficientes e sustentáveis entre os insumos variáveis e os insumos fixos, para gerar ganhos de produtividade ao longo do ciclo de produção. O estudo bioeconômico da viabilidade e eficiência dos empreendimentos rurais tem como fundamento a análise benefício-custo.

Para essa análise, toma-se como dada a tecnologia desenvolvida e validada por instituições de pesquisa e adotadas pelos produtores rurais. Esta tecnologia é configurada pelos coeficientes técnicos para uso dos quantitativos de insumos variáveis: semente, mudas, fertilizantes, adubo, agrotóxico, sêmen, embriões, alevinos, ração, vacinas, medicamentos, combustíveis, sacaria, fios mão de obra etc.; e dos insumos fixos: máquinas, equipamentos, tanque rede, ativos naturais (terra, floresta e água), galpão, instalações, cercas, tutores de madeira, crédito de investimento, impostos, taxas, assistência técnica etc.

O quantitativo e o preço destes insumos configuram os custos variáveis e os custos fixos do orçamento unitário, que é o elemento principal da análise de viabilidade e eficiência bioeconômica. Os preços dos insumos utilizados na composição dos custos e os preços dos produtos que compõem a receita total são considerados em nível de fazenda. Assim, os preços dos insumos são definidos no período de entressafra e incluem o transporte do mercado até a fazenda. Por sua vez, os preços dos produtos são definidos no período da safra, ou seja, preços recebidos pelos produtores pela venda dos produtos no

pico da safra. Dessa forma, esses preços, dada a concorrência do mercado, refletem valor e, portanto, o custo de oportunidade.

A análise de viabilidade é importante para orientar os produtores na tomada de decisão sobre qual atividade ou combinação de atividades deve ser implementada na área disponível da fazenda ou empresa rural. Quando se deseja fazer análise comparativa entre sistemas de produção com tecnologias diferentes, aplica-se a metodologia a cada sistema e faz-se a comparação.

A eficiência bioeconômica é considerada de curto prazo, envolve lavouras temporárias, ou de ciclo curto, e longo prazo, no caso das lavouras permanentes, ou de ciclo longo, e as atividades de pecuária, pesca e silvicultura. No primeiro caso, o ciclo de produção é anual, logo o orçamento unitário de custos e receitas é suficiente. No longo prazo, necessita-se transformar o orçamento unitário em um fluxo de caixa com as receitas e custos para todo o período da vida econômica da atividade, que pode se prolongar por 20 ou mais anos, tornando alguns insumos fixos em variáveis.

A contribuição deste capítulo para a análise da eficiência bioeconômica é a inclusão do custo de oportunidade dos ativos naturais terra, água, a vegetação nativa e os sistemas agroflorestais e silvipastoris. O custo de oportunidade da terra (**CO Terra**) é dado pelo valor presente líquido anual da atividade produtiva implantada na área (lavoura ou pecuária) ou no entorno do imóvel rural. Nos locais onde o mercado de terras é competitivo, o valor do arrendamento é uma boa *proxy* para o valor dos serviços ecossistêmicos do solo, representado pelos nutrientes minerais e orgânicos, a estrutura física, biológica e química. Também pode ser utilizado como *proxy* do custo de oportunidade da terra, o valor da receita líquida anual obtida pelas atividades agropecuárias e empresariais da área de interesse. O valor médio dessas variáveis *proxy* do custo de oportunidade é estimado entre 5% a 8% do preço da terra no estado do Pará e demais estados da Amazônia. O preço varia em função da localização geográfica, fertilidade do solo, atividade implantada, disponibilidade de água e a cobertura florestal do imóvel rural.

O custo de oportunidade da água (**CO água**) se refere ao provimento de água de qualidade para a irrigação das lavouras, suprimentos dos animais e água potável para população, assim como a regulação dos ciclos biológicos e químicos do solo e das plantas. O **CO Água** é atribuído com base no valor presente líquido da infraestrutura utilizada para o uso contínuo da água disponível no imóvel rural para a irrigação e o consumo. Portanto, representa os serviços de suprimento e qualidade da água para essas atividades.

O custo de oportunidade da floresta em pé e dos sistemas agroflorestais é dado pelo valor que as pessoas estão dispostas a pagar pelos benefícios obtidos do fluxo de serviços ecossistêmicos. Assim, o

CO dos Serviços Ambientais deve ser estimado a partir de uma pesquisa de campo para avaliar o nível da intensidade dos desejos da população para pagar um valor pela preservação dos ecossistemas naturais e/ou dos sistemas agroflorestais. As principais metodologias utilizadas na estimação do valor dos serviços ecossistêmicos são apresentadas no Capítulo 4 e incluem o método integrado de avaliação contingente, custo evitado, função dano, custo de viagem, preço hedônico, benefício-custo da floresta em pé etc.

O custo de oportunidade do trabalho do gestor, ou pró-labore do produtor, é o valor que deve receber pela atividade de gestão do negócio ao desistir de exercer essa atividade trabalhando em outra unidade de produção. Na mesma linha, deve-se incluir no orçamento o valor que deve ser pago como remuneração aos recursos próprios aplicados no empreendimento, equivalente a uma aplicação na poupança ou em outras atividades alternativas.

Todos estes custos de oportunidade devem ser incluídos na elaboração do fluxo de caixa de cada empreendimento para se ter uma estimativa real de sua capacidade de retorno. Estes custos fazem parte dos custos implícitos e diferenciam a análise econômica da análise contábil.

A inclusão dos custos implícitos na análise de viabilidade contribui para gerar níveis de produção compatíveis com o crescimento da economia rural em linha com a inclusão social e a sustentabilidade ambiental. O custo de oportunidade destes ativos tende a adequar o uso dos recursos naturais à sua capacidade de suporte e mitigar os danos ambientais. Por outro lado, a continuidade do foco nos custos explícitos, deixando de fora a maioria dos custos implícitos, aumenta-se o lucro privado às custas da degradação dos recursos naturais. Isto inclui a iniciativa privada, os órgãos de fomento ao crédito e a sociedade em geral.

3.4.1 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CICLO CURTO

A análise de eficiência bioeconômica inicia com as principais *commodities* do Brasil, que são a soja e o milho. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja. O milho é destinado ao mercado interno para a alimentação de aves e suínos, que consomem 70% do que é produzido. Os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná se destacam na produção dessas lavouras. A soja já foi introduzida na Amazônia Legal e a área plantada cresce de forma contínua. Como são culturas de grande interesse da economia nacional e global, os cursos de Ciências Agrárias pesquisam e geram conhecimento sobre tecnologia sustentáveis de produção, agregação de valor e comercialização dos produtos. Assim, iniciam-se os estudos de caso com essas atividades visando criar parâmetros para a

replicação da análise nas demais lavouras de ciclo curto como o arroz, feijão e mandioca, cultivados por pequenos e grandes produtores rurais.

3.4.1.1 PRODUÇÃO DE SOJA

No Brasil, é comum as empresas rurais, no mesmo ano, realizarem dois empreendimentos na mesma área, sendo a soja (*Glycine max L.*) na primeira safra e o milho (*Zea mays*) na segunda safra. Inicialmente, para facilitar o aprendizado, faz-se a análise de eficiência por empreendimento, conforme a tecnologia utilizada e as condições de clima e mercado.

No estado do Pará, a soja, pelos dados da produção agrícola municipal do IBGE (2020), já é a principal lavoura temporária, com valor bruto da produção de R\$ 1,74 bilhão, área colhida de 557.532 ha e uma produtividade de 2.939 kg/ha em 2018. A tecnologia de produção é diversificada e a escala está em processo de ajuste no estado do Pará. A produtividade da soja variou entre 2,0 t/ha no município de Conceição do Araguaia e 3,6 t/ha em Água Azul do Norte.

Na aplicação prática, tomam-se os dados do Agriannual para a cultura da soja do município de Sorriso, estado do Mato Grosso. A tecnologia de produção da soja, cultivada no ano agrícola 2018/19, é a seguinte: empreendimento de 1.500 ha de soja; produção de 3.420 kg/ha, ou 57 sc/ha, preço médio R\$ 1,20/kg ou R\$ 72,00/sc; operações técnicas (conservação do solo, preparo do solo, plantio, tratamentos culturais e colheita); insumos (fertilizantes, sementes e agrotóxicos); item administração (remuneração do produtor ou pró-labore, assistência técnica, manutenção e depreciação de máquinas e instalações, renda da terra, arrendamento ou custo de oportunidade da terra – **CO Terra**, que é o pagamento pela serviço de fertilidade do solo); pós-colheita (transporte interno e até o local do armazém, beneficiamento, armazenamento por um mês).

Na Tabela 3.5, apresenta-se o resumo dos custos variáveis (operações técnicas, insumos e pós-colheita), custos fixos (considerado no item administração) e receita total por hectare para as tecnologias com semente convencional (SA) e semente transgênica (SB). A diferença entre os sistemas ocorre nos itens tratamentos culturais e insumos variáveis, com valor menor para o SB.

A receita líquida para as duas tecnologias foi positiva, indicando que este nível de produção foi suficiente para cobrir os custos e sobrar líquido o equivalente a 7,96 sc/ha e 7,78 sc/ha (uma saca de soja, sc = 60 kg), respectivamente. Este resultado, contudo, não significa que a produtividade da soja está gerando uma receita líquida máxima, dado que não se conhece a dosagem eficiente da combinação entre os fatores variáveis e os fatores fixos. Trata-se apenas de um ponto no entorno da

função de produção. Neste mesmo município é possível encontrar empresas obtendo a mesma produtividade com um custo total mais baixo e outras com custos mais elevados.

A análise de eficiência econômica tem por base o custo de oportunidade dos insumos, dado que contempla os **custos explícitos** e os **custos implícitos**. Os custos implícitos são a remuneração da mão de obra do produtor, os juros do dinheiro do produtor aplicado na atividade, o valor do arrendamento da terra do produtor e os serviços ecossistêmicos gerados pelos ativos naturais do imóvel rural (floresta, água e solo). Isto é importante porque a não inclusão dos **custos implícitos**, torna a análise restrita ao conceito contábil de apuração dos custos.

Na análise contábil, os itens de custos implícitos não são incluídos no orçamento, logo a receita líquida para o sistema SA é de R\$ 1.276,84 e para o sistema SB é de R\$ 1.335,77. Portanto, a análise contábil cria uma ilusão monetária ao revelar para o produtor um lucro maior do que aquele realmente obtido pela análise econômica, cujos resultados constam na penúltima linha da Tabela 3.5.

Os resultados da Tabela 3.5 permitem, ainda, calcular o **Ponto de Equilíbrio (PE)** destes sistemas de produção, ou empreendimento. O *PE* indica a quantidade de soja que torna a receita total igual ao custo total. A partir do *PE*, a atividade começa a gerar lucro. O *PE* é obtido igualando-se a receita total ao custo total, da seguinte forma:

$$P_q \times QT = CT \text{ e } QT = CT/P_q = PE$$

$$PE = 3.530,94/1,20 = 2.942,45 \text{ kg}$$

A partir de 2.942,45 kg, a atividade soja passa a gerar uma receita líquida positiva.

Assim, o **ponto de equilíbrio** para a atividade ou empreendimento com semente convencional é atingido com a produção de 2.942,45 kg/ha. Esta produção torna a receita líquida igual a zero, ou seja, $RT = CT$. Uma produtividade abaixo deste nível, para a mesma tecnologia, gera prejuízo e torna a atividade inviável economicamente.

Tabela 3.5. Custos e receitas da produção de soja por hectare, em Sorriso, MT, safra 2018/19.

Descrição do sistema	Valor (R\$/ha)		Variação 1-(SB/SA)
	SA	SB	
Operações técnicas	526,01	523,27	0,52%
Conservação do solo	16,93	16,93	0,0%
Preparo do solo	33,75	33,75	0,0%
Plantio	84,54	84,54	0,0%
Tratos culturais	123,93	121,19	2,21%
Colheita	266,86	266,86	0,0%
Insumos variáveis	1.939,09	1.882,90	2,90%
Fertilizantes	998,89	998,89	0,0%
Sementes	259,37	241,87	6,75%
Agrotóxicos	680,83	642,14	5,68%
Administração	849,80	849,80	0,0%
Pró-labore ao produtor	45,78	45,78	0,0%
Assistência técnica	35,85	35,85	0,0%
Manutenção/depreciação	14,80	14,80	0,0%
CO da terra	658,00	658,00	0,0%
Impostos e taxas	95,37	95,37	0,0%
Pós-colheita	216,04	216,04	0,0%
Transporte	77,81	77,81	0,0%
Beneficiamento	122,55	122,55	0,0%
Armazenamento	15,68	15,68	0,0%
Custo total – R\$	3.530,94	3.472,01	1,7%
Receita total – R\$	4.104,00	4.104,00	0,0%
Receita líquida – R\$	573,06	631,99	-10,3%
Ponto de Equilíbrio – kg	2.942,45	2.893,34	1,7%

Fonte: Adaptado do Agriannual, 2019. SA é o sistema de produção convencional; SB é o sistema transgênico.

O **PE** do sistema com semente transgênica ocorre com a produção de 2.893,34 kg/ha de soja. Pelos dados da Tabela 3.5, a diferença a favor do sistema SB é de um custo de produção 1,7% menor, ou uma receita líquida de 10,3% maior do que o SA.

As **variações climáticas**, especificamente a irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ciclo de produção, causam impactos na receita líquida dos empreendimentos rurais. O excesso ou a escassez de chuvas em fases críticas do ciclo de produção como a floração e formação dos grãos e no período da colheita, pode-se ter prejuízo de diversas magnitudes em razão da irregularidade na distribuição

das chuvas. Este **risco climático** deve ser levado em consideração, sobretudo no Brasil, em que cerca de 90% da produção depende das chuvas.

Para efeito de avaliação do impacto do risco climático, causado por um excesso ou escassez de chuvas, vamos admitir que a produção de soja cai 10% por causa do excesso de chuvas no início da colheita. Qual o impacto na receita líquida?

Uma quebra de safra de 10% da produção causa uma diminuição da receita líquida para R\$ 162,66/ha (71,62%) no SA e para R\$ 221,59/ha (64,94%) no sistema SB. Portanto, o impacto na receita líquida é mais que proporcional à queda na produção, dado que a oferta é inelástica a preço, como apresentado no Capítulo 1, item 1.5.

3.4.1.2 Produção de mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é a principal lavoura temporária da agricultura familiar do estado do Pará. Em 2018, o valor bruto da produção foi de R\$ 1,62 bilhão, com área colhida de 261.308 ha e produtividade média de 14,7 t/ha de raiz (IBGE, 2020). Dado o nível tecnológico ser diferenciado, indo da prática de corte e queima e a condução da lavoura do plantio à colheita com uso da força de trabalho humano, passando algumas das atividades como o preparo da área mecanizada e os tratamentos culturais e colheita realizados por mão de obra até o cultivo mecanizado, com mínimo uso de mão de obra.

Nos dois primeiros sistemas, a produtividade varia entre 10 t/ha a 20 t/ha de raiz de mandioca. No sistema tradicional, o uso de mão de obra é alto, podendo atingir até 112 dh/ha. Este sistema é misintensivo na ocupação de mão de obra, mas tem o maior impacto sobre o meio ambiente e a menor receita líquida. Este sistema de produção está concentrado nos assentamentos de reforma agrária e por pequenos agricultores.

O sistema de produção que usa trator para realizar as atividades de preparo e conservação da área, ocorre na mesorregião Nordeste Paraense. O sistema analisado ocupa 91 dias-homem por ha, faz correção de solo, adubação e uso de agrotóxico, e a produtividade é de 20 t/ha de raiz de mandioca. A produção é destinada a uma fábrica de farinha, ao preço de R\$ 427,00/t. Na Tabela 3.6, constam os custos fixos e variáveis, assim como as medidas de resultados para um ha da lavoura mandioca.

A receita líquida de R\$ 1.687,64 indica que o sistema apresentou viabilidade, dado que a receita total cobriu os custos e sobrou líquido R\$ 84,38/t de raiz de mandioca (Tabela 3.6). Este resultado, representa um caso de um produtor, logo não quer dizer que este nível de produção está gerando uma receita líquida máxima. Também não representa a receita média para a mesorregião Nordeste Paraense, dada a grande diversidade de sistemas de produção.

Tabela 3.6. Custos e receitas da produção de mandioca por hectare, no Nordeste Paraense, PA, safra 2018/19.

Descrição	Valor (R\$/ha)	Valor (R\$/t)
Custos variáveis	6.273,68	313,68
Operações técnicas	4.968,18	248,41
Conservação do solo	440,00	22,00
Preparo do solo	928,00	46,40
Plantio manual	495,00	24,75
Tratos culturais manuais	1.300,00	65,00
Colheita manual	1.320,00	66,00
Transporte	485,18	24,26
Insumos variáveis	1.305,50	65,28
Fertilizantes	796,00	39,80
Manivas	420,00	21,00
Agrotóxico	89,50	4,48
Custos fixos	578,68	28,93
Pró-labore ao produtor	110,00	5,50
Assistência técnica	19,15	0,96
Conservação e depreciação	17,25	0,86
CO da terra	280,00	14,00
Impostos e taxas	152,28	7,61
Custo total: R\$	6.852,36	342,62
Receita total: R\$	8.540,00	427,00
Receita líquida: R\$	1.687,64	84,38
Ponto de nivelamento: t/ha	16,05	-

Fonte: resultado de pesquisa de campo.

Os custos variáveis representam 91,6% dos custos totais, indicando a forte dependência por fatores de produção externos, em especial a mão de obra, que representa 79,8% destes custos. Neste sistema de produção cada 3,1 ha gera um emprego. O nível de sustentabilidade econômica, dada pela receita líquida, e social, pela ocupação de mão de obra local pode ser considerado de alto, embora o impacto sobre o meio ambiente pelo uso de agrotóxico e da mecanização exija tecnologia menos agressiva, mediante a adoção de bioinsumo e das práticas bioagronômicas de conservação do solo e da água.

A análise de eficiência econômica incluiu os **custos explícitos** e os **custos implícitos**. Isto é um requisito fundamental para a viabilidade do negócio, pois a não inclusão dos **custos implícitos** torna a análise simplificada ao âmbito contábil de apuração de custos. Do ponto de vista da análise contábil, os custos implícitos não entram no orçamento, logo a receita líquida do sistema seria de R\$ 2.077,64, 23,11% superior. Com isto, o gestor pode ser induzido a erro no planejamento de suas atividades, ao projetar uma receita superior e perder competitividade em longo prazo.

O **ponto de equilíbrio** para a mandioca, com esta tecnologia de produção, é atingido a partir de 16,05 t/ha. Esta produção torna a receita líquida igual a zero, ou seja, $RT = CT$. Uma produtividade abaixo deste nível gera prejuízo e torna a atividade inviável economicamente.

3.4.2 Eficiência da produção de ciclo longo

No caso de lavouras permanentes como o açaí, cacau, café, coco-da-baía, dendê, goiaba, laranja, pimenta-do-reino, eucalipto etc., a análise de viabilidade econômica é um pouco mais complexa. Como a atividade tem um período sem produzir e outro com produção, exige-se a formação de um **fluxo de caixa** – receitas e despesas que ocorrem ao longo da vida econômica do empreendimento. Assim, as contas que formam o **fluxo de caixa** são: receita total, custo total e receita líquida, para os anos que compreende o período da implantação da lavoura, evolução e estabilidade da produção, até o final do ciclo bioeconômico, quando a atividade se torna inviável.

Para a construção do orçamento unitário e do fluxo de caixa do sistema de produção, os preços dos insumos e dos produtos devem ser considerados ao nível da empresa. O preço do produto é cotado no período de plena safra, quando atinge o menor nível, e o preço do insumo na fase de plena entressafra, quando alcançam o patamar mais alto. Esta estratégia é conservadora em proteção contra o risco de preço do mercado, assumindo que os produtores são avessos ao risco.

Os métodos principais de análise destas lavouras são o **Valor Presente Líquido (VPL)**, que se refere ao valor atualizado das receitas e dos custos, ano a ano, por uma taxa de juros que representa o custo de oportunidade do capital aplicado na atividade, a **Taxa Interna de Retorno (TIR)**, que representa a taxa de rendimento que a atividade gera em resposta ao investimento e a **Relação Benefício-Custo (Rb/c)**, que é a razão entre as receitas e os custos atualizados.

O VPL é calculado da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{t=0}^T \left(\frac{(RT_t - CT_t)}{(1+r)^t} \right) = \sum_{t=0}^T \frac{RL_t}{(1+r)^t}$$

Em que: VPL é o valor presente líquido da atividade; RT é a receita total da atividade no ano t ; CT é o custo total da atividade no ano t ; r é a taxa de juros anual, aplicada na atualização temporal dos valores de receitas e custos; RL é a receita líquida da atividade no ano t ; T é o período de tempo do empreendimento, em anos.

Uma outra forma de apresentar a viabilidade de um empreendimento é transformando o VPL em um fluxo de resultados em uma anuidade de valor constante. Assim, o Valor Presente Uniforme (VPU) é a distribuição dos valores do VPL como um fluxo anual uniforme. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$VPU = VPL \times \left[\frac{r (1 + r)^t}{(1 + r)^t - 1} \right]$$

em que VPU é o valor presente uniforme, VPL é o valor presente líquido, r é a taxa de juros e t é o número de anos do empreendimento. O VPL concentra os valores do fluxo de caixa em um único montante no ano zero e o VPU transforma este valor em uma série uniforme. Com isto, pode-se comparar os empreendimentos com diferentes ciclos. Também oferece ao gestor uma visualização dos retornos gerados a cada ano. A orientação para decisão é que somente as atividades com $VPU > 0$ devem ter continuidade.

A taxa de juros usada na atualização do fluxo de caixa dos empreendimentos analisados neste capítulo é de $r = 10\%$ ao ano, aplicada aos projetos de investimentos de grandes empresas pelo Fundo Constitucional de Financiamento do Norte. É a taxa que o Banco da Amazônia aplica após incorporar à taxa de juros básica (Selic) os fatores de custo e da agência. Portanto, reflete o custo de oportunidade dos investimentos de longo prazo. Dependendo do porte da empresa, a taxa de juros varia. A taxa mais alta e considerada aqui, é de 10% .

Como critério de decisão, um VPL maior do que zero ($VPL > 0$), significa que, ao final de N anos, as receitas atualizadas são maiores que os custos atualizados, logo é um indicativo de que a atividade apresenta viabilidade econômica. Um VPL menor do que zero ($VPL < 0$), indica que a atividade é inviável e um $VPL = 0$, representa o ponto de equilíbrio ($RT = CT$) e, portanto, $RL = 0$.

A TIR é a taxa que torna o $VPL = 0$. Ou seja, é o indicador que orienta para a comparação entre o retorno gerado pela atividade e a taxa que reflete o custo de oportunidade do dinheiro investido no empreendimento. Portanto, uma $TIR > r$ revela que o empreendimento é viável porque gera um retorno superior ao custo de oportunidade; uma $TIR < r$ atesta que a atividade é inviável. A TIR é calculada como a seguir:

$$\sum_{t=0}^T \frac{RT_t - CT_t}{(1 + TIR)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{RL_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Em que: *TIR* é a taxa interna de retorno; *N* é o período do empreendimento, em anos.

A *Rb/c* é a razão entre o benefício da atividade, ou *RT*, e o *CT*. Uma *Rb/c* igual a 1, indica que a *RT* = *CT* e a *RL* é igual a zero. Uma *Rb/c* > 1 mostra que a *RL* > 0 e a atividade é viável economicamente, e uma *Rb/c* < 1 sinaliza que o empreendimento não é viável. O cálculo da *Rb/c* é feito com a aplicação da seguinte fórmula

$$R_{b/c} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{RT_t}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{CT_t}{(1 + r)^t}}$$

Em que: *Rb/c* é a relação entre o benefício-custo; *RT* é a receita total; *CT* é o custo total; *r* é a taxa de juros anual; *T* é o tempo útil do empreendimento.

A partir da *Rb/c* pode-se derivar um Indicador de Retorno aos Custos (IRC), medido em percentual dos custos. O IRC é calculado como a seguir:

$$IRC = (R_{b/c} - 1) \times 100$$

Este indicador mostra o retorno líquido do empreendimento sobre os custos. Um *IRC* > 0 é um indicativo de viabilidade do empreendimento.

Na aplicação destes critérios de análise econômica, deve-se construir o fluxo de caixa e atualizar os valores monetários pela taxa de juros que reflete o custo de oportunidade do capital investido. Assim, elabora-se o orçamento de custos e receitas, ano a ano, para a atividade a ser avaliada.

3.4.2.1 PRODUÇÃO DE CAFÉ CONILLON

Inicialmente, aplica-se a análise de eficiência na lavoura do café conillon (*Coffea canephora P.*), cultivada no município de Pinheiros, estado do Espírito Santo, que é o maior produtor, seguido do estado de Rondônia. Na Amazônia, o estado de Rondônia é o maior produtor desta lavoura, com área colhida de 64.850 ha, rendimento de 2.101 kg/ha e valor da produção de R\$ 659 milhões em 2018 (IBGE, 2020).

O estudo de caso é aplicado no estado do Espírito Santos, por disponibilidade de dados. A tecnologia de produção, conforme descrita no Agriannual 2019, é a seguinte: produção 40 sc/ha no segundo ano

e 75 sc/ha nos anos 3-12; preço R\$ 355,00/sc; operações técnicas (preparo do solo, adubação, plantio e replantio, tratamentos culturais e colheita); insumos variáveis (fertilizantes e agrotóxicos); custo de administração (pró-labore do produtor, assistência técnica, manutenção e depreciação de máquinas e construções, impostos e taxas, juros, custo de oportunidade da terra – **CO da Terra**, que representa o valor da fertilidade e aptidão do solo); pós-colheita (beneficiamento e transporte dos grãos). A condução da lavoura ocupa a mão de obra de 100 dias-homem por hectare e por ano. Assume-se que as condições de clima, preços, mercado, tecnologia, riscos e incertezas permanecem constantes. Na Tabela 3.7, apresenta-se o orçamento com o valor dos itens de custo e receita.

Os valores da receita líquida, conforme Tabela 3.7, para os anos 1 e 2 são negativos, dado que a receita gerada foi menor que os custos. No ano 1, tem-se apenas o custo com a implantação da lavoura. A receita do ano 2 não foi suficiente para cobrir os custos. Portanto, os dois primeiros anos da lavoura de café apresentam saldos negativos, que devem ser compensados nos anos futuros de produção. O resultado é positivo a partir do ano 3 até o ano 12. A receita gerada neste período, para que a atividade apresente viabilidade econômica, deve ser suficiente para cobrir os custos fixos e variáveis atualizados. A aplicação dos critérios *VPL*, *TIR* e *Rb/c* para a análise desta atividade, necessita que se construa o fluxo de caixa para o período de 12 anos, contemplando apenas a receita total, o custo total e a receita líquida, atualizados à taxa de juros de 10% ao ano, que representa o custo de oportunidade do capital investido na produção de café conillon.

O fluxo de caixa foi construído a partir das três últimas linhas da Tabela 3.7. Os valores de custos e receitas são considerados constantes a partir do ano 3. Todavia, ao se aplicar a atualização pela taxa de juros, os valores de *CT*, *RT* e *RL* se tornam diferentes, dado que o valor muda ao longo do tempo. Para obter o *VPL*, basta multiplicar a *RL* pelo fator de atualização *FA*, considerando a taxa de juros ou taxa de desconto que representa o custo de oportunidade das atividades rurais gira em torno de $r = 10\%$ ao ano.

Tabela 3.7. Orçamento de custo e receita para a lavoura do café conillon.

Descrição	Ano 1	Ano 2	Anos 3-12
Operações técnicas	3.768,90	6.053,50	9.791,50
Preparo do solo	690,40	-	-
Adubação	210,00	672,00	960,00
Plantio e replantio	180,00	-	-
Tratos culturais	2.688,50	2.981,50	4.931,50
Colheita	-	2.400,00	3.900,00
Insumos variáveis	7.322,78	5.651,97	8.613,47
Fertilizantes	2.412,30	2.171,15	4.931,15
Agrotóxicos	4.910,48	3.480,82	3.682,32
Administração	3.298,00	3.593,28	3.863,40
Pró-labore ao produtor	680,00	680,00	680,00
Assistência técnica	290,00	280,00	280,00
Manutenção/depreciação	1.670,00	1.670,00	1.670,00
CO da terra	658,00	658,00	658,00
Impostos e taxas	-	305,28	575,40
Pós-colheita	186,00	765,00	1.031,00
Transporte	186,00	465,00	551,00
Beneficiamento	-	300,00	480,00
Custo total	14.575,68	16.063,75	23.299,37
Receita total	-	15.975,00	26.625,00
Receita líquida	-14.575,68	-88,75	3.325,63

Fonte: Adaptado de Agriannual, 2019.

O cálculo do *VPL* é dado pela somatória do produto da *RL* (coluna D) pelo *FA* (coluna E) da Tabela 3.8, como a seguir:

$$VPL = -14.575,68 \times 0,9091 + \dots + 3.325,63 \times 0,3186 = R\$ 3.564,10.$$

O mesmo procedimento pode ser aplicado no cálculo da *Rb/c*, atualizando a *RT* (coluna B vezes coluna E) e o *CT* (coluna C vezes coluna E) para depois obter a *Rb/c*, como a seguir:

$$RTA = RT_1 \times FA_1 + \dots + RT_{12} \times FA_{12} = R\$ 148.408,35$$

$$CTA = CT_1 \times FA_1 + \dots + CT_{12} \times FA_{12} = R\$ 144.844,25$$

$$R_{b/c} = RTA / CTA = 1,025$$

Para gerar os resultados do *VPL* e da *TIR*, utilizou-se a ferramenta do Excel para o cálculo, da seguinte forma:

$$VPL: =VPL(\text{taxa};\text{valores}); =VPL(0,10;D1:D12)$$

$$VPU:=PGTO(\text{taxa};\text{anos};-VPL)=PGTO(0,10;12;-E13)$$

$$TIR: =TIR(\text{valores};\text{taxa}); =TIR(D1:D12;0,10)$$

$$R_{b/c} =NPV(0,1;C2:C12)/(NPV(0,1;B2:B12)+B1)$$

Quando o fluxo de caixa inicia do ano zero e o valor do investimento for alocado na primeira linha, com *RL* na célula **D1**, a fórmula de cálculo do *VPL* no Excel ficaria da seguinte forma:

$$=VPL(0,10;D2:D12)+D1$$

O *VPL* foi de R\$ 3.564,10/ha em valores do ano 1 de implantação da lavoura (Tabela 3.8). Isto significa que após 12 anos, a atividade gerou um *VPU* médio anual de R\$ 523,08/ha. O valor positivo indica que a atividade é viável do ponto de vista bioeconômico, com os valores atualizados da $RT > CT$, caso as condições de tecnologia, mercado e preço permaneçam iguais.

O valor da *TIR* foi de 14,80% ao ano (Tabela 3.8). Esta taxa é o retorno máximo que a lavoura pode gerar ao investimento. Esta taxa torna o $VPL = 0$, logo é o limite entre o lucro e o prejuízo. Como a *TIR* foi maior do que a taxa de juros de 10% ao ano, utilizada na atualização do fluxo e que reflete o custo de oportunidade do investimento, a lavoura gera receita suficiente para cobrir o custo e um retorno adicional de 4,8% ao ano. Com isto, a atividade apresenta viabilidade econômica.

Tabela 3.8. Fluxo de caixa da lavoura do café conillon.

Ano	<i>CT</i>	<i>RT</i>	<i>RL</i>	<i>FA</i>
A	B	C	D	E
1	14.575,68	-	-14.575,68	0,9091
2	16.063,75	15.975,00	-88,75	0,8264
3	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,7513
4	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,6830
5	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,6209
6	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,5645
7	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,5132
8	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,4665
9	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,4241
10	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,3855
11	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,3505
12	23.299,37	26.625,00	3.325,63	0,3186
Valor presente líquido: <i>VPL</i> =				R\$ 3.564,10
Valor presente uniforme: <i>VPU</i> =				R\$ 523,08
Taxa interna de retorno: <i>TIR</i> =				14,80%
Relação benefício-custo: <i>Rb/c</i> =				1,025

Fonte: Elaborado pelo autor. $FA = [1/(1+r)^t]$, $r = 10\%$ a.a.

A $R_{b/c} = 1,025$ apresentou um valor maior do que 1, mostrando que a *RT* atualizada superou o *CT* atualizado à taxa de 10% ao ano. Este valor indica que para cada R\$ 1,00 aplicado na atividade, ao final de 12 anos, tem-se um retorno bruto de R\$ 1,025, ou R\$ 0,025 líquido para cada unidade de Real aplicada. O $IRC = 2,5\%$ mostra que a receita líquida é 2,5% maior do que os custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois uma $R_{b/c} > 1$ e um $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e que a $TIR > 10\%$ a.a.

Com relação à ocupação de mão de obra, tem-se que são necessários 2,8 ha de café para gerar um emprego, equivalente a um homem trabalhando 280 dias no ano, o que caracteriza a atividade como de alta capacidade de inclusão social, pois cria oportunidade de trabalho sazonal em diversas operações técnicas, sobretudo a colheita, que representa 65% da demanda de mão de obra local.

A distribuição das chuvas afeta diretamente a produção de café e a estabilidade da receita líquida dos produtores. O excesso ou escassez de chuvas nas fases críticas do ciclo de produção como a floração e formação dos grãos, pode causar queda na produtividade. Este **risco climático** deve ser levado em consideração, pois uma queda de produtividade em um ano tende a se prolongar por dois ou três anos para a recuperação do prejuízo.

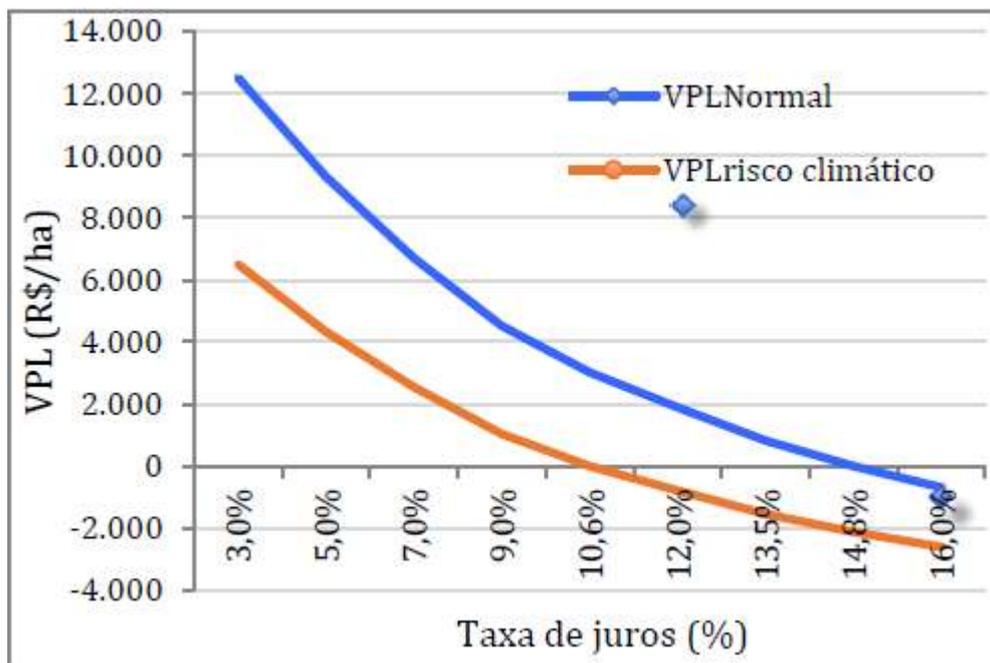
Para estimar o impacto do risco climático na receita líquida, causado por excesso ou escassez de chuvas, vamos admitir que a produção de café sofra uma queda de 15% no ano 9, 10% no ano 10 e 5% no ano 11, por causa da escassez de chuvas no período de floração e formação dos grãos de café. Qual a magnitude do impacto da mudança no clima sobre o *VPL*, *TIR* e *Rb/c*?

A quebra de safra causa uma diminuição no *VPL* para R\$ 377,25/ha, na *TIR* para 10,61% ao ano e na *Rb/c* para 1,003. O impacto no resultado econômico levou a atividade para o limite da solvência, tornando os custos iguais às receitas. Portanto, o produtor deve fazer o seguro agrícola para se proteger do risco climático.

O *VPL* de um empreendimento apresenta relação inversa à taxa de juros: a uma taxa de juros mais baixa corresponde um *VPL* mais alto e vice-versa. Quando a taxa de juros torna o *VPL* igual a zero, tem-se a taxa interna de retorno. Na Figura 3.8, temos que o *VPL* do café é positivo, em situação normal de clima, para taxas de juros menores do que a *TIR*, igual 14,796% ao ano. A taxa maior do que essa, torna o *VPL* negativo e o negócio inviável economicamente.

O impacto do risco climático sobre o café causou uma mudança na viabilidade econômica do empreendimento. Agora, a *TIR* caiu para 10,612% ao ano, uma redução de 28,28% no retorno ao capital investido (Figura 3.8).

Os resultados indicam que o risco climático causa forte impacto na viabilidade econômica do café, dada a redução na receita total e, por consequência, no *VPL* e na *Rb/c*. Portanto, os produtores devem levar em conta os efeitos das mudanças climáticas e adotarem seguros agrícolas para minimizarem os impactos dos riscos causados pela má distribuição das chuvas sobre o valor presente líquido da lavoura.

Figura 3.8. Relação entre o VPL e a taxa de retorno em situação normal e com risco climático.

Fonte: Elaboração própria.

3.4.2.2 PRODUÇÃO DE CACAU

A lavoura do cacau (*Theobroma cacao* L.) está em franca expansão no estado do Pará, em função das condições de clima e solo, baixo impacto ambiental, inclusão de mão de obra local e, principalmente, dos preços de mercado da amêndoa em evolução contínua nos últimos sete anos. Neste período, o cacau passou a ser a segunda lavoura permanente com maior valor bruto da produção, cerca de R\$ 1,05 bilhão em 2018, ficando atrás apenas do açaí cultivado e/ou manejado, que passou a ser considerado pelo IBGE como lavoura permanente.

A tecnologia de produção foi elaborada a partir de informações obtidas junto a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e de pesquisa de campo. O caso analisado se refere a uma unidade de produção na microrregião produtora de cacau de Altamira, estado do Pará. Os coeficientes técnicos são (Tabela 3.9): produção de 300 kg/ha no ano 3, 540 kg/ha no ano 4, 750 kg/ha no ano 5, 900 kg/ha no ano 6, 1.200 kg/ha no ano 7 e 1.500 kg/ha nos anos 8-20; o preço do cacau de R\$ 10,14/kg em 2019; operações técnicas (preparo da área, mudas, coveamento, adubação, plantio e replantio, sombreamento definitivo com mogno africano, tratos culturais, colheita e beneficiamento), sendo todas as operações manuais; insumos variáveis (adubo e agrotóxicos); custos fixos (custo da terra pró-labore do produtor, assistência técnica, impostos e taxas, custos implícitos); atividade de pós-colheita (secagem, beneficiamento, embalagem e transporte interno).

O sistema de produção do cacau exige que sejam incluídas espécies florestais e/ou frutíferas para sombrear as plantas. Neste caso, o cacau pode ser cultivado como um sistema agroflorestal, incluindo a bananeira para fazer o sombreamento temporário, nos primeiros três anos e depois fica o sombreamento definitivo com espécies florestais como o mogno africano e/o cumaru (18 plantas por ha), o ipê-amarelo e/ou acapu (30 plantas por ha), ou o paricá com até 30 plantas por ha etc. Este sistema de produção é superavitário em carbono, logo está enquadrado na agricultura de baixo carbono. Além dessa função de regulação, interage com abelhas e pequenos animais, cujos serviços beneficiam as lavouras por meio da polinização, reduz efeitos dos ventos, da erosão e do uso de agrotóxicos.

Tabela 3.9. Orçamento unitário para implantação de um ha de cacau em SAF, na microrregião de Altamira, Pará.

Discriminação	Unidade	Ano zero	Anos 1-2	Anos 3-4	Anos 5-7	Anos 8-20
Implantação	R\$/ha	10.825,00	-	-	-	-
Preparo da área	dh	3.575,00	-	-	-	-
Preparo de mudas	dh	2.925,00	-	-	-	-
Plantio e replantio	dh	2.470,00	-	-	-	-
Sombreamento	dh	520,00	-	-	-	-
Tratos culturais	dh	520,00	-	-	-	-
Combate a pragas e doenças	dh	325,00	-	-	-	-
Insumos	R\$/ha	490,00	-	-	-	-
Custos Fixos	R\$/ha	2.042,50	2.042,50	2.042,50	2.042,50	2.042,50
CO da terra	R\$/ha	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
Pró-labore ao produtor	R\$/ha	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Assistência técnica	R\$/ha	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Impostos e taxas	R\$/ha	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
Juros sobre capital próprio	R\$/ha	1.082,50	1.082,50	1.082,50	1.082,50	1.082,50
Custos Variáveis	R\$/ha	-	2.455,00	3.105,00	5.301,00	6.446,00
Colheita e beneficiamento	dh	-	-	1.105,00	2.340,00	3.185,00
Tratos culturais	dh	-	1.690,00	585,00	975,00	1.105,00
Adubo	sc	-	240,00	645,00	1.050,00	1.050,00
Agrotóxico	litro	-	250,00	300,00	350,00	385,00
Combustível	litro	-	50,00	65,00	80,00	90,00
Sacaria	um	-	-	40,00	66,00	106,00
Ferramentas	um	-	50,00	150,00	165,00	165,00
Transporte	R\$/ha	-	45,00	50,00	80,00	100,00
Outros	dh	-	130,00	165,00	195,00	260,00
Custo total	R\$/ha	12.867,50	4.497,50	5.147,50	7.343,50	8.488,50
Receita Total	R\$/ha	-	-	4.056,00	9.633,00	15.210,00
Receita Líquida	R\$/ha	-12.867,50	-4.497,50	-1.091,50	2.289,50	6.721,50

Fonte: CEPLAC e pesquisa de campo. Unidades: dh = dia-homem, sc = saca.

A condução da lavoura ocupa a mão de obra de 70 dias-homem por hectare e por ano a partir da estabilização da lavoura no ano 8. Isto quer dizer que a cada 4,0 ha, gera-se um emprego permanente. O preço da diária foi de R\$ 65,00 por dh, em 2019. No período da implantação até a estabilização, a média de ocupação de mão de obra é de 45 dh por hectare. Assume-se que as condições de clima, preços, mercado, tecnologia, riscos e incertezas permanecem constantes.

O empreendimento de produção de cacau apresenta forte integração das dimensões econômica (receita líquida, imposto e taxas), social (ocupação de mão de obra local, salários e meios de sobrevivência) e ambiental (regulação de CO₂, erosão, manutenção da biodiversidade e baixo uso de agrotóxicos). Na Tabela 3.9, apresenta-se o orçamento unitário com os custos e receitas. A lavoura é implantada no ano zero. Nos anos 1 e 2 não se tem produção, que inicia no ano 3. A produção, custos e receitas para os anos (1-2, 3-4 e 5-7) são valores médios. As receitas dos anos 3-4 não foram suficientes para cobrir os custos. Portanto, os quatro primeiros anos da lavoura de cacau apresentam saldos negativos, que devem ser compensados nos anos futuros de produção. O resultado é positivo a partir do ano 5 até o ano 20. A receita gerada neste período, para que a atividade apresente viabilidade econômica, deve ser suficiente para cobrir os custos fixos e variáveis.

A aplicação dos critérios de avaliação da eficiência econômica *VPL*, *TIR* e *Rb/c* da atividade cacau, é feita no fluxo de caixa da Tabela 3.10, para o período de 20 anos, contemplando a receita total, o custo total e a receita líquida, atualizados à taxa de juros de 10% ao ano, que representa o custo de oportunidade do capital investido na produção de cacau neste trabalho.

Tabela 3.10. Custos e receitas de implantação de um hectare de cacau, microrregião de Altamira, Pará.

Ano	RT	CT	RL	FA
A	B	C	D	E
0	-	12.867,50	-12.867,50	1,0000
1	-	4.497,50	-4.497,50	0,9091
2	-	4.497,50	-4.497,50	0,8264
3	4.056,00	5.147,50	-1.091,50	0,7513
4	4.056,00	5.147,50	-1.091,50	0,6830
5	9.633,00	7.343,50	2.289,50	0,6209
6	9.633,00	7.343,50	2.289,50	0,5645
7	9.633,00	7.343,50	2.289,50	0,5132
8	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,4665
9	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,4241
10	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,3855
11	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,3505
12	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,3186
13	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,2897
14	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,2633
15	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,2394
16	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,2176
17	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,1978
18	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,1799
19	15.210,00	8.488,50	6.721,50	0,1635
20	30.645,00	8.488,50	22.156,50	0,1486
Valor presente líquido:			R\$ 8.445,35	
Valor presente uniforme:			R\$ 991,99	
Taxa interna de retorno:			13,16%	
Relação benefício-custo:			1,1182	
Ponto de nivelamento:			837,13 kg/ha	

Fonte: Elaboração própria.

Os custos e receitas são iguais a partir do ano 8, em função da estabilidade da produção de cacau na região estudada. No ano 20, adiciona-se à receita total o valor de R\$ 15.435,00 (=857,50x18 árvores

de mogno). Ao se aplicar a atualização pela taxa de juros, os valores de CT , RT e RL se tornam diferentes, dado que o poder de compra diminui ao longo do tempo. Para obter o VPL , basta multiplicar a RL pelo fator de atualização FA , considerando o custo de oportunidade de $r = 10\%$ ao ano para o SAF de cacau analisados.

O VPL é calculado a partir da somatória do produto da RL (coluna D) pelo FA (coluna E) da Tabela 3.10, como a seguir:

$$VPL = -12.867,50 \times 1,00 + \dots + 22.156,50 \times 0,1486 = R\$ 8.445,35.$$

O mesmo procedimento pode ser aplicado no cálculo da Rb/c , atualizando a RT (coluna B vezes coluna E) e o CT (coluna C vezes coluna E) para depois obter a Rb/c (Tabela 3.10), como a seguir:

$$RTA = RT_0 \times FA_0 + \dots + RT_{20} \times FA_{20} = R\$ 79.916,77$$

$$CTA = CT_0 \times FA_0 + \dots + CT_{20} \times FA_{20} = R\$ 71.471,42$$

$$R_{b/c} = RTA / CTA = 1,1182$$

Para gerar os resultados do VPL e da TIR por meio da ferramenta do Excel, aplicam-se as fórmulas a seguir:

$$VPL: =VPL(\text{taxa};\text{valores}); =VPL(0,10;D1:D20)+D0$$

$$VPU: =PGTO(\text{taxa};\text{anos};-VPL)=PGTO(0,10;20;-E21)$$

$$TIR: =TIR(\text{valores};\text{taxa}); =TIR(D0:D20;0,10)$$

$$R_{b/c} = NPV(0,1;B0.:B20)/(NPV(0,1;C1:C20)+C0)$$

O VPL foi de R\$ 8.445,35/ha em valores do ano de implantação da lavoura (Tabela 3.10). Isto significa que após 20 anos, a atividade gerou um VPU médio anual de R\$ 991,99/ha. Este valor positivo significa que a atividade é viável do ponto de vista econômico, considerando o custo de oportunidade dos recursos aplicados de 10% ao ano, com $RT > CT$, desde que as condições de clima, mercado e preço permaneçam iguais.

A TIR foi de 13,16% ao ano (Tabela 3.10). Esta taxa é o retorno máximo ao investimento aplicado na lavoura de cacau. Esta é a taxa que faz o $VPL = 0$, logo $RTA = CTA$. Como a TIR foi maior do que a taxa de juros de 10% ao ano, utilizada na atualização do fluxo de caixa, a lavoura gera receita suficiente para cobrir o custo e gera um retorno adicional de 3,16% ao ano. Isto quer dizer que a atividade viável economicamente.

A $Rb/c = 1,118$ apresentou um valor maior do que 1, mostrando que a RT atualizada superou o CT atualizado à taxa de 10% ao ano. Este valor indica que para cada R\$ 1,00 aplicado na lavoura de cacau, ao final de 20 anos, gera-se um retorno bruto de R\$ 1,1182, ou R\$ 0,1182 líquido para cada Real aplicado. O IRC indicou que a receita líquida foi 11,82% maior do que os custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois uma $Rb/c > 1$ e um $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e que a $TIR > 10\%a.a.$

O ponto de nivelamento do SAF cacau, que indica o nível de produção para o qual a $RT = CT$, tomando o CT do período de estabilização da lavoura, foi de 837,13 kg/ha. Esta produção é obtida no ano 6, logo o retorno ocorre a partir do sexto ano, após a implantação da lavoura. Até o início do retorno econômico da lavoura do cacau, nos quatro primeiros anos, pode-se plantar culturas anuais como a mandioca e de ciclo longo como a bananeira para o sombreamento. Isto melhora a viabilidade bioeconômica do SAF de cacau.

Com relação à ocupação de mão de obra, tem-se que são necessários 4,0 ha de cacau para gerar um emprego. Um emprego equivale a um homem trabalhando 280 dias no ano na lavoura, o que caracteriza a atividade como de alto potencial para ocupar a mão de obra local nas atividades de tratamentos culturais e colheita do produto. Atualmente, a oferta de mão de obra da região é escassa, fato que viabilizou a produção em parceria, em que o dono da lavoura oferece a meia da produção para que outras famílias cuidem das atividades culturais e de colheita da produção. Esta prática social tem um forte impacto social dado que cada unidade de produção de cacau pode beneficiar sazonalmente até setenta famílias rurais.

A distribuição das chuvas afeta diretamente a produção de cacau e, por sua vez, a estabilidade da receita líquida dos produtores da região, conforme Santana et al. (2015). O excesso ou escassez de chuvas nas fases críticas do ciclo de produção como a floração e formação dos grãos, pode causar queda na produtividade. Este **risco climático** deve ser levado em conta, uma vez que a queda de produtividade em um ano tende a se prolongar por dois ou mais anos, o que torna difícil a recuperação do prejuízo causado pela mudança no clima.

Para estimar o impacto do risco climático na receita líquida, causado por excesso ou escassez de chuvas, vamos admitir que a produção de cacau sofra uma queda de 20% no ano 9 e de 10% no ano 10, por causa da escassez de chuvas no período de floração e formação dos frutos. Qual a magnitude do impacto da mudança no clima sobre o VPL , TIR e Rb/c ?

A quebra de safra causa uma diminuição no VPL de R\$ 1.868,89, caindo para R\$ 6.576,46/ha, na TIR caiu para 12,48% ao ano (redução de 0,68% ao ano) e na Rb/c caiu para 1,092. O impacto no resultado

econômico levou a atividade para o limite da solvência, tornando os custos iguais às receitas. O impacto foi de 22,13% no *VPL* e de 5,2% na *TIR*. Portanto, o produtor deve fazer o seguro agrícola para se proteger do risco climático.

Adicionalmente, tem-se que a formação do preço da amêndoa de cacau é influenciada pela atuação de grandes empresas que compram o produto e determinam as cotações internacionais. No período de 2010 a 2019, a correlação entre o preço internacional e o praticado no estado do Pará foi de 0,8624, considerada alta e significativa a 1%. Assim, o produtor toma o preço internacional como sinalizador para suas decisões de usar boas práticas de produção e melhorar a qualidade do produto. As informações de preço são obtidas dos agentes da comercialização que compram para as grandes empresas, no caso da microrregião de Altamira a Gargil, atravessadores e empresas que atuam no mercado local.

Nesta condição de preço dado pelo mercado, a receita total é influenciada pela demanda das grandes empresas que determinam o preço e torna a ação do produtor limitada. O escape do produtor está no aumento da produtividade com melhora na qualidade, diferenciação do produto e organização dos produtores para reduzir o custo, aumentar a escala de produção e o poder de negociação.

Além disso, a sazonalidade de preço do cacau em US\$, nos últimos 10 anos, apresentou uma amplitude de variação de 5,47%, entre o preço máximo obtido no pico da entressafra, que ocorre no mês de julho (2,19%) e o preço mínimo da entressafra, no mês dezembro (-3,28%), em relação ao preço médio de US\$ 2.626,46/t (câmbio R\$/US\$ = 3,9445). A safra ocorre ao longo dos meses de outubro a março e a entressafra de abril a setembro. Como a oferta de cacau é inelástica a preço e a amêndoa pode ser armazenada depois de seca, uma forma de minimizar o risco de preço e seus efeitos sobre a estabilidade da receita líquida é o armazenamento de parcela da produção por três a quatro meses e fechar negócio ao longo da entressafra.

3.4.3 EFICIÊNCIA DA PECUÁRIA E PISCICULTURA

A pecuária e a piscicultura necessitam de alto investimento e, de acordo com a atividade, o período para o início da geração de receita é parecido com as lavouras permanentes. Geralmente, a receita pode ocorrer a partir do primeiro ano após a fase de implantação, ou ano zero, ou a partir do segundo ou terceiro ano. Na pecuária de leite, aves de corte e de postura, suíno e piscicultura, a produção pode iniciar no primeiro ano e se estabilizar a partir do terceiro ou quarto ano. Na pecuária de corte de cria, recria e engorda, a produção vai iniciar no terceiro ano e se estabilizar com quatro a seis anos após o

ano zero. O tempo necessário para a consolidação e retorno dessas atividades gira em torno de 10 a 12 anos, considerando o ciclo de vida útil dos insumos fixos máquinas e equipamentos.

Aqui, a aplicação vai cobrir dois aspectos. O primeiro é apenas a apuração dos resultados de custos e receitas de uma atividade já instalada para um ano específico da sua fase de estabilização. É o que é feito na pecuária de leite. Para a piscicultura, incluiu-se o investimento realizado na implantação. Com isto, apresenta-se uma maior variabilidade de uso das técnicas de análise da eficiência econômica dos empreendimentos rurais.

3.4.3.1 Produção de leite

Inicia-se a aplicação das técnicas de eficiência econômica em uma empresa rural especializada na produção de leite **tipo C** do município de Orizona, estado de Goiás. O orçamento unitário com a tecnologia, produção e custos foi adaptado do Anualpec 2019. A Empresa produz 406 L/dia ao preço de R\$ 1,21/L, a partir de um rebanho de 58 vacas em lactação e uma produtividade de 7 L/vaca ao dia (Tabela 3.11). Esta é uma atividade cuja lucratividade é baixa no Brasil, o que exige muita atenção do gestor para controlar o uso dos insumos e conseguir manter a margem de lucro.

O termo lucratividade, é considerado como indicador de resultado contábil para as atividades econômicas. É dado pela relação percentual entre a receita líquida e a receita total. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$\text{Lucratividade} = \frac{\text{Receita líquida}}{\text{Receita total}} \times 100$$

Para os dados da Tabela 3.8, tem-se que:

$$\text{Lucratividade} = \frac{7.803,19}{211.241,80} \times 100 = 3,69\%$$

Esta lucratividade de 3,69% ao ano quer dizer que da receita total anual de R\$ 211.241,80, depois de pagos todos os custos, sobram R\$ 7.803,19.

O ponto crítico da gestão é que a atividade depende dos insumos oriundos de empresas oligopolistas, que têm alto poder de formação e fixação dos preços dos fatores, assim como do preço do mercado de produto que é controlado pelos laticínios. Portanto, tanto as empresas que fornecem insumos, tecnologias e serviços como as que compram o produto, dispõem de informação, formam os preços de mercado dos insumos e produtos e mantêm os produtores aprisionados às suas estratégias de crescimento. Os laticínios e o governo, por meio dos programas sociais como o Programa de Aquisição

de Alimentos e o Programa Nacional de Alimentação Escolar, atuam como âncora para manter o preço do leite *in natura* no mesmo patamar ao longo dos anos.

Tabela 3.11. Produção e custos de uma pequena empresa especializada na produção de leite.

Discriminação	Valor Total	R\$/L
Custos variáveis	171.558,44	0,985
Mão de obra contratada	45.650,64	0,262
Serviços especializados	2.640,00	0,015
Manutenção de pastagens	15.200,00	0,087
Silagem	20.000,00	0,115
Concentrados	55.561,50	0,319
Sal mineral	5.040,00	0,029
Medicamentos	6.336,86	0,036
Material de ordenha	200,00	0,001
Energia e combustível	3.582,40	0,021
Impostos e taxas	5.080,09	0,029
Reparos de benfeitorias	3.256,00	0,019
Reparo de máquinas	841,50	0,005
Outras despesas de custeio	8.169,45	0,047
Custos fixos	31.880,17	0,183
Depreciação de benfeitorias	5.834,67	0,033
Depreciação de máquinas	9.228,00	0,053
Depreciação de implementos	810,50	0,005
Mão de obra do capataz	5.622,00	0,032
Seguro do ativo fixo	560,00	0,003
CO da terra	9.825,00	0,056
Custo Total	203.438,61	1,168
Receita Total	211.241,80	1,212
Receita Líquida	7.803,19	0,045
Relação Benefício-Custo	1,038	-
Ponto de equilíbrio	391,00	-

Fonte: Anualpec, 2019. Adaptado pelo autor.

Além disso, manter um rebanho leiteiro de alta qualidade e ainda enfrentar a sazonalidade da produção definida pelos produtores “safristas”, que aumentam a produção no período das chuvas e saem do mercado na seca, é um fator de risco para as empresas que dependem de insumos externos ao longo do ano para manter a produtividade. Em função disso, apresentou-se um orçamento de

custos de uma empresa com os principais itens de custos variáveis e custos fixos para o controle e monitoramento de seu impacto sobre a receita líquida da produção de leite.

O custo variável de produção, que foge do controle do gestor, representa 84,33% do custo total de produção do leite, ficando o custo fixo com apenas 15,67%. Portanto, o nível de dependência deste empreendimento é muito alto, o que exige da gestão estratégias inovadoras e dinâmicas para manter a empresa no mercado.

O custo com mão de obra contratada é de 26,61%, dadas as características da tecnologia utilizada, que ainda é intensiva no uso de mão de obra. As exigências do mercado por qualidade, escala de produção e preços competitivos requer que as empresas de leite modernizem os sistemas de produção por meio do uso de informação e das tecnologias e inovações mecânicas, químicas, genéticas e digitais para tornar o sistema cada vez mais eficiente. Portanto, a combinação dos conhecimentos técnicos para o uso de tecnologias digitais tende a ser o caminho para aumentar a competitividade das empresas especializadas na produção de leite sustentáveis.

A receita líquida para uma empresa com esta escala de produção e tecnologia é de R\$ 7.803,19 por ano. A receita líquida ou lucro por litro de leite produzido é de R\$ 0,045, ou seja 4,5 centavos de Real por litro. A margem é muito baixa, o que exige eficiência da gestão para que a empresa permaneça no mercado.

3.4.3.2 PRODUÇÃO DE BEZERROS

A pecuária de corte é a principal atividade da economia rural brasileira. O efetivo do rebanho da pecuária bovina brasileira foi de 172,72 milhões de cabeças pelo Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) e 213,5 milhões pelos dados da Produção da Pecuária Municipal para o ano 2018 (IBGE, 2020). Os sistemas de produção são muito diversificados, contemplando a produção familiar em que o rebanho, geralmente, não tem raça definida e se resume a um pequeno número de animais. Uma unidade animal (UA) equivale a uma rês com 450 kg de peso vivo. Da cria até o abate, existem sistemas especializados na cria de bezerros, cria e recria de bezerros, engorda de novilhos e o sistema completo de cria, recria e engorda.

O orçamento unitário da pecuária de corte foi adaptado do Anualpec 2019, para o sistema de cria no município de Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul. A tecnologia de produção e custos da empresa conta com 500 UA, 515 ha de pastagens do capim braquiarião e rebanho estabilizado com 608 cabeças de gado da raça nelore. A relação touro-vaca é de 1:25 em regime de monta, taxa de desmama de 72% e reposição de 16% das vacas. A venda de bezerros e vacas descartadas foi de 206 UA, ao preço

médio de R\$ 1.875,50/UA de peso vivo (Tabela 3.12). Este sistema de cria extensiva é a base da cadeia de valor da pecuária de corte das regiões produtoras no Brasil e sua produtividade média ainda é baixa. Neste sistema de produção, os custos variáveis representam 28,19% e os custos fixos 71,81% dos custos totais. Estes resultados mostram a diferença em relação à pecuária de leite, cujos resultados se invertem, dada a dependência pelos insumos externos.

Tabela 3.12. Produção e custos de uma empresa de pequena escala especializada na pecuária de corte.

Discriminação	Valor Total	R\$/UA
Custos variáveis	84.276,00	168,55
Mão de obra contratada	7.904,00	15,81
Manutenção de pastagens	5.463,00	10,93
Sal proteinado	10.588,00	21,18
Sal mineral	19.698,00	39,40
Vacinas e medicamentos	2.898,00	5,80
Combustível e energia	20.256,00	40,51
Reparo de benfeitorias	2.595,00	5,19
Reparo de máquinas	6.753,00	13,51
Outras despesas de custeio	8.121,00	16,24
Custos fixos	214.645,65	429,29
Cercas e benfeitorias	25.495,00	50,99
Depreciação de máquinas	9.144,00	18,29
Compra de gado	38.082,65	76,17
Vaqueiros e capataz	71.651,00	143,30
ITR	5.898,00	11,80
CO da terra	64.375,00	128,75
Custo Total	298.921,65	597,84
Receita Total	386.353,00	772,71
Receita Líquida	87.431,35	174,86
Relação Benefício-Custo	1,292	-
Ponto de equilíbrio - UA	159,38	-

Fonte: Anualpec, 2019. Adaptado pelo autor.

A receita líquida do empreendimento foi de R\$ 87.431,35 por ano, com um valor de R\$ 174,86 por unidade animal. A relação benefício-custo foi de 1,292, indicando que para cada R\$ 1,00 real investido nesta atividade, tem-se um retorno bruto anual de R\$ 1,29 e um retorno líquido de R\$ 0,29. O ponto

de equilíbrio de 159,38 UA, cerca de 77,28% das 206 UA vendidas, revela que a partir deste nível de produção, o empreendimento passa a gerar lucro.

O sistema de pecuária de corte estudado, embora apresente bom resultado econômico, está muito abaixo do seu potencial. A produtividade das terras com pastagens, de 1,18 cabeças/ha ou de 0,97 UA/ha, ainda é considerada muito baixa.

Com relação à inclusão social, o sistema cria oportunidade de gerar um emprego direto para cada 50 UA ou para 51,5 hectares de pastagem. No aspecto ambiental, o sistema causa grande impacto no meio ambiente pelo desmatamento, manejo do pasto com fogo, ou com herbicida, e as emissões de gases de efeito estufa.

Contudo, dada a viabilidade econômica e o amplo mercado interno e global de carne, o sistema pode aumentar sua sustentabilidade ambiental e social, por meio do uso de tecnologias apropriadas. No manejo das pastagens, pode-se introduzir lavouras temporárias em consórcio com gramíneas, ou como sucessão, árvores frutíferas e/ou espécies florestais para produzir sombra e contribuir para o conforto dos animais e a mitigação dos gases metano CH₄ e dióxido de carbono CO₂. Com isto, pode-se aumentar a produtividade das pastagens, a ocupação de mão de obra, melhorar a estrutura do solo e reduzir a poluição do ar e da água. Dessa forma, contribui-se para tornar a pecuária de cria em uma atividade de baixo carbono, com maior valor agregado e inclusão da mão de obra local.

3.4.3.3 PRODUÇÃO DE TILÁPIA

Na atividade de pesca e aquicultura, a Tilápia e o Tambaqui são os principais peixes de cultivo no Brasil. A tecnologia de produção é a mais avançada da piscicultura brasileira e os sistemas de produção em tanques escavados e tanques-rede, assim como as combinações de insumos que geram a máxima produção já são de conhecimento amplo. Na Tabela 3.13, apresenta-se o orçamento unitário para a implantação de um hectare de Tilápia com a tecnologia de tanque-rede.

O orçamento unitário foi estruturado a partir de estudos experimentais e os valores atualizados para 2019. Os itens de investimento e custeio da atividade estão discriminados, assim como a produção. A média de produção dos anos 1 e 2 é de 160 t/ha e nos anos de 3 a 10 de 180 t/ha, em tanques-rede de 6 m³ e dois ciclos de produção por ano. O preço da Tilápia viva é de R\$ 4,00/kg.

O investimento em construção civil, tanques-rede, máquinas e equipamentos é a fonte do custo fixo, dado pela depreciação e manutenção das máquinas, construções e instalações, mão de obra fixa, impostos e taxas. Nos custos variáveis constam insumos como alevinos, ração, mão de obra, combustível etc. Os custos totais são maiores do que a receita total no período 0-2 anos e menores

nos demais anos. Em função disso, a receita líquida é positiva a partir do ano 3 e a atividade atinge a estabilidade e gera um valor de R\$ 92.079,26/ha (Tabela 3.13).

Tabela 3.13. Produção e custos por hectare de uma empresa especializada na produção de Tilápia em tanque-rede.

Discriminação	Ano 0	Ano 1-2	Ano 3-10
Investimento	826.610,00	-	-
Tanque-rede	673.750,00	-	-
Berçários	18.000,00	-	-
Balança e outros	12.600,00	-	-
Barco a remo	15.200,00	-	-
Instal. elétrica	4.560,00	-	-
Freezer/geladeira	8.200,00	-	-
Galpão	87.800,00	-	-
Outros	6.500,00	-	-
Custo Fixo	153.684,43	164.629,43	175.988,75
Depreciação	82.661,00	82.661,00	82.661,00
Manutenção	8.266,10	8.266,10	18.185,42
MO permanente	3.896,25	3.896,25	3.896,25
Encargos sociais	1.636,43	1.636,43	1.636,43
CO da terra	650,00	650,00	650,00
CO da água	975,00	975,00	975,00
Juros s/crédito	53.729,65	53.729,65	53.729,65
Pró-labore	1.045,00	1.045,00	1.045,00
Assist. Técnica	250,00	250,00	250,00
Impostos e taxas	575,00	11.520,00	12.960,00
Custo Variável	7.300,00	449.651,00	451.932,00
Mão de obra	2.150,00	6.850,00	7.391,00
Alevino		82.800,00	82.800,00
Ração		345.600,00	345.600,00
Combustível	1.500,00	2.320,00	2.320,00
Reparo gerais	1.500,00	2.291,00	3.291,00
Energia elétrica	500,00	1.650,00	1.950,00
Água		520,00	520,00
Outros	1.000,00	3.120,00	3.560,00
Juros	650,00	4.500,00	4.500,00
Custo total	160.984,43	614.280,43	627.920,75
Receita Total		640.000,00	720.000,00
Receita Líquida	-160.984,43	25.719,57	92.079,26

Fonte: Adaptado e atualizado de Furlaneto et al. (2006).

Para a análise de eficiência econômica, o fluxo de caixa foi estruturado na Tabela 3.14 com o custo total, receita total, receita líquida e o fator de atualização à taxa de 10% ao ano. O valor presente líquido foi de R\$ 289.633,04/ha ao final dos 10 anos de exploração do empreendimento. O *VPU* médio anual foi de R\$ 47.136,44/ha

A Como é um valor maior do que zero, tem-se que a atividade, para a tecnologia adotada, apresenta viabilidade econômica. Neste caso, o cálculo do VPL é: $=VPL(0,10;D2:D11)+D1$, dado que o valor do ano zero está na célula **D1** do Excel

A taxa interna de retorno foi de 35,66% ao ano, indicando o retorno máximo que a atividade é capaz de gerar (Tabela 3,14). Como a *TIR* é superior a 10% a.a., que representa o custo de oportunidade do capital investido, tem-se que o empreendimento Tilápia é viável economicamente. A relação benefício-custo foi de 1,0725, superior a um, indica que a atividade é viável do ponto de vista econômico. O *IRC* = 7,25% mostra que a receita foi 7,25% maior do que os custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois uma $Rb/c > 1$ e um $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e a $TIR > 10\%a.a.$

Como foi discriminado o investimento feito no empreendimento tilápia, pode-se adicionar rentabilidade, que é um indicador de resultado contábil. É dado pela relação percentual entre a receita líquida média nominal do período de estabilização pelo investimento total. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$\text{Rentabilidade} = \frac{\text{Receita Líquida}}{\text{Investimento total}} \times 100$$

Para os dados das Tabela 3.13 e 3.14, tem-se que a rentabilidade é igual a:

$$\text{Rentabilidade} = \frac{92.079,26}{826.610,00} \times 100 = 11,14\%$$

Esta rentabilidade da Tilápia quer dizer que o produtor recupera 11,14% do investimento a cada ano, por meio da RL obtida a partir do ano de estabilização. Assim, o total do investimento pode ser recuperado em 8,98 anos.

Tabela 3.14. Produção e custos de uma empresa especializada na produção de Tilápia em tanques-rede, São Paulo.

Ano	CT	RT	RL	FA
0	160.984,43	-	-160.984,43	1,0000
1	614.280,43	640.000,00	25.719,57	0,9091
2	614.280,43	640.000,00	25.719,57	0,8264
3	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,7513
4	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,6830
5	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,6209
6	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,5645
7	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,5132
8	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,4665
9	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,4241
10	627.920,75	720.000,00	92.079,26	0,3855
Valor Presente Líquido:			VPL = R\$ 289.633,04	
Valor presente uniforme:			VPU = R\$ 74.136,44	
Taxa Interna de Retorno:			TIR = 35,66% a.a.	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c = 1,0725	

Fonte: Elaborado pelo autor. $FA = [1/(1+r)^t]$, $r = 10\%$ a.a.

3.4.4 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO EXTRATIVISTA

O extrativismo do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) já contam com plantios racionais em terra firme e com tecnologia apropriada. Nestes plantios racionais, o açaí e a castanha passam a integrar a categoria de lavouras permanentes. São os dois produtos de maior importância econômica, social e ambiental do extrativismo na Amazônia. Aqui vamos tratar da avaliação econômica do sistema de produção de açaí, em monocultivo e sem irrigação. Para facilitar o aprendizado do leitor, disponibiliza-se o orçamento unitário para o açaí de terra firme irrigado como exercício de aprendizagem.

A lavoura do açaí lidera a economia dos produtos florestais não madeireiros no estado do Pará. Como lavoura permanente, em função dos plantios em várzea ou em terra firme e com ou sem irrigação, a cultivar BRS-Pará está sendo difundida pela Embrapa e vem ganhando espaço na trajetória de

expansão de sua produção. Assim, o plantio e manejo racional do açaí na várzea e o sistema em monocultivo, ou em consórcio com outras culturas, em terra firme, está apresentando bons resultados. O IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, passou a incluir o açaí manejado das áreas de várzeas e o plantado em terra firme como lavoura permanente, nas estatísticas da “Produção Agrícola Municipal”. Em 2018, a área colhida do açaí como lavoura permanente foi de 190.567 ha, produtividade de 7,55 t/ha e valor da produção de R\$ 3,15 bilhões. É a atividade agrícola de maior valor econômico do estado do Pará, representando 30,29% do valor da produção agrícola. Este valor já superou o extrativismo da madeira e de alimentos.

Com efeito, essa rápida expansão do açaí manejado e plantado em monocultivo, pode causar impacto significativo ao meio ambiente com o uso de agrotóxicos no controle de ervas daninhas de pragas e doenças. Com isto, a produção orgânica do extrativismo pode encolher e perder seu valor de mercado como atividade inclusiva e sustentável.

Na Tabela 3.15, faz-se uma adaptação do sistema de produção em que o preparo de área e os tratos culturais são realizados com a contratação de mão de obra. Adota-se o uso de adubo químico e corretivo de solo, agrotóxico e uma pequena quantidade de adubo orgânico. A produtividade é de 4,0 t/ha, como média dos anos 4 e 5, e de 9,5 t/ha como média dos anos de 6 a 15. O preço do fruto de açaí é R\$ 2,12/kg e a diária da mão de obra de R\$ 50,00/dia.

A ocupação de mão de obra no local gira em torno de 100 dias-homem por ano, o que torna a atividade com forte poder de ocupação de mão de obra no local e significativo efeito na dimensão social do desenvolvimento sustentável. Adicionou-se no orçamento do sistema de produção, o custo de oportunidade da terra e do produtor. O valor da terra, na visão bioeconômica, é dado pelos serviços da fertilidade do solo, proteção de água, alimentação de insetos, aves, pequenos animais e sustentação da lavoura.

Os resultados da Tabela 3.15 descrevem os custos fixos (terra e pró-labore) e os custos variáveis (preparo de área, tratos culturais e insumos). A receita total inicia no quarto ano e se estabiliza a partir do ano 6. Até o ano 5, a receita líquida é negativa.

Tabela 3.15. Orçamento unitário para o açaí manejado em várzea do Pará.

Discriminação	Ano 1	Ano 2-3	Ano 4-5	Ano 6-15
Prepara de área	2.900	-	-	-
Roço e limpeza	1.250	-	-	-
Covas e adubação	1.450	-	-	-
Plantio e replantio	200	-	-	-
Tratos culturais	700	900	2.300	3.850
Roço e capina	300	400	450	600
Desbaste/adubação	400	500	650	750
Colheita e debulha	-	-	1.200	2.500
Insumos	3.100	2.500	5.000	6.650
Mudas	1.100	-	-	-
Aubos	1.200	1.300	1.650	2.000
Agrotóxicos	800	1.200	1.500	1.800
Embalagens	-	-	1.850	2.850
Administração	2.370	2.040	2.430	2.750
CO da terra	650	650	650	650
Pró-labore	1.050	1.050	1.050	1.050
Juros (10% CV)	670	340	730	1.050
Custo total	9.070	5.440	9.730	13.250
Receita total	-	-	8.480	20.140
Receita líquida	-9.070	-5.440	-1.250	6.890

Fonte: Adaptado de Nogueira et al. (2005).

O fluxo de caixa do empreendimento açaí, conforme os dados da Tabela 3.16, apresenta estabilidade da produção e custo a partir do ano 6. O valor presente líquido foi de R\$ 7.828,97/ha, ao final dos 15 anos. Como o VPL é positivo, a atividade é viável do ponto de vista econômico. A taxa interna de retorno do empreendimento açaí foi de 15,25% ao ano, superior à taxa de 10% ao ano, o que indica que o investimento feito no açaí gera um retorno líquido de 5,25% ao ano. A relação benefício-custo foi de 1,098, mostrando que para cada R\$ 1,00 investido no açaí, tem-se um retorno bruto de R\$ 1,098 ou R\$ 0,098 líquido. O IRC mostrou que a receita líquida foi 9,78% maior do que os custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois uma $Rb/c > 1$ e um $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e a $TIR > 10\%a.a.$

Portanto, os resultados mostram que o açaí é um empreendimento viável, ao gerar retorno acima do custo de oportunidade de até 5,25% ao ano. Todavia, para a tomada de decisão, é necessário analisar o ambiente de mercado do fruto e da polpa de açaí no Pará e no Brasil. Como o mercado opera em concorrência perfeita, o produtor não tem controle sobre os preços dos insumos e do produto e nem sobre a entrada de mais produtores no mercado. Além disso, a oferta e a demanda do fruto de açaí são inelásticas a preço, o que torna a receita líquida sensível a variações nas quantidades demandadas e ofertadas do produto.

Tabela 3.16. Fluxo de caixa da cultivar do açaí manejado em várzea do Pará.

Ano	CT	RT	RL	FA
A	B	C	D	E
1	9.070	-	-9.070	0,9091
2	5.440	-	-5.440	0,8264
3	5.440	-	-5.440	0,7513
4	9.730	8.480	-1.250	0,6830
5	9.730	8.480	-1.250	0,6209
6	13.250	20.140	6.890	0,5645
7	13.250	20.140	6.890	0,5132
8	13.250	20.140	6.890	0,4665
9	13.250	20.140	6.890	0,4241
10	13.250	20.140	6.890	0,3855
11	13.250	20.140	6.890	0,3505
12	13.250	20.140	6.890	0,3186
13	13.250	20.140	6.890	0,2897
14	13.250	20.140	6.890	0,2633
15	13.250	20.140	6.890	0,2394
Valor Presente Líquido: VPL =			R\$7.828,97	
Valor presente uniforme: VPU =			R\$ 1.029,30	
Taxa Interna de Retorno: TIR =			15,25%	
Relação Benefício-Custo: Rb/c =			1,0978	

Fonte: Elaborado pelo autor. $FA = [1/(1+r)^t]$, $r = 10\%$ a.a.

Estes indicadores do empreendimento açaí tendem a atrair novos investidores, ampliando a demanda por insumos e a oferta de frutos, o que tende a causar elevação nos preços dos insumos e queda nos preços do fruto. Assim, tem-se uma receita líquida menor, dado o aumento no custo e a redução da receita total. Portanto, os indicadores não asseguram, *per si*, que a decisão de investir no açaí terá o êxito esperado.

Com relação à inclusão social da atividade, tem-se que o empreendimento açaí gera um emprego para cada 2,8 ha no local, fato que cria oportunidade de trabalho e renda no campo. Por outro lado, na dimensão ambiental, o uso de insumos químicos retira o rótulo de produto orgânico do açaí e vincula os produtores às regras das empresas de fertilizantes e agrotóxicos. Com isto, os impactos da poluição do solo, água e ar devem ser computados nos orçamentos unitários. Assim, estas externalidades ambientais tendem a alterar a taxa de retorno do empreendimento.

O açaí está incluído na Política de Garantia de Preços Mínimos da Sociobiodiversidade (PGPM-BIO). Esta política visa assegurar ao produtor o pagamento da diferença de preços entre o preço mínimo estabelecido pelo governo e o preço de mercado recebido pelo produtor ou extrativista. O objetivo da política é garantir uma renda mínima aos produtores pela venda dos produtos a preços acima dos custos de produção e do preço de equilíbrio do mercado. No caso do açaí, o preço recebido pelos extrativistas foi R\$ 2,21/kg e o preço mínimo vigente para 2019 foi R\$ 1,29/kg de fruto de açaí. Como o preço mínimo situa-se abaixo do preço de mercado, a PGPM-BIO não funcionou. Não há interesse em comercializar o produto abaixo do custo de produção.

Tomando o preço mínimo R\$ 1,29/kg como referência, o $VPL = - R\$ 21.321,25$, mostrando que as receitas seriam inferiores aos custos. Com isto, a política não cumpriu seu papel de estimular a preservação dos açaizais das várzeas e incluir as famílias por meio da garantia de renda via preços remuneradores. Ao contrário, contribuiu para o manejo e/ou plantio do açaí com uso de adubos químicos e agrotóxicos, bem como para retirar o selo de produto orgânico e social do açaí.

3.4.5 EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA

A produção de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) para fabricar carvão, estacas e mourões para cerca e construções rurais e, principalmente, celulose para a produção de papel e/ou como exportação da *commodity* é, talvez, a atividade madeireira de maior importância para a economia brasileira. Na Amazônia, o eucalipto vem sendo implantado, em larga escala, na confluência dos estados do Pará, Maranhão e Tocantins, como reflorestamento para suprir de madeira a indústria de carvão certificado

e atender a demanda das indústrias de ferro gusa e aço. Além disso, oferta matéria-prima para as empresas de celulose e/ou de placas de madeira com média densidade (MDF), compensados etc.

Os imóveis rurais do estado do Pará, em mais de 60%, apresentam passivo ambiental por causa do desmatamento acima de 20% no bioma Amazônia, para implantar atividades agropecuárias com baixa produtividade. Neste ponto, o eucalipto representa-se como uma alternativa rentável e com potencial para estruturar a cadeia de valor de celulose e papel na Amazônia e criar divisas por meio das exportações para o mercado asiático, principalmente da China e Japão. Além disso, pode compor sistemas integrados com a pecuária de cria e/ou engorda e recuperar áreas degradadas.

Nesta perspectiva, apresenta-se a análise de um empreendimento de eucalipto com apenas um ciclo de corte no ano 6 e um orçamento para uma exploração com dois cortes na lista de exercícios de aprendizagem. O orçamento e fluxo de caixa para a análise econômica do eucalipto foi estruturado, considerando apenas um corte, por meio da taxa interna de retorno, valor presente líquido e relação benefício-custo (Tabela 3.17).

Tabela 3.17. Orçamento unitário para o cultivo de um hectare de eucalipto.

Descrição	Ano 0	Anos 1-5	Ano 6
Operações técnicas	2.018,01	462,09	1.845,15
Preparo do solo	591,09	-	-
Adubação	450,96	105,29	-
Plantio e replantio	571,78	-	-
Tratos culturais	404,18	356,80	-
Colheita	-	-	1.845,15
Insumos variáveis	1.590,30	355,35	-
Fertilizantes	475,60	229,95	-
Agrotóxicos	349,70	125,40	-
Mudas	765,00	-	-
Administração	342,96	342,96	577,43
Mão de obra produtor	50,00	50,00	50,00
Assistência técnica	25,46	25,46	25,46
Conservação/depreciação	17,50	17,50	17,50
CO da terra	250,00	250,00	250,00
Impostos e taxas	-	-	234,47
Pós-colheita	0,00	0,00	545,20
Transporte	-	-	545,20
Custo total	3.946,27	1.155,4	2.962,78
Receita total	-	-	18.000,00
Receita líquida	-3.946,27	-1.155,4	15.037,22

Fonte: Adaptado de Agriannual, 2019.

O sistema apresenta produtividade de 300 m³/ha de madeira aos seis anos de idade e com o preço da madeira em pé igual a R\$ 60,00/m³. O espaçamento da lavoura é de 3x2m e densidade de 1.660 pés/ha. As operações técnicas utilizam 78 dias-homem e sete horas de trator, conforme descrito no Agrianual (2019), para a região de referência de Minas Gerais (Tabela 3.17).

Em geral, o sistema é implantado para a exploração de dois ciclos de corte. Optamos por analisar a viabilidade de um ciclo de corte para mostrar o potencial da lavoura para competir com soja ou pecuária em áreas arrendadas, em curto prazo. O orçamento de um sistema com dois ciclos de corte, na área de referência do estado do Pará, foi disponibilizado para exercício de aprendizagem.

A característica deste empreendimento é o longo período para se obter receita, o que exige do gestor um planejamento com seis talhões a serem plantados em anos diferentes para tornar anual o fluxo de receita. Até o quinto ano, a receita líquida é negativa, o que é uma característica dos sistemas de produção florestal.

O fluxo de caixa do sistema de produção de eucalipto, gerado a partir das últimas três linhas da Tabela 3.17, é apresentado na Tabela 3.18. Os resultados mostram que, ao final do sexto ano, o sistema apresentou viabilidade econômica.

Tabela 3.18. Receitas e custos da produção de eucalipto.

Ano	CT	RT	RL	FA
0	3.946,27	-	-3.946,27	1,0000
1	1.155,40	-	-1.155,40	0,9091
2	1.155,40	-	-1.155,40	0,8264
3	1.155,40	-	-1.155,40	0,7513
4	1.155,40	-	-1.155,40	0,6830
5	1.155,40	-	-1.155,40	0,6209
6	2.962,78	R\$18.000,00	15.037,22	0,5645
Valor Presente Líquido:			VPL = R\$ 161,97	
Valor presente uniforme:			VPU = R\$ 37,19	
Taxa Interna de Retorno:			TIR = 10,47% a.a.	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c = 1,016	

Fonte: Elaborado pelo autor. FA = $[1/(1+r)^t]$, r = 10% a.a.

O valor presente líquido foi de R\$ 161,97/ha, atestando a viabilidade do empreendimento. A taxa interna de retorno do eucalipto foi de 10,47% ao ano, superior à taxa de 10% ao ano, indicando que a

atividade gera um retorno líquido de 0,47% ao ano, superior ao custo de oportunidade dos recursos aplicados na produção (Tabela 3.18). A relação benefício-custo foi de 1,016, mostrando que para cada R\$ 1,00 investido, tem-se um retorno bruto de R\$ 1,016 ou R\$ 0,016 líquido. O *IRC* indicou que a receita líquida foi 1,6% maior do que os custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois uma $Rb/c > 1$ e um $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e a $TIR > 10\%a.a.$

No sistema de produção foram incluídos no fluxo de caixa, os custos implícitos da terra e da remuneração do produtor para avaliar a capacidade real de retorno da produção. A análise incluindo apenas os custos explícitos, comum na maioria dos casos, a atividade geraria um *VPL* de R\$ 1.741,78/ha e uma *TIR* de 15,34% ao ano, criando um viés que poderia conduzir o gestor a erro nas decisões.

No que se refere à inclusão social, a atividade apresenta boa capacidade de ocupação de mão de obra local, sendo necessários 3,6 ha para gerar um emprego. Também é uma atividade considerada de baixo carbono, por contribuir para reduzir parcela dos gases de efeito estufa do ar. Estes pontos estão alinhados aos objetivos do desenvolvimento sustentável.

3.4.6 EFICIÊNCIA DE SAF IRRIGADO

No bioma Amazônia, os sistemas agroflorestais apresentam resultados econômicos, sociais e ambientais superiores aos sistemas de lavouras em monocultivo (SANTANA; TOURINHO, 1998; SANGUINO et al., 2007; VARELA; SANTANA, 2009). O Sistema Agroflorestal (SAF) analisado aqui usa irrigação por gotejamento e é representativo da diversidade de sistemas agrícolas que combinam duas ou mais culturas em uma mesma área, no estado do Pará. Trata-se de um SAF com três lavouras permanentes (açai, cacau e pimenta-do-reino) e uma essência florestal (mogno africano), ou seja, contempla quatro cadeias de valor inclusivas e sustentáveis.

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), oriunda da Ásia e implantada no Pará em 1933 pelos imigrantes japoneses, em função da incidência da doença fusariose, tem o ciclo de produção de apenas seis anos. Até as décadas de 1960/70, o ciclo da pimenta era de 15 a 20 anos, mas foi reduzido para seis, por falta de solução para essa doença. Como tem mercado amplo (nacional e internacional) e tecnologia de produção dominada por agricultores familiares, preço evoluindo em ciclos de 10 anos, a pimenta apresenta retorno econômico, alta ocupação sazonal de mão de obra e contribui para viabilizar o açai e o cacau que demoram a entrar em produção e alcançar a estabilidade do ciclo econômico.

O cacau, originário da Amazônia, sempre foi cultivado em SAF, na clássica combinação banana, cacau e floresta. Também é um produto típico da agricultura familiar da Amazônia, tem mercado amplo e

forte ocupação de mão de obra local e retorno econômico pelos bons preços de mercado da amêndoa de cacau.

O açaí, que era um produto típico do extrativismo de várzea na Amazônia, a partir de 2015 foi enquadrado como lavoura permanente pelo IBGE, dada a expansão da área cultivada em terra firme com irrigação e/ou em áreas manejadas de várzeas. Estas áreas estão em franca expansão no estado do Pará, dadas as condições de clima e solo, baixo impacto ambiental, inclusão de mão de obra local e, principalmente, os preços de mercado do fruto do açaí em evolução contínua nos últimos 20 anos. O mogno (*Khaya grandifoliola*), por sua vez, tem mercado amplo nacional e internacional e, com 20 anos, pode ser cortado e a madeira comercializada. Este sistema agroflorestal permite ocupar mão de obra rural o ano inteiro e gerar um fluxo de produção e comercialização também distribuído ao longo do ano, com baixo impacto ao meio ambiente, o que contribui para a sustentabilidade bioeconômica do sistema.

O açaí, com valor da produção de R\$ 3,15 bilhões e o cacau com R\$ 1,05 bilhão em 2018, passaram a ser a primeira e a segunda lavouras permanentes de maior importância econômica (IBGE, 2020). A pimenta-do-reino, por sua vez, gerou R\$ 238,72 milhões.

O período de safra e safrinha destas lavouras é distribuído ao longo do ano da seguinte forma: açaí – julho a dezembro; cacau - agosto a março; pimenta – junho a novembro. Assim, a ocupação de mão de obra ocorre ao longo de todos os meses do ano, em função dos tratamentos culturais, adubação, colheita e beneficiamento que forma a demanda por trabalho local.

A tecnologia de produção foi elaborada a partir de informações obtidas junto a técnicos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e de pesquisa de campo junto a produtores da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA). O caso analisado se refere a uma unidade de produção do município de Tomé-Açu, localizada na mesorregião Nordeste Paraense, estado do Pará. No momento da obtenção dos dados, o SAF estava no quinto ano de implantação. Os dados de produtividade das lavouras e o uso de mão de obra local são apresentados na (Tabela 3.19).

Tabela 3.19. Produtividade das lavouras incluídas no SAF e uso de mão de obra (dh).

Anos	Produtividade (kg/ha)			Trabalho dh
	Açaí	Cacau	Pimenta	
Ano 0	-	-	-	151
Ano 1	-	-	400	49
Ano 2	-	-	800	37
Ano 3	1.430	495	2.500	47
Ano 4	3.575	668	5.030	93
Ano 5	5.434	835	5.030	96
Ano 6	6.578	1.002	5.030	124
Ano 7	7.150	1.503	-	110
Ano 8-20	7.579	1.587	-	133

Fonte: Pesquisa de campo.

alcançar esta produtividade, foram plantados 1.665 pés/ha de pimenta (espaçamento: 2,0mx3,0m), 825 pés/ha de cacau (espaçamento: 3,0mx4,0m), 286 pés/ha de açaí (espaçamento: 5,0mx7,0m) e 35 pés/ha de mogno africano (espaçamento: 15,0mx15,0m). Os preços recebidos pelos produtores são: R\$ 2,25/kg, R\$ 6,20/kg e R\$ 10,50/kg, respectivamente, para o açaí, pimenta-do-reino e cacau. O preço de uma árvore de mogno em pé, no ano 20, foi estimado em R\$ 1.347,50. Os preços foram considerados no ano da pesquisa de campo e foram mantidos constantes para todo o ciclo do SAF.

A vantagem comparativa da eficiência bioeconômica do SAF é que a produção inicia no ano 1 e se estende até o ano 20. Este fato torna o negócio mais estável em relação ao açaí, cacau ou a pimenta-do-reino cultivados em monocultivo. Na eficiência social, tem-se grande demanda de mão de obra local para as atividades de colheita e tratamentos culturais do SAF bem distribuídas ao longo do ano. A partir da estabilização do sistema, que ocorre no ano 8, necessita-se de 113 dh por ha ao ano, o equivalente a 2,1 ha para cada um emprego permanente gerado. Na eficiência ambiental, o SAF contribui para a regularização do clima, da ciclagem de nutrientes do solo, da redução da erosão e interação com a biodiversidade. Com isto, necessita-se de menos uso de insumos químicos e mecanização, além de tornar o fluxo de renda adequadamente distribuído ao longo do ano.

Desta forma, o SAF (açaí, cacau, pimenta-do-reino e mogno) contempla três cadeias de valor agrícolas inclusivas e sustentáveis e mais cadeia florestal do mogno. Assim, empreendimento SAF apresenta forte integração das dimensões econômica (receita líquida, imposto e taxas), social (ocupação de mão

de obra local, salários e meios de sobrevivência) e ambiental (regulação de CO₂, chuvas, controle de erosão do solo, maior fertilidade do solo, preservação da biodiversidade e baixo uso de agrotóxicos)

A tecnologia de produção do SAF inclui os seguintes itens: operações técnicas (preparo da área mecanizada e manual, mudas, coveamento, adubação, plantio e replantio, sombreamento definitivo, sistema de irrigação, por gotejamento, tratamentos culturais, colheita e beneficiamento), sendo todas as operações manuais; insumos variáveis (adubo, agrotóxicos, ferramentas); custos fixos (custo de oportunidade da terra, da água e dos serviços ecossistêmicos, custos implícitos do capital próprio, pró-labore do produtor, depreciação, assistência técnica, impostos e taxas).

Os custos de oportunidade da terra, água e serviços ecossistêmicos foram estimados da seguinte forma: o custo da terra tomou-se o valor estimado do arrendamento aplicando uma taxa de 10% sobre o preço da terra, valor compatível com a média do valor presente líquido anual das atividades rurais praticadas na região; o custo da água foi estimado com base no valor da tarifa média de água potável utilizada no abastecimento urbano e no custo da água obtida de poços para o provimento de água para uso na irrigação e no abastecimento de fazendas do Nordeste Paraense; o custo do serviço ecossistêmico foi estimado a partir do estudo de valoração de ativos naturais e serviços ecossistêmicos realizado em Tomé-Açu por Oliveira et al. (2020).

O esforço em incorporar os custos de oportunidade desses ativos naturais é um diferencial nas análises de viabilidade, que ainda consideram tais ativos como bens livres. Com isto, os custos das atividades se tornam subestimados e tentem a gerar uma produção em quantidade superior à que deveria ser produzida do ponto de vista da eficiência socioeconômica e ambiental. O resultado se revela na erosão do solo, poluição da água e desmatamento e queima das florestas, gerando externalidades negativas para a sociedade.

O orçamento unitário com os coeficientes técnicos e os valores dos insumos e produtos formam as contas de custos e receitas do fluxo de caixa do SAF utilizado na análise benefício-custo (Tabela 3.20). Os preços dos produtos e dos insumos devem ser considerados em nível de fazenda, respectivamente nos períodos de safra e de entressafra, dado que refletem valor em função da concorrência competitiva dos mercados de produtos e de insumos. Os preços recebidos pelos produtores pela venda dos produtos geram a receita total e foram considerados a média dos preços praticados na época do pico de safra em nível de fazenda. Os preços pagos pelos produtores pelos insumos geram o custo total de produção, que é definido na entressafra.

A implantação do SAF, incluindo o plantio das lavouras e árvores, conforme Tabela 3.20, foi realizada no ano zero. A produção inicia a partir do ano 1, com a pimenta-do-reino. Os valores de produção,

custos e receitas para os anos (1-3 e 4-7) são a média de cada período. As receitas dos anos 1-3 não foram suficientes para cobrir os custos. Portanto, o SAF apresenta saldo negativo, que deve ser compensado nos anos futuros de produção. O resultado é positivo do ano 4 até o ano 20. O fluxo de receita total gerada pelo SAF foi suficiente para cobrir os custos fixos e variáveis atualizados, o que assegura viabilidade bioeconômica e social.

Tabela 3.20. Orçamento unitário para implantação de um ha de SAF (pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno) irrigado, mesorregião Nordeste Paraense, Pará.

Discriminação	Unid.	V.U.	Ano 0	Anos 1-3	Anos 4-7	Anos 8-20
Implantação do SAF	R\$/ha	-	49.961,00	-	-	-
Preparo da área	R\$/ha	-	25.210,00	-	-	-
Limpeza de área	hm	120,00	1.440,00	-	-	-
Calagem	hm	120,00	120,00	-	-	-
Piqueteamento	dh	50,00	300,00	-	-	-
Fincamento de tutores	dh	125,00	2.500,00	-	-	-
Plantio de pimenta	dh	50,00	850,00	-	-	-
Plantio de cacau	dh	50,00	750,00	-	-	-
Plantio de açaí	dh	50,00	750,00	-	-	-
Sistema de irrigação	um	18.500,00	18.500,00	-	-	-
Tratos culturais e colheita	R\$/ha	-	2.250,00	2.218,33	5.287,50	6.650,00
Capina química	dh	50,00	600,00	500,00	250,00	250,00
Coroamento manual	dh	50,00	400,00	166,67	-	-
Adubação	dh	50,00	150,00	150,00	150,00	200,00
Amarração da pimenta	dh	50,00	450,00	150,00	-	-
Poda do cacau	dh	50,00	-	233,33	475,00	500,00
Cobertura morta	dh	50,00	500,00	166,67	150,00	500,00
Controle de pragas	dh	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Replanteio	dh	50,00	50,00	35,00	-	-
Calagem	dh	50,00	-	100,00	100,00	100,00
Colheita da pimenta	dh	50,00	-	416,67	875,00	-
Colheita do cacau	dh	50,00	-	200,00	1.150,00	1.500,00
Colheita do açaí	dh	50,00	-	0,00	2.037,50	3.500,00
Insumos e materiais	R\$/ha		22.501,00	4.501,00	6.634,00	6.704,00
Fertilizantes (NPK)	t	2,60	975,00	2.600,00	4.370,00	4.420,00
Calcário dolomítico	t	220,00	220,00	110,00	110,00	110,00
Adubo orgânico	t	0,60	2.250,00	1.350,00	1.350,00	1.350,00
Mudas de pimenta	uma	2,50	4.350,00	-	-	-
Mudas de cacau	uma	1,50	1.275,00	-	-	-
Mudas de açaí	uma	1,50	435,00	-	-	-
Mudas de mogno	uma	15,00	570,00	-	-	-
Tutor de pimenta	um	7,00	11.725,00	-	-	-
Fio Preto	kg	38,00	190,00	-	-	-
Sacaria	um	2,00	-	55,00	418,00	438,00
Enxada e terçado	um	25,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Pulverizador costal	um	250,00	250,00	125,00	125,00	125,00
Fungicidas	litro	56,0	56,00	56,00	56,00	56,00

Inseticida	litro	150,0	75,00	75,00	75,00	75,00
Herbicida	litro	45,0	65,00	65,00	65,00	65,00
Custos fixos	R\$/ha	-	9.769,35	9.945,00	10.591,91	10.428,57
Pró-labore ao produtor	R\$/ha	522,5	522,5	522,50	522,50	522,5
Assistência técnica	R\$/ha	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Contabilidade	R\$/ha	165,00	175,00	175,00	175,00	175,00
Depreciação/manutenção	R\$/ha	34,30	1.295,00	1.295,00	1.295,00	1.295,00
Juros s/capital próprio	R\$/ha	4.996,10	4.996,10	4.996,10	4.996,10	4.996,10
CO Terra	R\$/ha	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
CO Água	R\$/ha	975,00	975,00	975,00	975,00	975,00
CO Serviço Ecosistêmico	R\$/ha	736,75	736,75	736,75	736,75	736,75
Energia	R\$/ha	265,00	265,00	265,00	265,00	265,00
Impostos e taxas	R\$/ha	1,8%RT	54,00	167,99	796,56	633,22
Outros custos fixos	R\$/ha	-	-	61,67	80,00	80,00
Custo Total - CT	R\$/ha	-	59.730,35	16.664,34	22.513,41	23.782,57
Receita Total - RT	R\$/ha	-		10.451,67	46.700,06	33.711,00
Receita Líquida - RL	R\$/ha	-	-59.730,35	-6.212,67	24.186,65	9.928,43

Fonte: CEPLAC e pesquisa de campo. Os valores dos anos 1-3 e 4-7 são médias dos custos e receitas.

V. U. = valor unitário.

A formação do preço desses produtos é influenciada pela atuação de atravessadores e de grandes empresas que compram o produto e determinam as cotações locais e internacionais. Os preços do açaí e do cacau recebidos pelos produtores continuam com a mesma tendência de alta dos últimos cinco anos. As demandas nacional e internacional pelos produtos estão mais altas do que as ofertas, estimulando o incremento da produção. O preço da pimenta-do-reino, por sua vez, encontra-se no vale do ciclo de 10 anos, que deve iniciar trajetória de aumento por cinco ou seis anos. Assim, o produtor toma os preços locais e internacionais como sinalizadores para suas decisões de usar boas práticas de produção e melhorar a qualidade do produto. As informações de preços são obtidas dos atravessadores, agentes de comercialização de empresas e cooperativas e que atuam no mercado local.

Nesta condição de preço dado pelo mercado, a receita total é influenciada pela demanda das empresas que estabelecem níveis de qualidade e preço, a ação do produtor torna-se limitada. Neste caso, a saída para o produtor está no aumento da produtividade, qualidade e na diversificação dos produtos, que definem a receita total, assim como na organização social dos empreendedores de SAF para reduzir o custo, diferenciar e aumentar a escala de produção e o poder de negociação com os agentes que operam nos mercados local, nacional e internacional.

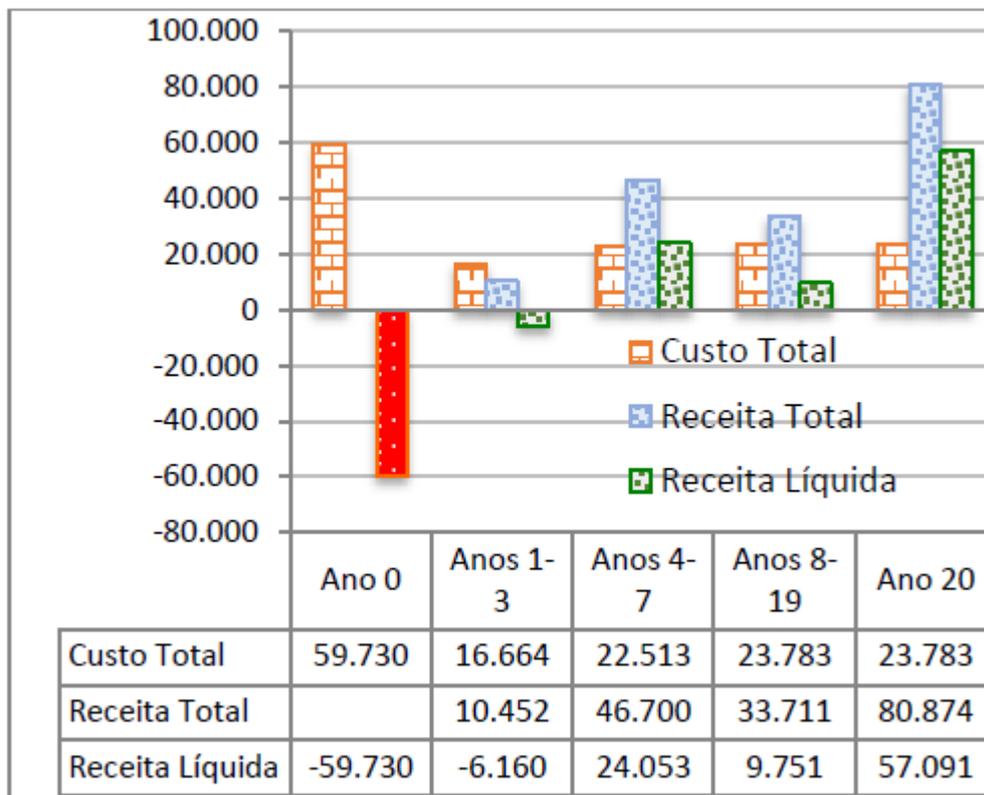
As ofertas de açaí, cacau e pimenta-do-reino são inelásticas a preço. Assim, pequenas alterações nas quantidades podem causar grandes variações na receita desses produtos. Com efeito, o salário rural, dada a grande dependência no uso de mão de obra, que representa 55,80% dos custos totais de produção, deve ser uma das variáveis a ser monitorada. Uma elevação do salário rural, pressionado pela demanda por mão de obra eleva o custo e produz queda na oferta pela redução na produtividade e/ou quebra dos produtores menos eficientes. Com isto, a rentabilidade do SAF é influenciada. Por outro lado, o cacau e a pimenta-do-reino podem ser armazenados por três a quatro meses, o que deve ser adotado como estratégia para enfrentar o risco de preços e de custos sazonais e minimizar seus efeitos sobre a receita líquida do SAF.

O diferencial da análise bioeconômica está na inclusão do custo de oportunidade total do SAF, que envolve serviços ecossistêmicos produzidos pelos ativos naturais terra, água e floresta. O custo de oportunidade dos serviços ecossistêmicos, estimado a partir da disposição a pagar, para que os produtores continuem a cultivar a terra com sistemas agroflorestais, na percepção da sociedade, representou 3,10% dos custos totais e 7,06% dos custos fixos. O custo de oportunidade da água utilizada na irrigação foi de 4,10% dos custos totais e 9,35% dos custos fixos. Adicionalmente, o custo da fertilidade do solo foi de 2,73% dos custos totais. Em conjunto, os ativos naturais representam 9,93% dos custos totais e 22,65% dos custos fixos do SAF. Estes valores são gerados pelos ativos naturais e devem ser apropriados pelos produtores que os utilizam de forma sustentável. O valor total é R\$ 2.361,75/ha e se não for remunerado, vira um passivo ambiental irrecuperável. Esta é a base do processo de degradação dos ativos naturais pelos empreendimentos agropecuários e florestais. Portanto, a análise de eficiência bioeconômica pode fazer a diferença para a competitividade sistêmica dos empreendimentos rurais.

Nas análises tradicionais, também ficam de fora do orçamento unitário os custos implícitos do capital próprio investido e do trabalho do produtor como gestor que, neste SAF, representam 23,20% dos custos totais e 52,92% dos custos fixos. Assim, a análise de eficiência bioeconômica torna o retorno de investimentos realizados nos sistemas de agricultura e pecuária de baixo carbono mais atrativos do que nas atividades tradicionais de monocultivo com lavouras e pecuária extensiva, por apresentarem passivos ambientais altos em todos os elos das cadeias de valor. Isto quer dizer, que a análise privada de viabilidade e/ou eficiência leva a uma superexploração dos recursos naturais, tendo os programas de fomento ao crédito como agentes da degradação ambiental.

Na Figura 3.9, apresenta-se o fluxo de caixa do SAF, mostrando o comportamento das receitas, custos e receita líquida ao longo de 20 anos. Para os anos 1-3, 4-7 e 8-19 calculou-se a média para os valores. No ano 20, incluiu-se a receita do mogno.

Figura 3.9. Fluxo de caixa do SAF irrigado, composto por açaí, cacau, pimenta-do-reino e mogno africano.



Fonte: dados de pesquisa.

O ano zero representa a implantação do SAF, logo como não se tem produção, apenas os custos são computados, o que gera uma receita líquida negativa de mesma magnitude. Nos anos 1-3, o SAF não gerou receita suficiente para cobrir os custos, por isso a receita líquida foi negativa. No ano 20, a receita líquida é diferente porque foi incorporado o valor das árvores em pé.

Os custos e receitas são constantes a partir do ano 8, em função da estabilização da produção de açaí e cacau no sistema estudado. Ao se aplicar a atualização pela taxa de juros, os valores de CT, RT e RL se tornam diferentes, dado que o poder de compra diminui ao longo do tempo. Para obter o VPL, basta multiplicar a RL pelo fator de atualização FA, para o custo de oportunidade igual a $r = 10\%$ ao ano.

O VPL é calculado a partir da somatória do produto da RL (coluna D) pelo FA (coluna E) da Tabela 3.21, como a seguir:

$$VPL = -59.079,15 \times 1,0000 + \dots + 57.090,93 \times 0,1486 = R\$ 25.622,77/\text{ha}.$$

O mesmo procedimento pode ser aplicado no cálculo da Rb/c , atualizando a RT (coluna B vezes coluna E) e o CT (coluna C vezes coluna E) para depois obter a Rb/c , como a seguir:

$$RTA = RT_0 \times FA_0 + \dots + RT_{20} \times FA_{20} = R\$ 267.102,95$$

$$CTA = CT_0 \times FA_0 + \dots + CT_{20} \times FA_{20} = R\$ 241.480,18$$

$$Rb/c = RTA / CTA = 1,1061$$

Para gerar os resultados do VPL e da TIR por meio da ferramenta do Excel, aplicam-se as fórmulas a seguir:

$$VPL := VPL(\text{taxa}; \text{valores}); VPL(0,10; D1:D20) + D0$$

$$VPU := PGTO(\text{taxa}; \text{anos}; -VPL) = PGTO(0,10; 20; -E21)$$

$$TIR := TIR(\text{valores}; \text{taxa}); = TIR(D0:D20; 0,10)$$

O VPL estimado foi de R\$ 25.622,77/ha em valores do ano zero da implantação do SAF (Tabela 3.21). Isto significa que após 20 anos, o sistema gerou um VPU médio anual de R\$ 3.009,64/ha. Estes valores positivos indicam que a atividade é viável do ponto de vista econômico, considerando o custo de oportunidade dos recursos aplicados de 10% ao ano, com $RT > CT$, desde que as condições de clima, mercado e preço permaneçam iguais.

A TIR foi de 14,005% ao ano (Tabela 3.21). Esta taxa indica o retorno máximo ao investimento aplicado no SAF. Esta é a taxa que torna o $VPL = 0$ e a $RTA = CTA$. Como a TIR foi maior do que a taxa de juros de 10% ao ano, que foi utilizada na atualização do fluxo de caixa, o SAF gerou receita total suficiente para cobrir o custo total e um retorno adicional de 4,005% ao ano. Isto quer dizer que o SAF é economicamente viável.

A $Rb/c = 1,1061$ apresentou um valor maior do que 1, mostrando que a RT atualizada superou o CT atualizado à taxa de 10% ao ano. Este valor significa que para cada R\$ 1,00 aplicado no SAF, ao final de 20 anos, gera-se um retorno bruto de R\$ 1,108, ou R\$ 0,1061 líquido, para cada Real aplicado. O IRC foi de 10,61%, indicando que o VPL foi 10,61% superior aos custos. O resultado está coerente com os demais critérios, pois a $Rb/c > 1$ e o $IRC > 0$ indicam que o $VPL > 0$ e a $TIR > 10\% \text{a.a.}$

Tabela 3.21. Custos e receitas de implantação de um hectare de SAF (pimenta-do-reino, cacau, açaí e mogno) em terra firme e irrigado, estado do Pará.

Ano	CT	RT	RL	FA
A	B	C	D	E
0	59.730,35	-	-59.730,35	1,0000
1	16.664,34	10.451,67	-6.212,67	0,9091
2	16.664,34	10.451,67	-6.212,67	0,8264
3	16.664,34	10.451,67	-6.212,67	0,7513
4	22.513,41	46.700,06	24.186,65	0,6830
5	22.513,41	46.700,06	24.186,65	0,6209
6	22.513,41	46.700,06	24.186,65	0,5645
7	22.513,41	46.700,06	24.186,65	0,5132
8	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,4665
9	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,4241
10	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,3855
11	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,3505
12	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,3186
13	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,2897
14	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,2633
15	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,2394
16	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,2176
17	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,1978
18	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,1799
19	23.782,57	33.711,00	9.928,43	0,1635
20	23.782,57	80.873,50	57.090,93	0,1486
Valor presente líquido: VPL =			R\$ 25.622,77	
Valor presente uniforme: VPU =			R\$ 3.009,64	
Taxa interna de retorno: TIR =			14,005%	
Relação benefício-custo: R_{b/c} =			1,1061	

Fonte: Elaboração própria. No ano 20, adicionou-se a receita de R\$ 47.162,50 (R\$ 1.347,50x35 árvores), relativa ao mogno.

Com relação à ocupação de mão de obra, tem-se que são necessários 2,1 ha de SAF para gerar um emprego. Um emprego equivale a um homem trabalhando 280 dias ao ano no SAF, o que caracteriza

o sistema como de alto potencial para ocupar a mão de obra local nas atividades de tratamentos culturais e colheita dos produtos. Este resultado indica que o SAF é duas vezes mais intensivo em ocupação de mão de obra do que o cacau em consórcio com floresta e 1,4 vez superior ao açaí e ao café em monocultura.

Atualmente, a oferta de mão de obra na área de estudo é escassa, fato que pode viabilizar a produção em parceria, em que o dono do SAF oferece uma parcela da produção de açaí e cacau para que outras famílias cuidem das atividades culturais e de colheita da produção. Esta prática tem um forte impacto de inclusão social dado que cada unidade de produção desse SAF pode beneficiar sazonalmente cerca de 130 famílias rurais. Este número de famílias é bastante para iniciar uma organização social para verticalizar a produção por meio da escala e beneficiamento da produção.

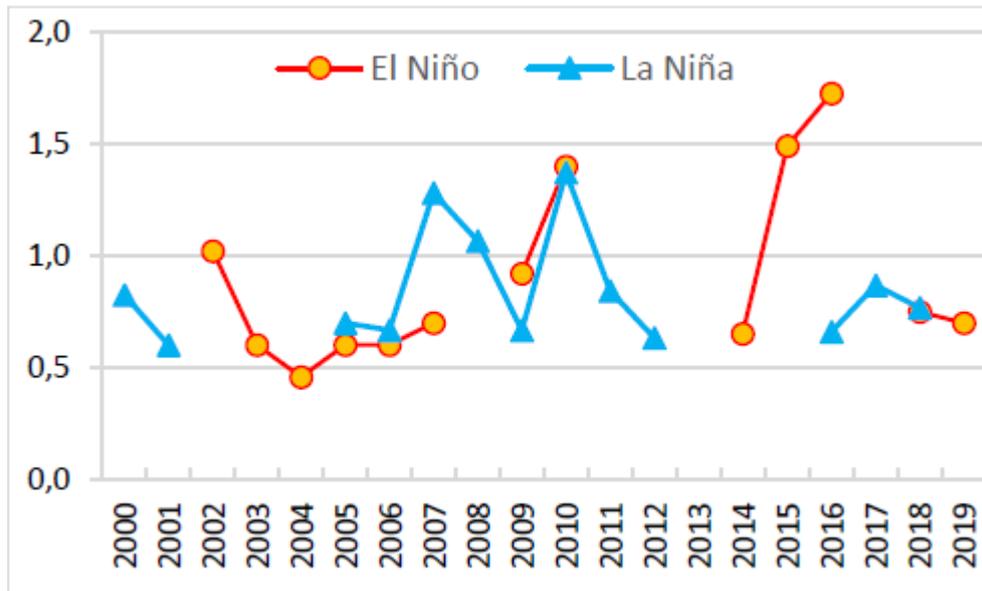
A distribuição de chuvas afeta a produção do SAF e, por sua vez, a estabilidade da receita líquida dos produtores da região, conforme Santana et al. (2015). O excesso ou escassez de chuvas nas fases críticas do ciclo de produção como a floração e formação dos frutos, pode causar forte queda na produtividade. Este **risco climático** deve ser levado em conta, uma vez que a redução da produtividade em um ano tende a se prolongar por dois ou mais anos, o que torna difícil e demorada a recuperação do prejuízo causado pela mudança no clima.

O valor dos danos causados pelo risco da escassez ou excesso de chuvas, em geral, não é incorporado aos custos de produção pelos gestores locais, por falta de conhecimentos técnicos e de orientação sobre o seguro agrícola para a proteção contra os danos produzidos pelas mudanças no clima. Estas mudanças, na Amazônia, são geradas e agravadas pelo fenômeno ENOS, referente aos casos em que o oceano Pacífico Equatorial fica mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média do período histórico. O El Niño produz escassez de chuvas e agrava a seca e a La Niña provoca aumento das chuvas e cheias. A frequência destes fenômenos, dependendo da intensidade, causa prejuízo aos produtores por impactar na rentabilidade das atividades agrícolas, extrativistas, florestais, pecuárias e da pesca e aquicultura.

A ocorrência dos eventos El Niño e La Niña ao longo do período de 2000 a 2019, apresentou o seguinte comportamento (Figura 3.10), conforme dados da NWS/CPC (2020). A escala de intensidade para a influência desses eventos é: fraca – 0,5 a 0,9; moderada – 1,0 a 1,4; forte – maior ou igual a 1,5. Os níveis de intensidades moderadas e fortes estão relacionados às cheias dos rios, no caso da La Niña e a secas severas, no caso do El Niño. No primeiro caso, o efeito sobre as lavouras ocorre com a proliferação de doenças, encharcamento dos solos e diminuição da produtividade. No segundo caso,

o período de seca além de se agravar entra no período das chuvas, propiciando a incidência de pragas, redução da floração e formação de frutos que culmina em redução da produtividade.

Figura 3.10. Frequência e intensidade dos eventos El Niño e La Niña no período 2000 a 2019.



Fonte: Elaborado a partir dos dados da NWS/CPC (2020).

Na Figura 3.10, o El Niño forte ocorreu nos anos de 2015 e 2016 e moderado nos anos de 2002 e 2010. A La Niña moderada ocorreu nos anos de 2007, 2008 e 2010. No restante do período a intensidade foi fraca.

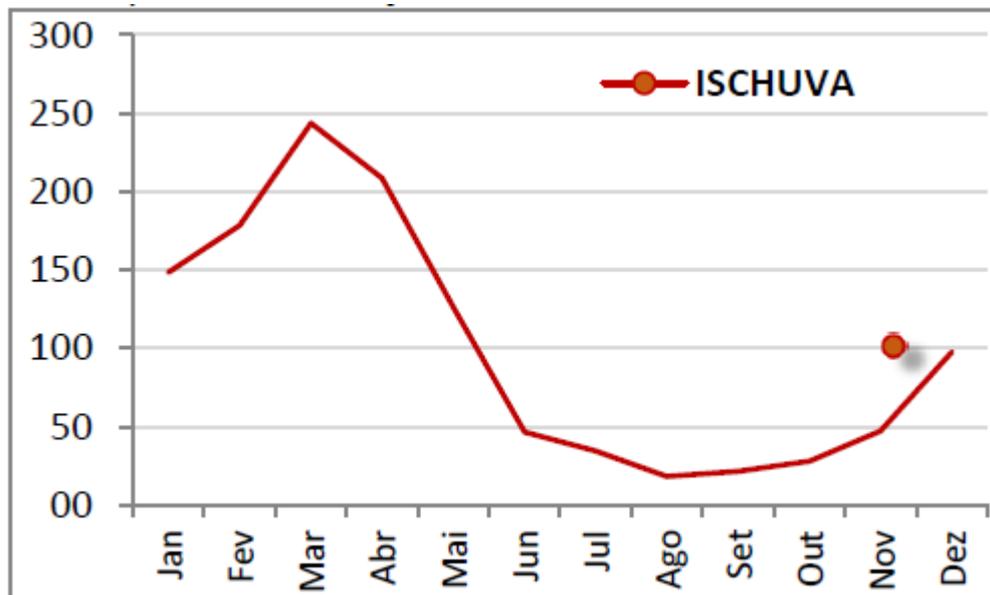
Estes efeitos se traduzem em maior ou menor intensidade da sazonalidade da distribuição das chuvas no estado do Pará. Seus efeitos são diferenciados entre os municípios dos estados da Amazônia, dependendo das condições dos solos e da rede de rios e igarapés.

A distribuição sazonal das chuvas ao longo do ano em Tomé-Açu, com base em dados da ANA (2020), referente ao período de 1980 a 2019, tem o comportamento apresentado na Figura 3.11. O nível de chuvas igual ao índice 100, correspondente a média mensal de 188 mm, representa a distribuição regular das precipitações ao longo do ano. Valores acima do índice sazonal 100, indicam o período de concentração de chuvas e que podem representar excessos prejudiciais às lavouras. Por sua vez, valores do índice sazonal abaixo de 100 revela o período de seca ou de escassez de água disponível para as plantas. Assim, no período de janeiro a maio, tem-se o período das chuvas e de junho a dezembro o período de seca.

No chamado inverno, período das chuvas, os meses de março e abril concentram os maiores níveis pluviométricos, com valores médios de 30 anos mais que o dobro da média. Quando este período coincide com a La Niña, as precipitações podem alcançar níveis acima de 650 mm por mês, causando

inundações e alagamentos que deixam os solos encharcados e prejudicam as lavouras. A safra do cacau ocorre neste período, com risco para o desenvolvimento da safra.

Figura 3.11. Distribuição sazonal das chuvas no município de Tomé-Açu, 1980/2019.



Fonte: Elaborado a partir de dados da ANA (2020).

No período da seca, os meses de julho a outubro, com precipitação média mensal em 30 anos abaixo de 60 mm, exige a complementação de água por meio de irrigação, sobretudo nos cultivos em terra firme. Quando ocorre o El Niño, a escassez de chuva se agrava, pois nos meses de agosto e setembro, as precipitações médias caem abaixo de 40 mm por mês e o período de seca se prolonga para o período do inverno. As safras de açaí e pimenta-do-reino ocorrem nestes meses, o que necessitam de irrigação. Nos últimos 20 anos, o fenômeno ENOS gerou dois períodos com efeitos graves de escassez de chuvas: um com dois anos de duração e o outro com três anos. Nos demais períodos a incidência do fenômeno não afetou as atividades agrícolas na área de estudo. Se ao longo do ciclo econômico do SAF ocorrer um impacto severo com duração de dois anos, ou se as mesmas condições ocorridas no período passado se reproduzam, podemos avaliar o impacto nos indicadores de viabilidade.

Para estimar o impacto do risco climático na receita líquida, causado por excesso ou escassez de chuvas, vamos admitir que o efeito da chuva seja igual para a produção do SAF, dado que o excesso ou a escassez de chuvas afeta simultaneamente de ambas as lavouras no período de dois anos, e gerou queda de 25% no ano 5 e de 10% no ano 6. A causa do risco é a má distribuição das chuvas no período de floração e formação dos frutos. Qual o impacto da mudança no clima sobre o *VPL*, *TIR* e *Rb/c*?

Este é apenas um exemplo, mas o fenômeno ENOS influenciou a produção, produzindo escassez e excesso de chuvas na Amazônia e com efeitos prolongados com grande frequência. A quebra de safra,

provocada pela escassez e/ou excesso de chuvas, causa uma diminuição no *VPL* de R\$ ha para R\$ 15.737,41/ha (R\$ 9.885,36/ha a menos), na *TIR* de 14,005% para 12,414% ao ano (redução de 1,591% ao ano) e na *Rb/c* de 1,1061 para 1,0652. A influência da mudança na distribuição das chuvas tende a gerar forte queda no desempenho do SAF. Na situação posta, o impacto seria de 38,58% no *VPL* e de 10,33% na *TIR*. Portanto, considerando que a manifestação deste fenômeno ocorre com frequência menor que cinco anos, o produtor mesmo com sistema de irrigação deve fazer um seguro agrícola para se proteger do risco climático por excesso de chuva.

3.5 VISÃO SISTÊMICA DA PRODUÇÃO E CUSTO

O conhecimento sobre produção e custo é a base para a tomada de decisão do produtor sobre o que, quanto, como e para quem produzir de um ou mais produtos agropecuários. A partir deste ponto, os empreendedores definem as escalas ótimas de produção, segundo a tecnologia disponível. Neste caso, a tecnologia é definida pela combinação entre os fatores de produção variáveis e os fixos, no curto prazo, e pela expansão dos insumos fixos em longo prazo. Neste caso, muda-se a escala de produção para a evolução sustentável do negócio.

A análise iniciou com o conhecimento sendo construído da obtenção de dados experimentais sobre produção e custo da soja e evoluiu até o cálculo da receita líquida. Nestes dados, utilizou-se o modelo de função de produção para mostrar como a teoria pode ser aplicada a casos do mundo real. Com isto, foram obtidas as doses do insumo variável, combinado com o insumo fixo, que gerou os pontos de eficiência técnica (nível produção física máxima) e de eficiência econômica (nível de produção econômica). As produtividades média e marginal foram derivadas e, a partir da curva de produto marginal, foi possível evidenciar a **lei dos rendimentos marginais decrescentes** para o fator variável usado, assim como a demanda da empresa pelo insumo variável.

Em seguida, mostrou-se o comportamento dos custos totais, médios e marginais. O ponto em que o custo marginal se iguala ao custo variável médio mínimo foi evidenciado e representa o início da fase em que a atividade apresenta racionalidade econômica. Depois, fez-se a relação entre produção e custo para calcular a receita líquida. A receita líquida é o princípio que norteia as decisões dos produtores rurais. Assim, depois de obtida a dose da combinação de insumos que gera a receita líquida máxima, a partir dos dados experimentais, recomenda-se tais resultados para os produtores.

Com efeito, os sistemas de produção de soja, praticados por empreendedores rurais, têm origem no conhecimento experimental. Na fazenda, os sistemas são diversificados e formam pontos no entorno da função de produção que foi definida a partir dos dados experimentais. Portanto, o comum é

encontrar muitos sistemas com igual nível de produção, mas combinando os insumos de formas diferentes. Isto ocorre em função das adaptações feitas pelos gestores.

Neste contexto, cabe ao gestor usar o aporte teórico para estimar a receita líquida das atividades e definir estratégias de maior eficiência econômica para a empresa. Este passo foi dado com a análise de sistemas de produção envolvendo as lavouras temporárias, lavouras permanentes, atividades da pecuária e do extrativismo. Cada atividade tem um nível de produção, obtido de uma, entre muitas possíveis combinações de insumos, que gera a maior receita líquida sustentável possível. Ou seja, cada sistema reflete o resultado da aplicação de uma tecnologia validada a partir da análise experimental, mas cada empresa faz a adaptação que julga estratégica para seu desempenho competitivo. Mesmo assim, a realidade se próxima do que foi definido no modelo teórico.

Na análise dos sistemas, construiu-se uma metodologia que levou em conta as dimensões econômicas, sociais e ambientais, assim como seus efeitos sobre a tomada de decisão. Dessa forma, contribui-se para a gestão sustentável de empresas rurais, uma vez que a metodologia está alinhada com as tecnologias de informação e comunicação de racionalidade bioeconômica ao incluir os custos e benefícios ambientais. Isto é possível a partir de informações sobre as dinâmicas dos mercados de produtos e de insumos, as tecnologias e inovações, a qualificação de mão de obra e os efeitos dos riscos climáticos na renda dos produtores.

Esta metodologia de análise está alinhada com a gestão da **Empresa Rural 5.0**. Tais empresas, ainda em reduzido número no Brasil, contemplam os seguintes princípios básicos:

- a) Adota sistema de gestão de precisão com uso de tecnologia digital para a alocação eficiente dos recursos e agregação de valor aos produtos, com vistas a gerar lucro e retorno sustentável ao capital investido;
- b) cria oportunidade de emprego e salários para a população local e nos diversos elos da cadeia de valor;
- c) Gera excedente para os consumidores em função da regularidade no abastecimento dos mercados com produtos de qualidade a preços competitivos;
- d) contribui com o pagamento de impostos para os governos municipais, estaduais e federal;
- e) cria as condições para receber pagamento pelos serviços ecossistêmicos que geram a partir das práticas de produção sustentáveis implantadas;

f) atende às legislações fundiária (direito de propriedade), ambiental (cadastro ambiental rural, licença ambiental) e trabalhista (assegura os direitos aos trabalhadores), uso de boas práticas de produção para aumentar o nível de produtividade e reduzir os impactos sobre o meio ambiente;

g) inclui os custos de oportunidades da terra, água e os serviços ecossistêmicos dos SAFs;

h) avalia os riscos e incertezas dos efeitos que as mudanças climáticas causam sobre a renda dos produtores e o bem-estar dos consumidores.

Todas as atividades analisadas apresentaram receitas líquidas positivas e estão conectadas às cadeias de valor a caminho da inclusão social e da sustentabilidade ambiental. Porém, todas exigem escala mínima de produção para que maximizem os resultados econômicos, sociais e de mitigação de danos ambientais. Tais atividades são intensivas em tecnologias químicas, mecânicas, genéticas e/ou digitais. As tecnologias ambientais que focam na mitigação dos gases de efeito estufa e no manejo do solo e da água apenas iniciaram. A viabilidade bioeconômica de uso destas tecnologias exige uma escala mínima de produção. Isto quer dizer que as empresas com elevado domínio de informação e formação de preço adotam e exigem boas práticas de produção para continuarem dominando o mercado, enquanto os pequenos negócios que estão atuando na franja do mercado enfrentam dificuldade para participar das cadeias globais de alimentos.

Portanto, o simples resultado de viabilidade bioeconômica não basta para a tomada de decisão de investir na agropecuária. Deve-se analisar bem o ambiente de mercado, para avaliar as relações de integração com os fornecedores e com os clientes. Esta análise deve gerar informação sobre a escala mínima de produção, qualidade do produto, canais de comercialização, tecnologia e inovação, mão de obra qualificada, preços competitivos, preferências dos consumidores e impactos das externalidades ambientais nos custos e nas receitas líquidas dos empreendimentos.

Com efeito, a análise bioeconômica das atividades agrícolas, pecuárias e extrativistas em monocultura ou em sistemas integrados, sinalizam que o gestor deve adotar uma combinação de atividades no imóvel rural para reduzir os riscos climáticos e de preços e os custos por diversificar a produção e racionalizar o uso dos ativos naturais disponíveis. Neste ponto, é fundamental que se faça a combinação de lavouras temporárias com as permanentes, essências florestais, pecuária e/ou aquicultura, ambas com o propósito de integração a cooperativas e/ou agroindústrias para agregar valor aos produtos e garantir estabilidade de preço, acesso a tecnologias sustentáveis, crédito rural e assistência técnica de qualidade. Adicionalmente, deve-se combinar atividades intensivas em mão de obra com atividades mais intensivas em atividades mecanizadas de plantio, tratamentos culturais e colheita, associadas a tecnologias biológicas e digitais para a rastreabilidade e sustentabilidade da produção.

3.5.1 INDICATIVOS PARA AS DECISÕES

O estado do Pará, segundo IBGE (2019), tem 1,063 milhão de hectares de áreas de pastagens degradadas que necessitam ser recuperadas com sistemas de produção de baixo carbono. Adicionalmente, os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) informam que mais de 55% dos imóveis rurais do Pará apresentam passivo ambiental com relação ao percentual de área desmatada e degradação do solo. Por sua vez, foi identificado por Santana (2013) que 71,43% dos imóveis rurais que demandaram crédito do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) apresentaram passivo ambiental por causa do desmatamento além do permitido e/ou degradação dos solos.

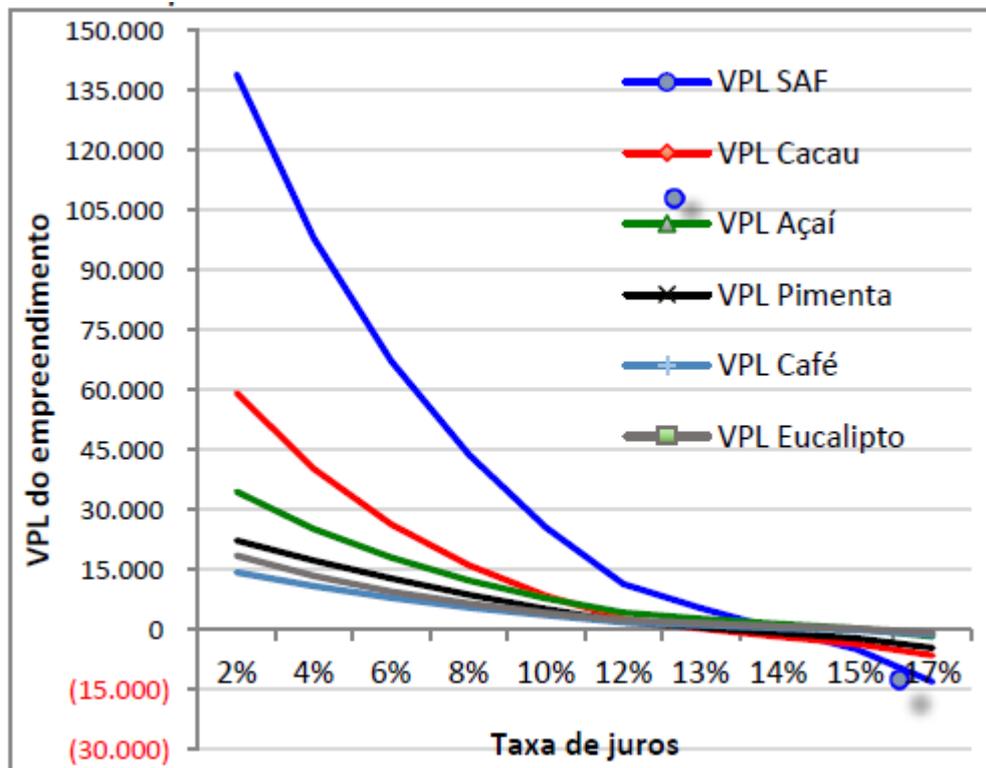
As atividades agrícolas, pecuárias, florestais, extrativistas, mineração e desenvolvidas em áreas privadas, em assentamento da reforma agrária, em áreas de concessão para a exploração florestal e para a mineração causam desmatamento, erosão do solo, poluição do solo e da água, além de tornar o ativo natural mais escasso e menos valioso. Esses impactos sobre a natureza são influenciados pela urbanização rápida, que aumenta a demanda por produtos da agricultura familiar, extrativismo e por *commodities* como madeira, carne, grãos, minérios nos mercados regional, nacional e internacional. Neste contexto, a regulamentação fundiária e ambiental dos imóveis rurais requer que se faça o CAR e se apresente um plano de restauração e/ou de recuperação de ativos naturais para corrigir o passivo ambiental existente. Assim, os sistemas de produção analisados neste capítulo contribuem para a solução deste problema. Todos os sistemas estão sendo praticados por agricultores familiares e pequenos, médios e grandes empreendedores rurais do Pará e da Amazônia. Neste caso, essas atividades podem compor os mosaicos de sistemas produtivos que podem ser usados pelos produtores na recuperação de áreas degradada, restauração e/ou enriquecimento de ativos naturais, segundo as características dos empreendedores e dos imóveis rurais.

Na Figura 3.12, apresentam-se os resultados de cinco sistemas de produção em que os produtores, mesmo em condições diferenciadas, têm conhecimento mínimo da tecnologia, do funcionamento do mercado, da disponibilidade de assistência técnica e crédito e do arranjo institucional em apoio ao agronegócio. Observa-se que a taxa interna de retorno está entorno de 14% ao ano para todos os sistemas. Esta taxa é superior ao custo de oportunidade dos investimentos do FNO em grandes empreendimentos na Amazônia.

O VPL das atividades se diferencia bastante com a diminuição da taxa de juros (Figura 3.12). A uma taxa de 10% ao ano, os sistemas café e eucalipto apresentam VPL similares, assim como açaí e cacau. O SAF se destaca de todos os demais sistemas. Com taxas de desconto mais baixas, o desempenho dos

sistemas segue com o SAF, cacau e açaí com resultados superiores e o café com o eucalipto com resultados equivalentes.

Figura 3.12. Resultados de VPL para os sistemas de lavouras permanentes analisadas no texto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto de destaque destes resultados está no diferencial do SAF formado pela combinação das lavouras (açaí, cacau, pimenta-do-reino e mogno) em relação às atividades cultivadas em monocultivo. O SAF, além dos impactos positivos e mais importantes sobre o meio ambiente e a inclusão de mão de obra ao longo do ano, permite ganhos de economia de escopo gerados pela produção conjunta em uma mesma área e ganhos de escala pela possibilidade de organização social dos produtores, além da agregação de qualidade, valor biológico e diferenciação ao produto. Como este sistema inclui três produtos de mercado amplo e estruturantes da renda dos produtores e inclui os pequenos empreendedores, o potencial de sua adoção torna-se mais ampla.

Na Amazônia, estas lavouras permanentes não têm escala ótima de produção, dada que predomina a pequena produção não organizada em cooperativa. Com isto, o diferencial do SAF está no ganho de economia de escopo, gerada pela diversificação da produção, maior racionalidade no manejo do solo, uso de mão de obra e de insumos, que resulta em maior produtividade dos fatores. Sendo assim, os sistemas agroflorestal (SAF), silvipastoril (SISP) e agrossilvipastoril (SASP) podem contribuir para atender a esta demanda socioeconômica e ambiental de redução do desmatamento, preservação os

ativos naturais e adotar boas práticas sustentáveis para conservar a produtividade do solo, a qualidade da água e do ar e aumentar a incluir as comunidades rurais da Amazônia nesta trajetória de desenvolvimento.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

- E1. Apresente os conceitos de produto médio, produto marginal e lei dos rendimentos marginais decrescentes.
- E2. Como o gestor seleciona o nível de insumos que gera o ótimo técnico e o ótimo econômico em uma atividade agrícola?
- E3. Apresente os conceitos de custos variáveis, custos fixos, custo explícito, custo implícito e custo de oportunidade.
- E4. Qual a relação entre produto marginal e custo marginal?
- E5. Como a curva de demanda pelo insumo variável é derivada a partir da função de produção?
- E6. Como a curva de oferta do produto é gerada a partir da relação entre custo variável médio, preço do produto e custo marginal?
- E7. Qual a diferença entre a receita líquida contábil e a receita líquida econômica?
- E8. Como o gestor seleciona o nível de produção em que o lucro é maior na abordagem da RT e CT e na abordagem da RMg e do CMg.
- E9. Considere uma empresa especializada na produção de filhotes de cão, com os seguintes dados:

Quantidade	CV	CT	CF	RT
10	300	1.000		
20	500	1.200		
30	900	1.600		
40	1.400	2.100		
50	2.000	2.700		
60	2.700	3.400		

- a) Qual é o CF da empresa?
- b) Calcule o CMg, CVMe, CTMe, RT para as diferentes quantidades;
- c) Trace as curvas de CMg, CTMe e CVMe em um gráfico;
- d) Se o preço do filhote de cão for R\$ 60,00, calcule a receita total e a receita líquida da empresa para as diferentes quantidades;
- e) Qual o ponto de equilíbrio desta empresa?

E10. Com base nos dados da Tabela 3.22, referente à produção de ovos e o número de trabalhadores de uma granja de galinhas poedeiras, preencha as colunas de *PMe* e *PMg*, faça o gráfico e analise as relações entre trabalho e produção. Depois, calcule o número de trabalhadores que gera a máxima produção e o nível de produção economicamente eficiente. O preço da caixa com 30 dúzias de ovos é R\$ 180,00, ao nível da granja, e o salário pago ao trabalhador é R\$ 900,00/mês. Calcule a receita total, custo total, receita líquida e o ponto de equilíbrio da produção de ovos da granja. Por fim, derive a demanda por trabalho.

Tabela 3.22. Função de produção de ovo de galinha,

Trabalho	Produção <i>Q</i>	P Médio <i>PMe</i>	P Marginal <i>PMg</i>
0	0		
1	10		
2	25		
3	45		
4	60		
5	70		
6	75		
7	75		
8	70		

Fonte: Elaboração própria.

E11. Com base nos modelos matemáticos da função de produção, produto médio e produto marginal de ovos, faça um gráfico para ilustrar essas equações. Estime o número de trabalhadores que maximiza a produção e que minimiza o produto médio e o produto marginal. Qual o nível de utilização do trabalho que gera a máxima eficiência técnica e a máxima eficiência econômica? O preço da caixa com 30 dúzias de ovos é R\$ 180,00, ao nível da granja, e o salário pago ao trabalhador é R\$ 900,00/mês. Qual é a diferença entre o ótimo técnico e o ótimo econômico. Descreva com base no produto marginal a lei dos rendimentos marginais decrescentes. Derive a demanda por trabalho e a oferta de ovos de galinha.

$$\begin{aligned}
 Q &= 10,25 T + 2,3 T^2 - 0,3 T^3 \\
 PMe &= 10,25 + 2,3 T - 0,3 T^2 \\
 PMg &= 10,25 + 4,6 T - 0,9 T^2
 \end{aligned}$$

E12. Considere o custo operacional de produção de um hectare de milho de segunda safra no município de Sorriso, MT, utilizando duas tecnologias diferenciadas pelo tipo de semente. O sistema que usa semente de milho convencional (SA), produz 7.500 kg/ha e o sistema que utiliza semente de milho transgênico (SB) produz 8.625 kg/ha (Tabela 3.23). O preço do milho é R\$ 0,40/kg ou R\$ 24,00/sc de 60 kg. Estime a rentabilidade econômica do milho por meio da receita líquida e do ponto de equilíbrio. Depois, compare os resultados e faça uma análise para orientar a decisão do produtor. Compare os resultados do milho com os da soja e faça uma análise sobre a produção das duas lavouras na mesma área, sendo a soja a primeira safra e o milho a segunda safra. O que acontece com a receita líquida do sistema conjunto em relação ao sistema individual? Faça uma análise sobre o uso do solo, de fertilizante e agrotóxico nestas lavouras, no contexto ambiental. Qual o lucro econômico e o lucro contábil?

Tabela 3.23. Custo operacional da lavoura de milho com semente convencional (SA) e semente transgênica (SB).

Descrição do Sistema	Valor (R\$/ha)	
	SA	SB
Operações técnicas	405,22	393,83
Conservação do solo	16,53	16,53
Plantio	84,12	84,12
Tratos culturais	87,2	75,81
Colheita	217,37	217,37
Insumos variáveis	1278,57	1481,93
Fertilizantes	768,13	898,89

Sementes	273	367
Agrotóxicos	237,44	216,04
Administração	476,43	480,86
Mão de obra produtor	45,78	45,78
Assistência técnica	35,85	32,85
Conservação/depreciação	9,3	9,3
Arrendamento da terra	336	336
Impostos e taxas	49,5	56,93
Pós-colheita	473,13	544,1
Transporte	157,5	181,13
Beneficiamento	281,25	323,44
Armazenamento	34,38	39,53
Custo total		
Receita total		
Receita líquida		
Ponto de equilíbrio		

Fonte: Adaptado de Agriannual, 2019.

E13. Considere o custo operacional de produção de um hectare de arroz sequeiro com casca da região de referência do estado do Mato Grosso, com produtividade de 3,9 t/ha ou 65 sc de 60 kg por ha e preço de R\$ 48,27/sc (Tabela 3.24). Estime a rentabilidade econômica do arroz com casca por meio da receita líquida, do ponto de equilíbrio e do retorno operacional sobre o custo, dado por: $ROC = [(RT - CT)/CT] \times 100$. Agora, pense no que deve acontecer com a área plantada com arroz na safra 2020/21, diante do aumento de 25% no preço do arroz com casca, veja o que acontece com a receita líquida e apresente sua decisão como produtor de arroz sobre a próxima safra.

Tabela 3.24. Custo operacional da lavoura de arroz sequeiro cultivada no estado do Mato Grosso.

Descrição	Valor (R\$/ha)	Valor (R\$/sc)
Custos variáveis	2.366,78	
Operações técnicas	751,27	
Conservação do solo	66,50	
Preparo do solo	208,68	
Plantio	132,16	
Tratos culturais	163,38	
Colheita	172,45	
Transporte	8,10	
Pós-colheita	199,01	
Transporte até armazém	71,95	
Limpeza e secagem	92,81	
Armazenagem e taxas	34,25	
Insumos variáveis	1.416,50	
Fertilizantes	905,85	
Sementes	187,50	
Agrotóxico	323,15	
Custos fixos	475,46	
Pró-labore do produtor	125,00	
Assistência técnica	21,85	
Conservação e depreciação	25,74	
Arrendamento da terra	250,00	
Impostos e taxas	52,87	

Custo total - R\$		
Receita total - R\$		
Receita líquida - R\$		
Ponto de nivelamento - t/ha		

Fonte: Adaptado de Agrianual, 2019.

E14. Estructure o fluxo de caixa para a análise econômica da cultura do eucalipto, considerando ciclo de dois cortes, por meio do valor presente líquido, valor presente unitário, taxa interna de retorno e a relação benefício-custo. A produtividade é de 280 m³/ha de madeira no primeiro corte, realizado no

ano 8 e de 275 m³/ha no segundo corte (Tabela 3.25). O preço médio da madeira em pé é de R\$ 75,00/m³. Com base nos resultados, faça uma análise comparativa com a soja e pecuária e forneça subsídios para orientar as decisões dos produtores. As operações técnicas utilizam 85 dias homem e 10 horas de trator. Assumindo que um emprego equivale a um homem trabalhando 280 dias no ano, quantos hectares de eucalipto gera um emprego? Faça uma análise sobre a inclusão social e a sustentabilidade ambiental desta lavoura.

Tabela 3.25. Fluxo de caixa para o cultivo de um hectare de eucalipto, com ciclo de dois cortes.

Ano	CT	RT	RL	FA
0	3.841,69	-		
1	1.447,11	-		
2	787,34	-		
3	719,24	-		
4	715,63	-		
5	680,63	-		
6	651,11	-		
7	564,93	-		
8	2.367,94	21.000,00		
9	1.098,29	-		
10	637,15	-		
11	604,12	-		
12	586,15	-		
13	586,15	-		
14	566,21	-		
15	522,86	20.625,00		
Valor Presente Líquido:			VPL =	
Valor presente líquido anual:			VPU =	
Taxa Interna de Retorno:			TIR =	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c =	

Fonte: Pesquisa de campo.

E15. construa o fluxo de caixa para a análise econômica da cultura do açaí irrigado, em terra firme, considerando um período de 12 anos, por meio do valor presente líquido, valor presente unitário, taxa interna de retorno e relação benefício-custo. A produtividade é de 4,5 t/ha, como média dos anos 4 e 5, e de 11,0 t/ha como média dos anos de 6 a 12 (Tabela 3.26). O preço médio do açaí no período da

safra, em 2018, foi R\$ 2,19/kg. Faça uma análise comparativa deste sistema em relação ao sistema não irrigado. Faça também uma simulação para uma variação negativa no preço do açaí de 15% nos anos de 6-9 e avalie o grau de mudança nos indicadores de rentabilidade. Repita a análise para uma situação de aumento nos custos de produção no mesmo percentual para os anos de 9 a 11 e analise os resultados.

Tabela 3.26. Orçamento unitário para a cultivar do açaí BRS-Pará.

Discriminação	Ano 1	Ano 2-3	Ano 4-5	Ano 6-12
Prepara de área	2.900	-	-	-
Roço e queima	1.250	-	-	-
Covas e adubação	1.450	-	-	-
Plantio e replantio	200	-	-	-
Tratos culturais	700	900	2.500	3.750
Roço e limpeza	300	400	450	600
Desbaste/adubação	400	500	650	750
Colheita e debulha	-	-	1.400	2.400
Insumos	3.300	2.650	5.150	7.150
Mudas	1.100	-	-	-
Adubos	1.400	1.400	1.700	2.500
Agrotóxicos	800	1.250	1.600	1.800
Embalagens	-	-	1.850	2.850
Administração	3.340	3.305	4.015	4.640
Custo irrigação	1.250	1.650	1.850	2.050
Custo da terra	650	650	650	650
Pró-labore	1.050	1.050	1.050	1.050
Juros (10% CV)	690	355	765	1.090
Custo total				
Receita total				
Receita líquida				

Fonte: Adaptado do Pró-Açaí (2018).

E16. Na Tabela 3.27, disponibiliza-se o fluxo de caixa para a análise econômica da cultura do dendê cultivado por pequenos produtores do município de Moju, Pará. O período da cultura é de 20 anos, com a produção de duas toneladas no quarto ano, 5 t/ha no quinto, 10 t/ha no sexto, 15 t/ha no sétimo, 18 t/ha no oitavo, 20 t/ha no nono e 24 t/ha do ano 10 ao 20. O preço médio é R\$ 320/t. A ocupação

de mão de obra é de 50 dias-homem por hectare. Calcule a capacidade de geração de emprego pela produção familiar de dendê. Faça a avaliação do empreendimento por meio do valor presente líquido, valor presente unitário, taxa interna de retorno e relação benefício-custo. Faça também uma simulação para uma variação positiva no preço do dendê de 10% a partir do ano 16 e avalie o grau de mudança nos indicadores de rentabilidade. Repita a análise para uma situação de queda nos custos de produção e faça a análise comparativa dos resultados.

Tabela 3.27. Fluxo de caixa do dendê cultivado por pequenos agricultores do município de Moju, Pará.

Ano	RT	CT	RL	FA
1	-	2.880,00		
2	-	2.880,00		
3	-	2.615,00		
4	640,00	2.615,00		
5	1.600,00	4.750,00		
6	3.200,00	4.750,00		
7	4.800,00	4.750,00		
8	5.760,00	4.750,00		
9	6.400,00	4.750,00		
10	7.680,00	4.750,00		
11	7.680,00	4.750,00		
12	7.680,00	5.171,00		
13	7.680,00	5.171,00		
14	7.680,00	5.171,00		
15	7.680,00	5.171,00		
16	7.680,00	5.171,00		
17	7.680,00	5.171,00		
18	7.680,00	5.171,00		
19	7.680,00	5.171,00		
20	7.680,00	5.171,00		
Valor Presente Líquido:			VPL =	
Valor Presente Uniforme:			VPU =	
Taxa Interna de Retorno:			TIR =	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c =	

Fonte: pesquisa de campo.

E16. Na Tabela 3.28, disponibiliza-se o fluxo de caixa para a análise econômica da cultura do cacau cultivado por pequenos produtores da Bahia. O ciclo da cultura é de 20 anos, com a produção de 10 @/ha no ano 4, 25 @/ha no ano 5, 40 @/ha no ano 6, 50 @/ha no ano 7, 65 @/ha no ano 8, 80 @/ha no ano 9 e 90 @/ha do ano 10 ao 20. O preço médio é R\$ 141,00/@. A ocupação de mão de obra é de 93 dias-homem por hectare. Qual da capacidade de geração de emprego da atividade cacau? Faça a avaliação do empreendimento por meio do valor presente líquido, valor presente unitário, taxa interna de retorno e relação benefício-custo. Faça também uma simulação para uma variação negativa no preço do cacau de 15% a partir do ano 16 e avalie o grau de mudança nos indicadores de rentabilidade. Repita a análise para uma situação de aumento nos custos totais no mesmo percentual. E se a produtividade cair 10 @/ha do ano 11 ao 15, por causa da vassoura de bruxa?

Tabela 3.28. Fluxo de caixa do cacau cultivado por pequenos agricultores no estado da Bahia.

Ano	RT	CT	RL	FA
1	-	8.730,00		
2	-	2.888,00		
3	-	2.557,00		
4	1.410,00	3.899,00		
5	3.525,00	7.109,00		
6	5.640,00	7.109,00		
7	7.050,00	7.109,00		
8	9.165,00	7.109,00		
9	11.280,00	7.109,00		
10	12.690,00	7.740,00		
11	12.690,00	7.740,00		
12	12.690,00	7.740,00		
13	12.690,00	7.740,00		
14	12.690,00	7.740,00		
15	12.690,00	7.740,00		
16	12.690,00	7.740,00		
17	12.690,00	7.740,00		
18	12.690,00	7.740,00		
19	12.690,00	7.740,00		
20	12.690,00	7.740,00		
Valor Presente Líquido:			VPL =	
Valor Presente Uniforme:			VPU =	
Taxa Interna de Retorno:			TIR =	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c =	

Fonte: Agriannual (2019).

E17. Na Tabela 3.29, disponibiliza-se o fluxo de caixa para a análise econômica da pimenta-do-reino cultivada por pequenos produtores do município de Tomé-Açu, Pará. O período do ciclo econômico da lavoura é seis anos, com a produção de 400 kg no ano 1, 800 kg no ano 2, 2.500 kg no ano 3 e 5.030 kg nos anos 4-6. O preço médio é R\$ 6,50/kg. A ocupação de mão de obra é de 50 dias-homem por hectare a partir do ano 4. Calcule a capacidade de geração de emprego pela produção familiar de pimenta-do-reino. Faça a avaliação do empreendimento por meio do valor presente líquido, valor presente unitário, taxa interna de retorno e relação benefício-custo. Faça também uma simulação para uma variação

positiva no preço da pimenta de 20% a partir do ano 4 e avalie a mudança nos indicadores de desempenho econômico. Repita a análise para uma situação de aumento nos custos de produção na mesma proporção e compare os resultados.

Tabela 3.29. Fluxo de caixa da pimenta-do-reino cultivada por pequenos agricultores no estado do Pará.

Ano	CT	RT	RL	FA
0	26.294,69			
1	9.823,62	2.600,00		
2	9.765,42	5.200,00		
3	10.919,32	16.250,00		
4	12.840,33	32.695,00		
5	12.105,33	32.695,00		
6	12.360,33	32.695,00		
Valor Presente Líquido:			VPL =	
Valor Presente Uniforme:			VPU =	
Taxa Interna de Retorno:			TIR =	
Relação Benefício-Custo:			Rb/c =	

E18. A gestão de negócios envolve a observação sobre o comportamento dos mercados em função das condições de clima, mudanças nos preços dos insumos, alteração no câmbio e na taxa de juros e, sobretudo, os efeitos externos de ações protecionistas, envolvendo aumentos de tarifas, assim como os efeitos de catástrofes como está ocorrendo com a pandemia do Coronavírus. Neste caso, o agronegócio brasileiro foi fortemente beneficiado com o aumento da demanda por milho, soja, carne, frutas e outras commodities. No caso específico das lavouras de milho e soja, os preços alcançaram níveis nunca vistos no mercado. Com base nesta conjuntura, calcule os resultados para a receita líquida do milho e da soja, assumindo os preços médios alcançados no período da pandemia (março a novembro de 2020) e faça uma análise de cenário para orientar as decisões de investimento nas safras seguintes.

CAPÍTULO 4: VALORAÇÃO DE ATIVOS NATURAIS

Este capítulo trata da atribuição de valor aos ativos naturais e aos serviços ecossistêmicos, aplicando a Economia Ecológica ou Bioeconomia. Considerar a natureza como um ativo e incluir seus limites para

a sua conservação, uso racional e/ou restauração é uma contribuição importante para o crescimento econômico com inclusão social e sustentabilidade ambiental. Para isto, apresentam-se algumas metodologias para estimar o valor dos produtos e serviços da natureza, com e sem preço de mercado. A ideia é que a partir do conhecimento do valor dos ativos naturais e do custo de oportunidade de uso e não uso dos ativos naturais, novos empreendimentos sustentáveis podem ser implementados para alavancar o desenvolvimento sustentável.



Foto: florestas ao longo da BR 316.

4.1 INTRODUÇÃO

Um **ativo natural**, também chamado de capital natural, é formado pelos recursos e serviços naturais que dão sustentação a todas as formas de vida e economias da Terra. Daly e Farley (2004) definem ativos naturais como os recursos naturais que produzem matéria-prima para as atividades econômicas industrial e comercial, e o fluxo de serviços ecossistêmicos, ao longo do tempo, que sustentam os meios de subsistência e geram o bem-estar para a humanidade. Nesta linha, Boyce (2001) elencou os elementos que formam os ativos naturais

“Os ativos naturais são as inúmeras formas de riqueza criadas pela natureza. Eles incluem a terra em que vivemos e cultivamos nossos alimentos e fibras; a água que bebemos e usamos para irrigar as lavouras, gerar eletricidade e descartar resíduos; a atmosfera que envolve nosso planeta; os peixes no oceano, **rios e lagos**, as árvores na floresta e todos os outros animais e plantas,

selvagens e domesticados; minérios, minerais e combustíveis fósseis; e a energia do sol que alimenta a biosfera. Os ativos naturais são a riqueza da qual depende o bem-estar humano e a própria sobrevivência.” (acréscimo nosso)

A atividade econômica, o bem-estar social e a sobrevivência da população mundial dependem dos ativos naturais. Contudo, tais ativos só devem ser considerados como fonte de riqueza quando as pessoas passam a acessar os benefícios que geram. Nesta perspectiva de apresentar os benefícios que os ativos naturais e os serviços ecossistêmicos que produzem o ofertam à população, Costanza et al. (1997), MEA (2003) e Wallace (2007), informam que os serviços ecossistêmicos são originados pela interação entre os organismos vivos (incluindo o homem) e o meio ambiente; são definidos assim por influenciarem de forma direta ou indireta o bem-estar social. Estes serviços, que viabilizam o crescimento sustentável da economia e dos meios de subsistência da população global, podem ser agrupados em quatro grupos:

a) **Serviços de provisão:** abrangem produtos como alimentos e fibras, madeira, sementes, resinas, óleos, raízes, cascas, recursos genéticos, produtos bioquímicos, fármacos, medicinais etc., recursos ornamentais e água potável;

b) **Serviços de regulação ambiental:** contemplam a regulação climática, regulação da qualidade do ar, regulação de doenças e pragas, regulação dos gases de efeito estufa, purificação da água, regulação da erosão, polinização e proteção contra desastres;

c) **Serviços culturais:** envolvem a diversidade cultural, os valores religiosos e/ou espirituais, recreação e ecoturismo, valores educacionais, sistemas de conhecimento e valores estéticos;

d) **Serviços de suporte:** definem a produção de outros serviços como a formação e retenção do solo, fotossíntese, ciclagem de nutrientes, atividade biológica do solo, ciclagem da água e manutenção da dinâmica do *habitat*.

Em que pese todo este fluxo de riqueza que tais ativos gera ao longo do tempo, a apropriação por parte da sociedade, sobretudo os mais pobres, deve-se ao fato de serem considerados como bens livres, dada a abundância e livre acesso. O exemplo atual é visto pelo desmatamento e queima da floresta na Amazônia. Apenas os ativos naturais que são utilizados como insumos para a atividade econômica e/ou para o consumo têm preço de mercado. Estes ativos se encontram em áreas de propriedade privada e, em geral, áreas públicas de uso comum e/ou de não uso. Porém, ainda não são valorados como ativos naturais, apenas como valor de uso da matéria-prima ou produto. Exemplo: das árvores utilizadas pelas empresas madeireiras, apenas as toras extraídas do tronco ou fuste interessam. O fluxo de rendimentos gerado pelos serviços ecossistêmicos é desperdiçado na forma de resíduo.

Atualmente, apenas o serviço ecossistêmico de regulação das florestas, referente aos gases de efeito estufa, é comercializado como estoque de carbono, por bolsas de valores. Estudos indicam que pelo menos 30% de tudo que se produz na agricultura resulta da polinização por abelhas e elas residem nos ativos naturais. Contudo, estes e muitos outros serviços ecossistêmicos que estão sob o domínio dos produtores rurais e dos governos, não estão inseridos no mercado. Então, por quê manter em sua posse o ativo mais valioso da economia e não usufruir da riqueza que gera como reserva de valor, acesso a crédito e meios de subsistência, capitalização e de desenvolvimento?

Esta pergunta pode ser respondida por meio da estimação do valor do ativo, sua incorporação ao valor da terra, inserção no mercado de ativos, com vistas a definir o fluxo de rendimentos anuais que a sociedade deve pagar para consumir e/ou pelos investimentos de agentes privados e públicos na restauração e/ou ampliação dos desses ativos naturais.

A primeira estimativa para o valor médio de 17 serviços ecossistêmicos do mundo, realizada por Costanza et al. (1997), foi de US\$ 33 trilhões por ano, em valores de 1995. Esse valor atingiu US\$ 145 trilhões por ano em 2011, 1,93 vez superior ao produto nacional bruto mundial. Este resultado deu grande injeção nas pesquisas sobre valoração dos ativos naturais e do pagamento para a preservação dos serviços ecossistêmicos. Os métodos usados na estimativa de valor da natureza necessariamente aplicam os conhecimentos de economia e ecologia.

Na integração dos conhecimentos ecológicos e socioeconômicos, a valoração leva em conta os seguintes aspectos dos ativos naturais: **Ecológico** - preservar os estoques dos recursos naturais para manter o fluxo de produção de bens e serviços ecossistêmicos e preservar sua função estratégica de gerar meios de subsistência e bem-estar para a população; **Socioeconômico** – estimar o preço da floresta em pé, incluindo espécies raras e endêmicas, o valor dos danos causados pelas externalidades ambientais para internalizar seus custos e definir o valor de indenizações judiciais por tais danos ambientais a terceiros; estimar o valor dos ativos naturais e viabilizar os investimentos na restauração desses ativos em imóveis rurais e o pagamento pelos serviços do ecossistema, de modo a viabilizar o crescimento sustentável da economia e dos meios de subsistência, ocupar a mão de obra local, capitalizar os produtores e melhorar a qualidade de vida das pessoas.

O foco do texto é o **ativo natural** formado pelas áreas de vegetação nativa, áreas de reserva legal e áreas de proteção permanente dos imóveis rurais, com vistas a atender os itens incluídos no Artigo 41 do Código Florestal e os que integram o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Portanto, a valoração destes ativos pode se transformar em diretrizes de negócios para que as empresas rurais construam os

fundamentos para a sua capitalização a partir do acesso a crédito para apoiar as escolhas e decisões para uso de tecnologias para tornar as atividades mais competitivas e sustentáveis.

Assim, uma castanheira-do-brasil é um ativo natural porque produz a castanha como fruto para o consumo direto e industrial (serviço de provisão), interage com a fauna (animais roedores e insetos polinizadores), regula a chuva e o microclima, controla o O₂ e CO₂ do ar e água do solo via fotossíntese (serviço de regulação), contribui para o conhecimento via educação ambiental, estudos ecológicos e históricos sobre o povoamento e os ciclos de desenvolvimento a partir do extrativismo na Amazônia (serviço cultural) e contribui para a ciclagem de nutrientes do solo e manutenção do manancial de água no lençol freático, a umidade do ar e a formação de rios voadores pela transpiração, além de acumular carbono no caule e raízes por muitos séculos e criar dinâmicas no *habitat* natural (serviço de suporte). Neste ponto, Santana (2015) e Santana et al. (2016) evidenciaram o efeito desses serviços sobre o bem-estar humano e estimaram o valor socioeconômico e ambiental do ativo natural castanha-do-brasil para a região Norte do Brasil. O valor do suprimento de castanha, foi estimado em R\$ 1,15 bilhão.

A valoração dos estoques de ativos naturais e do fluxo de serviços ecossistêmicos que geram não é uma tarefa fácil, dado que muitos desses ativos e serviços naturais ainda não têm preço de mercado, por ainda não serem comercializados. Por conta disso, a especificação de modelos matemáticos para representar a demanda e oferta por espécies raras, desconhecidas e endêmicas, assim como os serviços por elas gerados torna-se mais complexa. Necessita-se de abordagens interdisciplinares para combinar os fundamentos da economia com os da ecologia na adaptação e/ou construção de novas metodologias.

Neste contexto, a percepção da sociedade sobre os efeitos colaterais que a transformação dos ecossistemas aquáticos e de florestas naturais em sistemas de produção agropecuários, florestais e aquáticos mais simples, contribui para credenciar as pesquisas sobre a valoração da natureza. O aumento do conhecimento da sociedade sobre as conexões que os serviços ecossistêmicos estabelecem com o bem-estar social, o crescimento sustentável da economia e dos meios de subsistência ajuda a construir modelos integrados com potenciais mais efetivos para se chegar a boas estimativas do valor econômico total dos ativos naturais. Isto quer dizer que com o conhecimento do valor dos recursos naturais, podem-se criar os parâmetros para as políticas de pagamento por serviços ecossistêmicos aos produtores rurais e a regulamentação do mercado de compensação com base nos dados do cadastro ambiental rural. Esta é a linha de conhecimento explorada neste capítulo.

Neste capítulo, o foco da análise é o imóvel rural, onde as áreas de vegetação nativa, áreas de reserva legal e áreas de proteção permanente formam o ativo natural a ser valorado. No estado do Pará, o Censo Agropecuário do IBGE (2017), registrou 123.843 imóveis rurais com áreas de florestas e matas. Contudo, além de não saberem o valor econômico destes ativos, os produtores nada recebem pela sua preservação.

Sem o conhecimento do valor econômico desses ativos naturais, as políticas públicas se tornam enviesadas, entre elas:

- a) Pagamento por Serviços Ecossistêmicos (PSE);
- b) Quotas para Preservação de Florestas (QPF);
- c) Ativo como Garantia para Acesso a Crédito (AGAC), e outras formas de compensação pelos serviços ecossistêmicos da natureza;
- d) Investimento na restauração produtiva e/ou conservação de ativos naturais;
- e) Investimento em implantação de florestas para o mercado de crédito de reposição de árvores.

Por outro lado, como o ativo natural gera um fluxo de renda permanente, sua valoração pode tornar as políticas ambientais com impacto superior a qualquer outra política de transferência de renda, que é transitória.

Com isto, no estado do Pará, agricultores, extrativistas e pecuaristas podem se beneficiar com políticas inclusivas e sustentáveis a partir da valoração dos ativos naturais. Assim, a abrangência dos beneficiados, segundo a política, pode ser como descrito nos seguintes itens:

- a) Pagamento por Serviços Ecossistêmicos – PSE: 147.778 imóveis rurais, sendo 23.935 com SAF e 123.843 com florestas e matas;
- b) Quotas pela Preservação da Floresta – QPF: 123.843 imóveis rurais com florestas e matas;
- c) Capital como Garantia para Acesso a Crédito – AGAC: 147.778 imóveis rurais com SAF, Florestas e Matas;
- d) Investimento para Restaurar Ativos Naturais – IRAN: 281.704 imóveis rurais, para implantar SAF, Sistemas de Lavoura-Pecuária-Floresta, Agricultura de Baixo Carbono, uso de tecnologia sustentável (bioinsumo, manejo de solo, água, floresta etc.).

Como exemplo, tem-se que o Valor Presente Líquido – VPL (produtos e serviços ecossistêmicos) de um hectare de floresta tropical primária, no estado do Pará, segundo resultados de pesquisa para um ciclo de 25 anos, pode variar entre R\$ 39.240,00 e R\$ 116.450,00 (ou US\$ 12,455.95 a US\$ 36,964.73). Isto geraria um fluxo de renda anual entre R\$ 1.569,60/ha a R\$ 4.658,00/ha (ou US\$ 498.24/ha a

US\$ 1,478.59/ha). Portanto, se a atividade alternativa gerar um VPL menor do que esse, a produtividade deve ser aumentada. Caso contrário, a floresta deve permanecer em pé.

A seguir, os fundamentos teóricos são apresentados junto com as principais metodologias de valoração dos ativos naturais com e sem preços de mercado.

4.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE VALORAÇÃO

O desconhecimento sobre o valor do ecossistema da floresta amazônica em pé é a principal ameaça à sua destruição por meio do desmatamento para a implantação de sistemas de produção simplificados com o monocultivo de lavouras e de pastagens, em geral manejadas por meio de queimadas. Na visão dos produtores e extrativistas, a floresta em pé tem um custo de oportunidade próximo de zero, o que viabiliza o desmatamento e queima da vegetação para viabilizar a expansão de lavouras e pastagens para a pecuária extensiva e de baixa produtividade. A extração de madeira de áreas manejadas ou não, foca apenas no corte de árvores de valor comercial para aproveitar apenas a madeira do tronco. A atividade de exploração mineral destrói toda a vegetação das áreas a serem mineradas, assim como as usinas hidrelétricas inundam grande área de floresta. Esses empreendimentos se viabilizam pelo baixo valor que pagam pelos ativos naturais que destroem, o acesso a incentivos fiscais e a baixa inclusão social. Isto quer dizer que o ponto de partida para a conservação da floresta e/ou para a utilização sustentável é a sua valoração econômica.

Os estudos sobre a valoração econômica dos produtos e serviços ecossistêmicos, embora tenha evoluído a taxas crescentes no meio acadêmico, no âmbito empresarial rural a incorporação de seus custos e benefícios ainda não é uma das práticas adotadas. Trabalha-se na indústria apenas com as externalidades ambientais, porém a incorporação nos custos ainda se restringe a uma pequena parcela de produtores e consumidores. Em função disso, este texto apresenta o problema e contribui com conhecimento sobre as principais técnicas de valoração de serviços ecossistêmicos, sua difusão e aplicação no âmbito dos empreendimentos rurais conectados ou não às cadeias globais de valor de produtos da natureza e da agricultura sustentável.

A análise benefício-custo convencional não inclui os recursos naturais como ativos naturais, especificamente nos modelos de oferta e demanda de mercado. Portanto, preocupa-se apenas com o cálculo dos benefícios econômicos gerados, com base no conceito de excedente do produtor, definido pela relação entre o custo marginal privado ou social e o preço de equilíbrio do mercado. Os benefícios sociais são captados pelo excedente do consumidor, definido pela relação entre a demanda do produto e o preço de equilíbrio do mercado. A soma dos excedentes do produtor e do consumidor, conforme

definido por Alfred Marshall, é o excedente econômico que representa o benefício socioeconômico gerado pela produção e comercialização de dado produto ou serviço. Portanto, não se faz referência ao bem-estar social proporcionado pelo fluxo de serviços ecossistêmicos produzidos pelos ativos naturais. A razão disso é que os modelos incorporam apenas o produto principal do estoque do capital natural e deixa de fora os serviços do ecossistema. No caso da madeira, por exemplo, o interesse é apenas nas toras do caule. Os galhos são considerados resíduos e as atividades de regulação do clima, gases de efeito estufa, armazenamento de carbono e interação com a biodiversidade se perdem, em parte pelo simples desconhecimento do seu valor econômico.

A relação entre a Economia e a Ecológica, conforme Santana (2015) e Santana et al. (2017) pode ser estabelecida por meio da análise do mercado de produtos oriundos das lavouras cultivadas e da sociobiodiversidade como os produtos florestais não madeireiros (PFNM). Os efeitos gerados pela natureza podem ser captados, na percepção das pessoas, por meio da inclusão de variáveis ambientais para representar os efeitos dos serviços ecossistêmicos sobre a economia e o bem-estar humano nas equações de demanda e oferta dos produtos ou serviços naturais, cujos valores são estimados por modelos econométricos e/ou matemáticos.

Na valoração de ativos naturais, pode-se aplicar o instrumental microeconômico de análise benefício-custo aos produtos e serviços que têm preço de mercado, usando os excedentes do produtor e do consumidor para a estimação do valor presente líquido dos ativos naturais. No caso dos produtos e serviços ecossistêmicos sem preços de mercado, lança-se mão de outras metodologias para criar o mercado a partir da percepção da sociedade. Assim, as pessoas devem se manifestar sobre a disposição a pagar um preço para continuar se beneficiando dos serviços ecossistêmicos e/ou a disposição a receber um valor como indenização ou compensação para viabilizar a substituição dos ativos por outros ativos fabricados pelo homem ou simplesmente substituir o ecossistema natural por sistemas de produção simplificados.

Do conjunto de metodologias utilizadas na valoração de ativos naturais, duas se destacam pela consolidação nas aplicações empíricas. A primeira diz respeito à aplicação direta dos fundamentos da economia sobre mercado e bem-estar social aos recursos naturais transacionados em mercados, por permitir estimar os parâmetros associados às variáveis que definem a demanda e a oferta dos produtos e/ou serviços e calcular o excedente econômico, equivalente ao valor socioeconômico e ambiental do ativo natural (SANTANA; KHAN, 1992; COSTANZA et al., 1997; LIU et al., 2010; SANTANA, 2015; SANTANA et al., 2016; ACHARYA et al., 2019). A segunda se refere ao método de avaliação contingente que contempla o valor de uso (inclui os produtos e serviços com e sem preço de mercado) e o valor de

não uso (os produtos e serviços que ainda não têm preço de mercado e que devem ser preservados) do ativo natural (RANDALL; STOLL, 1980; FISHER; HANEMANN, 1987; PEARCE, 1990; HANEMANN, 1991; BISHOP; ROMANO, 1998; SANTANA, 2014; BENTES et al., 2014; SANTANA et al., 2015b; ROSA et al., 2016; SANTANA et al., 2016).

Na Figura 4.1, apresentam-se os excedentes dos consumidores e dos produtores. Deve-se observar que os gráficos estão representados de forma diferente do que foi feito nos capítulos 1 e 2. A quantidade está no eixo vertical e o preço no eixo horizontal do gráfico.

No gráfico A da Figura 4.1, ilustra-se a situação dos recursos naturais que têm preço de mercado e suas curvas de demanda e oferta. O Excedente do Consumidor (EC), que representa o benefício socioeconômico do consumidor, é dado pela área abaixo da linha de demanda e acima do preço de equilíbrio do mercado. Indica o valor máximo que os consumidores estão dispostos a pagar pela aquisição e consumo de um produto ou serviço, já com a inclusão do valor ambiental, menos o preço de equilíbrio de mercado que é efetivamente pago pelos consumidores (SANTANA, 2015; SANTANA et al., 2016; 2017).

Assim, o Excedente do Produtor (EP), receita líquida, lucro ou benefício socioeconômico e ambiental do produtor mais as rendas extraídas do uso do recurso natural são representadas pela área a direita da linha de oferta e à esquerda do preço de equilíbrio do mercado (SANTANA, 2015). É a diferença entre o preço recebido pelos produtores por cada quantidade vendida e o custo de cada unidade adicional de produção, ou da coleta, no caso do extrativismo. O custo unitário de produção é representado pela área C e o valor bruto da produção é dado pela soma das áreas (C + EP).

Figura 4.1. As demanda e oferta representando os excedentes dos produtores e dos consumidores e o custo de produção. Na situação A, aplica-se o modelo de mercado em concorrência pura e, na situação B, aplica-se o método da avaliação contingente.

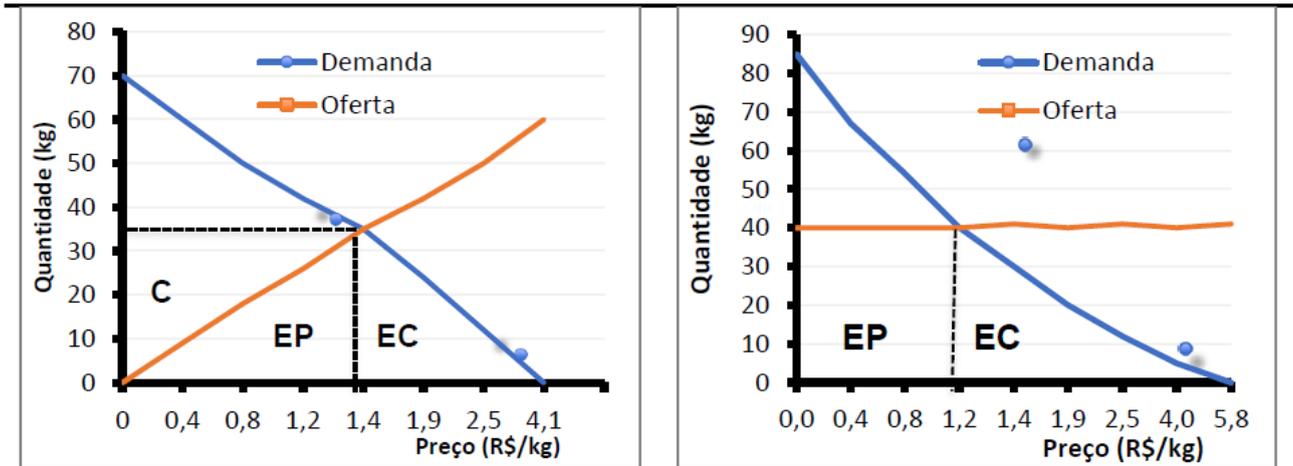


Gráfico A: Produtos com valor de mercado. EP é o Excedente do Produtor ou Receita Líquida; EC é o Excedente do Consumidor; C é o custo de produção.

Gráfico B: Produto sem valor de mercado. EP é o Excedente do Produtor ou Receita Líquida; EC é o Excedente do Consumidor.

Fonte: Santana (2015).

O Excedente Econômico (EE) é a soma do EP com o EC e representa o benefício socioeconômico e ambiental (BSA) para todos os consumidores e produtores do ativo natural, representando a situação de máxima eficiência. O EE é o valor a ser utilizado no cálculo do valor presente líquido e da taxa de retorno social dos ativos naturais, dos ativos construídos ou fabricados pelo homem e demais atividades econômicas (COSTANZA et al., 1997; SANTANA, 2015).

No gráfico B da Figura 4.1, apresenta-se a situação dos recursos naturais que não têm valor de mercado (inclui espécies desconhecidas, raras e/ou endêmicas) e o valor de existência. Pelo que se observa, a linha de oferta é perfeitamente inelástica, representando a quantidade total do recurso ou estoque do capital natural. Apenas a demanda é especificada para representar o valor total do ativo natural. Não há alteração no cálculo do EC, mas o EP representa a área total à esquerda do preço de equilíbrio, dado que a oferta é determinada pelo estoque do ativo ou capital natural. Como os recursos não têm valor de mercado, a demanda requer uma metodologia própria, envolvendo a estimativa dos parâmetros de um sistema de equações, incluindo a Disposição a Pagar (DAP) pela preservação do recurso natural e a Disposição a Receber (DAR) um valor para que o recurso seja utilizado (SANTANA, 2014, 2015; SANTANA et al., 2016, 2017).

A criação da demanda de mercado destes ativos e serviços ecossistêmicos só é possível porque a sociedade, pouco a pouco vai ampliando seu conhecimento dos benefícios que geram para a atividade econômica e para a qualidade de vida das pessoas. Assim, a demanda construída a partir da disposição a pagar ou a disposição a receber pelos ativos e serviços produzidos pela natureza tende a refletir um valor cada vez mais próximo do real, à medida que a percepção das pessoas sobre os benefícios gerados pela natureza se torna mais clara e ampliada. Por isso, deve-se esclarecer bem os informantes

para que manifestem com precisão sua disposição a pagar um valor pela preservação da natureza ou a receber pela substituição do ativo por outra atividade econômica.

4.3 IMPACTOS DO CLIMA NA RENDA E BEM-ESTAR

No caso dos produtos e serviços com preços de mercado, Santana e Khan (1987) no estudo de mercado do feijão caupi da região Nordeste e Santana et al. (2013) no estudo de mercado de 32 produtos oriundos de projetos de assentamento da reforma agrária da região da Transamazônica e da BR-163 no estado do Pará, incluíram a variável climática precipitação pluviométrica na função de oferta para estimar os efeitos dessa variável climática sobre os benefícios dos produtores e dos consumidores. No mercado de madeira em tora da região Oeste do Pará, Santana et al. (2011) incluíram as variáveis desmatamento e queimadas nas equações de demanda e oferta para estimar o impacto destas variáveis ambientais equilíbrio do mercado em curto e médio prazo. Em seguida, Santana et al. (2016) propuseram um modelo integrado de avaliação contingente incluindo um conjunto de variáveis ambientais, econômicas e sociodemográficas para definir a demanda e estimar o valor da vegetação de savana metalófito da região de Carajás, estado do Pará.

O fundamento econômico desenvolvido por Marshall (1982) e aprimorados, aplicados e divulgados pelos neomarthallianos em artigos e livros (SANTANA; KHAN, 1987, 1992; SANTANA, 2005) e em capítulos de livros (FERGUSON, 1984; VARIAN, 2012; SANTANA, 2002 e 2012; GOOLSBEE et al., 2018), permite especificar a demanda por um produto ou serviço X, no caso um produto ou serviço da natureza, em função do preço de X (P_x), Renda (R), Preço de Y (P_y) e um vetor com as variáveis relacionadas à demanda de X (V_i), assim como a oferta por X em função do preço de X (P_x), das variáveis ambientais (A – chuvas, temperatura, desmatamento etc.), do preço dos produtos Z (P_z), que deslocam a oferta, e um vetor com as outras variáveis relacionadas à oferta de X (V_j).

Dessa forma, a integração dos conteúdos econômicos e ecológicos na especificação dos modelos matemáticos de demanda e oferta de produtos e serviços da natureza e/ou cultivados, pode ser feita como a seguir.

$$\text{Demanda: } X_d = a_0 + a_1 P_x + a_2 R + a_y P_y + a_i V_i$$

em que as relações esperadas entre as quantidades demandadas do produto X_d e P_x é negativa, como a renda positiva, o P_y positivo (produto substituto de X) e negativo (produto complementar a X) e com V_i podendo ser negativo ou positivo e os parâmetros associados a cada variável.

$$\text{Oferta: } X_o = b_0 + b_1 P_x + b_2 A + b_z P_z + b_j V_j$$

em que as relações esperadas entre as quantidades ofertadas de X e P_x são positivas, com a variável ambiental A (chuva, vento, umidade, queimada, desmatamento) a influência pode ser negativa, no caso de efeitos extremos no comportamento da variável, ou positiva para uma distribuição sem a presença de valores atípicos ao longo dos anos, com P_z a associação deve ser positiva para os produtos cultivados ou produzidos de forma conjunta com X, ou negativa para os produtos competitivos por fatores de produção de X, com V_j a relação pode ser negativa ou positiva e os parâmetros associados a cada variável.

Neste contexto, para estimar o impacto do efeito de uma mudança na variável ambiental sobre os benefícios dos consumidores e dos produtores, podem-se estimar os parâmetros do modelo e fazer como fizeram Santana (2015) e Nogueira e Santana (2018). Para isto, faz-se a substituição dos valores médios das variáveis exógenas nas equações de demanda e de oferta, exceto o P_x . Assim, fazendo

$$(a_0 + a_2R + a_yP_y + a_iV_i = N), (b_0 + b_zP_z + b_jV_j = M) \text{ e } (b_2A = -K,$$

que representam a escassez de chuva), as equações de demanda e de oferta incorporando o efeito ambiental podem ser escritas da seguinte forma:

$$\text{Demanda: } X_d = N - a_1 P_x$$

$$\text{Oferta: } X_o = M + b_1 P_x - K = (M - K) + b_1 P_x$$

$$\text{Preço de equilíbrio: } P_{ea} = (N - M + K)/(a_1 + b_1)$$

$$\text{Quantidade de equilíbrio: } X_{ea} = (Nb_1 + a_1M - aK)/(a_1 + b_1)$$

A representação gráfica do modelo está na Figura 4.2. O impacto da escassez de chuvas sobre os benefícios dos consumidores e produtores é dado pela área entre as curvas de oferta e abaixo da curva de demanda, representado o custo social e ambiental, dado pela área CSA.

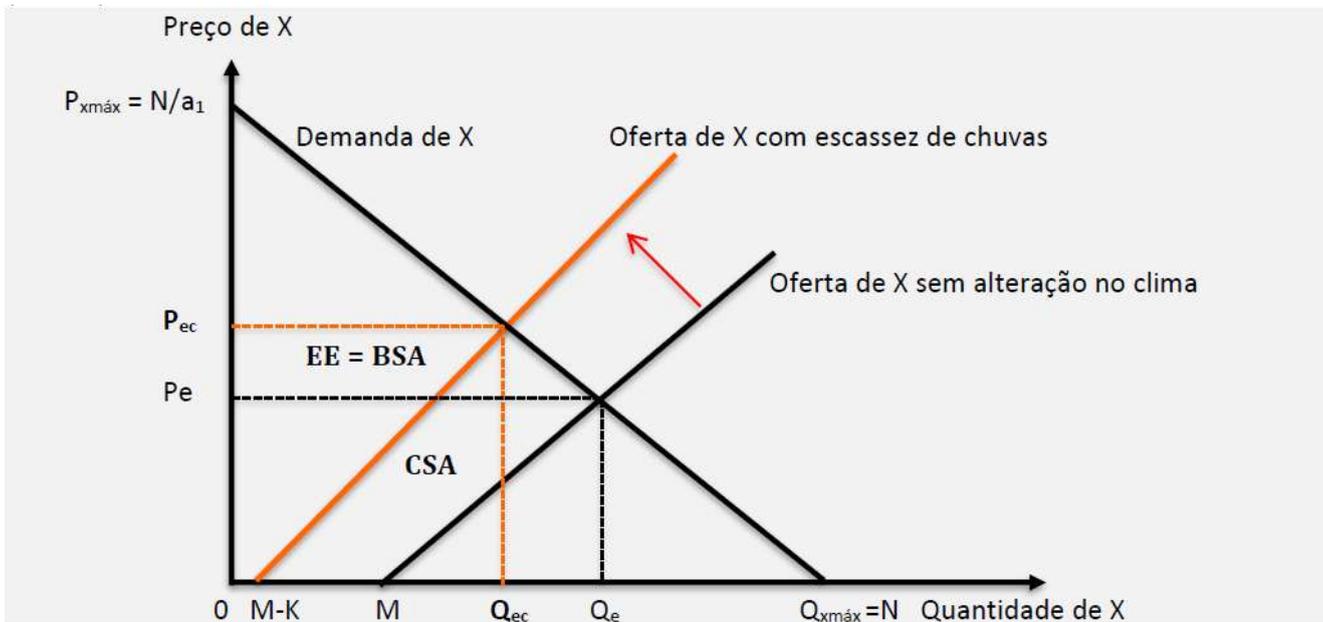
Com base neste conhecimento, pode-se estimar a distribuição dos efeitos das mudanças nas variáveis ambientais sobre os benefícios dos consumidores e dos produtores. Com isto, constrói-se o fluxo de caixa para determinar o valor presente líquido temporal dos benefícios ou custos sociais do consumidor ($BC = EC$) e dos benefícios ou custos sociais dos produtores ($BP = EP$), cuja soma gera o benefício ou custo social total para a população ($BSA = EE$), atualizado a uma taxa de juros de $r\%$ ao ano. O modelo matemático é:

$$VPLA_i = \sum_{i=0}^{\infty} (BC_i + BP_i)(1+r)^{-i} = \sum_{i=0}^{\infty} BSA_i (1+r)^{-i}$$

$$= \frac{BSA_i}{r}$$

No caso do exemplo ilustrado na Figura 4.2, o valor do impacto causado pela mudança climática, escassez de chuvas é calculado por meio da diferença entre o BSA antes e depois do impacto da variável ambiental. O resultado é dado pela área entre as duas curvas de oferta e abaixo da demanda, representando o custo socioambiental do dano (CSA). A atualização deste impacto, equivalente ao tempo que leva para a recuperação da economia, é feita pelo cálculo do valor presente líquido.

Figura 4.2. Representação do efeito da escassez de chuvas para os produtos da natureza e/ou de lavouras cultivadas para os produtores e consumidores.



Um exemplo de aplicação para consolidar este conhecimento pode ser feito, tomando-se o mercado de limão da região Sudoeste Paraense, representado pelas equações de demanda e oferta sem a influência das chuvas e com o efeito da distribuição das precipitações no período de 2000 a 2014.

Demanda de limão: $Q_{dL} = 6.000 - 2,4P_L$

Oferta de limão: $Q_{oL} = 3.500 + 1,6P_L$

Oferta de limão com chuva: $Q_{oLc} = 3.500 + 1,6P_L - 0,5C_h$

Em que: Q_{dL} e Q_{oL} são as quantidades demandadas e ofertadas de limão (tonelada), P_L é o preço médio do limão (R\$/t) e C_h é a quantidade média anual de chuvas (mm/ano). O valor médio da variável

chuva é igual a $Ch = 2.000$ mm/ano. Na situação antes da influência das chuvas, o preço de equilíbrio é $PeL = R\$ 625/t$, a quantidade de equilíbrio é $QeL = 4.500$ t e os excedentes do produtor, consumidor e econômico para o período, respectivamente, são: $EE = R\$ 6.718.750,00$; $EP = R\$ 2.500.000,00$; $EC = R\$ 4.218.750,00$.

Os resultados foram obtidos como a seguir:

$$\begin{aligned}
 Q_{dL} &= Q_{oL} \\
 6000 - 2,4P_L &= 3500 + 1,6P_L \\
 1,6P_L + 2,4P_L &= 6000 - 3500 \\
 4 P_L &= 2500 \\
 P_L &= R\$ 625,00/t = P_{eL}
 \end{aligned}$$

Substituindo-se o PeL na equação de oferta, tem-se a quantidade de equilíbrio do limão.

$$Q_{eL} = 3500 + 1,6 \times 625 = 4.500 \text{ t}$$

O preço que estrangula a demanda, ou seja, o preço que torna a quantidade demandada igual a zero e a quantidade ofertada para o preço igual a zero são obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 0 &= 6000 - 2,4P_{Lm} \\
 2,4P_{Lm} &= 6000 \\
 P_{Lm} &= R\$ 2.500,00/t \\
 Q_{Lm} &= 3500 + 1,6 \times 0 \\
 Q_{Lm} &= 3.500 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Com estes resultados, podemos estimar o valor dos excedentes do consumidor e do produtor.

$$\begin{aligned}
 EC &= (b \times h) / 2 \\
 EC &= [4500 \times (2500 - 625) / 2] \\
 EC &= R\$ 4.218.750,00 \\
 EP &= [(b + B) \times h / 2] \\
 EP &= [(3500 + 4500) \times 625 / 2] \\
 EP &= R\$ 2.500.000,00 \\
 EE &= EP + EC \\
 EE &= R\$ 6.718.750,00
 \end{aligned}$$

Agora tome a oferta com a influência da chuva, substitua o valor médio anual da chuva e obtenha: $Q_{oLc} = 2.500 + 1,6P_L (=3500 + 1,6P_L - 0,5 \times 2000)$. Igualando-se esta oferta à demanda, tem-se o novo preço de equilíbrio igual a $P_{eLc} = R\$ 875,00/t$ e a nova quantidade de equilíbrio igual a $Q_{eLc} = 3.900 t$.

$$\begin{aligned}
 Q_{dL} &= Q_{oLc} \\
 6000 - 2,4P_L &= 2500 + 1,6P_L \\
 1,6P_L + 2,4P_L &= 6000 - 2500 \\
 4 P_L &= 3500 \\
 P_L &= R\$ 875,00/t = P_{eLc}
 \end{aligned}$$

Substituindo-se o P_{eLc} na equação de oferta com o efeito da chuva, tem-se a nova quantidade de equilíbrio do limão.

$$Q_{eLc} = 2500 + 1,6 \times 875 = 3.900 t$$

Este resultado é fruto da diminuição da oferta que gerou novo equilíbrio de mercado com preços mais elevados e quantidades compradas e vendidas em um menor nível. Isto diminui o bem-estar social, com a diminuição do excedente dos consumidores.

O resultado do novo excedente econômico foi R\$ 5.968.750,00 e dos excedentes do produtor e do consumidor foram os seguintes:

$$\begin{aligned}
 EC_c &= (b \times h) / 2 \\
 EC_c &= [3900 \times (2500 - 875) / 2] \\
 EC_c &= R\$ 3.168.750,00 \\
 EP_c &= [(b + B) \times h / 2] \\
 EP_c &= [(2500 + 3900) \times 875 / 2] \\
 EP_c &= R\$ 2.800.000,00 \\
 EE_c &= EP_c + EC_c \\
 EE_c &= R\$ 5.968.750,00
 \end{aligned}$$

A magnitude do impacto social produzido pela má distribuição das chuvas ao longo do tempo é obtida por meio da diferença entre o excedente econômico antes e depois do efeito do clima. O resultado é dado por: Impacto = $(5.968.750 - 6.718.750) = - R\$ 750.000,00$, como valor médio do período, que é correspondente à área CSA da Figura 4.2. Este valor, atualizado a uma taxa de 4% ao ano, por um período de 15 anos, gera o valor presente líquido total de $VPLt = - R\$ 8.338.790,57$ ou $VPLa = - R\$ 555.919,37/\text{ano}$. Estes resultados são obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 VPL_t &= -750.000 \sum_{t=1}^{16} \frac{1}{(1 + 0,04)^t} = \\
 &= -750.000 \times 11,11838743 \\
 &= -R\$ 8.338.790,57
 \end{aligned}$$

Portanto, na presença de escassez ou excesso de chuvas, o *VPLa* seria o valor anual da perda a ser pago aos produtores como garantia de renda, em proteção contra os riscos climáticos.

Observa-se que o excedente do consumidor diminuiu e o excedente do produtor aumentou após o impacto da má distribuição das chuvas. Este fato, que ocorre quando a oferta é mais inelástica a preço do que a demanda, tende a gerar conflito de interesse, dado que o produtor fica satisfeito com o aumento da receita líquida e não pleiteia a compensação de renda pela queda na produção causada pela mudança na distribuição das chuvas.

Por outro lado, os consumidores amargam a perda no seu bem-estar por causa do mesmo fenômeno, dado que a redução na oferta causa elevação nos preços e diminui o poder de compra das pessoas. Todavia, deve-se centrar o foco no efeito líquido do impacto sobre a sociedade como um todo (produtor e consumidor) e compensar a parcela da sociedade afetada por essas mudanças.

4.4 Valor econômico de uma floresta

A forma tradicional de valoração de uma floresta para a extração de madeira em tora, considera como produto útil para a fabricação de móveis, portas e casas, apenas o fuste que é a parte principal ou comercial do tronco das árvores, cujo volume é definido em função do diâmetro e da altura deste fuste. Nesta economia, computam-se apenas os benefícios dos produtos fabricados a partir das toras de madeira e que, subtraídos os custos, tem-se o excedente ou lucro do produtor. Dois tipos de benefícios sociais ficam de fora. O primeiro diz respeito ao fluxo de serviços ecológicos produzidos pelas árvores na floresta (fotossíntese, proteção do solo contra erosão, abrigo de insetos e animais que polinizam flores e disseminam sementes, ciclagem de nutrientes e a harmonia do *habitat* da vida selvagem) e das árvores para os humanos (regulação do clima, controle de poluição, água limpa etc.) Estes serviços não têm preço de mercado, logo o custo de oportunidade é considerado igual a zero para as empresas madeireiras.

O segundo é o benefício do consumidor que compra a madeira em tora e demais produtos dela derivados, pois a diferença entre o preço que estão dispostos a pagar por cada unidade adicional de produto é maior do que o preço que efetivamente pagam no mercado. Assim, deixa-se de computar o

excedente do consumidor. Este benefício, por ser de base psicológica e não física, é negligenciado, ou seja, o bem-estar fica de fora do cálculo.

Nesta perspectiva, o custo de oportunidade do capital natural será sempre inferior ao do que capital construído ou fabricado. Com isto, viabiliza-se a exploração de florestas dadas em concessão, com a extração de um pequeno número de árvores de alto preço de mercado e renuncia-se ao valor atribuído ao fluxo de serviços ecológicos. Desta forma, o valor da floresta em pé é subestimado em favor de uma exploração que impacta a capacidade de suporte do ecossistema e compromete as bases do desenvolvimento sustentável.

Na análise benefício-custo deste trabalho não será incorporada a componente social, dada pelo excedente do consumidor, como em SANTANA (2015), embora se disponha de resultados de pesquisa sobre demanda e oferta de madeira em tora para algumas áreas do estado do Pará (SANTANA et al., 2011) e sobre o mercado de madeira em tora por mesorregião do estado do Pará (SANTANA, 2016). Sendo assim, assume-se que o valor presente líquido do capital florestal é subestimado por não incluir a componente social no fluxo de caixa para a atividade florestal, a ser atualizado por uma taxa de desconto de 4% ao ano.

O estoque de capital natural das áreas com vegetação natural (AVN), áreas de reserva legal (ARL) e áreas de proteção permanente (APP) dos imóveis rurais é estimado por inventário florestal e declarado no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Neste inventário, obtêm-se informações sobre o diâmetro igual ou superior a 10 cm das espécies arbóreas, a altura do fuste e outros parâmetros utilizados na estimação da biomassa, estoque de carbono, volume de madeira, custo de extração, preço do m³ de madeira e valor da árvore em pé, assim como o valor do estoque de carbono (R\$/t).

A metodologia adotada para estimar o valor das áreas de floresta para indenização, ou para concessão, utiliza o volume do fuste das árvores como a variável base. Para estes casos, propõe-se a substituição do volume pelo estoque do carbono armazenado nas árvores e a inclusão da taxa de crescimento das árvores ao longo do tempo. Com isto, o valor da floresta torna-se mais próximo da realidade por incorporar o valor da copa e do serviço de fotossíntese.

O valor presente líquido do capital florestal é estimado a partir do valor do volume de madeira (metodologia convencional) e do valor do estoque de carbono armazenado pelas espécies florestais madeireiras e não madeireiras, atualizadas pela taxa de desconto e pela taxa de crescimento das árvores, conforme Santana (2018):

$$VPLF_{vi} = \sum_{i=0,25,50,75,100} VEM_i \left[\frac{1}{(1+r)^i} \right]$$

$$VPLF_{ci} = \sum_{i=0}^{I=100} VEC_i \left[\frac{(1+\theta)^i}{(1+r)^i} \right]$$

em que $VPLF_v$ e $VPLF_c$ são os valores presentes líquidos das áreas de AVN, ARL e APP dos imóveis rurais, estimados com base no valor do volume de madeira e no valor do estoque de carbono dos ativos naturais; VEM e VEC são os valores da madeira (R\$/m³) e do estoque de carbono (R\$/t) da parte aérea das árvores; θ é a taxa média de crescimento do estoque de carbono das espécies florestais madeireiras; e r é a taxa de desconto de 4% ao ano, adotada pelos órgãos ambientais.

Esta metodologia avança em relação aos critérios até aqui utilizados em duas direções:

a) A primeira é que ao invés do volume de madeira, que apresenta grande variabilidade de preço, utiliza a variável estoque de carbono que reflete a realidade do crescimento contínuo da floresta via atividade fotossintética e o preço é formado em mercado competitivo;

b) A segunda é a inclusão da taxa de crescimento do estoque de carbono de todas as espécies arbóreas identificadas, gerando um produto homogêneo comercializado em mercado amplo, denominado de crédito de carbono, cujas transações se aproximam da concorrência pura.

Com isto, elimina-se a descontinuidade do fluxo de produção manejada, ou não manejada, de madeira ao considerar o horizonte contínuo de tempo enquanto a planta faz a fotossíntese e não apenas os anos em que as parcelas da floresta são cortadas, em ciclos de 25 anos.

Outro ponto importante desta metodologia é que a utilização do estoque de carbono permite identificar os imóveis rurais que utilizam sistemas de produção carbono zero, maior produtividade e sustentabilidade ambiental daqueles sistemas de produção simplificados e que não são sustentáveis. Se a taxa de crescimento do estoque de carbono for igual ou superior à taxa de retorno dos sistemas em uso, o imóvel é sustentável quanto ao balanço entre a emissão e o sequestro de carbono, assim como de sua sustentabilidade em relação ao custo de oportunidade das demais atividades produtivas. Com isto, seguindo Daly e Farley (2004), pode-se orientar o uso de tecnologias apropriadas de maior produtividade, maior retorno econômico, inclusão social e sustentabilidade ambiental dos recursos naturais restaurados e/ou preservados nos imóveis rurais. Desta forma, caminha-se na direção do desenvolvimento local, com a natureza limitando a taxa de crescimento.

Os dados utilizados na metodologia de análise benefício-custo serão gerados a partir do inventário florestal das espécies arbóreas com DAP (diâmetro do tronco a 1,30 m do solo) maior ou igual a 10 cm (dadas as características da floresta), incluindo a classificação taxonômica (nome popular e nome científico da espécie e a respectiva família), a determinação das variáveis (diâmetro e altura do fuste e da copa), a biomassa, o volume de madeira das árvores com e sem valor comercial e a taxa de crescimento de grande parte das espécies. Com estes dados, estima-se a biomassa, aplicando-se a equação polinomial de segundo grau de Brown et al. (1989):

$$Biomassa_i = 38,4908 - 11,7883DAP_i + 1,1926DAP_i^2.$$

em que DAP é o diâmetro à altura do peito da árvore da espécie i , em cm. O estoque de carbono é calculado, tomando-se o montante de biomassa e dividindo por dois, dado que, em média, 50% da biomassa é água (SALOMÃO et al., 2012; 2013). O valor do estoque de carbono das espécies florestais é obtido multiplicando-se o estoque de carbono pelo valor médio das cotações do crédito de carbono negociado na forma de *commodity* em bolsas de valores.

A evolução do estoque de carbono, com vistas a estimar seu fluxo de produção, a partir do crescimento das árvores, é realizada por meio da taxa geométrica de crescimento do DAP para 61 espécies arbóreas de uma floresta primária da Amazônia (SALOMÃO et al., 2014; SALOMÃO; SANTANA, 2017). A taxa geométrica de crescimento das árvores é estimada conforme Santana (2003) e Santana (2018):

$$\ln DAP_{ji} = A + BT_i + e_i$$

em que $\ln DAP_j$ é o logaritmo natural do diâmetro à altura do peito da espécie j , no período i , em cm; A é o $\ln DAP_0$ ou logaritmo natural do diâmetro à altura do peito da árvore da espécie j , no período zero, em cm; $B = \ln(1 + \theta)$ em que θ é a taxa de crescimento da árvore da espécie florestal j ; T é o período de tempo de 1997 a 2009 (SALOMÃO; SANTANA, 2017).

4.4.1 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Apresenta-se o resultado da valoração dos ativos naturais com preço de mercado, estimado com base no valor presente líquido do fluxo de caixa gerado com a comercialização dos produtos, considerando as variáveis: volume de madeira em tora; estoque de carbono; e taxa de crescimento das espécies florestais. Com isto, apresenta-se o avanço nas principais metodologias de valoração dos produtos da natureza. Essas metodologias são aplicadas aos produtos e serviços de provisão gerados pela

vegetação do Parque Zoobotânico (PZB) do Museu Paraense Emílio Goeldi, cuja área é de 5,2 ha. A partir do diâmetro de 678 árvores distribuídas em 157 espécies, obteve-se o volume de madeira, a biomassa e o estoque de carbono equivalente a 847,71273 toneladas. O valor do crédito de carbono em Real foi obtido a partir da cotação média do carbono negociado em bolsas de mercadorias (4,57 € por tonelada), multiplicada pelo valor médio do câmbio de maio de 2017 (R\$/€) = 3,5513), gerando o valor de R\$ 16,23/t. Assim, o valor total do estoque de carbono da flora do PZB foi equivalente a R\$ 13.757,90.

Este valor foi submetido a uma evolução da produção de carbono por 100 anos, que é fruto da atividade de fotossíntese das plantas ao longo da vida, a partir da taxa de crescimento do diâmetro das árvores do PZB, considerada como uma floresta primária. Este é um dos fatores em que o capital natural difere do capital manufaturado. O capital natural segue incrementando seu valor pelo fluxo de serviços ecossistêmicos que produz, enquanto o capital manufaturado perde valor com a utilização ao longo do tempo. Para atualizar o fluxo de valor do estoque de carbono, adotou-se a taxa de desconto de 4% ao ano. Assim, o valor de uso direto da floresta do PZB foi estimado em R\$ 456.924,50 pela equação abaixo.

$$VPLAPZB_i = \sum_{i=0}^{I=100} 13.757,904_i \left[\frac{(1 + 0,001037705)^i}{(1 + 0,04)^i} \right] = R\$ 456.924,50$$

Este valor deve ser somado ao valor de uso direto e indireto, valor de opção e o valor de existência dos ativos naturais produzidos pelo PZB, valorado com base na disposição a pagar (receber), cuja metodologia será apresentada mais adiante.

Considerando apenas o VPL do estoque de carbono, obteve-se R\$ 208.714,29, sem incluir a taxa de crescimento da floresta. Portanto, o valor de uso direto representa apenas 45,7% do valor socioeconômico e ambiental.

$$VPLAPZB_{sc_i} = \sum_{i=0}^{I=100} 13.757,904_i \left[\frac{1}{(1 + 0,04)^i} \right] = R\$ 208.714,29$$

Por outro lado, o método adotado pelo Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para efeito de

indenização do capital floresta suprimido para viabilizar a exploração mineral, gera um valor para a floresta de R\$ 109.058,81.

$$\begin{aligned}
 VPLMadeira_i &= \sum_{i=0,25,50,75,100} 68.658,97_i \left[\frac{1}{(1 + 0,04)^i} \right] \\
 &= R\$ 109.058,81.
 \end{aligned}$$

Portanto, a metodologia adotada pelos órgãos governamentais subestima o valor da floresta em relação ao método do estoque de carbono, com ou sem a inclusão da taxa de crescimento da floresta que, ainda assim, também não reflete o valor econômico total da floresta porque não inclui os serviços ecossistêmicos no cálculo. A síntese dos resultados é:

$$\begin{aligned}
 VPLAPZB &= R\$ 456.924,50 \\
 VPLAPZBsc &= R\$ 208.714,29 \\
 VPLMadeira &= R\$ 109.058,81
 \end{aligned}$$

A inclusão da taxa de crescimento anual das espécies florestais qualifica a estimativa do valor econômico total do capital florestal via estoque de carbono em algumas dimensões. A primeira é que ao considerar o estoque de carbono, contempla-se o resultado das funções de fotossíntese, respiração e transpiração das plantas no valor do ativo, dado que a regulação do estoque de carbono já tem mercado estabelecido. A segunda é que o fluxo de benefício-custo para gerar o valor presente líquido é contínuo e não definido por suposições de que as espécies crescem à taxas homogêneas o suficiente para alcançar o padrão de maturidade para o corte a cada 25 anos. A terceira é que o corte das espécies pode ser definido com base no nível ótimo de maturidade da espécie em que o balanço entre CO₂, O₂ e H₂O se estabiliza, definindo o limite mínimo da taxa de crescimento e o limite máximo da produção do estoque carbono de cada planta. A quarta é que permite estimar o valor do bem-estar que estes serviços ecossistêmicos geram para a população local.

Para explicitar a aplicação da metodologia e consolidar este conhecimento, tomam-se como exemplo os dados sobre a espécie Abiu. Para facilitar o entendimento do leitor, assume-se que o conjunto das árvores de Abiu apresenta diâmetro médio acima do peito igual ou superior a 40 cm, volume igual a 0,27 m³/ha e preço R\$ 46,09/m³. O valor do volume de madeira é R\$ 12,44/ha, obtido da seguinte forma: 0,27 m³/ha x R\$ 46,09/m³ = R\$ 12,44/ha. Este valor vai compor o fluxo de caixa para os cortes

realizados nos anos zero, 50 e 100, como recomenda a metodologia do IBAMA. Assim, o Valor Presente Líquido (*VPL*) do fuste da árvore Abiu, considerando a taxa de juros de 4% ao ano é:

$$\begin{aligned} VPL_{Abiu} &= \frac{12,44}{(1,04)^0} + \frac{12,44}{(1,04)^{50}} + \frac{12,44}{(1,04)^{100}} \\ &= 12,44 + 1,75 + 0,25 = R\$ 14,44 \end{aligned}$$

Considerando-se o estoque de carbono para determinar o cálculo do *VPL* do Abiu ($R\$ 16,50/t \times 0,5985$ t de carbono = $R\$ 9,88$), tem-se que o fluxo de caixa, agora contínuo para 100 anos, dado que o estoque de carbono evolui com a fotossíntese, é:

$$\begin{aligned} VPL_{Abiu} &= \frac{9,88}{(1,04)^0} + \frac{9,88}{(1,04)^1} + \dots + \frac{9,88}{(1,04)^{100}} \\ &= 9,88 + 9,50 + \dots + 0,20 = R\$ 251,99. \end{aligned}$$

Incluindo a taxa de crescimento da espécie na equação do *VPL*, tem-se:

$$\begin{aligned} VPL_{Abiu} &= \frac{9,88 \cdot (1 + 0,00924)^0}{(1,04)^0} + \dots \\ &\quad + \frac{9,88 \cdot (1 + 0,00924)^{100}}{(1,04)^{100}} \\ &= 9,88 + \dots + 0,49 = R\$ 317,94. \end{aligned}$$

Observa-se que o valor presente líquido da espécie florestal Abiu difere muito entre o cálculo considerando apenas o ponto de vista privado, a partir de critérios que não mantêm aderência com a Economia Ecológica, e o resultado do modelo que inclui a acumulação de carbono nas árvores no mesmo período. Com isto, mostra-se a diferença entre a análise econômica tradicional, que leva em conta as árvores apenas como fonte de madeira em tora para suprir de matéria-prima as indústrias madeireiras e a análise econômica e ecológica, que considera as árvores como ativos naturais, que rendem um fluxo de produto e serviços ao longo do tempo. Assim, a metodologia tradicional pode contribuir para antecipar o esgotamento dos recursos naturais e com o aval das instituições públicas que regulam a exploração manejada e/ou a preservação do ecossistema natural.

A diferença do *VPL* entre as metodologias que utiliza o valor do volume da madeira em cortes e atualização a cada 25 anos para o período de 100 anos e o fluxo contínuo do valor do estoque de carbono da espécie Abiu foi de 17,5 vezes. Isto ocorre em função de dois fatores: o primeiro é que a

planta armazena carbono ao longo do período, evoluindo a uma taxa de crescimento positiva, o que justifica a atualização contínua; e o segundo se deve ao fato de que o preço de mercado da tonelada de carbono reflete valor econômico, enquanto o preço utilizado para o volume de toras de madeira, além de desatualizado, não reflete o comportamento do mercado de madeira em pé e/ou de madeira em tora da região amazônica.

A partir deste conhecimento, é possível definir estratégias para crescimento econômico com sustentabilidade forte ou fraca no uso dos recursos naturais. Para isto, necessita-se investir em tecnologia para estimar as taxas de crescimento das espécies florestais nativas, sob diferentes condições de manejo e, então, desenhar modelos de exploração com o volume de madeira a ser extraído das espécies de interesse, de acordo com a adequação do ciclo de corte. Portanto, este modelo de valoração tende a representar a alocação ótima dos recursos e a gerar o valor máximo de lucro para o produtor.

Para incluir o excedente do consumidor na metodologia e gerar o valor máximo de bem-estar social para a população local e/ou global, deve-se adicionar o valor dos serviços ecossistêmicos de regulação, cultural e formação. Desta forma, o resultado reflete o valor econômico total do ativo natural. Mesmo assim, o valor ainda é subestimado ao deixar de fora os serviços ecológicos que tais ativos geram para manter a dinâmica da estrutura dos ecossistemas e os benefícios para a sociedade.

4.5 VALORAÇÃO DE ATIVOS SEM PREÇO DE MERCADO

Os produtos e serviços dos ecossistemas naturais têm valor socioeconômico e ambiental mesmo não sendo negociados no mercado amplo. Ao contrário do que é considerado nas análises econômicas tradicionais, os ativos naturais são escassos. A escassez é caracterizada pela perda das funções dos ecossistemas, que gera perturbação ecológica e perda de sua capacidade produtiva, em função da ação antrópica e cujos resultados se traduzem em alta entropia. As perdas de funções ecológicas são evidenciadas pelo desmatamento e queima de florestas, poluição ambiental e erosão do solo que, por sua vez, elevam o custo de oportunidade dos ativos naturais para as comunidades. O resultado é evidenciado pelas pessoas que passam a expressar suas preferências pela importância que os ativos naturais têm para o seu bem-estar. Isto possibilita a construção de mercado para os produtos e serviços, ao mesmo tempo que permite definir um método direto para estimar o valor desses ativos segundo a intensidade de seus desejos.

A satisfação dos desejos que surgem em função da escassez, é a quantidade psíquica e subjetiva que define a utilidade que os recursos naturais têm para atender as preferências e o bem-estar da

população fora dos processos de produção física de bens e serviços. Assim, a bioeconomia adiciona os ativos naturais ao pilar da escassez, dado que a destruição de suas funções pelo uso irracional e aumento da entropia, limita o estoque dos ativos e sua capacidade de atender aos desejos de consumo das pessoas. Sendo assim, as pessoas podem atribuir valor aos serviços ecossistêmicos de acordo com a intensidade do benefício, gerando a curva de demanda do serviço estudado.

Neste contexto, os produtos e serviços dos ecossistemas naturais que ainda não têm preço de mercado podem ser valorados pelo seu valor de uso, valor de não uso e/ou valor de existência, por meio do Método de Avaliação Contingente (*MAC*), especificado pelas equações da Disposição a Pagar (*DAP*) e da Disposição a Receber (*DAR*). Assim, o Valor Econômico Total (*VET*) dos ativos naturais é dado pela equação abaixo:

$$VET = VU + VNU = VUD + VUI + VO + VNU$$

Em que: *VUD* é o valor de uso direto, que resulta do consumo direto dos produtos e serviços fornecidos por um ativo natural; *VUI* é o valor de uso indireto, que resulta do consumo indireto de um ativo natural; *VO* é o valor dos serviços ecossistêmicos produzidos pelos recursos naturais que devem ser preservados para uso futuro, como forma de assegurar que a ciência revele novas descobertas em benefício da sociedade e o valor do ativo aumente; *VNU* é o valor que resulta da disposição a pagar pelo ativo natural apenas por saber que ele existe e está sendo preservado para as gerações futuras.

A valoração dos recursos naturais restringia-se aos métodos do valor instrumental, que incorporava apenas os aspectos econômicos do capital natural, ou seja, reconhece o valor dos produtos e serviços do ativo natural transacionado nos mercados. Acontece que os ativos naturais são multifuncionais sendo, ou não sendo negociados nos mercados. Portanto, qualquer análise parcial, que leva em conta a percepção econômica, sem a adequada incorporação dos aspectos ecológicos, tende a enviesar o valor monetário do ativo natural. Assim, necessita-se de uma abordagem integrada dos postulados econômicos e ecológicos para representar a visão holística que a valoração da natureza requer.

O Método de Avaliação Contingente (*MAC*), que está ancorado nos postulados da economia ambiental (aplicação da Teoria Neoclássica aos ativos ambientais) ou na combinação da Economia Neoclássica com a Economia Ecológica, teve no trabalho de Ciriacy-Wantrup (1947) a conclusão de que os benefícios extramercado da conservação de solos podiam ser mensurados por meio da Disposição a Pagar (*DAP*), declarada em pesquisa de entrevista e, também, indicar limites e erros de comportamento, gerados a partir das estratégias dos entrevistados. Mais de 50 anos depois, os estudos em busca da consolidação do *MAC* avançaram em muitas direções, de maneira a avançar e superar a maioria das críticas de alguns representantes da Teoria Neoclássica (WEISBROD, 1964), conforme

revelam as pesquisas que avançaram no processo de integração desses aportes de conhecimento ao modelo MAC (SANTANA; KHAN, 1992; ARROW et al., 1993; FARBER et al., 2002; LIU et al., 2010; SANTANA, 2014; 2015).

O MAC foi estudado por Kenneth Arrow e Robert Solow, dois ganhadores do Prêmio Nobel em Economia, com o objetivo de aferir seu potencial como instrumento de avaliação do valor de danos ambientais e do passivo perdido. Uma das conclusões foi que

“os estudos conduzidos com o MAC podem gerar estimativas confiáveis e suficientes como ponto de partida para uma decisão judicial ou administrativa sobre danos causados aos ativos ambientais, incluído os valores do passivo perdido” (ARROW et al., 1993, p.35).

O MAC é o método mais versátil, estudado e aplicado para medir o valor de ativos ambientais por incorporar o valor de opção e/ou de existência dos ativos ambientais. Carson e Louviere (2011) identificaram mais de 7.500 artigos e estudos sobre a aplicação do método da avaliação contingente em mais de 130 países, envolvendo aspectos culturais, ambientais, saúde, transporte, energia etc., com diversos graus de integração entre os enfoques econômicos, sociais e ecológicos. A partir desses resultados, podem-se orientar estudos específicos e complementares sobre recursos raros e/ou endêmicos e outros aspectos multifuncionais dos ativos naturais quando necessários ao desenho de políticas públicas voltadas para a regulação dos estoques disponíveis dos ecossistemas naturais.

Neste contexto, Santana (2014) ampliou o tradicional método de avaliação contingente ao incorporar os fatores socioeconômicos e ecológicos de forma integrada, propondo o Método Integrado de Avaliação Contingente (MIAC), ao considerar os fluxos de produtos e serviços ecossistêmicos dos ativos naturais em interação com o fluxo circular da produção e consumo do sistema econômico para a estimação do valor econômico total dos recursos naturais. Em seguida, o MIAC foi especificado pela primeira vez na forma de equações aparentemente não relacionadas, dado que até então os modelos eram especificados na forma de equações individuais (Figura 4.3).

O MIAC, como proposto por Santana (2014; 2015), contempla as equações da Disposição a Pagar pelo benefício da preservação dos recursos naturais (DAP) e da Disposição a Receber (DAR) uma compensação pela utilização sustentável ou pela substituição do ativo natural por outras atividades. Além disso, faz a inclusão dos benefícios dos serviços ecológicos no conceito de excedente econômico ou bem-estar social e fazer a integração entre os sistemas econômico e ecológico no modelo. Assim, para facilitar a obtenção de informações reais das pessoas sobre o valor dos ativos naturais, é importante que se apresente o valor de mercado de ativos substitutos como referência para orientar a declaração sobre a DAP e a DAR. No caso de ativos florestais, servem como referência o valor das

terras com agricultura, pecuária, floresta de fácil e de difícil acesso, área de floresta dada em concessão, assim como as terras sob a influência dos grandes projetos de desenvolvimento da Amazônia, conforme Santana (2012; 2014; 2015) e Santana et al. (2016).

Estes argumentos são considerados como fundamento para estimar o valor econômico total do ativo natural a partir do fluxo de serviços ecossistêmicos, definido pela área abaixo da curva de demanda dos recursos naturais, delimitada pelo estoque do ativo considerado na avaliação (HOEN; RANDALL, 1989; COSTANZA et al., 1997; BARAL et al., 2014; COSTANZA et al., 2014; SANTANA, 2015; ROSA et al., 2016; SANTANA et al., 2016; 2017; COSTANZA et al., 2017).

Outro fundamento importante do modelo *MIAC* é que, ao invés da utilização do valor de uso e o valor de não uso para estimar o valor econômico total do ativo natural, que apresenta grande dificuldade para as pessoas fazer a categorização dos ativos em valor de uso direto, valor de uso indireto, valor de opção e valor de existência e expressar a intensidade do bem-estar que geram, por isso o modelo usa um fundamento teórico mais amplo. O *MIAC* foca nas variáveis associadas às dimensões econômica, social e ambiental para estimar o valor dos ativos naturais e, por sua vez, o custo de oportunidade de sua preservação, supressão ou substituição por outras atividades econômicas (Santana et al., 2017).

A decisão de preservar ou explorar os ativos naturais é modelada pelas equações estruturais de disposição a pagar e disposição a receber, ambas representando o valor máximo do bem-estar gerado pelos produtos e serviços ecossistêmicos fornecidos pelos ativos naturais para as pessoas. Essas equações representam decisões que estão teoricamente inter-relacionadas, portanto, devem ser especificadas por um sistema de equações para evitar erros na especificação do modelo. As equações de *DAP* e *DAR* constituem o *MIAC*, que deve ser estimado simultaneamente através do método de regressões aparentemente não relacionadas. Assim, o modelo gera o máximo de bem-estar, dado pelos excedentes socioeconômico e ambiental dos consumidores e dos produtores gerados pelos bens e serviços dos ativos naturais (Santana, 2014; 2015; Santana et al., 2017; Oliveira et al., 2020).

As demandas de mercado dos consumidores pelos produtos e serviços ecossistêmicos gerados pelos ativos naturais dos imóveis rurais privados ou públicos são especificadas no *MIAC* por meio das equações *DAP* e *DAR*, conforme Santana (2014; 2015):

MIAC

$$DAP = f(DECOR, DSDEM, DAMBI, DECOR; \alpha)$$

$$DAR = f(DECOR, DSDEM, DAMBI, DECOR; \beta)$$

Em que α e β são os vetores de parâmetros a serem estimados, DECON é a dimensão econômica, DSDEM é a dimensão sociodemográfica, DAMBI é a dimensão ambiental e DECOL é a dimensão ecológica.

A estrutura do MIAC está representada na Figura 4.3, com as principais variáveis associadas às dimensões incluídas nas equações de *DAP* e *DAR*. A dimensão econômica inclui as variáveis: Renda, Emprego, Bens de Capital, Atividade Econômica etc. A dimensão Sociodemográfica inclui as variáveis: Educação, Sexo, Idade, Origem, Tamanho da Família, Tempo de Moradia no Local etc. A Dimensão Ambiental contempla as variáveis: Desmatamento, Regularidade das chuvas, Queimadas, Poluição do ar e dos rios, Degradação de solos etc. A Dimensão Ecológica abrange as variáveis: Serviços ecológicos, Fertilidade dos solos, Biodiversidade, Ecoturismo, Belezas cênicas, Espécies raras e endêmicas, Polinização, Carbono, SAFs etc. Esse conjunto de variáveis define as equações de *DAP* e *DAR* e, por sua vez, o MIAC.

A especificação econométrica do MIAC pode ser apresentada empiricamente como a seguir:

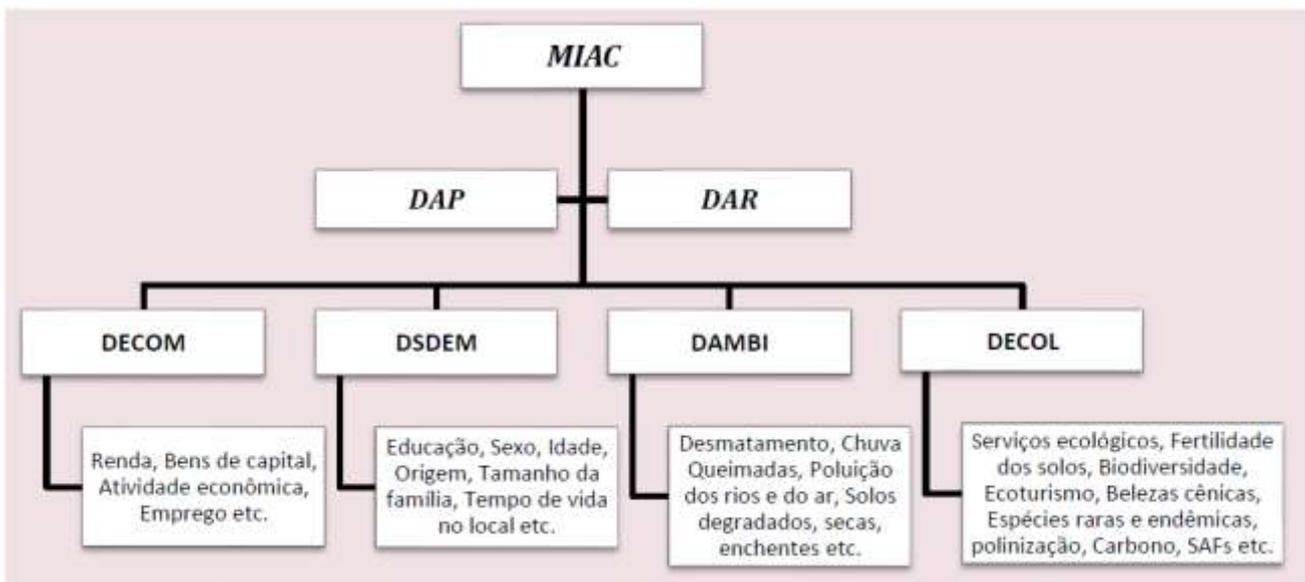
$$DAP_i = a_0 + a_1 Idade_i + a_2 Sexo_i + a_3 Educa\c{c}\tilde{a}o_i + a_4 Renda_i + a_5 TFam\tilde{a}lia_i + a_6 DEcol\tilde{o}gica_i + a_7 DAmbiental_i + a_8 TMLocal_i + a_9 VDR_i + u_{1i}$$

$$DAR_i = b_0 + b_1 Idade_i + b_2 Sexo_i + b_3 Educa\c{c}\tilde{a}o_i + b_4 Renda_i + b_5 TFam\tilde{a}lia_i + b_6 DEcol\tilde{o}gica_i + b_7 DAmbiental_i + b_8 TMLocal_i + a_9 VDR_i + u_{2i}$$

em que *DAP* e *DAR* são a disposição a pagar pelo benefício dos ativos naturais mantidos preservados e a disposição a receber uma compensação pela exploração do ativo natural, incorporando o valor econômico total dos serviços ambientais (R\$/ha); *Idade* do entrevistado em anos; *Sexo* do entrevistado; *Educação* é o nível de escolaridade formal do entrevistado em anos de estudo; *Renda* é a renda média mensal do entrevistado, em R\$/mês; *TFamília* é o tamanho da família, dado pelo número de pessoas; *DEcológica* é o indicador que representa a dimensão ecológica dos ativos naturais (existência de estoque de árvores comerciais, animais para caça, espécies animais e vegetais desconhecidas, raras e ameaçadas, potencial turístico, produtos não madeireiros, aptidão das áreas para agricultura e pecuária, desmatamento e queimadas, áreas degradadas); *DAmbiental* é um indicador construído com base em um conjunto de variáveis qualitativas (regularidade das chuvas e da temperatura, desmatamento, queimadas, poluição do ar e da água, regulação do ambiente pelas florestas, paisagem da floresta e relevo, nascentes de água, entre outros), por meio da aplicação da análise fatorial para representar o grau de importância dos serviços ecossistêmicos sobre o bem-estar

da população; TM_{Local} é o tempo que a pessoa reside no local; VDR é uma variável *dummy* utilizada para captar o efeito dos entrevistados que estão dispostos a pagar um valor máximo (média mais desvio) pela preservação dos ativos naturais superior ao valor real das áreas de imóveis rurais ocupados com outras atividades agropecuárias e florestais; u_1 e u_2 são os termos de erro aleatórios; e α_i e β_i são os vetores de parâmetros a serem estimados pelo método econométrico de máxima verossimilhança com informação completa.

Figura 4.3. Representação esquemática do modelo integrado de avaliação contingente formulado para estimar o valor econômico total do ativo natural.



Fonte. Santana (2014).

4.5.1 APLICAÇÃO DO MIAC

O resultado da aplicação do MIAC na valoração dos serviços ecossistêmicos produzidos pelo ativo natural do PZB do Museu Paraense Emílio Goeldi foi especificado conforme Santana et al. (2017), incluindo, nas equações e DAP e DAR , as variáveis relevantes.

$$DAP_i = a_0 + a_1 Renda_i + a_2 Educação_i + a_3 D_{Ambiental}_i + a_4 VDummy_i + u_{1i}$$

$$DAR_i = b_0 + b_1 Renda_i + b_2 Educação_i + b_3 D_{Ambiental}_i + b_4 VDummy_i + u_{2i}$$

Os coeficientes associados às variáveis das equações DAP e DAR foram estimados pelo método de máxima verossimilhança com plena informação e apresentaram significância a 1% (Tabela 4.1). Os

valores da última coluna da Tabela relativo à *DAP* e à *DAR* são obtidos multiplicando-se os coeficientes associados às variáveis pelo valor médio de cada uma delas e depois soma todos.

O cálculo é feito como segue:

$$DAP = -5,8393 + 0,0003 \times 3.681 + 0,695 \times 5,4519 + 19,8019 \times 0,6734 + 6,4794 \times 1,00 = \text{R\$ } 18,87$$

$$DAR = -7,8209 + 0,0003 \times 3.464,33 + 0,9667 \times 5,2705 + 24,6645 \times 0,6734 + 6,1174 \times 1,00 = \text{R\$ } 21,21$$

Assim, a soma dos valores da última coluna da Tabela 4.1 resulta em R\$ 18,87, que é o valor que os visitantes do PZB estão dispostos a pagar como taxa por cada visita. Este valor é atribuído como suficiente para preservar o fluxo de produtos e serviços ecossistêmicos que os ativos naturais do PZB ofertam para a população.

Tabela 4.1. Resultados da *DAP* e *DAR* do PZB.

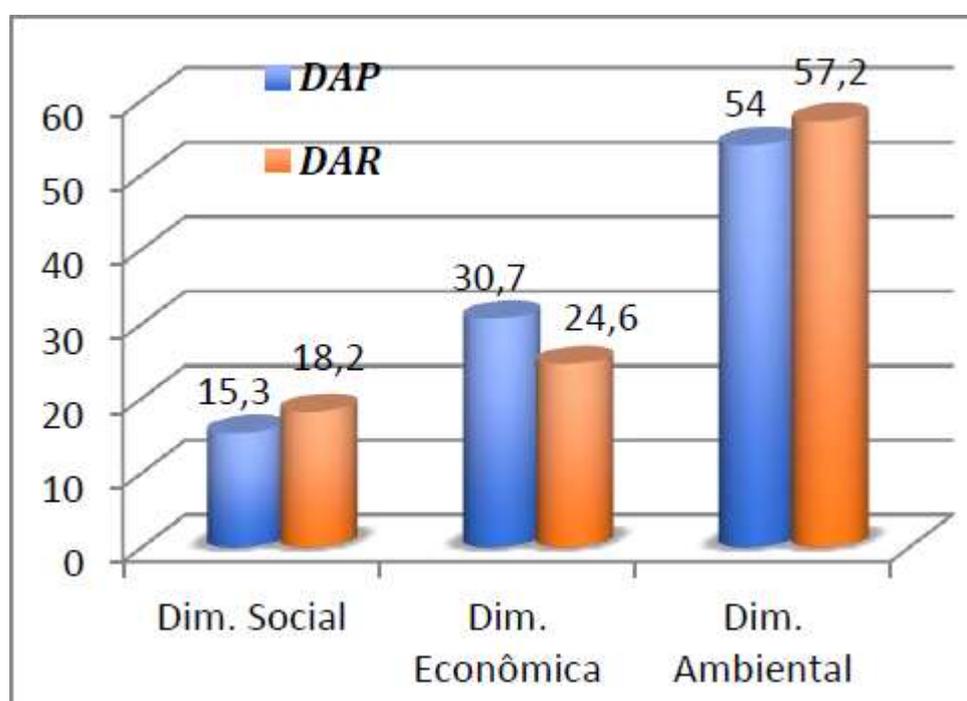
Variável	Coeficiente	<i>DAP</i>
Intercepto	-5,8393	-5,8393
Renda	0,0003	1,1043
Educação	0,6950	3,7891
Dim. Ambiental	19,8019	13,3346
Var. <i>Dummy</i>	6,4794	6,4794
<i>DAP</i> por visita ao PZB: R\$ 18,8680/v		
<i>DAP</i> por S. Ecossistêmicos: R\$ 4.151.211,01/ano		
<i>DAP</i> em dólar (ago.2017): US\$ 1,317,719.27/ano		
Variável	Coeficiente	<i>DAR</i>
Intercepto	-7,8209	-7,8209
Renda	0,0003	1,0393
Educação	0,9667	5,2705
Dim. Ambiental	24,6645	16,6091
Var. <i>dummy</i>	6,1174	6,1174
<i>DAR</i> por visita ao PZB: R\$ 21,2153/visita		
<i>DAR</i> por S. Ecossistêmicos: R\$ 4.667.646,61/ano		
<i>DAR</i> em dólar (ago.2017): US\$ 1,481,651.46/ano		
R²-ajustado: <i>DAP</i> = 0,7671; <i>DAR</i> = 0,7637		

Fonte: Santana et al. (2017)

Considerando o total de visitantes por ano, o valor da DAP foi R\$ 4.151,21 mil por ano. Por outro lado, os visitantes também declararam o valor que estão dispostos a pagar por uma visita em outro parque, em substituição ao PZB, em caso de venda da área. A DAR por visita foi de R\$ 21,21 e o valor total foi de R\$ 4.667,65 pelos serviços ecossistêmicos (Tabela 4.1). Como a DAP e a DAR são o valor máximo que a população deseja pagar ou receber, adiciona-se o desvio padrão relativo ao valor médio da DAP e da DAR.

A participação das dimensões social, econômica e ambiental no valor econômico total gerado pelos serviços ecossistêmicos do ativo natural do Parque Zoobotânico de Belém, estimado por meio das equações de DAP e DAR derivadas a partir da percepção das pessoas que entrevistadas em Belém constam na Figura 4.4.

Figura 4.4. Distribuição do valor dos SE do PZB.



Fonte: Santana et al. (2017).

A maior participação coube à dimensão ambiental, pelo fato de a população entrevistada ter significativa percepção sobre o valor agregado ao seu bem-estar pelos serviços ecossistêmicos, em função do maior grau de educação da população urbana. A dimensão econômica apresentou menos importância relativa do que a dimensão ambiental. Esta deve ser a tendência na composição do VET gerado pela natureza.

Portanto, deve-se incluir o valor dos ativos naturais na composição no portfólio de ativos das empresas, com vista a obter o retorno pelo bem-estar gerado pelos serviços ecossistêmicos para a sociedade.

4.5.2 APLICAÇÃO DA DAR

Para estimar o valor da compensação por danos e externalidades ambientais potenciais para as populações ribeirinhas a serem atingidas, por se localizarem a jusante de hidrelétricas planejadas para a bacia do rio Tapajós, foi especificado um modelo a partir da Disposição a Receber (SANTANA et al., 2015):

$$DAR_i = b_0 + b_1 Renda_i + b_2 ImpRio_i + b_3 NEduc_i + u_i$$

Em que DAR é a disposição a receber um valor para compensar os benefícios gerados pelos serviços ambientais proporcionadas pelos recursos naturais sob a influência do rio antes da barragem e que serão reduzidos; Renda é a renda média mensal das pessoas potencialmente afetadas pelo projeto de produção de energia da bacia do Tapajós; NEduc é o grau de educação das pessoas, captado pelo número de anos de estudo das pessoas entrevistadas; ImpRio é a importância do rio no que tange à contribuição para manter a qualidade de vida das populações locais; b_i é o vetor de parâmetros a ser estimado; u_i é o termo de erro aleatório. O valor estimado para a DAR é extrapolado para a população total dos municípios afetados pelo empreendimento da usina hidrelétrica. Os resultados do modelo DAR são apresentados abaixo.

$$DAR_i = 5,65 + 0,486 Renda_i + 45,11 ImpRio_i + 30,295 NEduc_i$$

$$R^2 = 0,801; F_{(3, 254 \text{ gl})} = 196,17$$

A estatística F , significativa a 1%, atesta que o modelo estimado se adequou bem ao fenômeno estudado. O coeficiente de determinação do modelo estimado indicou que 80,1% das variações na disposição a receber pelos entrevistados são explicadas pelas variações na renda, importância do rio Tapajós para a sobrevivência das famílias locais e o nível educacional.

Os coeficientes estimados apresentaram sinal de acordo com o esperado, indicando que com o aumento da renda, do nível de escolaridade e do reconhecimento da importância do rio para a sobrevivência da população local, o valor da DAR aumenta. Isto significa que para concordar com os grandes projetos de produção de energia, deve-se pagar o valor declarado pela população local para renunciar aos benefícios que recebiam e agora vão deixar de receber.

Assim, substituindo os valores médios dessas variáveis na equação, obtém-se o valor médio *per capita* anual da DAR igual a R\$ 4.176,64, gerando o valor da compensação de R\$ 545.720.357,30 a ser pago para a população de 130.660 pessoas atingidas. Este valor poderia alimentar um fundo de recebíveis

destinado a render recursos a serem utilizados no apoio à formação de capital humano e capital social no local, com vistas a implantar micro e pequenos negócios sustentáveis em benefício da população.

4.5.3 APLICAÇÃO DA DAP

O valor econômico total da Resex de Caeté, cujo produto principal é o caranguejo, foi estimado com base na percepção das comunidades de catadores de caranguejo, em que a sobrevivência depende direta e indiretamente dos produtos e serviços desse ecossistema de mangue. Aplicou-se a metodologia da Disposição a Pagar (*DAP*) por incorporar o valor de uso e de não uso dos recursos naturais, dado que alguns produtos e serviços do mangue não têm valor de mercado.

Os dados foram obtidos de uma amostra representativa das famílias de catadores de caranguejo, que se manifestaram sobre o valor da *DAP* para manter um fluxo permanente do produto principal da Resex e das condições da vegetação estuarina preservados. A equação especificada por Rosa et al. (2016) foi:

$$DAP_i = b_0 + b_1 Educa_i + b_2 Renda_i + b_3 TempoAtiv_i + b_4 PresevAmb_i + u_{1i}$$

Em que: *DAP* é a variável dependente e representa o valor declarado pelo entrevistado sobre a disposição a pagar pela conservação e uso racional da Resex de Caeté, em R\$/mês; *Educa* é o nível de escolaridade formal do entrevistado em anos de estudo; *Renda* é a renda média mensal do entrevistado, em R\$/mês; *TempoAtiv* é o tempo do entrevistado na atividade de catação e pesca na área da Resex, em anos; *PreservAmb* é um índice construído a partir de um conjunto de variáveis que representam o nível de utilização dos recursos naturais da Resex e as ameaças de destruição da principal fonte de renda e de sobrevivência dos catadores; *u* é o termo de erro aleatório; e $b(i=1, \dots, 4)$ é o vetor de parâmetros a ser estimado por mínimos quadrados generalizados. Sobre este método de estimação, o leitor deve consultar um livro de econometria.

Os coeficientes das variáveis apresentaram significância a 5% e explicaram 79,7% das variações na *DAP*, segundo a percepção dos entrevistados. Os resultados estão na equação abaixo.

$$DAP_i = -4,12 + 0,587 Educa_i + 0,006 Renda_i + 0,035 TempoAtiv_i + 0,987 PresevAmb_i$$

Os resultados estão coerentes com a teoria da disposição a pagar, uma vez que os sinais dos coeficientes foram positivos. Assim, a cada ano adicional de escolaridade formal, a família está disposta a incrementar o valor da *DAP* em R\$ 0,59 centavos de Real. Para incremento médio na renda da família de R\$ 1.000,00, tende-se a pagar R\$ 6,00 a mais para preservar o mangue. Da mesma forma, quanto

maior o tempo na atividade e o desejo de preservar o ambiente de onde tiram o sustento, maior é o valor que está disposto a pagar. Assim, a média da soma de todas essas variáveis gera o valor médio da DAP que cada família declarou disposição a pagar por mês para preservar o ecossistema de mangue. Para obter o valor da DAP, substituem-se os valores médios de cada variável na equação acima (Educação = 7,16 anos; Renda = R\$ 1.676,78; Tempo na atividade = 23,48 anos; Preservação da Resex = 1,0). O valor da DAP média *per capita* foi de R\$ 11,95/mês e de R\$ 143,40/ano.

$$DAP_i = -4,12 + 0,587 \times 7,16 + 0,006 \times 1.676,78 + 0,035 \times 23,48 + 0,987 \times 1,0 = R\$ 11,95/\text{mês}$$

Este valor multiplicado pelo número de pessoas das famílias dos catadores da Resex, gera-se o valor total da DAP de R\$ 2.753.280,00/ano. Tomando as comunidades incluídas na pesquisa como representativas da área total da Resex, abrangendo manguezais e demais ecossistemas, o valor total da DAP seria de R\$ 14.063.030,00/ano, a ser pago para ser aplicado anualmente nas atividades e ações de regulação ambiental, desenvolvimento de projetos e apoio às famílias para a exploração racional dos produtos e serviços gerados por esse ativo natural de forma sustentável. Desta forma, seguindo Daly e Farley (2004), criam-se as condições necessárias para o aumento do desenvolvimento sem o aumento da taxa de crescimento econômico. Isto é possível pela inclusão do bem-estar gerado pelos serviços ecológicos e que são perdidos ou ignorados nos cálculos convencionais do crescimento econômico.

4.6 ENTENDENDO ATIVOS NATURAIS E SEU VALOR

Os ativos naturais geram os meios de subsistência e de bem-estar da humanidade de duas maneiras principais: como fonte de matérias-primas para a produção de bens e serviços; e como o reservatório natural para os resíduos gerados pela atividade econômica e pelo consumo. Estes meios são, em geral, reduzidos pelas ações humanas, que esgotam as fontes de riqueza e ultrapassam a capacidade de suporte dos ecossistemas naturais. Contudo, a sociedade também pode investir na restauração e ampliação de ativos naturais. E o que falta para alcançar o equilíbrio entre a natureza e a atividade econômica? Falta conhecimento sobre o valor dos ativos naturais e de seu custo de oportunidade para orientar as decisões de uso ou de preservação. A contribuição deste capítulo é oferecer metodologia para valorar os ativos naturais e contribuir para que os agentes utilizem esta riqueza como alavanca de desenvolvimento local.

Os estudos de valoração dos ativos naturais e serviços ecossistêmicos continuam evoluindo e com amplo leque de metodologias (TURNER et al., 2016; ACHARYA et al., 2019). Também crescem os estudos sobre investimentos na restauração e/ou ampliação dos estoques de ativos naturais dos serviços ecossistêmicos (COSTANZA et al., 1997; BOYCE, 2001; GROOT et al, 2013; BLIGNAUT et al., 2014; BLIGNAUT, 2019; ELMQVIST et al., 2015; MARTIN-ORTEGA et al., 2019). O valor econômico dos ativos naturais e dos serviços ecossistêmicos é o fundamento para se planejar os investimentos em linha com os objetivos do desenvolvimento sustentável na Amazônia e no Brasil. A partir do valor dos ativos naturais dos imóveis rurais, das reservas extrativistas e terras indígenas, com base no código florestal e nas informações do cadastro ambiental rural pode-se reorientar as políticas e programas com foco no desenvolvimento local.

As metodologias e resultados apresentados neste capítulo contribuem para estimar o valor dos ativos naturais dos imóveis rurais da Amazônia e viabilizar a aplicação dos dispositivos definidos no Artigo 41 do Código Florestal. Também permitem viabilizar a implantação de instrumentos de política econômica como os apresentados a seguir:

- a) Regulamentar o mercado para a negociação dos produtos e serviços ecossistêmicos oriundos de áreas com vegetações nativas privadas (imóveis rurais) e públicas (unidades de conservação e reservas extrativistas);
- b) Viabilizar a utilização dos ativos naturais junto aos bancos como garantia para acessar o crédito em montante adequado para a restauração produtiva de ativos naturais e a recuperação de áreas degradadas;
- c) Investir no desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias apropriadas e sistemas de produção sustentáveis por parte dos produtores rurais;
- d) Estimar o preço da floresta em pé e calcular o preço de quotas de ativos naturais e crédito de reposição de florestas para o mercado de compensação ambiental na Amazônia;
- e) Viabilizar a preservação dos ativos naturais por meio do pagamento por serviços ecossistêmicos aos produtores rurais e à sociedade, no caso das áreas públicas;
- f) Contribuir para definir a taxa de Imposto Verde que reflita tanto o custo da preservação, quanto o custo de danos ambientais;
- g) Viabilizar a implantação de cadeias de negócios conectadas à natureza: produtos sustentáveis com certificação de origem geográfica; rede de hospitalidade que envolve turismo, artesanato, restaurantes, transportes, hotéis, hospitais e demais serviços vinculados a economia regional;

h) Incluir os novos produtos e serviços produzidos na Amazônia nas cadeias de valor inclusivas e sustentáveis nacionais e globais;

i) capitalizar os produtores rurais, gerar renda e emprego para a mão de obra local, aumentar a arrecadação de impostos, melhorar a qualidade de vida das comunidades rurais e contribuir para o desenvolvimento sustentável;

j) para viabilizar a criação dos títulos verdes e viabilizar o pagamento por serviços ambientais, necessita-se de uma área de ativos naturais acima de 25 mil hectares atingir valor presente líquido acima de R\$ 50 milhões;

k) no caso dos recursos constitucionais, todos os produtores com ativos naturais poderiam usar o valor desse ativo como garantia para acesso ao crédito imediatamente.

O espaço de oportunidades que uma política ancorada na valoração de ativos naturais é ampla ao contemplar uma rede de canais que irriga o desenvolvimento sustentável da bioeconomia e cria os meios de subsistência e capitalização para 580.446 imóveis rurais, apenas na região Norte.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

E1. Com base no conteúdo do capítulo, apresente o significado dos seguintes termos técnicos: ativo natural, serviço ecossistêmico, riscos climáticos e valoração ambiental.

E2. Como o valor da floresta em pé contribui para a gestão ambiental e para o desenvolvimento das cadeias de valor da sociobiodiversidade e de outras *commodities* da Amazônia.

E3. Na Amazônia, uma das lavouras cultivadas em sistema agroflorestal é o cacau, que é sensível à má distribuição das chuvas. Assim, como aplicação deste conhecimento, use os dados da Tabela 4.2 sobre a oferta de cacau do estado do Pará, no período de 2000 a 2016, envolvendo a quantidade produzida de cacau (tonelada/ano), o preço do cacau (R\$/t), o salário rural como *proxy* do custo de produção (é o principal item de custo, R\$/dia de trabalho) e o risco climático (desvio da média de chuvas por ano, mm/ano).

a) use o Excel para estimar os parâmetros da equação de oferta e verifique se os resultados estão coerentes com a teoria. Calcule as elasticidades-preço, custo e risco climático e analise os resultados;

b) assumindo que a demanda de cacau é igual ao preço médio do mercado e calcule o efeito do risco climático sobre o excedente do produtor e na receita bruta;

c) calcule também o valor equivalente ao custo social ambiental da mudança no regime de chuvas (excesso e escassez) para os produtores de cacau no período da análise.

d) como este efeito poderia influenciar a Política Geral de Preços Mínimos da Sociobiodiversidade (PGPMBio – R\$ 7,57/kg para 2019)? Veja se no período de implantação da PGPMBio, o risco climático foi compensado, ou tornou a PGPMBio ineficaz?

Tabela 4.2. Dados sobre a oferta de cacau do Pará.

Ano	QCacau	PCacau	Srural	RChuva
2000	28278	1.301,40	53,16	298,81
2001	29028	1.745,52	49,02	41,79
2002	34069	4.370,34	53,93	164,49
2003	31524	3.528,90	55,47	45,08
2004	32804	3.528,93	54,64	89,79
2005	38119	2.983,74	52,08	8,44
2006	36595	2.779,64	50,27	178,90
2007	43207	3.346,12	48,52	128,35
2008	47108	4.331,22	48,16	169,15
2009	54216	5.360,56	45,86	310,15
2010	59537	5.046,59	45,67	78,54
2011	63799	4.810,06	45,44	249,78
2012	67299	4.565,40	47,22	224,20
2013	79727	4.225,02	45,07	66,38
2014	100293	6.489,97	46,98	12,93
2015	105914	7.606,59	46,07	329,76
2016	85826	9.204,04	44,49	189,41

Fonte: IBGE.

E4. Com base nos valores disponibilizados na Tabela 4.3, aplique a metodologia para valorar ativos com preço de mercado. Assim, estime o valor presente líquido, ou valor econômico, do capital florestal por meio do volume, do estoque de carbono e do estoque de carbono com a taxa de crescimento das espécies de árvores do Museu Paraense Emílio Goeldi, ou Parque Zoobotânico (PZB). Por fim, faça uma análise comparativa dos resultados e elabore uma avaliação de conjuntura sobre ganhos e perdas da

sociedade por falta de conhecimento do valor dos ativos naturais e de sua importância para o crescimento econômico e o bem-estar da sociedade.

Tabela 4.3. Dados de espécies florestais do PZB.

Nome Popular	Vol. (m ³)	EC (t)	TGC	PMP (R\$/m ³)
Abiu	0,27	0,5985	0,00924	46,09
Cajuí-da-mata	2,50	2,1056	0,00975	23,14
Curitibá	0,94	0,6484	0,00461	32,61
Freijó	1,32	0,5082	0,00492	71,83
Ingá-curumim	1,00	0,4284	0,02881	23,14
Jataúba	1,43	1,2696	0,01025	23,14
Mangaborama	7,57	4,0689	0,02021	25,61
Matamatá	2,62	3,1181	0,00713	23,66
Sapucaia	3,50	2,2277	0,00260	22,52
Tacacazeira	5,17	1,2207	0,00753	23,14
Taxi-branco	0,19	0,1885	0,04949	25,61
Ucuúba-branca	5,34	0,9856	0,00411	20,35

Fonte: Salomão (2014). EC é o estoque de carbono em t (biomassa/2), TGC é a taxa geométrica de crescimento anual de cada espécie, PMP é o preço da madeira em pé. O preço da tonelada de carbono é R\$ 16,50/t.

E5. A partir dos resultados de um inventário florestal de uma área de floresta densa da Amazônia para efeito de valoração e pagamento pela supressão da vegetação por parte da Vale, apenas para aplicação da metodologia, utilizem os dados da Tabela 4.4. Com base nestes dados, aplique a metodologia e estime o valor do capital florestal madeireiro a partir do volume das árvores.

Tabela 4.4. Dados de inventário de espécies florestais da Flona de Carajás, Vale.

Espécie	Volume m ³ /ha		Preço R\$/m ³
	V < 30	V ≥ 30	
Abarema cochleata	0,00	0,15	164
Abarema mataybifolia	0,00	0,67	160
Aiouea myristicoides	0,10	0,00	199
Alchorneopsis floribunda	0,00	0,27	164
Allophylus divaricatus	0,08	0,00	164
Ampelocera edentula	0,13	0,00	164
Aparisthmium cordatum	1,30	0,00	164
Apeiba albiflora	1,01	2,95	160
Apuleia molaris	0,02	0,00	168
Aspidosperma excelsum	0,08	1,66	126
Astronium lecointei	0,41	0,00	235
Attalea maripa	0,00	0,82	164
Bagassa guianensis	0,28	0,00	168
Bellucia grossularioides	0,00	0,19	155

Fonte: Relatório da Amplo para a Vale.

E6. Com base nos dados da Tabela 4.5, sobre um inventário florestal de uma área de floresta da região de Carajás para efeito de valoração e pagamento pela supressão da vegetação por parte da Vale, aplique as metodologias apresentadas no texto e estime a biomassa e o estoque de carbono. Depois calcule o VPL do capital madeireiro por meio da metodologia do IBAMA e utilizando o valor do estoque de carbono, para o período de 100 anos. Por fim, compare os resultados e fundamente sua opção sobre qual o método é mais adequado.

Tabela 4.5. Valores de DAP, volume e preço de espécies florestais de uma área de floresta da região de Carajás.

Nome Vulgar	DAP (cm)	Volume (m ³)	Preço (R\$/m ³)
Cajú-da-mata	64,3	2,5003	23,14
Freijó	34,0	1,3241	71,83
Pajurá	29,5	0,4784	23,14

Matamatá	77,2	2,6212	23,66
Jataúba	51,0	1,4299	23,14
Seringueira	42,1	4,0645	23,14
Ingá-cipó	27,5	0,2910	23,14
Ingá-curumim	31,6	1,0007	23,14
Sapucaia	66,0	3,4951	22,52
Mangaborama	87,5	7,5764	25,61
Patauá	24,5	0,5940	24,24
Abiu	36,5	0,2749	46,09
Cutiribá	38,7	3,4472	46,09
Tacacazeira	50,1	5,1731	23,14
Taxi-branco	22,5	0,1948	25,61
Cacau	22,3	0,1687	23,14
Ucuúba-branca	45,5	5,3423	20,35
Ingarana	33,2	0,1212	23,14

E7. Com base nos resultados do estudo sobre a disposição a pagar pela preservação de uma reserva ambiental de mangue explorada por catadores de caranguejo, conforme função DAP abaixo, pede-se:

- Verifique se o resultado da equação está coerente com a teoria e interprete o significado dos coeficientes associados às variáveis;
- Calcule o valor médio anual da DAP de forma individual e para as 10 mil pessoas que vivem da extração do caranguejo;
- Calcule o valor médio anual máximo da DAP individual e para a comunidade como um todo, com 10 mil pessoas.

$$DAP_i = 120 + 7,2Educa_i + 0,006Renda_i + 11,4PresevAmb_i$$

Em que os valores médios das variáveis são: Educação = 7 anos de estudo formal; Renda = R\$ 22.500,00/ano; Preservação da Resex = 1,0; Desvio padrão da DAP individual: R\$ 63,20.

E8. A demanda e a oferta de peixe da pesca artesanal realizada por comunidades ribeirinhas em lagos abastecidos pelo rio Amazonas e que estão atendendo à legislação ambiental para manter em equilíbrio o estoque das espécies nativas de peixes, são dadas por: $Qd = 20 - P$; $Qo = P - 6$, em que Qd e Qo são as quantidades demandada e ofertada em kg, P é o do preço do peixe em R\$/kg. O atendimento a esta política ambiental, levou os consumidores a pagarem um valor mais alto pelo peixe

por causa da segurança alimentar e a conservação da natureza, gerando uma nova demanda pelo produto de $Qda = 28 - P$. Com base nestas informações, pede-se que:

- represente as equações de demanda e oferta em um mesmo gráfico;
- ache o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de peixe e analise o resultado;
- estime os excedentes do consumidor e do produtor de peixe e analise o resultado;
- ache o novo equilíbrio do mercado com a política ambiental e o represente no gráfico

anterior (item a);

Calcule o excedente econômico e o valor do benefício social obtido pelo consumidor.

E7. Com base nos dados da Tabela 4.6, estime os parâmetros da equação de DAP pela preservação da savana metalófito da Flona de Carajás, a partir da percepção das famílias entrevistadas da Vila Garimpo das Pedras. Depois avaliar a coerência dos resultados, estime o valor médio e o valor máximo da DAP e oriente a decisão sobre o montante a ser pago para manter a área preservada. A equação especificada para a DAP é:

$$DAP_i = b_0 + b_1 Educ_i + b_2 Renda_i + b_3 Damb_i + b_4 TLocal_i + u_{1i}$$

Em que: DAP é a variável dependente e representa o valor declarado pelo entrevistado sobre a disposição a pagar pela conservação e uso racional da Vegetação de Savana de Carajás, em R\$/ha; $Educ$ é o nível de educação formal do entrevistado em nível de escolaridade; $Renda$ é a renda média mensal do entrevistado, em R\$/mês; $Damb$ é um índice construído a partir do conjunto de variáveis que representam a importância dos serviços do ecossistema, na percepção dos entrevistados, para a qualidade de vida das pessoas do local; $TLocal$ é o tempo que a família do entrevistado vive no local, em anos; u é o termo de erro aleatório; e $b_{(i=1,\dots,4)}$ é o vetor de parâmetros a ser estimado por mínimos quadrados ordinários, via Excel.

Tabela 4.6. Dados sobre valoração de vegetação de savana da Vila Garimpo das Pedras, Parauapebas, Pará.

Vila	DAP	Educ	Renda	DAMB	Tlocal
G Pedras	2.035	2	1.581	0,558	10
G Pedras	2.075	3	1.662	0,662	17
G Pedras	4.650	4	3.792	0,760	18
G Pedras	3.450	3	1.584	0,549	22
G Pedras	5.475	4	3.432	0,820	21
G Pedras	2.725	2	1.357	0,566	23
G Pedras	5.475	5	3.267	0,681	22
G Pedras	1.425	2	1.643	0,545	8
G Pedras	4.950	4	2.647	0,840	20
G Pedras	3.650	3	2.181	0,802	13
G Pedras	2.650	4	1.629	0,452	10
G Pedras	2.150	2	1.905	0,501	15
G Pedras	4.350	6	3.258	0,743	19
G Pedras	3.675	3	4.543	0,501	18
G Pedras	5.430	6	4.691	0,673	20
G Pedras	6.595	5	5.905	0,888	24
G Pedras	8.975	6	8.869	0,975	24
Média	4.102	4	3.173	0,677	18

Fonte: Santana (2014).

E10. Considere os dados da Tabela 4.7 e especifique o modelo DAR, estime os parâmetros via Excel e calcule os valores médio e máximo para a DAR. Faça uma análise comparativa dos resultados com o exercício anterior e comente sobre a diferença entre os valores médios da DAP e DAR.

Tabela 4.7. Dados sobre valoração de vegetação de savana da Vila Garimpo das Pedras, Parauapebas, Pará.

Vila	DAR	Educ	Renda	DAMB	Tlocal
G Pedras	2.380	2	1.581	0,558	10
G Pedras	2.620	3	1.662	0,662	17
G Pedras	5.842	4	3.792	0,760	18
G Pedras	4.630	3	1.584	0,549	22
G Pedras	5.800	4	3.432	0,820	21
G Pedras	3.050	2	1.357	0,566	23
G Pedras	6.150	5	3.267	0,681	22
G Pedras	2.300	2	1.643	0,545	8
G Pedras	5.550	4	2.647	0,840	20
G Pedras	4.150	3	2.181	0,802	13
G Pedras	3.172	4	1.629	0,452	10
G Pedras	4.600	2	1.905	0,501	15
G Pedras	6.970	6	3.258	0,743	19
G Pedras	5.533	3	4.543	0,501	18
G Pedras	6.670	6	4.691	0,673	20
G Pedras	8.651	5	5.905	0,888	24
G Pedras	9.960	6	8.869	0,975	24
Média	5.178	4	3.173	0,677	18

Fonte: Santana (2014).

E11. Com os dados das Tabelas 4.6 e 4.7, especifique o modelo MIAC com as equações DAP e DAR e estime os parâmetros do modelo pelo método de mínimos quadrados generalizados do Eviews, Stata ou R. Faça uma análise comparativa dos resultados com os obtidos nas questões anteriores.

E12. Como a valoração de ativos naturais pode contribuir para o acesso a crédito, definir o pagamento por serviços ecossistêmicos e a capitalização dos produtores rurais e dos danos ambientais produzidos por projetos de mineração, garimpos e hidrelétricas.

CAPÍTULO 5: INDICADORES DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os serviços ecossistêmicos, em geral, não têm preço de mercado. Neste caso, necessita-se criar o mercado, com base na percepção da sociedade sobre a existência e importância desses serviços para o bem-estar social e o provimento dos meios de subsistência para a humanidade. A partir desta percepção, os estoques de ativos naturais, que estão sendo esgotados pela exploração irracional, tornam-se cada vez mais escassos. Com isto, o princípio da escassez passa a operar na determinação do valor de uso e de não uso dos serviços ecossistêmicos ao preço de mercado. O esforço vai na direção de identificar os serviços ecossistêmicos que a sociedade é capaz de reconhecer, pelo grau de sua importância para o bem-estar, e manifestar a disposição a pagar um valor para continuar usufruindo do benefício, sem comprometer o acesso pelas gerações futuras, ou a receber um valor para abrir mão do uso dos serviços ofertados pela natureza na esperança de que a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias e inovações produzam substitutos próximos para tais serviços.



Foto: sistema agroflorestal.

Nesta perspectiva, a pesquisa de campo deve listar os principais serviços ecossistêmicos dos ativos a serem valorados para, inicialmente, avaliar o conhecimento e importância de cada serviço por parte da sociedade. As variáveis que representam cada um dos serviços de provimento, regulação, cultural e formação, como apresentado no capítulo anterior, são definidas e apresentadas para o diálogo com os entrevistados.

Para cada variável reconhecida, pede-se a indicação do grau de importância do benefício que gera para a população e para a economia, considerando os níveis: baixo, médio e alto. Estes níveis são importantes para a análise econométrica porque aumentam a variabilidade dos dados das variáveis utilizadas nos modelos.

Na valoração bioeconômica dos ativos naturais, pode-se fazer o enquadramento de cada produto e serviço nas seguintes categorias de valor: valor de uso direto, aquele serviço cujo benefício é percebido por pelo menos um dos cinco sentidos; valor de uso indireto, o que a natureza realiza em benefício de todos com o desenvolvimento das funções dos ecossistemas naturais; valor de opção, os recursos naturais deixados para serem utilizados na medida em que a ciência vai descobrindo e revelando suas utilidades para o mercado; valor de não uso, contempla os recursos que são eleitos pela sociedade para serem preservados em benefício das gerações presentes e futuras.

O conhecimento do valor desses produtos e serviços gerados pelos ativos naturais ainda não está disponível. Falta tecnologia e informação sobre as metodologias usadas e seus resultados gerados para cada caso estudado, de forma a orientar as decisões da sociedade sobre o uso sustentável dos recursos naturais. Os mercados, de forma incipiente, comercializam e/ou remuneram poucos serviços. O caso mais amplo é o mercado de carbono que, pela escala global, é negociado em bolsa de valores e o marco regulatório e ajustado pelos países signatários do protocolo de controle dos gases de efeito estufa.

No agregado dos produtos e serviços mais conhecidos, produzido pelos ativos naturais água, solo e floresta, tem-se o avanço do pagamento por serviços ecossistêmicos, em valores ainda muito abaixo do custo de oportunidade, para casos específicos de produtores e agentes que conservam da natureza, restauram ativos naturais e implantam sistemas agroflorestais de baixo carbono em diversos biomas e países de todos os continentes.

No Brasil, embora conste no Código Florestal, Artigo 41, o reconhecimento da importância dos serviços ecossistêmicos e as formas diferenciadas de conservá-los e remunerá-los via inserção no mercado global, na prática ainda é insignificante os produtores beneficiados. A questão é complexa, dado que o domínio do conhecimento ainda é de que os ativos naturais são abundantes, portanto, não escassos e, por isso, seu custo de oportunidade é igual a zero. Atribuir valor a tais ativos vai de encontro a toda a estrutura empresarial que busca lucro em um ambiente em que suas ações na natureza não causam externalidades ambientais negativas e o lixo gerado na produção e no consumo dos bens e serviços é processado pela natureza sem custo ambiental.

Este é o desafio da Bioeconomia para mostrar que a natureza tem custo de oportunidade, em função da escassez dos ativos naturais, dada pela 2ª Lei da termodinâmica ou lei da entropia, e que o desenvolvimento de tecnologias e inovações, até o momento, tem alcançado pouco sucesso na substituição dos bens e serviços produzidos pelos ecossistemas naturais.

As metodologias aplicadas à valoração de ativos naturais ainda estão em fase embrionária e não há sistematização do que já se conhece para alguns dos ecossistemas pesquisados. Os modelos estatísticos aplicados à avaliação contingente apresentam fragilidades na especificação dos modelos e estimação dos parâmetros, em que as variáveis relacionadas aos serviços ecossistêmicos, geralmente qualitativas, são incluídas em grande número nos modelos econométricos e o resultado, como esperado, apresenta forte multicolinearidade entre grupos de variáveis. Este fato torna muitas variáveis não significativas e até com sinal contrário ao esperado, tornando impossível medir a contribuição destas variáveis sobre a variável endógena de disposição a pagar ou disposição a receber. Uma contribuição deste capítulo é apresentar uma alternativa para superar este problema e tornar possível medir o efeito da dimensão ambiental no valor econômico total dos ativos naturais.

Neste contexto, propõe-se a aplicação de estatística multivariada ao conjunto de variáveis que representa o comportamento dos serviços ecossistêmicos, na percepção da sociedade, para a construção de indicadores que revelem as dinâmicas de suas dimensões latentes e construir a variável relevante que define a dimensão ambiental nos modelos econométricos.

Neste capítulo, apresenta-se a metodologia para a construção de indicadores sobre a importância dos produtos e serviços dos ecossistemas, com ou sem preços de mercado, para a valoração dos ativos naturais de imóveis rurais e reservas extrativistas no bioma Amazônia. Estes indicadores representam o comportamento, na percepção da sociedade, das dimensões ecológicas e econômicas das áreas com ativos naturais e contribuem para especificar os modelos estatísticos utilizados na estimação do valor econômico total dos serviços ecossistêmicos. Com isto, contribui-se para difundir o valor econômico desses serviços ecossistêmicos e estimular os agentes públicos e privados para viabilizar o pagamento por serviços ecossistêmicos, pela conservação e ou restauração produtiva dos ativos naturais. Os benefícios desses serviços para a sociedade estão claros no Art. 41 do Código Florestal, falta apenas vontade política para a implantação, uma vez que a metodologia está disponível.

5.1 INTRODUÇÃO

A construção de indicadores ambientais necessita de conhecimento em estatística multivariada para especificar modelos adequados para representar os fenômenos estudados, identificar as dimensões

econômica, social e ambiental, especificar oferta e demanda de mercado para produtos cultivados e do extrativismo com preço de mercado e modelos de mercado, a partir das equações de *DAP* e *DAR*, para os produtos e serviços ecossistêmicos sem preço de mercado. O foco do capítulo é elaborar indicadores para as variáveis que estão associadas aos serviços de provisão, regulação, cultural e formação dos ecossistemas, que se enquadram nos valores econômicos pelo uso direto e indireto, pela opção de utilizar ou conservar e pela existência.

Nas equações de *DAP* e *DAR*, a modelagem da dimensão ambiental inclui muitas variáveis que necessitam da percepção da sociedade para que seus efeitos sejam computados. Estas variáveis são definidas como qualitativas e tendem a apresentar alto grau de correlação simples e/ou múltipla, o que causa problema de multicolinearidade que, por sua vez, torna o isolamento de suas contribuições sobre a *DAP* e *DAR* impossível. Para contornar este problema, o caminho é construir indicadores para representar o comportamento de cada uma das dimensões ambientais identificadas. Isto é possível com o uso de estatística multivariada.

5.2 DIMENSÃO AMBIENTAL

Como a dimensão ambiental é definida por muitas variáveis qualitativas com alta correlação, deve-se aplicar a técnica de Análise de Fatorial (*AF*) ou Análise de Componentes Principais (*ACP*) para a construção de indicadores que representem o comportamento da dimensão ambiental. Ambas as técnicas, são aplicadas para resumir o conjunto das variáveis explanatórias em um subconjunto menor, com potencial para representar o fenômeno e com reduzida perda de informação sobre a variância dos dados. Assim, apresentam-se os passos para a construção de indicadores a partir da *AF*.

As variáveis ambientais são submetidas a testes de adequação à *AF*, iniciando pela verificação da matriz de correlação para verificar se apresenta correlações significativas e se o determinante é diferente de zero. Depois, aplicam-se os testes de Kaiser-Meyer-Olkin (*KMO*) e de Bartlett, ambos assumindo a hipótese nula de que a matriz de correlação é identidade, ou seja, não apresenta correlações significativas. A rejeição dessa hipótese indica que a amostra de dados pode ser submetida à *AF* (DILLON; GOLDSTEIN, 1984; SANTANA, 2007).

Na solução do modelo de *AF*, utiliza-se o método da rotação ortogonal *varimax* para gerar um padrão mais simples e significativo para a interpretação dos fatores (DILLON; GOLDSTEIN, 1984; HAIR et al., 2009). A partir destes resultados, os fatores são identificados e avaliados quanto a coerência com o fenômeno estudado. Em seguida, a variância explicada por cada fator é utilizada como peso para a construção do indicador.

O modelo de AF é especificado, conforme Santana (2007) e Santana et al. (2017; 2018) para resumir as informações do fenômeno estudado por um conjunto de fatores latentes e sem perda significativa de informação. As variáveis associadas a dado fator apresentam forte correlação entre si e correlações insignificantes com as variáveis que definem os demais fatores, dado que é atributo da técnica de AF separar os fatores de modo a se obter a ortogonalidade ou ausência de correlação entre eles (DILLON; GOLDSTEIN, 1984; WICHERN, 2010; JOHNSON; WICHERN, 2010; SANTANA et al., 2018). Isto significa dizer que cada fator deve representar o comportamento das variáveis que o configuram e refletir a realidade do fenômeno estudado.

Na especificação do modelo de AF, assume-se que cada variável i incluída no modelo é uma combinação linear dos fatores e pertence a uma população homogênea com média μ_i (DILLON; GOLDSTEIN, 1984; JOHNSON; WICHERN, 2010; SANTANA et al., 2018).

$$Y_i = \psi F_i + \mu_i + e_i; i = 1, 2, \dots, N$$

em que Ψ é a matriz de cargas fatoriais ($p \times q$), F_i é o vetor de fatores latentes ($q \times 1$) e e_i é o vetor de erros aleatórios ($p \times 1$). Os F_i e e_i têm variâncias iguais a: $V(F_i) = \Sigma_f$ e $V(e_i) = \Sigma_e$, que originam a matriz

de covariância de Y_i , dada por $V(Y_i) = \psi \Sigma_f \psi' + \Sigma_e$ (SANTANA, 2007; SANTANA et al., 2016).

O primeiro termo do lado direito dessa equação representa a covariância dos fatores comuns e o segundo termo a covariância do erro. Assim, a parcela da variância comum presente na variável, também denominada de comunalidade, é representada pelos elementos da diagonal principal da

matriz $\psi \Sigma_f \psi'$, uma vez que a variância específica do erro é dada pelos elementos da diagonal principal da matriz Σ_e .

Os erros são ortogonais aos fatores latentes, ou seja, $Cov(e_i F_i) = E(e_i F_i) = 0$, indicando que as inter-relações entre as p variáveis são explicadas pelos q fatores latentes. Isto significa que os vetores e_i e F_i representam duas fontes de variação distintas e independentes (DILLON; GOLDSTEIN, 1984). Ou

seja, com $\Sigma_f = I_q$, o modelo reduz-se a $V(y_i) = \psi \psi' + \Sigma_e$.

Assim, a dimensão ambiental ($DAMB$) foi definida, conforme Santana (2007), Santana et al. (2012; 2016; 2018), Ferreira et al. (2016), Heckmann e Santana (2019) e Otobo et al. (2016), considerando a média ponderada dos escores fatoriais, como na equação abaixo:

Assim, a dimensão ambiental (*DAMB*) foi definida, conforme Santana (2007), Santana et al. (2012; 2016; 2018), Ferreira et al. (2016), Heckmann e Santana (2019) e Otobo et al. (2016), considerando a média ponderada dos escores fatoriais, como na equação abaixo:

$$DAMB_i = \sum_{j=1}^q \left(\frac{\lambda_j}{\sum \lambda} FP_{ij} \right)$$

$$i = 1, \dots, N.$$

em que λ é a variância explicada por cada fator $\sum \lambda$ é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns e *FP* é o escore fatorial padronizado. A padronização dos escores fatoriais é feita para tornar todos os valores positivos, com média zero e desvio um, e facilitar a interpretação dos resultados. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$FP_i = \left(\frac{F_i - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \right)$$

$$i = 1, \dots, N.$$

em que $F_{máx}$ e F_{min} são os valores máximo e mínimo observados para os escores fatoriais associados às respostas dos entrevistados.

Para facilitar a interpretação dos resultados, criaram-se os seguintes intervalos de variação para a Dimensão Ambiental: valores da *DAMB* igual ou superior a 0,75 são considerados muito altos; valores maiores ou iguais a 0,65 e menores que 0,75 são considerados altos; valores maiores ou iguais a 0,45 e menores que 0,65 são intermediários; valores menores que 0,45 são considerados baixos.

Como se constrói o indicador da dimensão a partir dos resultados da análise fatorial?

Aplicando a Análise Fatorial aos dados de nove variáveis sobre serviços ecossistêmicos da Flona de Carajás, via SPSS, obteve-se a extração de três fatores e os coeficientes λ (lambda), que representam as variâncias explicadas por cada fator e são utilizados como pesos associados aos fatores para compor o indicador. Os lambdas estão na Tabela 5.1.

Os pesos da Tabela 5.1, são aplicados aos fatores padronizados para construir o Indicador da Dimensão Ecológica (IDEC). O modelo fica assim:

$$IDEC_i = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{\lambda_j}{\sum \lambda} FP_{ij} \right)$$

em que i é o número de famílias entrevistadas e j é o número de fatores. Aplicando a fórmula para a família 1, tem-se a seguinte equação.

Tabela 5.1. Fatores, variâncias e pesos utilizados na construção do indicador da dimensão ecológica.

Fatores	Variâncias (λ_j)	Pesos ($\lambda_j/\sum\lambda$)
F1	2,304	0,38014
F2	2,074	0,34219
F3	1,683	0,27768
Total	6,061	1,00000

Fonte: Santana (2014).

Para gerar o indicador, basta substituir os dados da primeira linha da Tabela 5.2 na equação acima e obter o IDECFam1 = 0,6030. Como exercício, verifique os valores da IDEC para as outras nove famílias.

$$IDEC_1 = 0,38014 FP_{11} + 0,34219 FP_{12} + 0,27768 P_{13}$$

$$IDEC_1 = 0,38014 \times 0,6376 + 0,34219 \times 0,8167 + 0,27768 \times 0,2922 = 0,60298$$

Tabela 5.2. Fatores padronizados e o indicador IDEC, calculados para as 10 famílias.

Família	FP1	FP2	FP3	IDEC
Família1	0,6376	0,8167	0,2922	0,6030
Família2	0,4838	0,8542	0,4730	0,6076
Família3	0,5347	0,6371	0,2820	0,4995
Família4	0,6982	0,4319	0,0797	0,4353
Família5	0,7218	0,4728	0,2990	0,5192
Família6	0,5661	0,6821	0,0316	0,4574
Família7	0,7222	0,6665	0,9283	0,7604

Família8	0,6560	0,6416	0,4712	0,5998
Família9	0,5468	0,6861	0,5214	0,5874
Família10	0,5380	0,2435	0,6499	0,4683

Fonte: Santana (2014), Santana et al. (2018).

Para uma visão geral da análise de resultados de indicadores ambientais e ecológicos, gerados a partir da percepção da população local, sobre a importância dos serviços ecossistêmicos de uma área de savana metalófito da Floresta Nacional de Carajás, ver Santana et al. (2018).

5.2.1 VARIÁVEIS DA DIMENSÃO AMBIENTAL

Para aplicar a análise fatorial na construção do indicador da dimensão ambiental, deve-se elaborar um conjunto de perguntas que reflitam os serviços do ecossistema de forma que os entrevistados possam identificá-los e formarem opinião sobre os benefícios que gera para a economia e para o bem-estar dos seres humanos. Depois de esclarecidos, as pessoas declaram sua disposição a pagar ou a receber. Algumas das perguntas incluídas na valoração da vegetação de savana metalófito e da floresta de Carajás estão no Quadro 5.1, indicando a atribuição de peso e o enquadramento no tipo de valor econômico.

Quadro 5.1. Questões sobre os serviços ecossistêmicos.

Dimensão ecológica e ambiental do ativo natural
<p>1. A vegetação gera conforto térmico, ambiental e climático. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço e regulação (Valor de Uso Indireto)</p>
<p>2. O ecossistema é importante para a educação ambiental. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço cultural (Valor de Uso Indireto)</p>
<p>3. Espécies novas, raras e endêmicas a serem preservadas. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço provisão e formação (Valor de Não Uso)</p>
<p>4. A floresta abriga produtos medicinais, genéticos etc. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço de provisão potencial (Valor de Opção)</p>
<p>5. A floresta faz ciclagem de água, nutriente, retém solo etc. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço e suporte (Valor de Uso Indireto e Opção)</p>
<p>6. A floresta fornece madeira, frutas, água potável etc. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço de provisão (Valor de Uso Direto)</p>
<p>7. A floresta regula CO₂ e O₂ por meio da fotossíntese. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço de regulação (Valor de não Uso)</p>
<p>8. A floresta armazena carbono no caule, folhas e raízes. Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0 Serviço de provisão (Valor de Uso Direto)</p>
<p>9. As paisagens da floresta viabilizando o turismo ecológico.</p>

<p>Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0</p> <p>Serviço cultural (Valor de Uso Direto)</p>
<p>10. A floresta perfura rocha, retém água e fertiliza o solo.</p> <p>Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0</p> <p>Serviço de formação (Valor de não Uso)</p>
<p>11. A floresta abriga insetos e animais polinizadores etc.</p> <p>Resposta: SIM (Baixo -1, Médio -2 ou Alto -3); Não -0</p> <p>Serviço de provisão (Valor de Uso Indireto e Opção)</p>

Fonte: Santana (2014), Santana et al. (2018).

O grau de importância atribuído ao serviço ecossistêmico pelo entrevistado é importante para relativizar qualitativamente a percepção individual das pessoas sobre o quanto é importante o serviço natural para o seu bem-estar. Para representar de forma adequada o ativo natural e os serviços do ecossistema, devem-se incluir pelo menos duas perguntas por cada grupo de serviços. Também é importante fazer a relação entre o serviço, a dimensão em que deve ser enquadrado e o tipo de valor econômico, conforme o uso ou não uso do recurso natural (Quadro 5.1).

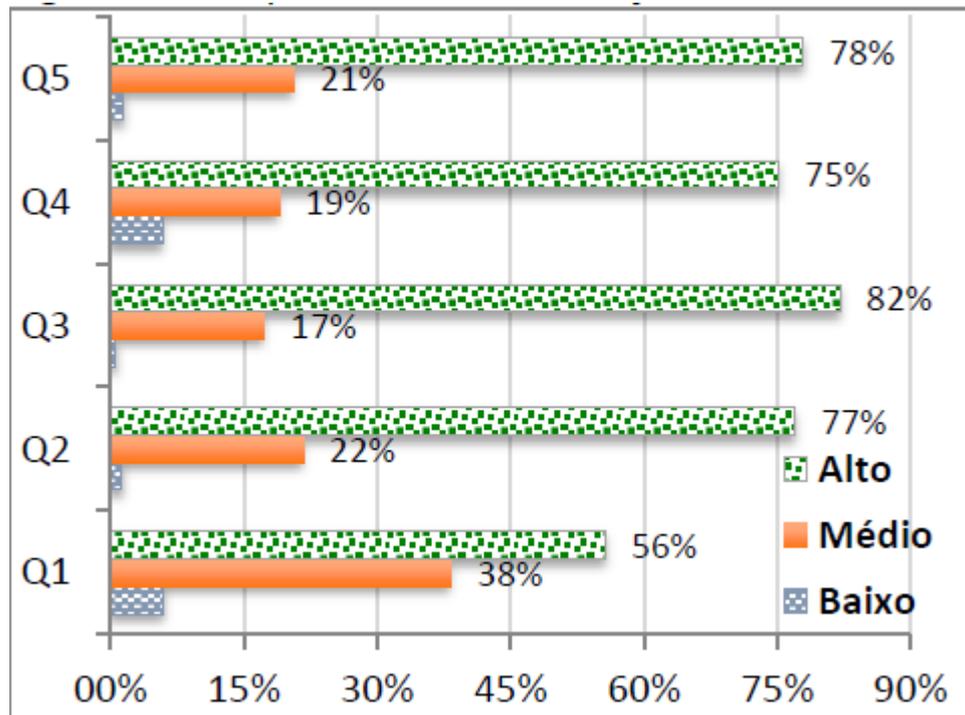
Outro ponto importante é saber quanto é a contribuição que cada variável agrega ao valor econômico total do ativo natural. Como o número de variáveis é grande, cria-se um problema para o isolamento da contribuição de cada variável sobre a *DAP* e *DAR* do modelo *MIAC*. Isto ocorre porque as variáveis tendem a apresentar forte correlação parcial e/ou múltipla e a multicolinearidade. Como este problema torna o efeito de muitas variáveis não significativo e com sinal trocado, a solução representa uma contribuição importante. Sem isto, o efeito ambiental torna-se nulo e prevalece a situação tradicional de que o ativo natural não tem valor de mercado.

Com efeito, o indicador é a variável relevante a ser incluída nas equações *DAP* e *DAR* do *MIAC*. A partir disso, estima-se sua contribuição para o valor da dimensão ambiental e, por sua vez, calcula-se o peso de sua participação no valor econômico total dos serviços ecossistêmicos. Dessa forma, define-se o custo de oportunidade do serviço ambiental para a sociedade e, no passo seguinte, valida as decisões privadas e públicas sobre o uso e não uso direto dos recursos naturais.

A representação gráfica de cinco variáveis do Quadro 5.1, que foram submetidas à população local para informar a importância que os serviços ecossistêmicos têm para a sua qualidade de vida, está na Figura 5.1.

O nível alto (grau acima de 75%) representa o maior grau de valor do serviço para o bem-estar social, indicando a importância que as pessoas atribuem aos benefícios obtidos dos ativos naturais, e que, na sua ausência, o bem-estar é comprometido. O nível médio situa-se entre 45% e 75% e o nível baixo (grau menor que 45% e maior do que zero).

Figura 5.1. Respostas sobre os serviços ecossistêmicos.



Fonte: Santana (2018).

5.2.2 PASSO A PASSO DA CONSTRUÇÃO DE INDICADOR

A partir dos dados de 570 entrevistados sobre a intensidade dos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos para o seu bem-estar, aplicou-se a análise fatorial exploratória a nove variáveis, envolvendo os serviços de regulação ambiental, paisagem, biodiversidade, cultura e lazer dos ativos naturais do Parque Zoobotânico (PZB) do Museu Paraense Emílio Goeldi, da cidade de Belém, estado do Pará.

O resultado da AF foi gerado pelo SPSS 18. Os fatores foram extraídos com base na variável que apresenta raiz latente ou autovalor maior do que um, resultado gerado pela técnica de Análise de Componentes Principais (ACP). Os passos para aplicação do modelo é o seguinte:

- a) A matriz de correlação deve apresentar determinante diferente de zero e muitas correlações significativas ao nível 0,05;
- b) Verificar a adequação da amostra à AF pelos métodos KMO e Bartlett's Test;

- c) Extrair as componentes com autovalor maior do que 1, indicando que a componente explica sua variância e parcela da variância contida em outras variáveis;
- d) Considerar as variáveis com comunalidade maior que 0,50, indicando que os fatores explicam pelo menos 50% da variância da variável;
- e) O conjunto de fatores extraídos deve explicar pelo menos 60% da variância total dos dados;
- f) Em cada fator, consideram-se as variáveis que apresentam carga fatorial ou coeficiente fatorial maior do que 0,50, mostrando que o fator explica pelo menos 25% de sua variância, no modelo submetido à rotação ortogonal *varimax*;
- g) A maior carga fatorial da variável, observada na linha, indica o fator a que está associada;
- h) Nominar os fatores de acordo com o fenômeno explicado pelas variáveis a ele associadas;
- i) Utilizar as variâncias explicadas por cada fator como peso para a construção do indicador.

A matriz de correlação entre as variáveis apresentou muitas correlações significativas a 5% e o determinante foi diferente de zero. O teste KMO foi igual a 0,82 e o Bartlett's Test foi 1.727,80, significante a 1%, indicando boa adequação da amostra à AF. Na Tabela 5,3, as três primeiras colunas se referem ao modelo de componentes principais, que contempla 100% da variância total dos dados. As três últimas colunas se referem ao modelo fatorial após a rotação dos eixos e explicou 69,34% da variância total.

Os três fatores foram extraídos por terem apresentado autovalor maior do que 1, coluna 1 da Tabela 5.3. Estes fatores explicaram 69,34% da variância total, sendo que o Fator 1 explicou 30,09% da variância total e os Fatores 2 e 3 explicaram 21,96% e 17,29%, respectivamente, da variância restante dos dados, conforme coluna (% Var) do modelo rotacionado. Isto quer dizer que a especificação do modelo ao fenômeno estudado foi adequada.

Tabela 5.3. Variância total explicada pelos modelos de componentes principais (100%) e fatorial (69,34%).

Fator	Autovalor inicial (λ)			Modelo rotacionado (λ)		
	Total	% Var	% VA	Total	% Var	Pesos
1	3,818	42,43	42,43	2,708	30,09	0,4340
2	1,399	15,54	57,97	1,976	21,96	0,3167
3	1,023	11,37	69,34	1,556	17,29	0,2494
4	0,632	7,02	76,36	6,24	69,34	1,0000
5	0,526	5,85	82,21			
6	0,485	5,39	87,59			
7	0,456	5,07	92,66			
8	0,406	4,51	97,17			
9	0,255	2,83	100			

Fonte: Santana (2018). VA = variância acumulada; Var = variância.

Que o peso 1 ($\lambda_1 = 2,708/6,24 = 0,4340$), o peso 2

($\lambda_2 = 1,976/6,24 = 0,3167$) e o peso 3 ($\lambda_3 = 1,556/6,24 = 0,2494$).

A partir destes resultados, pode-se calcular o Indicador de Serviços Ecosistêmicos (*ISE*) para representar a importância dos ativos naturais do PZB. Para isto, tomam-se os três escores fatoriais, cujos resultados são gerados pelo SPSS e aplica-se a fórmula de padronização para que os dados variem entre zero e um. A equação para estimar o *ISE* é a seguinte:

$$ISE_i = \lambda_1 \times FP1_i + \lambda_2 \times FP2_i + \lambda_3 \times FP3_i$$

Em que *FPi* é o escore fatorial padronizado relativo ao entrevistado *i*. Os resultados da aplicação do modelo estão na Tabela 5.4, para 15 entrevistados.

$$ISE_1 = 0,434 \times 0,844 + 0,3167 \times 0,6234 + 0,2494 \times 0,6185 = 0,7179$$

Tabela 5.4. Fatores padronizados e o indicador ISE, calculados para as 15 primeiras entrevistas.

Família	FP1	FP2	FP3	ISE
Entrevista1	0,8440	0,6234	0,6185	0,7179
Entrevista2	0,8381	0,7604	0,5866	0,7508
Entrevista3	0,7971	0,7357	0,7200	0,7584
Entrevista4	0,8307	0,6823	0,5011	0,7015
Entrevista5	0,8077	0,7620	0,5718	0,7344
Entrevista6	0,8132	0,7446	0,7263	0,7698
Entrevista7	1,0000	0,7250	0,5965	0,8123
Entrevista8	0,8814	0,6930	0,5518	0,7395
Entrevista9	0,7862	0,6939	0,7473	0,7473
Entrevista10	0,4168	0,4233	0,7640	0,5054
Entrevista11	0,7961	0,7758	0,1677	0,6330
Entrevista12	0,8651	0,6364	0,4177	0,6811
Entrevista13	0,8033	0,6814	0,7600	0,7539
Entrevista14	0,8211	0,6912	0,7016	0,7502
Entrevista15	0,5492	0,3810	0,8890	0,5807

Fonte: Santana et al. (2017) e Santana et al. (2018).

Portanto o *ISE* é a variável que representa o comportamento dos serviços ecossistêmicos, de acordo com a percepção da sociedade no que se refere a intensidade da importância para o bem-estar do entrevistado. Assim, ao invés de nove variáveis, apenas o *ISE* entra na especificação das equações de disposição a pagar e disposição a receber do *MIAC*. Com isto, elimina-se o problema da multicolinearidade.

Para tornar mais explícita e fundamentada a construção do *ISE*, deve-se analisar os resultados das cargas fatoriais para avaliar se os resultados fazem sentido. Na Tabela 5.5, apresenta-se a matriz de cargas fatoriais dos três fatores extraídos. Todas as cargas estão acima de 0,69, indicando que pelo 47,9% da variância de cada variável foi explicada pelo fator. Igualmente, a menor comunalidade foi 0,569, mostrando que os três fatores explicam pelo menos 56,7% da variância de cada variável.

O Fator 1 explicou 30,09% da variância total e representa a força conjunta de quatro variáveis que, na percepção dos entrevistados, refletem o reconhecimento da biodiversidade e a contribuição das

espécies vegetais e animais para a preservação dos ativos naturais, atração turística e a educação ambiental. Portanto representa a **preservação da biodiversidade**.

Tabela 5.5. Cargas fatoriais do modelo fatorial, após rotação varimáx.

Variável	F1	F2	F3	Comunidade
AN e biodiversidade	0,809	0,227	0,075	0,711
AN atraem visitantes	0,756	0,154	0,088	0,603
AN e espécies raras	0,882	0,071	0,110	0,796
AN e Educação Ambiental	0,750	0,255	0,169	0,656
AN e regulação ambiental	0,147	0,818	0,070	0,696
AN e conhecimento sobre	0,247	0,789	0,131	0,701
AN e conforto mental	0,155	0,692	0,255	0,569
AN valoriza imóveis locais	0,117	0,139	0,860	0,772
AN reduz poluição	0,145	0,199	0,822	0,736
Soma de cargas quadrado	2,708	1,976	1,556	6,240

Fonte: Santana (2018). AN = ativos naturais do Parque Zoobotânico.

O Fator 2 explicou 21,96% da variância dos dados e representa o efeito das variáveis: regulação ambiental, conhecimento sobre a Amazônia e a oferta de conforto e relaxamento mental aos visitantes e representa a dimensão **regulação socioambiental**. O Fator 3, por sua vez, explicou 17,29% da variância restante dos dados e está associado às variáveis que geram externalidades ambientais positivas ao contribuir para valorizar as residências locais e contribuir para melhorar a qualidade do ar via redução da poluição. Este fator representa a dimensão **Externalidade ambiental positiva**.

Com isto, tem-se que o modelo de análise fatorial faz sentido por representar as dimensões dos serviços ecossistêmicos que envolvem a regulação do ambiente, o conhecimento sobre os benefícios dos ativos naturais, a cultura e a preservação da biodiversidade.

5.2.3 PASSO A PASSO DA AF NO SPSS

Para gerar os resultados da AF no SPSS, o passo inicial é gerar um arquivo de dados no Excel com as variáveis e os respectivos dados originais. Em seguida insere este arquivo de dados no SPSS. Após esta etapa, os passos são os seguintes:

1. Clicar em **Analisar** e escolhe a opção **Redução de dimensão**;
2. Copia as variáveis a serem analisadas para a caixa **Variáveis**;

3. Clicar em **Descritivos** e marcar os seguintes itens que aparecem: Na caixa estatísticas, marcar **solução inicial**; na caixa matriz de correlações, marcar os itens – **Coefficientes, Níveis de significância, Determinante, Testes de esfericidade e KMO, Anti-imagem** - Continuar;
4. Clica em **Extração** e marcar os itens das caixas que aparecem: Caixa analisar, marque **Matriz de correlações**; Caixa Exibir, marque **Solução de fator não rotacionado**; Caixa extrair, marque: **Com base no autovalor**, para aceitar autovalores superiores a 1;
5. Clica em **Rotação** e marque os itens das caixas que aparecem: Caixa método, marque **Varimax**, Caixa exibir, marque **Solução rotacionada** - Continuar;
6. Clique em **Scores** e marcar a opção: **Salvar como variáveis**, na caixa **Método**, marcar a opção **Regressão**, marcar o item: **Exibir matriz de coeficiente de escore dos fatores** – Continuar;
7. Para gerar os resultados clicar em OK.

Com isto, o SPSS rega um relatório com os resultados analisados neste capítulo. O primeiro resultado é a matriz de correlação. Se o determinante não for diferente de zero, a matriz não admite inversa e o modelo tem infinitas soluções. Neste caso, analise a matriz para verificar a existência de correlação igual a 1 ou muito próximo a 1. Isto quer dizer que as linhas ou as colunas não são independentes e você está diante de variáveis iguais. Esta é uma condição de suficiência para a análise fatorial. Sem isto, não se tem os testes de esfericidade e KMO.

O resultado seguinte é o vetor com as raízes latentes ou autovalores de cada variável, que vem hierarquizado do maior para o menor. Os fatores a serem extraídos serão aqueles com autovalor maior do que 1.

O resultado seguinte exhibe os testes de adequação da amostra à AF. Depois vem o vetor com as comunalidades. Na sequência vem a matriz de cargas fatoriais, para se fazer a identificação de cada fator e depois nominá-lo. Em síntese é isto.

Contudo, a especificação do modelo fatorial não é uma tarefa trivial, deve-se conhecer bem o fenômeno analisado e as relações de associação das variáveis explicativas para que se possa fazer a especificação do modelo que faça sentido para o fenômeno estudado.

5.3 ESPECIFICAÇÃO ECONOMÉTRICA DO MIAC

A especificação econométrica das equações de disposição a pagar (*DAP*) pela preservação da canga e disposição a receber (*DAR*) como indenização pela supressão da vegetação da canga e viabilizar a extração do minério de ferro foi feita por um sistema de equações aparentemente não relacionadas, conforme Santana (1999). Assume-se que os termos de erro das equações estão correlacionados.

Assim, a estimação separada de cada equação não considera a informação sobre a correlação mutual dos termos de erro e a eficiência dos estimadores torna-se questionável.

O sistema de equações aparentemente não relacionadas, conhecido na literatura como modelo SUR (*Seemingly Unrelated Regressions*) na forma irrestrita é dado por Greene (2011):

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & x_M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_M \end{bmatrix}$$

$$Y_m = \beta_m X_m + u_m \quad (m = 1, 2)$$

Na equação, Y_m representa o vetor de dimensão $(T \times 1)$ das observações amostrais das variáveis dependentes (*DAP* e *DAR*); X_m representa a matriz $(T \times K_m)$ com os valores das observações das variáveis explanatórias correspondentes aos fatores sociais, educacionais, econômicos e ambientais; β_m é um vetor $(K_m \times 1)$ dos parâmetros das equações a serem estimados e u_m é um vetor $(T \times 1)$ dos valores amostrais dos erros aleatórios.

Assume-se que o termo de erro u_m apresenta distribuição normal com média

$$E(e_{mt}) = 0, \text{ com } (t = 1, 2, \dots, T)$$

A matriz de variância e covariância dos dados é definida por

$$E(u_m, u'_m) = \sigma_{mm} I_T.$$

Adicionalmente, assume-se a possibilidade de que os erros das equações não sejam mutuamente exclusivos. Neste caso, tem-se que a matriz de variância e covariância com os erros da m -ésima e da p -ésima equação podem apresentar vínculos. Como esses erros são sutis, o sistema denomina-se aparentemente não correlacionado e a matriz de covariância é dada por:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1M} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1} & \sigma_{M2} & \dots & \sigma_{MM} \end{bmatrix}$$

$$E(u_m, u'_p) = V = \Sigma \otimes I = \sigma_{mp} I_T, \text{ com } (m, p = 1, 2, \dots, T)$$

$$V^{-1} = \Sigma^{-1} \otimes I$$

O vetor dos parâmetros estimados por mínimos quadrados generalizados é:

$$\beta = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}Y = \\ [X'(\Sigma^{-1} \otimes I)X]^{-1}X'(\Sigma^{-1} \otimes I)Y$$

Para a aplicação deste modelo, utilize os dados da Tabela 5.6. O modelo é especificado como a seguir:

$$DAP_i = a_0 + a_1Renda_i + a_2Educa_i + a_3DAmbi_i + u_{1i}$$

$$DAR_i = b_0 + b_1Renda_i + b_2Educa_i + b_3DAmbi_i + u_{2i}$$

Em que DAP é o valor declarado da disposição a pagar, DAR é a disposição a receber pela supressão de um hectare da vegetação da savana (R\$/ha), $Renda$ é a renda da família entrevistada (R\$/mês), $Educa$ é o grau de educação formal em anos de estudo, $DAmbi$ é o índice que representa o comportamento da dimensão ambiental.

Tabela 5.6. Dados da disposição a pagar e a receber para a vegetação da savana metalófito de Carajás.

Vila	DAPSav	DARSav	Renda	Educa	DAmbi
Vila PF	1.490	1.350	543	1	0,4967
Vila PF	2.350	2.350	543	2	0,4679
Vila PF	2.012	2.135	543	1	0,5918
Vila PF	2.025	2.600	543	3	0,7324
Vila PF	3.050	3.130	1.905	2	0,6994
Vila PF	2.775	2.050	1.567	1	0,5626
Vila PF	5.475	5.825	3.967	4	0,7306
Vila PF	1.659	2.150	1.086	2	0,4404
Vila PF	2.650	2.350	1.267	3	0,6522
Vila PF	2.725	2.510	1.267	1	0,6377
Vila PF	2.225	2.425	905	1	0,5678
Vila PF	2.750	2.625	905	3	0,5500
Vila PF	1.950	2.625	1.286	1	0,5493
Vila PF	5.475	5.270	4.386	5	0,7922
Vila PF	1.620	2.725	1.450	1	0,4940
Vila PF	1.875	2.810	1.181	1	0,5979
Vila PF	3.450	3.520	1.629	2	0,6850
Vila PF	5.275	5.820	2.991	5	0,7609
Vila PF	5.475	5.973	2.629	6	0,6948
Vila PF	3.680	3.050	1.267	3	0,5043
Vila PF	1.655	2.100	1.394	1	0,4400

Vila PF	3.050	3.190	905	4	0,6966
Vila PF	3.650	3.300	1.186	3	0,6394
Vila PF	2.925	3.400	2.715	1	0,5902
Vila PF	2.475	3.425	1.810	4	0,5612
Vila PF	5.120	5.342	3.357	5	0,6922
Vila PF	2.675	3.650	1.520	2	0,6403
Vila PF	4.075	4.930	1.195	3	0,7277
Vila PF	5.475	5.423	2.991	4	0,8589
Vila PF	5.675	5.950	3.296	6	0,7184
Vila PF	5.150	5.850	2.896	6	0,8696
Vila PF	5.775	5.850	3.258	7	0,8930
Vila PF	3.470	4.425	2.534	2	0,6238
Vila PF	5.475	6.050	3.558	6	0,5367
Vila PF	6.050	8.600	4.991	6	0,9452
Vila PF	6.975	9.875	6.335	6	0,8748
Vila PF	9.375	11.825	9.955	7	0,9689
Vila PF	10.995	13.810	12.670	7	0,9889
Média	3.948	4.481,3	2.590,2	3,4	0,6704

Fonte: Santana (2014). Vila Paulo Fontele – Vila PF, Parauapebas.

Para estimar os parâmetros do modelo, utilize o Eviews, Stata ou o R, pelo método de equações aparentemente não relacionadas. Ao obter os resultados dos parâmetros das equações, preencha a Tabela 5.6 com os valores médios de cada variável para gerar o valor da *DAP* (R\$/ha) e o valor da *DAR* (R\$/ha) e faça a discussão.

Por fim, faça a discussão pertinente sobre o valor da vegetação da savana tendo em mente o fluxo de serviços ecossistêmicos que gera para além do preço da terra nua e dos demais ativos ambientais como água e minérios.

Na Tabela 5.7 estão os resultados do modelo, estimados pelo Eviews, para o leitor calcular os valores da *DAP* e da *DAR*, a partir das médias das variáveis da Tabela 5.6, e fazer a análise e discussão sobre a indenização a ser paga pela supressão da vegetação para viabilizar a exploração mineral. Para o caso da Renda, sua participação na *DAP* é: $0,49543 \times 2.590,2 = 1.283,26$.

Tabela 5.7. Resultados da DAP e DAR da vegetação de savana da Flona de Carajás.

Variável	Coeficiente	DAP
Intercepto – a_0	84,9275	
Renda – a_1	0,49543	
Educação – a_2	370,6335	
Dim. Ambiental – a_3	1986,133	
DAP para preservas a savana: R\$		/ ha
Variável	Coeficiente	DAR
Intercepto – b_0	-283,8355	
Renda – b_1	0,757511	
Educação – b_2	304,8440	
Dim. Ambienta – b_3	2649,593	
DAR para suprimir a savana: R\$		/ ha
R²-ajustado: DAP = 0,9498; DAR = 0,9577.		

Fonte: Santana et al. (2017)

5.3.1 PASSO A PASSO NO EIEWS

Para gerar os resultados das DAP e DAR no Eviews, usando o método de Regressões Aparentemente não Relacionadas, o passo inicial é gerar um arquivo de dados no Excel com as variáveis e os respectivos dados originais da Tabela 5.6. Em seguida insira este arquivo de dados no Eviews. Os passos são: Abra o Eviews e segue o caminho: **File, Import, Import from file** e escolhe o arquivo de dados no Excel.

Após esta etapa, os passos são os seguintes:

1. Cicla em **Object, New Object** e escolhe a opção **System** - OK;
2. Abre uma tela branca e você insere as equações de DAPSav e DARSav, da seguinte forma:

$$DAPSav = C(10) + C(11)*Renda + C(12)*Educa + C(13)*DAmbi$$

$$DARSav = C(20) + C(21)*Renda + C(22)*Educa + C(23)*DAmbi$$

3. Clicar em **System Estimation** e escolher a opção **Seemingly Unrelated Regression** - Ok;
4. Com isto, o Eviews rega os resultados para as duas equações com os coeficientes e as estatísticas. Para estimar regressões simples e múltiplas e sistemas de equações simultâneas no Eviews, consulte Santana (2003).

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, aplicam-se os conhecimentos teórico da economia e ecologia na construção de metodologias para estimar o valor socioeconômico e ambiental de ativos naturais com valor uso e valor de não uso ou de existência. No caso dos produtos e serviços ecossistêmicos sem preço de mercado, a especificação de modelos de mercado para representá-los, dado o grande número de variáveis qualitativas para qualificar as dimensões ambientais e ecológicas, necessita-se construir indicadores para representar a percepção da sociedade em relação ao grau de reconhecimento dos benefícios gerados pelos ecossistemas naturais para o bem-estar humano.

Neste contexto, foi apresentado um modelo calcado na teoria e na realidade prática para a identificação de variáveis relacionadas aos valores de uso e de não uso dos produtos e serviços dos ecossistemas naturais e os respectivos graus de benefícios que geram para o bem-estar social. Por este meio, contribui-se para a adequação das especificações de modelos econométricos, via correção da multicolinearidade que impede a mensuração dos efeitos diretos e indiretos que cada variável ambiental causa no valor econômico dos ativos naturais estudados.

Para isto aplicou-se o conjunto de técnicas de análise multivariada (análise componentes principais e de análise fatorial) para construir indicadores e especificar os sistemas de equações usados na valoração de ativos naturais.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

E1. Com base no conteúdo apresentado no texto, defina os seguintes termos técnicos: Serviços ambientais; Indicador ambiental; Análise fatorial; Dimensão ambiental; Valor de uso direto; Valor de uso indireto; Valor de existência; Disposição a pagar; Disposição a receber.

E2. Sabe-se que a principal barreira contra a valoração de ativos naturais foi o entendimento de que os recursos naturais são bens livres e, por isso, as florestas, água, a biodiversidade que abriga e os serviços ecossistêmicos que produzem não são comercializados nos mercados, sobretudo pelas características de endemismo, raridade e desconhecimento dos reais efeitos de sua utilização e/ou preservação sobre o crescimento das atividades econômicas, o consumo e o bem-estar da população.

Como não existe mercado definido para muitos dos serviços ecossistêmicos, estes devem ser construídos a partir da percepção da sociedade, para então serem valorados e passem a ter custo de oportunidade diferente de zero. Assim, para que as estimativas de valor dos ativos naturais reflitam a realidade de mercado e se mantenham aderentes aos postulados da Economia Ecológica, deve-se apresentar as definições de serviços ecossistêmicos, mostrar fotos, mapas, esquemas e a importância para as pessoas entrevistadas nas pesquisas de campo. Depois deste esclarecimento, as questões envolvendo os produtos e serviços ecossistêmicos a serem valorados são apresentadas e os entrevistados emitem posição sobre o grau de importância socioeconômica e ambiental de tais serviços. Ao final, declaram sua disposição a pagar para que os ativos naturais sejam preservados e/ou a disposição a receber uma indenização para que tais ativos sejam explorados e/ou destruídos para dar lugar a outras atividades econômicas. Com base neste conhecimento, analise as cinco afirmações abaixo sobre o conceito de serviços ecossistêmicos, sua importância para a economia e a vida das pessoas, o valor de mercado dos ativos naturais e o desenvolvimento de metodologias utilizadas na valoração destes serviços.

I. Os serviços ecossistêmicos podem ser agrupados nas dimensões de provisão, regulação, cultural e formação, para facilitar a valoração de acordo com a sua contribuição para o crescimento da atividade econômica, o consumo das pessoas e o bem-estar social nas escalas local, regional e global.

II. A Economia da madeira avalia os recursos florestais apenas com base no volume de madeira que produzem, deixando os serviços ecossistêmicos de fora por não terem preço de mercado. Desta forma, as empresas que ganham os editais de concessão florestal para explorar áreas no bioma Amazônia, estão pagando o valor econômico total desses ativos naturais.

III. A demanda por serviços ecossistêmicos está crescendo de forma exponencial nos últimos 25 anos, em função da percepção da população sobre os benefícios econômicos sociais e ambientais que fornecem na forma de provimento de alimentos, regulação do clima e dos gases de efeito estufa, preservar a biodiversidade e garantia das condições para a vida na Terra. Por isto, o valor econômico total dos ativos destes ecossistemas naturais deve ser estimado para orientar as decisões de produzir de forma sustentável e viabilizar o pagamento por tais serviços aos produtores que investem ou permitem investimentos na restauração dos ecossistemas naturais nos imóveis rurais.

IV. Os serviços ecossistêmicos que não têm preço de mercado e nem valor de uso direto ou indireta não devem ser valorados porque não geram função de utilidade para a população,

logo não se pode definir uma demanda para eles e, por isso, devem ficar de fora do valor econômico total dos ativos naturais.

V. A construção de indicadores para representar a importância das dimensões ambiental e ecológica para o desenvolvimento de metodologias que captem as relações entre serviços ecossistêmicos e bem-estar social, pode contribuir para tais metodologias gerem estimativas cada vez mais próximas do valor econômico dos ativos naturais e orientem as decisões de utilização racional, restauração e/ou de preservação dos ecossistemas naturais, assim como incorporar o balanço (ativo – passivo) do valor dos ecossistemas naturais floresta, água e solo na contabilidade nacional (Formação Bruta de Capital, Depreciação, Gastos do Governo, PIB).

Com base nas afirmações apresentados acima, marque a afirmativa correta.

- a. () as afirmações I e II estão corretas;
- b. () as afirmativas II, III e V estão corretas;
- c. () as afirmativas IV e V estão corretas;
- d. () as afirmativas I, III e V estão corretas;
- e. () as afirmativas I, II e IV estão incorretas.

E3. Com base no estudo da valoração dos ativos naturais, a produção do fluxo de serviços ecossistêmicos, sua classificação em dimensões e a valoração para o pagamento pela preservação e/ou utilização racional dos recursos naturais nos imóveis rurais e áreas de reservas extrativistas faça, com base na lista de serviços do quadro abaixo, o seguinte:

- a) Enquadre os serviços nas dimensões: A – Dimensão de Provisão; B – Dimensão de Regulação; C – Dimensão Cultural; D – Dimensão de Formação, escrevendo a letra na coluna Dimensão Ambiental;
- b) Enquadre os serviços ecossistêmicos no valor econômico: I – Valor de Uso Direto; II – Valor de Uso Indireto; III – Valor de Opção e/ou Valor de Existência, marcando o algarismo romano na coluna Valor Econômico.

Quadro 5.2. Descrição de Serviços ecossistêmicos, a dimensão ambiental a que estão enquadrados e o tipo de valor econômico.

Serviço ecossistêmico	Dimensão Ambiental	Valor Econômico
1. A vegetação gera conforto térmico, ambiental e climático para as pessoas.		
2. O ecossistema dispõe de informações para a educação ambiental.		
3. As florestas abrigam espécies raras e endêmicas a serem preservadas.		
4. A floresta abriga produtos medicinais, genéticos ainda não conhecidos.		
5. A floresta faz ciclagem da água, de nutriente e retém solo.		
6. A floresta fornece madeira, frutas, água potável para a humanidade.		
7. As florestas abrigam insetos e animais polinizadores de flores.		
8. A floresta armazena carbono na planta via fotossíntese.		
9. As áreas de floresta e belezas naturais viabilizam o turismo ecológico.		
10. A floresta perfura rocha com as raízes, retém água e fertiliza o solo.		

Fonte: Costanza et al. (1997); MEA (2003); Daly e Farley (2004); Santana et al. (2017; 2018; 2019).

E4. A partir dos dados da tabela 5.8, aplique a análise fatorial às variáveis para construir um indicador ambiental, usando o SPSS.

Tabela 5.8. Dados sobre serviços ecossistêmicos da Flona de Carajás, na percepção de pessoas da comunidade da Vila Sansão em Parauapebas.

Local	RClim	Biodiv	PoluiA	Queima	Bcenic	Rclima
Vila S	1	0	0	2	3	3
Vila S	3	3	4	3	3	3
Vila S	1	0	0	3	3	3
Vila S	0	2	0	3	3	2
Vila S	1	3	3	2	3	4
Vila S	1	3	4	2	4	1
Vila S	3	0	3	1	3	2
Vila S	0	2	2	3	0	4
Vila S	2	3	1	3	3	3
Vila S	0	4	3	0	2	2
Vila S	2	4	0	3	3	0
Vila S	3	2	3	0	3	3
Vila S	0	2	2	0	2	2
Vila S	3	2	3	3	3	3
Vila S	1	1	3	3	3	2
Vila S	3	3	4	3	2	0
Vila S	3	3	3	3	3	4
Vila S	3	3	3	3	3	4
Vila S	3	3	4	3	3	4
Vila S	0	3	3	4	3	3
Vila S	3	0	3	3	3	4
Vila S	3	0	2	3	3	4
Vila S	3	3	4	3	4	4
Vila S	0	3	0	3	3	4
Vila S	2	1	0	3	2	3
Vila S	1	0	3	3	3	2
Vila S	1	0	2	3	1	3
Vila S	1	2	1	3	1	1
Vila S	0	4	1	3	1	4
Vila S	1	1	0	3	1	2
Vila S	1	2	0	2	0	3
Vila S	3	2	3	1	1	4
Vila S	3	3	3	3	0	3
Vila S	2	3	3	3	0	2
Vila S	3	3	3	3	3	3
Vila S	1	3	0	3	2	2
Vila S	2	3	0	3	3	3
Vila S	0	3	0	0	1	3
Vila S	2	1	2	2	2	2
Vila S	2	2	2	2	1	1
Vila S	2	0	3	2	2	1
Vila S	3	2	2	2	1	1
Vila S	2	1	4	2	1	1
Vila S	2	0	2	2	1	1
Vila S	1	1	2	1	2	1

Fonte: Santana (2014). RClima é o risco do clima na área do entorno da floresta; Biodiv é a biodiversidade da floresta; PoluiA é a poluição da água dos rios pela mineração e população; Queim é o efeito das queimadas de pasto e da canga; BCenic é a beleza cênica da floresta; RClima é a regulação do clima pela floresta.

CAPÍTULO 6: INVESTIMENTO EM ATIVOS NATURAIS

Neste capítulo, apresenta-se um modelo de empreendimento para viabilizar o investimento na restauração e/ou ampliação de ativos naturais. O modelo de negócio contempla um imóvel rural, uma organização social especializada em gestão de empreendimentos sustentáveis e uma empresa ou instituição de ensino e/ou pesquisa integradora. As ações destas organizações se complementam para a elaboração do plano de negócio, acesso a crédito, uso de tecnologia sustentável, produtos de maior qualidade e diferenciados, gestão eficiente das atividades, rastreabilidade da produção, geração e disponibilização das informações para os grupos de interesse e a sociedade em geral.



Foto: açai na floresta de várzea.

6.1 INTRODUÇÃO

É importante reconhecer que os ativos naturais geram riqueza e bem-estar para a humanidade. No entanto, estes ativos são inseridos no mercado apenas quando as pessoas passam a reconhecer e acessar seus benefícios. A partir deste momento, a influência negativa das atividades produtivas e de consumo da população mundial nos ecossistemas naturais, criou o fundamento para a expansão da demanda por serviços ecossistêmicos e a proteção de ativos naturais contra as diversas atividades de produção e consumo que criam externalidades e causam a destruição das funções dos ecossistemas naturais. Isto gera escassez dos produtos e serviços ambientais e cria o ambiente para que as pessoas apresentem a intensidade de suas preferências por tais serviços no mercado. Assim, a interação entre

os serviços produzidos pelos ecossistemas e o bem-estar da população torna-se conhecido por grande parte da população. Entretanto, o Valor Econômico Total (VET) desses ativos e serviços naturais, definidos pelos mercados de consumo e de capitais ainda não alcançou ampla expansão, dado que seus efeitos são psicológicos e não físicos.

Os ativos naturais têm valor de mercado e produz um fluxo de serviços que beneficia a todos, mas como internalizar o rendimento destes ativos nos imóveis rurais? O Brasil já dispõe de legislação ambiental e jurídica para regular os direitos de propriedade e a exploração e/ou a conservação dos ativos naturais. Assim, uma vez identificados os estoques de ativos naturais dos imóveis rurais, definidos pelas áreas de vegetação nativa, áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal e as áreas de terras com cobertura florestal dadas em concessão para a iniciativa privada e/ou sob a exploração pelas populações tradicionais e indígenas, estima-se o seu valor econômico para viabilizar o pagamento pela conservação dos serviços ecossistêmicos e pela sua utilização como garantia de aval para o acesso a crédito. Com isto, os produtores e empresários podem adotar as boas práticas de gestão da produção e logística de comercialização para aumentar a produtividade dos sistemas de produção agrícola, pecuário e florestal madeireira e não madeireira de baixo carbono, gerar lucro, salário, emprego, aumentar o excedente do consumidor, abastecer o mercado, elevar a arrecadação de impostos e contribuir para estruturar as bases do desenvolvimento local.

Na Amazônia, as atividades econômicas já destruíram parcela significativa de uma riqueza cujo valor ainda é desconhecido. Assim, o acesso aos benefícios gerados pelos ativos naturais existentes e a restauração dos ativos degradados (solo, água e floresta) podem ser feitos por meio de investimento para recuperar e/ou aumentar o estoque total desses ativos. A partir desse ponto, internalizar esses benefícios ao patrimônio dos imóveis rurais e viabilizar o acesso a crédito e ao pagamento pelos serviços ecossistêmicos gerados pelo bioma Amazônia.

Para tornar real o investimento em ativos naturais e viabilizar a exploração sustentável nos imóveis rurais, por meio da restauração produtiva e/ou da recuperação de ecossistemas degradados, deve-se implantar sistemas agroflorestais (combina lavoura com floresta), silvipastoris (combina animal com floresta) e/ou agrossilvipastoris (combina lavoura com animal e floresta), juntamente com a preservação das áreas de reservas naturais no bioma Amazônia e a restauração produtiva de ativos naturais em áreas de extração mineral. Esses investimentos podem conectar arranjos produtivos de negócios envolvendo a produção certificada, belezas cênicas e turismo ecológico, artesanato, restaurantes, hotéis, serviços de saúde, educação, comunicação e transporte, para criar as condições necessárias ao processo de desenvolvimento a partir dos fatores e da cultura existente nos locais.

A materialização das ideias apresentadas em Santana (2015; 2018) e Santana et al. (2017; 2018) e diversos estudos científicos aplicados no mundo sobre como a valoração dos ativos naturais e sua inserção no mercado, contribui para a capitalização dos produtores e o crescimento sustentável dos meios de subsistência a partir do local. Estas ideias, somadas aos diversos estudos disponíveis na literatura recente sobre o pagamento por serviços ecossistêmicos, valoração de ativos naturais e investimento na restauração e recuperação de ecossistemas degradados, criam os fundamentos para a implantação de sistemas sustentáveis de produção com tecnologias apropriadas envolvendo o manejo de solos, água e florestas. Como os serviços ecossistêmicos produzem externalidades ambientais positivas e que transbordam os limites dos imóveis rurais nas escalas local, regional e global, os benefícios de alguns dos serviços de regulação, polinização, cultura e educação, podem ser repartidos entre os produtores e os governos.

Neste ponto, a implantação de um modelo possível para viabilizar o investimento da iniciativa privada e pública nestes ativos naturais, pode ser operacionalizada com o apoio de uma organização social para coordenar, gerir, monitorar e avaliar os contratos relativos a cada projeto específico: restauração ativos naturais, recuperação de áreas degradadas com sistemas produtivos sustentáveis, preservação de ativos naturais, gestão do manejo de áreas de reservas florestais, pagamento por serviços ecossistêmicos etc.

Para ilustrar um modelo de investimento em ativos naturais, podemos considerar um produtor que fez o Cadastro Ambiental Rural (CAR) do imóvel rural para delimitar a área do ativo natural. Depois, fez o inventário florestal das áreas com floresta e calculou o valor monetário desse capital natural com base no estoque de carbono e na disposição a pagar pela conservação do ativo ou a disposição a receber uma compensação pelo uso do ativo e/ou a substituição por outra atividade. Para que este ativo natural sirva de garantia para o acesso a crédito junto a uma instituição de fomento (Banco da Amazônia, Banco do Brasil, Banpará, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Bancos Privados, Fundos de Investimento, Cooperativas de Crédito etc.), o produtor deve assinar um contrato com uma Organização Social Especializada (OSE), com vistas a estruturar um fundo de recebíveis, com o lastro formado pelo valor de tais ativos e então passar a fomentar os projetos. Assim, com o rendimento dos novos sistemas utilizados para restaurar e/ou recuperar o ativo e dos pagamentos recebidos pelos serviços ecossistêmicos, define-se o valor de sua remuneração ao longo do tempo. Com isto, cria-se o fundamento para a capitalização dos produtores e empresários rurais, a partir dos ativos naturais dos imóveis rurais.

Esta ideia pode contribuir para viabilizar os dispositivos legais do Código Florestal, Artigo 41, e do CAR, com vistas a viabilizar a certificação da produção e comercialização dos produtos rurais, de modo a gerar renda, inclusão da mão de obra local e empregos novos para profissionais das áreas afins, em sistemas produtivos sustentáveis.

6.2 ESTUDO DE CASO

O investimento na restauração e/ou preservação de ativos naturais pode ocorrer em imóveis rurais de produtores com interesse em mudar o sistema de produção atual para outros sistemas de maior produtividade, intensivo em mão de obra, menor impacto ambiental, certificação geográfica da origem e inseridos nas cadeias de valor globais. Neste aspecto, podem participar pecuaristas com áreas de pastagens degradadas, extrativistas de produtos florestais não madeireiros (castanha-do-brasil, açaí, óleos), produtores de assentamentos da reforma agrária, organizados em cooperativas e/ou integrados a agroindústrias de polpa de frutas, cacau, dendê, aves, leite etc. A participação pode ocorrer de três formas principais: na primeira o produtor pode manifestar o desejo de receber um valor constante ao ano para arrendar ou alugar o imóvel rural para que outro produtor implante o novo sistema de produção por um período de 25 anos; na segunda, o produtor pode optar por participar conjuntamente da implantação do negócio como empreendedor aprendiz; na terceira, o produtor opta por receber um pagamento para conservar os ativos naturais do imóvel rural e/ou utilizá-lo para o acesso a crédito.

Nestes casos, o projeto pode ser composto por um produtor, uma cooperativa ou Organização Integradora (OI) e uma Organização Social Especializada (OSE) para intermediar os contratos, implantar o sistema de produção e acompanhar o desenvolvimento das atividades para alcançar os objetivos e metas estabelecidas. Na Figura 6.1, ilustra-se a dinâmica desse projeto de restauração produtiva dos ativos naturais. 6.2.1 Imóvel Rural – IR

O proprietário de um imóvel rural com área de 100 ha no bioma Amazônia, prática agricultura familiar em sistema tradicional e pecuária de leite extensiva com a família e já desmatou 60% da área. Ele necessita recuperar 30 ha da área desmatada com sistemas agroflorestais e/ou agroecológicos e restaurar 10 ha com essências florestais para compor as áreas de reserva permanente e fazer o manejo das áreas de reserva legal. Portanto, o IR conta com 40 ha de ativo natural, que pode ser valorado para que esse capital seja dado em aval no acesso ao crédito de investimento a ser utilizado na recuperação e/ou na restauração das áreas alteradas. Desta forma, o produtor faz jus a um fluxo de pagamento anual pelos serviços ecossistêmicos de regulação, cultural e formação pelo aumento do estoque do

ativo natural. Isto quer dizer que com o passar do tempo, a área com SAF e a área reflorestada passam a compor o ativo natural do imóvel rural e a ampliar seu Valor Econômico e Ecológico Total (VET).

A recuperação das áreas degradadas exige a utilização de tecnologias apropriadas no manejo do solo e dos sistemas agroflorestais, silvipastoris ou agricultura sintrópica de menor impacto ambiental, maior produtividade, maior qualidade e segurança alimentar por reduzir ou eliminar o uso de produtos químicos. Igualmente, o recebimento por serviços ecossistêmicos via negociação dos ativos naturais exige contrato com uma OSE para certificar o sistema de produção e fazer a gestão dos projetos contratados, com vistas a viabilizar o empreendimento.

O investimento na restauração, recuperação, formação e/ou manejo de ativos naturais necessita de conhecimento que os produtores não dispõem, por envolver tecnologias e inovações apropriadas que atingem o processo, o produto e a gestão do empreendimento. Dessa forma, pode-se manter e/ou incrementar o VET dos ativos naturais do imóvel rural. Para isto é necessária a participação de uma OSE para intermediar os contratos, orientar a implementação dos novos sistemas produtivos, monitorar as ações, avaliar o desempenho e comunicar os resultados aos grupos de interesse no período de vigência do contrato.

6.2.2 Organização Social Especializada – OSE

A OSE faz a gestão da cadeia de valor inclusiva e sustentável dos produtos e serviços, envolvendo o uso de novas tecnologias, a interação com os fornecedores para a aquisição de insumos e tecnologias (biológicas, químicas, mecânicas e de informação), com agentes do mercado atacadista (Cooperativa, Agroindústria, Trading Company) e com o varejo de alimentos. A estrutura do fluxo de caixa e o acompanhamento os custos e da receita líquida, considerando a influência dos riscos de mercado e das mudanças climáticas. Esta OSE pode ser uma Organização não Governamental (ONG), uma Universidade, uma unidade de pesquisa da Embrapa, uma unidade de extensão da EMATER, uma unidade do SEBRAE ou uma parceria entre elas e o produtor.

Assim, a viabilidade do investimento na restauração, recuperação e ampliação dos ativos naturais do imóvel rural depende da mudança no sistema de produção e da parceria firmada com uma unidade integradora, que pode ser uma cooperativa, uma agroindústria e outras instituições interessadas em investir nos ativos naturais e/ou em pagar pelos serviços ecológicos gerados. Estas unidades se responsabilizam pelo pagamento da OSE pelos serviços de orientação técnica para viabilizar os contratos de implantação dos projetos, monitorar as atividades, avaliar o desempenho e apresentar dos resultados para os agentes e a sociedade.

Portanto a mudança no sistema de produção necessita do contrato de investimento em ativos naturais, contemplando os custos fixos e variáveis. Como exemplo, assume-se que um produtor opta por firmar

um contrato de 25 anos para permitir a implantação do projeto de restauração produtiva e receber uma receita líquida anual de R\$ 1.000,00 por hectare da área utilizada pelo projeto. Este valor, no mundo real, deve ser estabelecido com base no valor dos ativos naturais do imóvel rural. Assim, a OSE se encarrega de implantar um sistema de produção, combinando agricultura, pecuária e floresta, assim como negociar o pagamento pelos serviços ecológicos gerados pelos ativos naturais que já existem no imóvel rural e que ainda não são incorporados nos preços dos produtos gerados no projeto e destinados ao mercado.

Neste caso, considerando uma taxa real de juros de 6,5% ao ano, o valor presente líquido que o projeto deve gerar em 25 anos para pagar o valor de R\$ 1.000,00/ha ao ano seria de R\$ 12.197,88 (Figura 6.1, B).

O cálculo do valor presente líquido é:

$$VPL_t = 1.000 \sum_{t=1}^{25} \frac{1}{(1 + 0,065)^t} = 1.000 \times 12,19788$$

$$= R\$ 12.197,88$$

Este é o valor que deve ser incluído no investimento a ser alocado por uma Organização Integradora (OI) que pode ser uma cooperativa, empresa privada, agências de turismo e/ou de fundos regionais e internacionais interessados em aportar recursos na restauração dos ativos naturais e/ou no pagamento pelos serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, cultural e formação nos imóveis rurais da Amazônia.

Figura 6.1. A configuração esquemática do modelo de investimento em ativos naturais.



Fonte: Elaboração própria.

6.2.3 ORGANIZAÇÃO INTEGRADORA (OI)

A Organização Integradora, que pode ser uma cooperativa, agroindústria, bancos etc., exige que o imóvel rural agregue valor ambiental aos produtos pelo aumento da sustentabilidade no uso do solo, manejo da água e incremento no fluxo dos serviços ecossistêmicos produzidos pela conservação dos ativos naturais existentes e/ou pela recuperação e áreas degradadas e restauração de vegetação nativa para adicionar valor a esses ativos. No caso da vegetação natural preservada pelos imóveis rurais, deve-se pagar pelo fluxo dos serviços que produzem e que geram externalidades positivas sobre os sistemas de produção agropecuários, os negócios do turismo e o bem-estar da população local, nacional e global. É pagamento feito pela sociedade que estimula a preservação dos ativos naturais pelos produtores.

No caso dos projetos de recuperação dos ativos naturais, a OI, por meio da OSE, firma um valor adicional sobre o contrato de 25%, como prêmio associado ao custo de transação, para a remuneração dos serviços prestados pela OSE. Assim, a OI arca com a parcela adicional, no valor de R\$ 3.049,47/ha (0,25x12.197,88) relativo ao investimento, que se refere ao pró-labore da OSE, para compor o valor de

R\$ 15.247,35/ha (Figura 6.1, A). Este é o valor adicional que o projeto deve gerar para demonstrar sua viabilidade econômica, social e ambiental. Com isto, a OI assume, junto com a OSE, a gestão do negócio, indo desde a negociação do contrato, implementação do novo sistema de produção sustentável, avaliação anual, controle e apresentação dos resultados aos agentes de interesse.

Caso a OI tenha uma equipe técnica com competência para elaborar o projeto e conduzir sua implantação e gestão, pode-se dispensar o trabalho da OSE. No caso de a OI ser uma Universidade, adiciona-se o valor da formação de capital humano e construção de capital social pela integração das atividades de ensino, pesquisa e extensão ao mercado.

6.2.4 RETORNO DO INVESTIMENTO NO ATIVO (RIA)

Com o investimento no imóvel rural, gera-se um incremento na produtividade, na diversificação da produção, na qualidade dos produtos e na gestão de negócios ao longo dos 25 anos. O novo produto é diferenciado dos produtos não sustentáveis, por agregar qualidade, segurança alimentar, conteúdo nutricional, certificação de origem e baixo impacto ambiental. Com isto, o preço em nível do produtor tende a ser mais elevado que o preço de mercado dos produtos ofertados pelos sistemas tradicionais. Além disso, a OI agrega a esse valor a certificação de origem geográfica, a inclusão social e a sustentabilidade dos ativos naturais. O resultado aparece no aumento da receita líquida gerada no imóvel rural, incremento do emprego e renda, pagamento de impostos e abastecimento do mercado em função das externalidades positivas do lado da oferta e da demanda que estas atividades empreendedoras geram.

Assim, caso a receita incremental líquida anual gerada pelo sistema de produção tradicional (pecuária extensiva, monocultivos e/ou agricultura familiar) seja de R\$ 1.000,00/ha, que seria igual ao pagamento exigido no contrato, o novo sistema pode gerar uma receita líquida incremental pelo menos três vezes maior, de R\$ 3.000,00/ha, em função do aumento de produtividade, redução de custo e aumento de preço. Com efeito, o valor presente líquido adicional deste fluxo de receita, em 25 anos e atualizado à taxa de juros de 6,5% ao ano, é igual a R\$ 24.395,75/ha ($2.000 \times 12,197877$) (Figura 6.1, C). Este resultado é reavaliado e atualizado a cada ano pela OSE (Figura 6.1, D), para controle da eficiência e eficácia do rendimento do projeto ou empreendimento.

Neste caso, considerou-se apenas o resultado potencial de uma mudança nos sistemas de produção tradicionais (agrícolas e pecuários) para um novo sistema de produção sustentável, com nova tecnologia e gestão, para recuperar a área degradada, restaurar ou manter as áreas com vegetação nativa preservadas nos imóveis rurais. Pelos dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do estado do

Pará, mais de 60% dos imóveis rurais se encontram em situação de déficit ambiental, com 47,5% da área de vegetação nativa alterada. Estas áreas contemplam pecuária extensiva e as lavouras anuais e permanentes cultivadas em monocultivos, agricultura familiar dos assentamentos rurais, bem como as atividades de extração de minérios, de produtos florestais madeireiros e não madeireiros e de recursos pesqueiros, que não possuem direito de propriedade privado.

No geral, a situação dos sistemas de pecuária extensiva e agricultura de derruba e queima da floresta causam grande impacto sobre a natureza. Portanto, estes devem ser os sistemas a serem transformados para eliminar os altos riscos de destruição das áreas de floresta nativa das reservas ambientais, sobretudo pela insegurança dos direitos de propriedade.

A produtividade e a rentabilidade econômica destes imóveis rurais podem aumentar com o investimento na formação de ativos naturais, por meio de tecnologias apropriadas, contemplando manejo de solos, água e a combinação de lavouras com árvores e animais. Estes projetos podem ser enquadrados no Programa da Agricultura de Baixo Carbono e viabilizar o acesso aos recursos do BNDES e dos Fundos Constitucionais, como o FNO, que se destina ao desenvolvimento da Amazônia, mas com alto nível de inadimplência dos pequenos produtores e sem resultados representativos no conjunto dos empreendimentos (SANTANA, 2012).

Para a ampla adesão dos produtores ao programa de recuperação de áreas degradadas e a restauração florestal, sobretudo nos projetos de assentamento da reforma agrária e nas áreas de reservas extrativistas, pelo alcance da inclusão social e mudança na qualidade de vida, deve-se viabilizar os investimentos a partir do pagamento pelos serviços ecossistêmicos produzidos pelos recursos naturais preservados e/ou restaurados nestes imóveis rurais. Os capítulos anteriores contêm as metodologias que podem ser utilizadas na valoração dos ativos naturais e no pagamento dos serviços ecossistêmicos com e sem preço de mercado.

6.2.5 Casos de investimento em ativos naturais

A necessidade de investimento na valoração e na restauração de ativos naturais, assim como o pagamento pelos serviços ecossistêmicos ofertados por estes ativos vêm sendo divulgados em estudos de casos aplicados em diversos biomas, incluindo sistemas de produção e a população atingida em escala de influência local, regional e global. Assim, alguns serviços têm maior peso local e outros transbordam os efeitos para a população regional e até mundial. Por exemplo: o serviço de regulação dos gases de efeito estufa tem alcance global, a regulação da água de um igarapé ou das nascentes de um rio tem alcance local e/ou regional, a polinização de flores por abelhas tem impacto local, a regulação microclimática tem influência local e as belezas cênicas naturais atingem todas as escalas, de acordo com a evolução do turismo ecológico.

Resultados gerais da análise benefício-custo de projetos de restauração de ativos naturais implantados em biomas de nove ecossistemas no mundo revelaram valor presente líquido (VPL) e a relação benefício-custo (Rb/c), indicando retornos positivos aos investimentos. No ecossistema de floresta tropical, conforme Blignaut et al. (2014), o VPL variou de US\$ 8,975.00/ha e Rb/c = 2,6, equivalente a 60% do Valor Econômico Total (VET) do ativo natural estudado, a US\$ 106,648.00/ha e Rb/c = 24, contemplando 100% do VET gerado pelo ativo natural.

Na Amazônia, estudos revelaram um VPL para a indenização pela supressão da vegetação de savana em área de exploração mineral de US\$ 2,328.36/ha, representando 100% do VPL de junho de 2014, e o valor dos serviços ecossistêmicos do ativo natural de um parque Zoobotânico urbano de US\$ 228,073.34/ha, equivalente a 90% do VPL do ativo natural a preço constante de agosto de 2017. Estes resultados revelaram a disposição da população a pagar pelo bem-estar (excedente do consumidor) gerado pelos serviços ecossistêmicos. Portanto, evidenciam-se que os ativos produzem lucros e, por isso, devem ser incluídos no mercado de capitais e na contabilidade nacional.

Muitos estudos de caso confirmam a adesão da sociedade à conservação dos ativos naturais e dos serviços ecossistêmicos por meio da valoração, investimento na restauração e do pagamento por serviços ecossistêmicos aos produtores. Casos são revelados em países como Alemanha, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, China, Costa Rica, Estados Unidos, França, Índia, México, Peru etc. Mas nada se compara ao bioma Amazônia, mesmo com os valores subestimados dos ativos.

Portanto, com o aumento da demanda por serviços ecossistêmicos evoluindo a taxas acima da oferta, tem-se um cenário potencial para atrair e viabilizar investimentos na recuperação de áreas degradadas, na restauração de áreas de florestas nativas dos imóveis rurais e na preservação das áreas de reservas extrativistas e áreas indígenas no bioma Amazônia. O momento é este para os agentes que respondem pelas decisões sobre uso e não uso dos recursos naturais na região, aplicarem metodologias locais para valorar os ativos, inseri-los nos mercados e informar sobre o custo de oportunidade da floresta em pé. O desafio está em estruturar fundos de recebíveis híbridos, lastreados em doações e no valor econômico total dos ativos naturais dos imóveis rurais e das áreas públicas. No caso, o VET da preservação dos ativos naturais pode ser negociado tanto no mercado aberto (bolsas de mercadorias e mercados de capitais) como no mercado restrito (doações governamentais, instituições privadas, fundações e sociedade), gerenciados de forma compartilhada por um arranjo de instituições públicas, privadas, organizações não governamentais e representantes da sociedade. Para dar transparência, eficiência e eficácia à gestão dos fundos e dos investimentos em projetos de ativos naturais, necessita-se de uma OSE para implementar os novos sistemas de produção, em combinação com a recuperação

de áreas degradadas, produção agrícola, pecuária, silvicultura, restauração florestal e preservação dos ativos naturais dos imóveis rurais (Figura 6.1).

Assim, a OSE pode ser uma Universidade com cursos de graduação e pós-graduação na área das ciências sociais aplicadas, agrárias, biológicas e ambientais, tendo foco nas escalas de atuação na Amazônia. Os produtores ganham com o incremento da receita líquida do novo sistema de produção sustentável, fruto do aumento de produtividade, qualidade e mitigação dos impactos ambientais e recebimento de renda pelos serviços ecossistêmicos gerados nos imóveis rurais.

Para uma ampla adesão dos produtores, é fundamental a articulação dos governos municipal, estadual e federal com as instituições de interesse local, nacional e internacional (produtores, bancos, cooperativas, Universidades, ONGs, Institutos de Pesquisa, Sociedade organizada, Governos nacional e internacional, Fundações etc.) para fazer a concertação do modelo de governança hierárquica híbrida (privada, pública e comum).

6.3 Viabilidade institucional

Recentemente foi criado o Fundo da Amazônia Oriental (FAO) para o desenvolvimento sustentável da Amazônia pelo governo do estado do Pará, com a finalidade de captar recursos de instituições de governos nacionais e internacionais e da iniciativa privada para investir na preservação da natureza e alcançar as metas ambientais definidas pelo Pará. Também o plenário da Câmara Federal dos Deputados aprovou o Projeto de Lei (PL 312/2015) que cria a política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA). Estas normativas são fundamentais para a ampla inclusão de produtores interessados e/ou obrigados a fazer investimento na restauração de ativos ambientais e/ou na recuperação de áreas degradadas na Amazônia.

Nesta nova área de empreendimento, pode-se ajustar o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO), no caso da Amazônia, para criar e/ou adaptar linhas de crédito destinadas a apoiar investimentos em ativos naturais. Na mesma linha, pode-se aplicar os recursos do Programa ABC, com taxas de juros pré-fixadas de 5,25% ao ano, em apoio à implantação de sistemas de produção que reduzam os impactos ambientais nas diversas escalas, fazendo a adequação de prazos e garantias, incluindo o valor dos ativos naturais como garantia para o acesso a esse crédito, especificamente, pelos produtores da agricultura familiar e do extrativismo de produtos florestais não madeireiros e na pesca das áreas de mangues e no estuário.

No lado da agregação de valor, dotar as OI de capacidade de gestão e de propagação das boas práticas de produção e comercialização, o que pode ser feito em curto prazo pelas OSE, mediante contratos específicos para mudar os sistemas de produção e coleta não sustentáveis. Neste caso a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pelo conhecimento e experiência na formação de recursos

humanos nas áreas de Agronomia, Medicina Veterinária, Zootecnia, Administração, Sistema de Informação, Engenharia de Pesca, Engenharia Agrícola, Engenharia Florestal e Engenharia Ambiental, no desenvolvimento de tecnologias apropriadas, pesquisa aplicada e na prestação de serviços técnicos e de extensão, pode contribuir com esse modelo de desenvolvimento sustentável.

6.4 RETORNO DO INVESTIMENTO DE ATIVOS NATURAIS

Os gestores de imóveis rurais na Amazônia apresentam limitações com respeito ao direito de propriedade, em função de ineficácia da governança das políticas de regularização fundiária e do meio ambiente. Este ponto torna difícil a atribuição de responsabilidades sobre danos ambientais e a aplicação de modelos de valoração dos ativos naturais, do pagamento pelos produtos e serviços ecossistêmicos e pelas externalidades produzidas pelo uso inadequado dos recursos naturais.

Contudo, o Cadastro Ambiental Rural (CAR), criado pela Lei no 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA) e regulamentado pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente no 2/2014, tornou o registro eletrônico obrigatório para todos os Imóveis Rurais (IR), com o objetivo de regularizar as áreas privadas e posses. Com isto, geram-se informações sobre as Áreas de Reserva Legal (ARL), Áreas de Proteção Permanentes (APP) e áreas de remanescentes florestais. A partir desse conhecimento, pode-se aplicar metodologias para a valoração destes ativos naturais e avaliar tanto o pagamento pela preservação de tais ativos quanto pelo passivo ambiental que necessita ser recuperado.

O CAR permite a negociação das áreas de vegetação nativa identificadas nos imóveis rurais com os proprietários dos IR com passivo ambiental e com pendência para a regularização. Com isso, a partir do CAR pode-se definir a área total com os ativos naturais dos IR que podem ser negociados entre produtores e abre uma janela para a sua utilização como capital natural a ser dado como garantia para o acesso a crédito de investimento, assim como receber um valor por sua preservação. Desta forma, viabiliza-se a recuperação de áreas degradadas com a implementação de sistemas de maior produtividade e em harmonia com o nível de conhecimento dos produtores e as necessidades de manejo do solo, água, tecnologia e o ecossistema do bioma Amazônia.

Atualmente, estão em curso negociações de quotas de ativos naturais entre produtores como compensação de áreas exploradas em um mesmo bioma. Todavia, como não se conhece o valor dos ativos, dado que não têm preço de mercado, essas alocações não são eficientes.

Com relação à avaliação do retorno aos investimentos em sistemas produtivos sustentáveis para a recuperação e/ou restauração de ativos naturais, apresenta-se uma metodologia para estimar o valor incremental dos benefícios gerados por tais sistemas.

Inicialmente, o modelo atual, ou tradicional, de uso dos recursos naturais não é sustentável, em função de causar elevados impactos ambientais, baixa produtividade, inclusão social e receita líquida por hectare. Além disso, os produtos têm baixo valor agregado, preços não competitivos e alto impacto sobre a saúde da população e a biodiversidade. Este modelo de desenvolvimento rural a partir da exploração dos ativos naturais, em geral, apresenta as seguintes características:

- a) Oferta e demanda de produtos inelásticos a preço, sendo que alguns têm elasticidade renda negativa;
- b) Produtos de baixo valor agregado, preço não competitivo e escala inadequada;
- c) Formação de preços e comercialização definidos por atravessadores;
- d) Preço da terra baixo e imóvel com pendência na regularização fundiária;
- e) Insuficiência ou ausência de assistência técnica de qualidade;
- f) Imóveis rurais com áreas degradadas e elevado passivo ambiental;
- g) Uso de tecnologias de alto impacto sobre os recursos naturais;
- h) Mercado de trabalho informal e com baixa qualificação de mão de obra e dos gestores;
- i) Baixa organização social dos produtores e baixa integração agroindustrial.

Estas características limitam o crescimento da econômico a partir do local com aumento na renda, inclusão social e sustentabilidade ambiental. Para a compreensão da análise comparativa a ser desenvolvida, apresenta-se o mercado agregado destes produtos na forma já trabalhada nos capítulos 1 e 2.

$$\begin{aligned} \text{Oferta: } Q_{oa} &= c + dP_a \\ \text{Demanda: } Q_{da} &= a - bP_a \\ \text{Equilíbrio: } Q_{oa} &= Q_{da} \end{aligned}$$

Em que Q_{oa} e Q_{da} são as quantidades ofertadas e demandadas dos produtos do sistema de produção atual e P_a é o preço real médio destes produtos.

Os novos sistemas sustentáveis de produção utilizados na recuperação das áreas degradadas e/ou restauração produtiva de ecossistemas naturais apresentam as seguintes características:

- a) Áreas com direitos de propriedade definidos após regularização fundiária e ambiental;
- b) Valorização dos IR pela preservação dos ativos naturais e certificação de origem geográfica;

- c) Formação de preços com base em informação e inserção dos produtos nas cadeias globais de alimentos inclusivas e sustentáveis;
- d) Produtos com selo de qualidade, maior valor adicionado e escala de produção;
- e) Ampliação do mercado formal de trabalho rural e utilização das boas práticas de produção e de comercialização;
- f) Organização dos produtores para a integração vertical por meio de contratos.

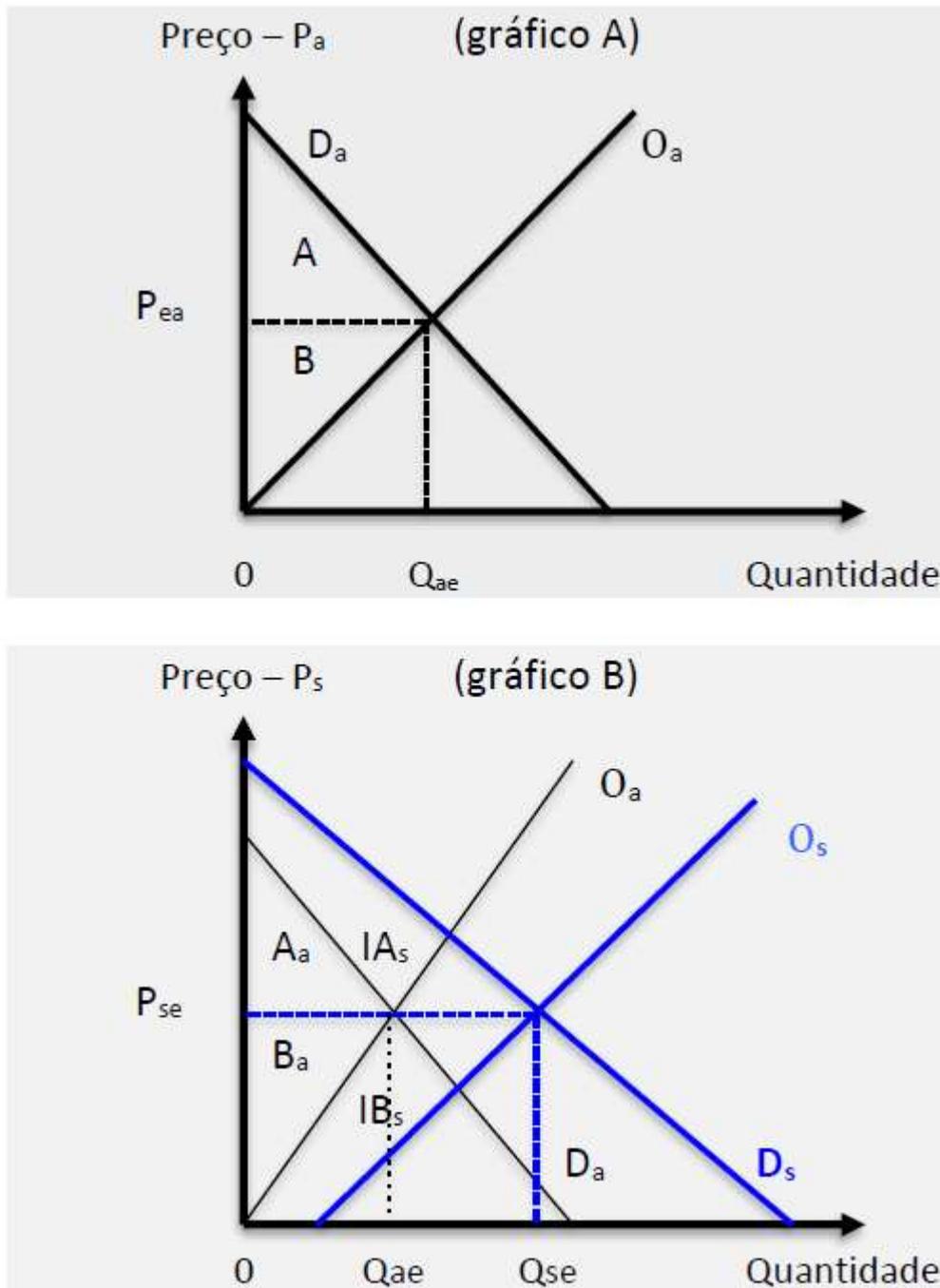
O mercado desses produtos é especificado como a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Oferta: } Q_{os} &= \beta_0 + \beta_1 P_s + \beta_2 IA + \beta_3 Q_{os(t+1)} \\ \text{Demanda: } Q_{ds} &= \alpha_0 - \alpha_1 P_s + \alpha_2 IA + \alpha_3 Q_{ds(t+1)} \\ \text{Equilíbrio: } Q_{os} &= Q_{ds} = Q_{es} \end{aligned}$$

Em que Q_{os} e Q_{ds} são as quantidades ofertadas e demandadas dos produtos do sistema de produção sustentável; $Q_{os(t+1)}$ e $Q_{ds(t+1)}$ são as quantidades ofertadas e demandadas do período seguinte para introduzir dinâmica ao processo de ajuste do mercado futuro; IA é um indicador da dimensão ambiental, construído a partir das variáveis que representam os produtos e serviços dos ecossistemas; e Pea é o preço real médio destes novos produtos. A inclusão de expectativas ao modelo é fundamental para representar a dinâmica de evolução da oferta e demanda, bem como a inserção destes novos produtos no mercado, em função de agregar qualidade aos produtos, segurança alimentar e sustentabilidade aos ecossistemas naturais.

Na Figura 6.2, os modelos são apresentados para a visualização dos efeitos potenciais. No gráfico A, ilustra-se a situação de equilíbrio do mercado de produtos oriundos dos sistemas atuais ou sistemas tradicionais e não sustentáveis. O benefício social ou excedente do consumidor é a área A e o lucro ou excedente do produtor é a área B. O Benefício Socioeconômico e Ambiental Total (BSEAT) igual ao Excedente Socioeconômico e Ambiental (ESEA), é a soma das áreas (A + B). A este valor aplica-se a taxa de desconto para gerar o valor econômico total ao longo do tempo, como estudado no capítulo 4.

Figura 6.2. Mercado de produtos tradicionais (A) e produtos sustentáveis (S).



No gráfico B da Figura 6.2, tem-se a ilustração do sistema tradicional e do sistema sustentável de produção. Com o incremento na produtividade do sistema e a certificação de origem, amplia-se a venda para o mercado amplo e, com a adesão dos produtores, a oferta aumenta (de O_a para O_s), fazendo o lucro incrementar da área (I_{B_s}) abaixo do preço de equilíbrio (P_{se}) e entre as duas curvas de oferta (O_s e O_a), gerando um valor total para o excedente do produtor de ($B_a + I_{B_s}$). Da mesma forma, o benefício do consumidor aumenta a área (I_{A_s}) acima do preço de equilíbrio (P_{se}) e entre as duas curvas de demanda (D_s e D_a), gerando em valor total ($A_a + I_{A_s}$). Isto ocorre pelo aumento da disposição

a pagar um valor mais alto pelo produto sustentável, segurança alimentar e benefício para saúde, fazendo a substituição do produto tradicional pelos produtos agroecológicos. Como resultado, a ampliação do mercado com variações proporcionais e no mesmo sentido tanto da oferta como da demanda, tem-se a estabilidade dos preços com o incremento das quantidades transacionadas. Com efeito, esta proposta de política não deve apresentar peso morto significativo, dada a dinâmica de ajustamento do mercado por meio da incorporação de novos segmentos de mercado local, nacional e internacional, com população de renda mais alta e adequação da oferta (produtos de maior valor agregado e mais elásticos a preço e à renda) às novas demandas. Além disso, agregam-se os selos verde e de inclusão social com base na origem geográfica dos imóveis rurais que utilizam os sistemas de produção neutros em carbono.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de investimento na recuperação e na restauração produtiva de ativos naturais, com novos sistemas integrados mais produtivos e uso de tecnologias apropriadas, apresenta potencial para implantação em significativa parcela dos 27.204 imóveis com área de pastagem degradada de 1.063.373 ha no estado do Pará. Os imóveis com passivo ambiental em função do desmatamento além de 20% no bioma Amazônia, somam 155.440 e área a recuperar e/ou restaurar de 15.915 mil ha.

A metodologia proposta para estimar o valor dos benefícios líquidos incrementais dos sistemas a serem implantados, levando em conta a estrutura de governança do arranjo institucional, pode-se criar um círculo virtuoso de desenvolvimento local na Amazônia, a partir do rendimento dos produtos e serviços ecossistêmicos gerados pelo estoque de ativos naturais.

O modelo de mercado especificado por meio de equações de oferta e demanda dinâmicas e impactadas pelas variáveis ambientais, permitem estimar o valor socioeconômico e ambiental líquido para os produtos obtidos por este novo modelo biodinâmico de desenvolvimento.

GLOSSÁRIO

Agroindústria: é o ambiente físico onde um conjunto de atividades relacionadas à transformação de matérias-primas da agricultura, pecuária, pesca, aquicultura, silvicultura e do extrativismo são realizadas de forma sistemática para agregar valor ao produto.

Agronegócio: é a junção de um conjunto de atividades que envolvem de forma direta ou indireta, todos os elos das cadeias produtivas agrícolas, pecuária e florestais.

Amenidades: é o conjunto de atividades ou qualidades e condições de vegetação, clima, paisagens que despertem prazer e bem-estar nas pessoas.

Análise fatorial: é uma técnica de estatística multivariada que analisa a estrutura das correlações entre muitas variáveis para definir um conjunto menor de dimensões latentes, chamado fatores, sem perda significativa de explicação do fenômeno estudado.

Atividade produtiva: é um processo que consiste na combinação dos insumos de produção com a finalidade de fabricar bens ou serviços para satisfazer necessidades humanas.

Ativo natural: é o estoque de recursos naturais que produz o fluxo de bens e serviços ecossistêmicos para a sociedade por meio das atividades dos ecossistemas naturais.

Autovalor: é a soma em coluna de cargas fatoriais ao quadrado para um fator.

Avaliação contingente: é um método de estimação do valor de ativos naturais não comercializados com base em perguntas sobre quanto uma pessoa estaria disposta a pagar por uma unidade extra dos produtos e serviços ecossistêmicos oferecido por esses ativos ou quanto aceitaria receber como compensação por uma unidade destes produtos e serviços.

Bem-estar social: é a condição de quem se encontra física, espiritual ou psicologicamente satisfeito. É a soma do excedente do consumidor e do produtor.

Benefício marginal externo: é o benefício gerado por uma externalidade positiva na produção ou consumo de um bem ou serviço.

Benefício marginal privado: é o benefício gerado por uma unidade adicional de um bem ou serviço e representa a curva de demanda na forma inversa.

Benefício marginal social: é a soma do benefício marginal privado e do benefício marginal externo.

Benefício social: benefício decorrente de uma transação econômica, igual ao benefício privado acrescido do benefício externo.

Biodiversidade: é a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos que fazem parte, incluindo a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.

Bioeconomia: é o mesmo que economia ecológica e foca na utilização de recursos de naturais, assegurando a biodiversidade e proteção ambiental.

Bioinsumo: é um produto ou uma tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, usado na produção, armazenamento ou beneficiamento de produtos agropecuários para melhorar o crescimento, o desenvolvimento e o mecanismo de resposta de animais, plantas e microrganismos.

Biotecnologia: é um conjunto de técnicas aplicadas à biologia e que envolve manipulação de organismos vivos para a geração de produtos aplicados na saúde, indústria, agricultura e pecuária.

Cadeia produtiva: é um conjunto de etapas consecutivas, iniciando com um produto agrícola, pecuário ou florestal, ao longo das quais os diversos insumos sofrem algum tipo de transformação e agregação de valor, até a constituição o produto final.

Cadeia de suprimentos: é um conjunto de atividades usadas para satisfazer às necessidades do consumidor por meio da otimização das etapas de agregação de valor ao produto, envolvendo a produção, beneficiamento, armazenamento, embalagem e transporte de produtos.

Cadeia de valor: é o conjunto de atividades utilizadas por uma empresa para agregar valor aos produtos e envolve as relações com os fornecedores, as etapas do ciclo de produção e de venda até distribuição para os consumidores.

Carga fatorial: é a correlação entre as variáveis originais e os fatores e contribui para o entendimento sobre a natureza do fator.

Ceteris paribus: significa que os demais fatores que influenciam um fenômeno são mantidos constantes.

Comunalidade: é o grau em que a variância de uma variável é explicada pelo conjunto de fatores comuns.

Contrato: é um negócio jurídico bilateral, ou plurilateral, que sujeita as partes à observância de conduta idônea à satisfação dos interesses de que regularam, visando criar, modificar, resguardar, transmitir ou extinguir relações jurídicas.

Cooperativa: é uma associação de pessoas com interesses comuns, economicamente organizada de forma democrática, isto é, contando com a participação livre de todos e respeitando direitos e deveres de cada um de seus cooperados, aos quais presta serviços, sem fins lucrativos.

Curto prazo: é o período de tempo durante o qual um ou mais insumos de produção não podem ser modificados.

Custo contábil: é o custo direto de operar um negócio, incluindo o custo referente a matéria-prima.

Custo de oportunidade: é o valor daquilo que o produtor abre mão ao utilizar determinado insumo.

Custo de transação: é o custo de efetuar uma transação, incluindo as despesas legais, custos com a reunião de informações, localização das partes interessadas, tempo de negociação etc.

Custo econômico: é a soma dos custos contábeis e dos custos de oportunidade referentes a um dado empreendimento.

Custo externo: são os custos produzidos por uma unidade de produção ou de consumo que são percebidos pela sociedade, mas não são incorporados aos custos privados.

Custo fixo: custo de um insumo que não varia de acordo com a quantidade de produto gerada.

Custo marginal externo: é o custo imposto sobre um ente externo, quando é produzida ou consumida uma unidade adicional de um bem ou serviço.

Custo marginal privado: é o custo de produção de uma unidade adicional de um bem ou serviço e representa a curva de oferta na forma inversa.

Custo marginal social: é a soma do custo marginal privado e do custo marginal externo.

Custo marginal: é o custo de fabricar uma unidade a mais de um produto.

Custo médio: é a razão entre o custo total e a quantidade total de produto de uma empresa.

Custo privado: são todos os custos computados na fabricação de um produto.

Custo social: é o custo de uma transação econômica, igual ao custo privado mais o custo externo.

Custo total: é a soma dos custos fixos e custos variáveis de uma empresa.

Custo variável: é o custo dos insumos que variam de acordo com a quantidade de produto fabricado por uma empresa.

Dano ambiental: é o prejuízo ao meio ambiente, resultante de alteração ou degradação de recursos naturais com efeitos no equilíbrio ecológico e na qualidade de vida.

Demanda: as quantidades de um bem ou serviço que o consumidor deseja e pode comprar a um dado nível de preço, em certo período, ceteris paribus.

Desenvolvimento local: é a aplicação de um processo de desenvolvimento nacional em uma escala local, tendo os atores locais como protagonistas da formulação de estratégias, tomada de decisões econômicas e sua implementação.

Desenvolvimento sustentável: definido como aquele que atenda às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades.

Direito de propriedade: é o conjunto de reivindicações válidas sobre um bem ou recurso que permite seu uso e transferência de propriedade por meio da venda.

Disposição a pagar: é um método de estimação do valor de produtos e serviços ecossistêmicos não comercializados com base em perguntas sobre quanto uma pessoa estaria disposta a pagar por uma unidade extra desses produtos e serviços.

Disposição a receber: é um método de estimação do valor de produtos e serviços ecossistêmicos não comercializados com base em perguntas sobre quanto uma pessoa estaria disposta a aceitar receber como compensação por uma unidade extra desses produtos e serviços.

Ecologia: é o estudo das interações estabelecidas entre os seres vivos e destes com o meio ambiente em que vivem.

Economia: é a ciência que estuda e analisa as relações de produção, distribuição e consumo de bens e serviços.

Economia ambiental: é o ramo da economia que desenvolve maneiras de mitigar os efeitos da ação antrópica sobre o ambiente, que resultam em poluição, desmatamento, erosão, bem como otimizar o valor de uso dos recursos naturais.

Economia circular: é um conceito estratégico que se fundamenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, ao agregar novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação num processo integrado de produção, distribuição e consumo.

Economia de recursos naturais: é o ramo da economia que estuda os aspectos da exploração dos recursos naturais e de sua otimização econômica e ambiental.

Economia ecológica: é um campo de estudo transdisciplinar das relações de interdependência entre a economia e os ecossistemas naturais ao longo do espaço e do tempo.

Economia regenerativa: é um sistema econômico que trabalha para regenerar ativos naturais e bens de capital, priorizando a renovação e a reutilização.

Ecossistema: é um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos: plantas, animais e micróbios, e os componentes abióticos, elementos químicos e físicos, como o ar, a água, o solo e minerais.

Ecoturismo: é a atividade que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista por meio da relação entre os benefícios gerados pela natureza e o bem-estar das populações.

Eficiência econômica: ocorre quando os recursos estão sendo alocados de forma que os benefícios adicionais para a sociedade sejam iguais aos custos adicionais.

Eficiência técnica: é a decisão de produção que gera a quantidade máxima do bem ou serviço com certa combinação de insumos.

Elasticidade-cruzada: é a variação percentual na quantidade demandada (ofertada) de um bem ou serviço resultante da variação percentual no preço de outro bem ou serviço.

Elasticidade-preço: é a variação percentual na quantidade demandada (ofertada) de um bem ou serviço resultante de determinada variação percentual no seu preço.

Elasticidade-renda: é a variação percentual na quantidade consumida de um bem ou serviço resultante de uma variação na renda do consumidor de 1%.

Elasticidade: é a razão entre a variação percentual de um valor e a variação percentual de outro valor.

Empreendedor: é uma pessoa que enxerga, promove e aproveita as novas oportunidades nos negócios, assumindo os riscos para colocar em prática seus sonhos, planos e ideias.

Empreendimento: é uma unidade de produção ou uma empresa que se diferencia por aplicar o conceito da realização, inovação e dinamismo aos negócios.

Empresa rural: é uma unidade de produção em que são desenvolvidas atividades relacionadas a culturas agrícolas, criação de gado ou culturas florestais, com o objetivo de gerar renda e obter lucro.

Entropia: é uma medida do grau de desordem de um sistema, sendo uma medida da indisponibilidade da energia.

Equilíbrio de mercado: é o ponto em que a quantidade demandada por consumidores iguala exatamente a quantidade ofertada por produtores.

Escassez de demanda: ocorre quando a oferta excede a demanda, a um preço acima do seu nível de equilíbrio.

Escassez de oferta: ocorre quando a demanda excede a oferta, a um preço abaixo do seu nível de equilíbrio.

Score fatorial: é uma medida composta criada para cada observação sobre cada fator extraído na análise fatorial.

Estudo de caso: é uma estratégia de pesquisa científica, geralmente qualitativas, que analisa um fenômeno real considerando o contexto em que está inserido e as variáveis que o influenciam.

Excedente do consumidor: é o benefício líquido dos consumidores de um bem ou serviço, estimado pelo excedente do benefício marginal do consumo sobre o preço de mercado, considerando todas as unidades compradas.

Excedente do produtor: é o ganho líquido dos produtores de um bem ou serviço, estimado pelo excedente do preço de mercado sobre o custo marginal, considerando todas as unidades vendidas.

Excesso de demanda: ocorre quando a demanda excede a oferta, a um preço abaixo do seu nível de equilíbrio.

Excesso de oferta: ocorre quando a oferta é maior do que a demanda, a um preço acima do seu nível de equilíbrio.

Externalidade: é o efeito de propagação associada a produção ou consumo que atinge a um terceiro que não participa do mercado.

Externalidade negativa: é um efeito externo de uma decisão de produção ou consumo que gera custos a um terceiro.

Externalidade positiva: é um efeito externo de uma decisão de produção ou consumo que gera benefícios a um terceiro.

Falha de mercado: é uma situação na qual a alocação de recursos em uma atividade ou bens e serviços por um mercado livre não é eficiente, em geral causando uma perda líquida de bem-estar social.

Fator: é a combinação linear das variáveis original.

Fluxo de caixa: é o registro detalhado das receitas e dos custos associados a uma atividade produtiva ou a uma empresa.

Função de produção: é a relação matemática que descreve a quantidade máxima de produto que pode ser criada a partir de diferentes combinações de insumos.

Governança corporativa: é uma forma de gestão que assegura que os processos e as estratégias estão sendo corretamente seguidos, além de promover uma cultura de transparência na prestação de contas na empresa.

Governança: é a maneira pela qual o poder é exercido na administração dos recursos sociais, econômicos e ambientais de um país visando o desenvolvimento, assim como a capacidade dos governos de planejar, formular e programar políticas e cumprir funções.

Imóvel rural: é uma área contínua de terra, qualquer que seja a sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial.

Imposto de Pigou: é o imposto aplicado sobre uma atividade que cria uma externalidade negativa.

Imposto: é a imposição de um encargo financeiro ou outro tributo sobre o contribuinte, (pessoa física ou jurídica) por um estado ou ente equivalente a partir da ocorrência de um fato gerador, sendo calculado mediante a aplicação de uma alíquota a uma base de cálculo de forma que o não pagamento do mesmo acarreta sanções civis e penais na forma das leis.

Insumo fixo: é o insumo que não pode ser modificado no curto prazo.

Insumo variável: insumo que pode ser modificado no curto prazo.

Integração vertical: é uma estratégia de agregar dois ou mais processos de uma cadeia de valor, geralmente por meio de contratos (produtores fornecedores de matérias-primas e agroindústrias).

Investimento: é a compra de capital no presente, com a intenção de colher benefícios no futuro.

Lavoura permanente: são os cultivos que permanecem vinculados ao solo e proporcionam mais de uma colheita ou produção por um período mínimo de quatro anos, como açaí, cacau, dendê, laranja, pimenta-do-reino.

Lavoura temporária: são os cultivos de curta duração, em geral menos de um ano e que fornecem apenas uma safra, como as lavouras de algodão, arroz, feijão, mandioca, milho e soja.

Lei da demanda: é a existência de uma relação inversa entre preço e quantidade demandada de um bem ou serviço, *ceteris paribus*.

Lei da oferta: é a existência de uma relação direta entre preço e quantidade ofertada de um bem ou serviço, *ceteris paribus*.

Longo prazo: é o período suficientemente longo para que não haja fatores fixos de produção.

Lucratividade: é um indicador utilizado para apontar o ganho de uma empresa em relação à atividade que ela desenvolve, dado pelo percentual entre a receita líquida e a receita total.

Lucro contábil: é a receita total gerada por um empreendimento menos o custo contábil.

Lucro econômico: é a receita total gerada por um empreendimento menos o custo econômico.

Mercado: é a interação entre consumidores e produtores que objetiva a troca de um bem ou serviço bem especificado.

Monocultivo: é o cultivo de apenas uma espécie vegetal agrícola ou florestal em uma área de terra.

Multilinearidade: é o grau em que uma variável pode ser explicada pelas outras variáveis na análise.

Oferta: as quantidades de um bem ou serviço que o produtor deseja e pode vender a um dado nível de preço, em certo período, *ceteris paribus*.

Orçamento unitário: é a soma de todos os insumos fixos e variáveis utilizados na fabricação de uma unidade de produto.

Organização social: é um tipo de associação com título de qualificação que se outorga a uma entidade privada para que ela esteja apta a receber determinados benefícios do poder público e/ou privado, tais como dotações orçamentárias, isenções fiscais ou subvenções direta para a realização de seus fins.

Preço de equilíbrio: é o único preço no qual a quantidade ofertada é igual a quantidade demandada.

Produção: processo pelo qual uma unidade de produção cria um bem ou serviço pelo qual outras unidades ou pessoas estão dispostas a pagar.

Produto marginal: é o adicional na quantidade total de produção que uma empresa consegue produzir com o uso de uma unidade adicional de determinado insumo, mantendo os demais constantes.

Produto médio: é a quantidade de produto gerada por unidade de insumo.

Produto total: é a quantidade total de um produto gerada em uma empresa.

Rastreabilidade: é a capacidade de conhecer todo o caminho percorrido por uma determinada matéria-prima, desde sua origem até o produto chegar ao consumidor.

Receita líquida: é a diferença entre a receita total e o custo total de produção de uma empresa.

Receita total: é o produto do preço recebido pelos produtores pela quantidade total de produtos gerada na empresa.

Recurso natural: são elementos da natureza úteis ao ser humano para cultivo, para a vida em sociedade, para o processo de desenvolvimento econômico e para sobrevivência e conforto da sociedade em geral.

Relação benefício-custo: é um indicador que mede a relação entre a soma do fluxo de receitas totais e a soma do fluxo de custos totais de uma atividade produtiva, ambos atualizados por uma taxa de juros.

Rentabilidade: é um indicador percentual de desempenho de uma atividade produtiva, dado pela relação entre o valor presente líquido e o investimento total.

Restauração produtiva: é um processo que visa a introdução de espécies de valor econômico, social e ecológico em dada área degradada com o fito de restabelecer o ecossistema original e torna-lo mais produtivos, assegurando sua estrutura, diversidade e dinâmica ecológica.

Selo verde: é a certificação de produtos adequados ao uso que apresentam um menor impacto no meio ambiente em relação a outros produtos comparáveis e disponíveis no mercado.

Serviços ecossistêmicos: é o conjunto de bens e serviços que nós obtemos dos ecossistemas naturais direta e/ou indiretamente.

Sistema agroflorestal: é um sistema de uso ou manejo da terra, no qual se combinam espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeireiras) com cultivos agrícolas e/ou criação de animais, de forma simultânea ou em sequência temporal e que promovem benefícios econômicos e ecológicos.

Sistema agrossilvipastoril: é um sistema que integra, numa mesma área, o plantio de lavouras, a criação de animais e a preservação da mata, visando aumentar a quantidade de alimentos produzidos com práticas que não agridem a natureza.

Sistema integrado de lavoura, pecuária e floresta (ILPF): é uma estratégia de produção que integra diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área.

Sistema silvipastoril: é uma opção tecnológica de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que consiste na combinação intencional de árvores, pastagens e gado numa mesma área e ao mesmo tempo.

Subsídio: é a concessão de dinheiro feita pelo governo a determinadas atividades (indústria, agricultura etc.) com a finalidade de manter acessíveis os preços de seus produtos ou gêneros ou para estimular as exportações e o desenvolvimento do país.

Subsídio de Pigou: é o subsídio aplicado sobre uma atividade que cria uma externalidade positiva.

Sustentabilidade: é a capacidade de sustentação ou conservação de um processo produtivo ou sistema.

Taxa de crescimento: é a variação da quantidade, preço, renda ou número de indivíduos de uma população num determinado espaço de tempo.

Taxa interna de retorno: é a taxa de desconto que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das receitas totais, trazidos ao valor presente, sejam iguais aos valores dos custos totais, também trazidos ao valor presente.

Títulos verdes ou *Green bonds*: são alternativas de investimento que contribuem para o futuro do planeta Terra por meio da preservação do meio ambiente via estímulo aos investimentos em empreendimentos sustentáveis.

Valor de não uso ou valor de existência: é o valor que se atribui à simples existência de um bem ou serviço, independentemente de seu possível uso atual ou futuro.

Valor de opção: é o valor de um bem ou serviço que pessoas atribuem no presente para que no futuro os serviços prestados pelo meio possam ser utilizados.

Valor de uso: é determinado de acordo com a utilidade, relacionada às suas propriedades físicas, de satisfazer uma necessidade, cujo valor de troca varia no tempo e espaço.

Valor presente líquido: equivale ao somatório dos fluxos de caixa futuros descontados por uma taxa de juros que represente a percepção de risco, ou a exigência de retorno, do investidor.

Valoração ambiental: é a atribuição de valor monetário aos ativos naturais pelos produtos e serviços ecossistêmicos que produzem e beneficiam o ser humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A referência bibliográfica foi organizada por capítulo e inclui obras de fundamento científico e acadêmico de fácil acesso e compreensão por parte dos leitores, na medida do possível. Sem exclusividade de acesso, os textos nos parecem adequados para informar os leitores, em especial, para os estudantes de graduação e pós-graduação em distintas áreas do conhecimento e para o leitor a partir do nível médio de escolaridade. Todos os textos citados foram validados pela comunidade acadêmica e fazem a diferença no aprendizado e na ampliação do conhecimento sobre o tema.

Referências do nexó teórico

AGHION, P.; HOWITT, P. Endogenous growth theory. London: MIT Press, 1998.

BROWN, L. R. Eco-Economia: construindo uma economia para a Terra. Salvador: UMA, 2003. 368p.

BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. Modernização da agricultura na nova fronteira agrícola do Brasil: Mapitoba e Sudeste do Pará. RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.12, p.81-102, 2019.

CEPEA. PIB do agronegócio brasileiro. Disponível: <https://cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso: 05/05/2020.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Bioeconomia: uma agenda para o Brasil. Brasília: CNI, 2013.

COMMON, M.; STAGL, S. Introducción a la economía ecológica. Barcelona: Editorial Reverté, 2008.

COSTANZA, R. Ecological economics: the science and management of sustainability. New York: Columbia University Press, 1991.

DALY, H.; FARLEY, J. Economia ecológica: princípios e aplicações. Lisboa: Instituto Piaget, 2017.

FAUCHEUX, S.; NOËL, J-F. Economia dos recursos naturais e do meio ambiente. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

FURTADO, C. A superação do subdesenvolvimento. Economia & Sociedade, Campinas, n.3, p.37-42, 1994.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropy law and the economic process. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1971.

GEORGESCU-ROEGEN, N. O decrescimento: entropia, ecologia e economia. São Paulo: SENAC, 2013.

GOOLSBEE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. Microeconomia. São Paulo: Atlas, 2018.

HIRSCHMAN, A. O. The strategy of economic development. New York: Yale University Press, 1958.

HUETING, R. New scarcity and economic growth: more welfare through less production? New York: North-Holland, 1980.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment. Washington DC: Island Press, 2003.

MILLER JR. G. T. Ciências ambientais. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOTA, J. A. O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

MOTTA, R. S. Economia ambiental. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

MYRDAL, G. Economic theory and development regions. New York: Duckworth, 1957.

NURKSE, R. Problems of capital formation in underdeveloped countries. New York: Oxford University Press, 1966.

OSTROM, E. Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. New York: Cambridge University Press, 2008.

PEARCE, D.; PEARCE, C.; PALMER, C. Valuing the environment in developing countries: case studies. Cheltenham: Edward Elgas, 2002.

PORTER, M. E. Competição = on competition: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

SANTANA, A. C. A dinâmica do complexo agroindustrial e o crescimento econômico no Brasil. Tese (Doutorado em Economia Aplicada – Universidade Federal de Viçosa). Viçosa: UFV, 1994.

SANTANA, A. C. Cadeias agroindustriais e desenvolvimento econômico na Amazônia: análise de equilíbrio geral In: HOMA, A. K. O. Amazônia: maio ambiente e desenvolvimento agrícola. Brasília - DF: Embrapa, 1998, p. 221-264.

162

SANTANA, A. C. Cadeia produtiva de gado de corte: análise de mercado e avaliação de políticas. Belém - Pará: Imprensa Oficial do Pará, 1998. 119p.

SANTANA, A. C. A competitividade sistêmica das empresas de madeira da Região Norte. Belém: M & S Gráfica Editora, 2002. 304p.

SANTANA, A. C. Cadeias produtivas setoriais e o curso do desenvolvimento local na Amazônia In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa, 2008. p.275-291.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém: UFRA, 2015.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA, A. C. Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005.

SANTANA, A. C.; CAMPOS, A. C. Análise intersetorial da economia brasileira: uma aplicação da matriz de contabilidade social. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.32, p.7-22, 1994.

SANTANA, A. C.; AMIN, M. M. Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia. Belém: UNAMA, 2002.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. (Org.) Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização e competitividade empresarial. Belém - PA: Banco da Amazônia, 2008.

SANTANA, A. C.; SOUZA, I. C.; LTEIF, A. P. A.; VALLE, M. H. F.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDINA L.; SILVA, C. C. Ocupação territorial e gestão governamental nos municípios de entorno das áreas protegidas de Carajás In: CAMPOS, J. C. F. (Org.) Carajás: aspectos naturais e socioeconômicos no entorno das áreas protegidas. Belo Horizonte: Rupestre, 2019, v.1, p. 77-108.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; QUARESMA, J. L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. *Nativa*, v.6, p.689 - 698, 2018.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém: UFRA, 2015.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juros e o ciclo econômico. São Paulo: Abril, 1982.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TIETENBERG, T.; LEWIS, L. Environmental economics and policy. New York: Pearson, 2010. Referências do Capítulo 1

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: IEG/FNP, 2019.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: IEG/FNP, 2020.

BECKMANN, E.; SANTANA, A.C. A formação do preço das commodities arroz, milho e soja no Brasil In: Administração Rural. Belo Horizonte: Poisson, 2018, p. 166-179.

BESANKP, D.; BRAEUTIGAM, R. R. Microeconomia: uma abordagem completa. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002. Capítulos 2 e 5.

BIMGER, B. R.; HOFFMAN, E. Microeconomics with calculus. New York: Addison-Wesley, 1998. Capítulos 4, 7 e 13.

BYRNS, R. T.; STONE, G. W. Microeconomia. São Paulo: Markron Books, 1996. Capítulos 3-5.

CHIANG, A.; WAINWRIGHT, K. Matemática para economistas. Rio de Janeiro: Campus, 2005. Capítulo 3.

COSTA, N. L.; SANTANA, A. C. Exports and market power of the soybean processing industry in Brazil between 1980 and 2010. *African Journal of Agricultural Research*, v.10, p.2590 - 2600, 2015.

COSTA, N. L.; SANTANA, A. C. Análise do mercado da soja: aspectos conjunturais da formação do preço pago ao produtor brasileiro. Revista Plantio Direto, v.28, p.20 - 39, 2018.

DORNBUSCH, R.; SISCHER, S.; BEGG, D. Introdução à economia. Rio de Janeiro: Campus, 2003. Capítulo 2.

DRUMMOND, H. E.; GOODWIN, J. W. Agricultural economics. New York: Prentice Hall, 2011. Capítulos 3 e 9.

EATON, B. C.; EATON, D. F. Microeconomia. São Paulo: Saraiva, 1999. Capítulos 1 e 3.

C. E. Microeconomia. Rio de Janeiro: Forense, 1984. Capítulos 2-4.

GARCIA, W. S.; SANTANA, A.C.; NOGUEIRA, A. K. M.; MARTINS, C. M. Demanda de produtos não madeireiros: o caso do açaí e da castanha-do-pará. RAMA: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.11, p.1039 - 1059, 2018.

GOOLSBEE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. Microeconomia. São Paulo: Atlas, 2018. Capítulos 2-3.

GUIMARÃES, C.; GONSALVES, C. E. Introdução à economia. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2017. Capítulos 2-5.

HALL, R. E.; LIEBERMAN, M. Microeconomia: princípios e aplicações. São Paulo: Pioneira, 2003. Capítulos 3 e 4.

HENDERSON, J. M.; QUANDT, R. E. Teoria microeconômica: uma abordagem matemática. São Paulo: Pioneira, 1976. Capítulos 2-4.

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; PALHETA, M. P. Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil. International Journal of Development Research, v.10, n.4, p.35215-35221, 2020.

KRUGMAN, P.; WELL, R. Introdução à economia. Rio de Janeiro: Campus, 2015. Capítulos 3, 4 e 6.

LANDSBURG, S. E. Price theory and applications. New York: Dryden Press, 1992.

McCONNELL, C. R.; BRUE, S. L. Microeconomia: princípios, problemas e políticas. Rio de Janeiro: LCT Editora, 1999. Capítulos 3 e 7.

MANKIW, N. G. Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia. Rio de Janeiro: Campus, 2019. Capítulos 4-7 e 14.

MARSHALL, A. Princípios de economia. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M.; GREEN, J. R. Microeconomic theory. New York: Oxford University Press, 1995. Capítulo 10.

MENDES, J. T. G. Economia: fundamentos e aplicações. São Paulo: Pearson, 2009. Capítulos 2, 3 e 5.

NEVEN, D. Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles: principios rectores. Roma: FAO, 2015.

NICHOLSON, W.; SNYDER, C. Microeconomic theory: basic principles and extensions. Ohayo: South-Western Cengage, 2012. Capítulos: 5-7.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. Revista Ceres, v.63, p.1 - 7, 2016.

O' SULLIVAN, A.; SHEFFRIN, S. M.; NISHIJIMA, M. Introdução à economia: princípios e ferramentas. São Paulo: Pearson, 2004. Capítulos 2 e 3.

PARKIN, M. Economia. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Capítulos 3- 4 e 11.

PENSON JR; J. B.; CAPPS JR, O.; ROSSON III, C. P. Introduction to agricultural economics. New Jersey: Prentice Hall, 1995. Capítulos 4 e 5.

PIGOU, A. C. The economics of welfare. London: Macmillan, 1920.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. Microeconomia. Rio de Janeiro: Pearson, 2014. Capítulos: 2.

PINHO, D. B.; VASCONCELLOS, M. A. S.; TONETO Jr., R. T. (Org.) Manual de economia. São Paulo: Saraiva, 2017.

RHODEN, A. C.; COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, G. N. O.; GABBI, M. T. T. Análise das tendências de oferta e demanda para o grão, farelo e óleo de soja no Brasil e nos principais mercados globais. Desenvolvimento em Questão, v.16, p.93 - 112, 2020.

ROSSETTI, J. P. Introdução à economia. São Paulo: Atlas, 2016. Capítulo 10.

SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. Economia. Lisboa: McGraw-Hill, 1998. Capítulos 4 e 18.

SANTANA, A. C. Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações. Belém: UFRA, 2003. Capítulos 3 e 4.

SANTANA, A. C. Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005. Capítulo: 2.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Belém, 2015. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos. Belém, 2015. 103p.

SANTANA, A. C. Mudanças recentes nas relações de demanda de carne no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.37, p.51 - 76, 1999.

SANTANA, A. C. Estrutura da oferta de carne suína sob condições de risco no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.30, p.21 - 39, 1992.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Estrutura do mercado de caupi na Amazônia. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.27, p.293 - 308, 1989.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Avaliação e distribuição dos ganhos sociais da adoção de novas tecnologias na cultura de feijão caupi no Nordeste. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.25, p.191 - 203, 1987.

SANTANA, A. C.; AMIN, M. M. Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia. Belém: UNAMA, 2002. Capítulo 2.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTANA, ÁDINA L.; SANTOS, M. A. S.; OLIVEIRA, C. M. Análise discriminante múltipla do mercado varejista de açaí em Belém do Pará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.36, p.532 - 541, 2014.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; SANTANA, ÁDAMO L. Açaí pulp demand in the retail market of Belém, state of Pará. *Revista Brasileira De Fruticultura*, v.39, p.1 - 7, 2017.

SANTANA, A. C.; CAMPOS, P. S. S.; RAMOS, T. J. N.; GALATE, R. S.; MOTA, A. V. O mercado de frutas no estado do Pará: 1985 a 2005. *Revista de Estudos Sociais*, v.13, p.174 - 185, 2011.

SANTANA, ÁDINA L.; SANTANA, A. C.; FREITAS, D. R. Estimção da demanda de leite no mercado varejista de Belém, estado do Pará. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, v.6, p.103 - 116, 2010.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; NOGUEIRA, A. K. M.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, M. A. S. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da Transamazônica e BR-163 no estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.17, p.186 - 215, 2015.

SANTANA, A.C.; GOMES, S. C.; MARTINS, C. M. Estudo de mercado sobre o potencial da agricultura familiar do Acre para abastecer o mercado e dinamizar a economia local. Belém: IPAM; UFRA, 2017. (Relatório de pesquisa).

SANTANA, A. C.; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDINA L. Estudo exploratório das cadeias produtivas de açaí e da castanha-do-brasil na Amazônia Brasileira. BELÉM: IPAM; UFRA, 2016. (Relatório de pesquisa).

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S. O mercado de caupi no estado do Pará: aplicação do método dos momentos generalizados. *Revista de Ciências Agrárias (Belém)*, p.47 - 58, 2000.

SANTANA, A. C.; RUFINO, J. L. S.; TEIXEIRA, E. C. Efeitos da política de preços mínimos na produção de algodão e arroz no Nordeste. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.33, p.37 - 57, 1995.

SIMONSEN, M. H. Teoria microeconômica. Rio de Janeiro: FGV, 1988. V1, Capítulo 2.

STIGLITZ, J. E.; WALSH, C. E. Introdução à economia. Rio de Janeiro: Campus, 2003. Capítulos 4 e 8.

TISDEL, C. A. Microeconomia: a teoria da alocação econômica. São Paulo: Atlas, 1979. Capítulo 5.

VARIAN, H. R. Microeconomia: princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 2015. Capítulos 1 e 14-16.

WATSON, D. S.; HOLMAN, M. A. Microeconomia. São Paulo: Saraiva, 1985. Capítulos 2-4.

WESSELS, W. J. Economia. São Paulo: Saraiva, 2008. Capítulos: 3, 4 e 17.

Referências do capítulo 2

- BARROS, K. F. G.; SANTANA, A. C.; MARTINS, C. M.; CAMPOS, P. S. S. Valor da água virtual de hortaliças comercializada em Benevides - PA. *Nucleus (Ituverava)*, v.15, p.9 - 24, 2018.
- COASE, R. H. The problem of social cost. *Journal of Law & Economics*. v.2, p.1-44, 1960.
- COMMON, M.; STAGL, S. *Introducción a la economía ecológica*. Barcelona: Editorial Reverté, 2008. Capítulos 8 e 9.
- COSTA, F. A. *A brief economic history of the Amazon (1720 – 1970)*. Cambridge Scholars Publishing, 2019.
- COSTA, F. A. Contributions of fallow lands in the Brazilian Amazon to CO2 balance, deforestation and the agrarian economy: Inequalities among competing land use trajectories. *Elementa: Science of the Anthropocene*, v.4:000133, p.1- 24, 2016.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.15, n.2, p.253–260, 1997.
- DALY, H.; FARLEY, J. *Economia ecológica: princípios e aplicações*. Lisboa: Instituto Piaget, 2004. Capítulos 2 e 8-12.
- DRUMMOND, H. E.; GOODWIN, J. W. *Agricultural economics*. New York: Prentice Hall, 2011. Capítulo 21.
- EATON, B. C.; EATON, D. F. *Microeconomia*. São Paulo: Saraiva, 1999. Capítulo 17.
- FAUCHEUX, S.; NOËL, J-F. *Economia dos recursos naturais e do meio ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995. Capítulos 2, 5-8.
- FOLEY J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, v. 478, p.337-342, 2011.
- FRY, J. P. et al. Environmental health impacts on feeding crops to farmed fish. *Environmental International*, v.91, p.201-214, 2016.
- GARCIA, W. S.; SANTANA, A.C.; NOGUEIRA, A. K. M.; MARTINS, C. M. Demanda de produtos não madeireiros: o caso do açaí e da castanha-do-pará. *RAMA: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v.11, p.1039-1059, 2018.
- GOOLSBEE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. *Microeconomia*. São Paulo: Atlas, 2018. Capítulo 17.
- GROOT, D.; BLIGNAUT, J.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; FARLEY, J., ELMQVIST, T. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, v.27, n.6, p.1286–1293, 2013.
- GUIMARÃES, C.; GONSALVES, C. E. *Introdução à economia*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2017. Capítulo 8.
- HEPBRUN, C. et al. The technological and economic prospects for CO2 utilization and removal. *Nature*, v.575, 87-97, 2019.

HIPÓLITO, J. et al. Valuing nature's contribution to people: the pollination services provided by to protected areas in Brazil. *Global Ecology and Conservation*, v.20, p.1-11, 2019.

KRUGMAN, P.; WELL, R. Introdução à economia. Rio de Janeiro: Campus, 2015. Capítulos 16-17.

MANKIW, N. G. Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia. Rio de Janeiro: Campus, 2019. Capítulos 10 e 11.

MARTIN-ORTEGA, J. et al. Dissecting price setting efficiency in payments for ecosystem services: a meta-analysis of payments for watershed services in Latin America. *Ecosystem Services*, v.38, p.1-6, 2019.

MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M.; GREEN, J. R. Microeconomic theory. New York: Oxford University Press, 1995. Capítulo 11.

MILLER JR., G. T. Ciência ambiental. São Paulo: Cengage Learning, 2008. Capítulos 1 e 18.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Influência das chuvas na oferta de castanha-do-brasil e o impacto no benefício socioeconômico e ambiental, no Oeste do estado do Pará. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v.45, p.215-230, 2018.

NYSTRÖM, M et al. Anatomy and resilience of the global production ecosystem. *Nature*, v.575, 98-108, 2019.

OSTROM, E. Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. New York: Cambridge University Press, 2008.

PARKIN, M. Economia. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Capítulos 15-16.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. Microeconomia. Rio de Janeiro: Pearson, 2010. Capítulo 18.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, n. 3898, p. 1243-1248, dez. 1968.

SANTANA, A. C. Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005. Capítulo: 2.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém: UFRA, 2015.

SANTANA, A. C. La promesa y limitaciones de la institucionalidad para la implementación de políticas para el desarrollo en la Amazonia brasileira In: Taller para el Sesarrollo Sostenible de la Amazonia, 1995, Lima - Peru. Política y desarrollo sostenible de la Amazonia. Lima: ICRAF, 1995. v.1. p.64 – 68.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Avaliação e distribuição dos ganhos sociais da adoção de novas tecnologias na cultura de feijão caupi no Nordeste. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.25, p.191 - 203, 1987.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; NOGUEIRA, A. K. M.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, M. A. S. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da Transamazônica e BR-163 no estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.17, p.186 - 215, 2015.

SANTANA, A. C.; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDINA L. Estudo exploratório das cadeias produtivas de açaí e da castanha-do-brasil na Amazônia Brasileira. BELÉM: IPAM; UFRA, 2016. (Relatório de pesquisa).

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; SALOMÃO, R. P.; SANTANA, ÁDAMO L.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S. O Custo socioambiental da destruição de castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.18, p.3-21, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; SANTANA, ÁDAMO L.; MARTINS, C. M. Valoração e sustentabilidade da castanha-do-brasil na Amazônia. *Revista de Ciências Agrárias (BELÉM)*, v.60, p.77-89, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; QUARESMA, J. L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. *Nativa*, v.6, p.689 - 698, 2018.

SANTANA, A. C.; RUFINO, J. L. S.; VALE, S. L. R.; TEIXEIRA, E. C. Benefícios da política de preços mínimos para algodão e arroz no Nordeste. *Economia Rural*, v.3, p.13-16, 1992.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.30, p.253 - 269, 1992.

SANTANA, A. C.; TEIXEIRA, E. C.; BACHA, C. J. C. Ecological and socioeconomic conflicts in Brazilian reforestation policies In: *Agricultural competitiveness: market forces and policy choice*. Harare, Zimbabwe: Bartmouth Publishing Company Ltda, 1995, p. 477- 484.

SILVA, I. M.; SANTANA, A. C.; REIS, M. S. Análise dos retornos sociais oriundos da adoção tecnológica na cultura do açaí no Estado do Pará. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, v.2, p.25 - 38, 2006.

STIGLITZ, J. E.; WALSH, C. E. *Introdução à economia*. Rio de Janeiro: Campus, 2003. Capítulo 21.

TIETENBERG, T.; LEWIS, L. *Environmental economics and policy*. New York: Pearson, 2010. Capítulos 2-4.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. *Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

Referências Do Capítulo 3

VARIAN, H. R. *Microeconomia: princípios básicos*. Rio de Janeiro: Campus, 2012. Capítulos 30 e 31.

ZWEIFEL, P.; PRAKTIKNJO, A.; ERDMANN, G. *Energy economics: theory and applications*. Berlin: Springer, 2017. Capítulos 5-7. Referências do capítulo 3

AGRIANUAL. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: IEG/FNP, 2019.

ALVARADO, J. R.; VEIGA, J. B.; SANTANA, A. C. Valoração econômica de sistemas de uso da terra mediante valor presente líquido (VPL), no distrito de José Crespo e Castillo, Perú. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. , v.16, p.167 - 176, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 20/01/2020.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: IEG/FNP, 2019.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: IEG/FNP, 2020.

BIMGER, B. R.; HOFFMAN, E. Microeconomics with calculus. New York: Addison-Wesley, 1998. Capítulos 10-11.

BYRNS, R. T.; STONE, G. W. Microeconomia. São Paulo: Markron Books, 1996. Capítulo 8.

CHIANG, A.; WAINWRIGHT, K. Matemática para economistas. Rio de Janeiro: Campus, 2005. Capítulo 9.

CONTADOR, C. R. Avaliação social de projetos. São Paulo: Atlas, 1981.

CORDEIRO, I. M. C.; SANTANA, A. C.; LAMEIRA, O. A.; SILVA, I. M. Economical analysis of cultivation systems with *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (*parica*) e *Ananas comosus* var. *Erectifolius* (L.B. Smith) Coppins & Leal (*curaua*) crop at Aurora do Pará (PA), Brasil. Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata). , v.26, p.243–256, 2009.

COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; MATTOS, C. A. C. Agricultural production in the state of Rio Grande do Sul/Brazil: an analysis from the estimation of the Cobb Douglas production function. International Journal of Development Research, v.5, p.4916 – 9926, 2015.

DALLEMOLE, D.; LINS, P. M. P.; SANTANA, A. C. Análise de investimento de coqueiral híbrido PB-121 para produção de coco seco. Revista de Estudos Sociais, v.10, p.7 - 17, 2008.

DRUMMOND, H. E.; GOODWIN, J. W. Agricultural economics. New York: Prentice Hall, 2011. Capítulos 4-5.

FAO - United Nations Food and Agriculture Organization. Climate change and food security: risks and responses. Rome: FAO, 2016b. Disponível em: www.fao.org/3/a-i5188e.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2019.

FAO - United Nations Food and Agriculture Organization. The state of food and agriculture: climate change, agriculture and food security. Rome: FAO, 2016. Disponível

em: <https://www.compassion.com/multimedia/state-of-food-and-agriculture-fao.pdf>. Acesso em: 09 de junho de 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: Paying farmers for environmental services. Rome: FAO, 2007.

FERGUSON, C. E. Microeconomia. Rio de Janeiro: Forense, 1984. Capítulos 5-7.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, estado de São Paulo, safra 2004/051. *Informações Econômicas, SP*, v.36, n.3, p.63-69, 2006.

GITTINGER, J. P. *Economic analysis of agricultural projects*. Baltimore: JHUP, 1982.

GOOLSBEE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. *Microeconomia*. São Paulo: Atlas, 2018. Capítulos 6-7.

HALL, R. E.; LIEBERMAN, M. *Microeconomia: princípios e aplicações*. São Paulo: Pioneira, 2003. Capítulo 6.

HIRSHLEIFER, J.; GLAZER, A.; HIRSHLEIFER, D. *Price theory and applications: decisions, markets, and informations*. New Jersey: Prentice-Hall, 2005. Capítulo 12.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção pecuária municipal, 2018*. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 09 de março de 2020.

IBGE. *Censo Agropecuário*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IIZUMI, T.; YOKOZAWA, M.; SAKURAI, G.; TRAVASSO, M. I.; ROMANENKOV, V.; OETTLI, P.; NEWBY, T.; ISHIGOOKA, Y.; FURUYA, J. Historical changes in global yields: major cereal and legume crops from 1982 to 2006. *Global Ecology and Biogeography*, v.23, p.346–357, 2014.

JEHLE, G. A.; RENY, P. J. *Advanced microeconomic theory*. New York: Printece Hall, 2011. Capítulo 3.

KRUGMAN, P.; WELL, R. *Introdução à economia*. Rio de Janeiro: Campus, 2015. Capítulo 11.

MANESCHY, R. Q.; SANTANA, A. C.; VEIGA, J. B. Viabilidade Econômica de Sistemas Silvopastoris com *Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* e *Tectona grandis* no Pará. *Pesquisa Florestal Brasileira (Online)*, v.60, p.49–56, 2010.

MANESCHY, R. Q.; SANTANA, A. C.; VEIGA, J. B.; FILGUEIRAS, G. C. Análisis económico de sistema silvopastoriles con paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber) en el nordeste de Pará, Brasil. *Zootecnia Tropical. FONAIAP*, v.26, p.403–405, 2008.

MANKIW, N. G. *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. Rio de Janeiro: Campus, 2019. Capítulo 13.

MARSHALL, E.; AILLERY, M.; MALCOLM, S.; WILLIAMS, R. Agricultural production under climate change: the potential impacts of shifting regional water balances in the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, v.97, n. 2, p.568–588, 2015.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custos de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MENDELSON, R. The impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, v.1, n.1, p.5-19, 2008.

NICHOLSON, W.; SNYDER, C. *Microeconomic theory: basic principles and extensions*. Ohayo: South-Western Cengage, 2012. Capítulos: 9-10.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. *Revista Ceres*, v.63, p.1–7, 2016.

NWS/CPC – National Wether Service/Climate Prediction Center, 2020. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml#composite>. Acesso em 10/10/2020.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIREDO, F. J.; MÜLLER, A. A. (Ed.) Açaí. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. *Acta Amazônica*, v.43, p.23–31, 2013.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). *Journal of Agricultural Studies*, v.8, n.4, p.203–216, 2020.

PARKIN, M. *Economia*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Capítulo 10.

PENSON JR; J. B.; CAPPS JR, O.; ROSSON III, C. P. *Introduction to agricultural economics*. New Jersey: Prentice Hall, 2019. Capítulo 7.

PEREIRA NETO, J. A.; XIMENES, M.; SANTANA, A. C. Acúmulo de carbono e mecanismos de mercado em sistemas agroflorestais de cacaueteiro: uma experiência na região da rodovia Transamazônica. Belém: IPAM, 2012.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. *Microeconomia*. Rio de Janeiro: Pearson, 2014. Capítulos 6-7.

RIBEIRO, R. N. S.; SANTANA, A. C.; TOURINHO, M. M. Análise exploratória da socioeconomia de sistemas agroflorestais em várzea fúlvio-marinha, Cametá-Pará, Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.42, p.133-152, 2004.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L. C.; KATO, O. K.; AMIN, M. M. Análise econômica de investimentos em sistemas de produção agroflorestal no Estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, v.47, p.37 - 61, 2007.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L. C; KATO, O. K.; AMIN, M. M. Análise econômica de investimentos em sistemas de produção agroflorestal no Estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias (Belém)*, v.47, p.37–61, 2007.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L. C; KATO, O. K.; AMIN, M. M. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias (Belém)*, v.47, p.73–90, 2007.

SANTANA, A. C. *Agribusiness e crescimento econômico na Amazônia* In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia rural, 1996, Aracaju - Sergipe. Agricultura e reestruturação produtiva. Brasília: SOBER, 1996. v.34. p.689 – 715

SANTANA, A. C. Análise econômica da produção agrícola sob condições de risco numa comunidade amazônica. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.30, p.159–170, 1992.

SANTANA, A. C. Cadenas productivas y oportunidades de negócios em el Estado do Pará In: Reunión Internacional del Gulerpe, 2000, Belém. Educação Superior na América Latina. Belém: UNAMA, 2000. v.22. p.91 - 94

SANTANA, A. C. Comercialização da pimenta-do-reino no mercado interno In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-reino e Cupuaçu, 1997, Belém. Produção, mercado e comercialização da pimenta-do-reino e do cupuaçu. Brasília: EMBRAPA, 1997. v.1. p.297 – 306.

SANTANA, A. C. Dinâmica e perspectiva da pimenta-do-reino nos mercados doméstico e internacional In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 1995, Curitiba - PR. Política agrícola e abertura de mercado. Brasília: SOBER, 1995. v.33. p.886 – 904.

SANTANA, A. C. Manual de elaboração e avaliação de projetos de investimentos rurais. Estudos Setoriais, 1. Belém - PA: BASA; FCAP, 1995.

SANTANA, A. C. Efeitos do FNO no desenvolvimento socioeconômico da Região Norte: análise de eficácia. Belém, PA: Banco da Amazônia, 2013.

SANTANA, A. C. Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005.

SANTANA, A. C. Estudos econômicos e financeiros relativos à captação de terras para reflorestamento na Amazônia. Belém: UFRA; Vale Florestar, 2012. (Relatório de pesquisa).

SANTANA, A. C. Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia. Belém, PA: UFRA, 2014.

SANTANA, A. C. Os ativos naturais de imóveis rurais na Amazônia, acesso a crédito e capitalização do produtor. Inclusão Social (Online), v.12, p.58–72, 2018.

SANTANA, A. C. Retornos crescentes de escala e vantagem competitiva de custo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará In: SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. (Org.)

Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização e competitividade empresarial. Belém – PA: Banco da Amazônia, 2008. P. 91-113.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. (Org.) Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização e competitividade empresarial. Belém – PA: Banco da Amazônia, 2008.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Análise socioeconômica de pequenas unidades de produção em Santa Izabel do Pará. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.28, p.255–274, 1990.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L. Mapeamento e análise de arranjos produtivos locais na Amazônia. Teoria e Evidencia Econômica, v.12, p.9 - 34, 2004.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; AMIN, M. M.; SALOMÃO, R. P.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S.; CASTILHO, A. F. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the

natural resources of the Carajás National Forest. *International Journal of Development Research*, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L A pecuária leiteira no Brasil e na Amazônia: desafios metodológicos. In: LOURENÇO JR, J.; SANTOS, M. A. S. (Org.) *Qualileite: qualidade e tecnologia na cadeia produtiva do leite no estado do Pará*. Ed. Belém, PA: Marques Editora, 2015. p.13-37.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; NOGUEIRA, A. K. M.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, M. A. S. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da Transamazônica e BR-163 no estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.17, p.186 - 215, 2015.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L; NOGUEIRA, A. K. M. Retornos à escala e vantagem competitiva de custo das empresas de polpa de frutas no Estado do Pará. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, v.2, p.187–203, 2007.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L; SANTANA, ÁDAMO L. Açaí pulp demand in the retail market of Belém, state of Pará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.39, p.1–7, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, ÁDAMO L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins In: SANTANA, A. C. *Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia*. Belém, PA: UFRA, 2014, p. 21-40.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, ÁDAMO L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins In: SANTANA, A. C. *Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia*. Belém, PA: UFRA, 2014. p.21-40.

SANTANA, A. C.; TOURINHO, M. M. Notas sobre avaliação socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia In: *O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas*. Brasília - DF: SOBER, 1998, p. 165-177.

SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BEZERRA, A. S.; LOURENÇO JR, J. Economic efficiency of cattle production in the Brazilian Amazon. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, v.7, p.293–301, 2019.

SILVA NETO, P. J.; ROCHA NETO, O. G.; SANTANA, A. C. Custos com controle de plantas invasoras no cultivo do cacaueteiro em sistemas agroflorestais. *Revista de Ciências Agrárias*, v.51, p.69–82, 2009.

VARELA, L. B.; SANTANA, A. C. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu: 2001 a 2003. *Revista Árvore*, v.33, p.151 - 160, 2009.

VARELA, L. B.; SANTANA, A. C. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu: 2001 a 2003. *Revista Árvore*, v.33, p.151–160, 2009.

VARIAN, H. R. *Microeconomia: princípios básicos*. Rio de Janeiro: Campus, 2015. Capítulos: 19-20.

VORPAGEL, F.; COSTA, N. L.; SANTANA, A.C.; MATTOS, C. A. C.; OLIVEIRA, G. N. O. Análise de viabilidade Econômica da implantação de unidade de armazenamento de grãos com linha de crédito subsidiada

pelo Programa para Construção e Ampliação de Armazéns (PCA). *Custos e Agronegócio Online*, v.13, p.386–408, 2017.

Referências do capítulo 4

ACHARYA, R. P.; MARASENI, T.; COCKFIELD, G. Global trend of forest ecosystem services 170 valuation: an analysis of publications. *Ecosystem Services*, v.39, p.1-11, 2019.

ADAMS, C.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; REID, J.; AZNAR, C. E.; SINISGALLI, P. A. A. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). *Ecological Economics*, v.66, n.2, p.359-370, 2008.

ALVARADO, J. R.; VEIGA, J. B; SANTANA, A. C. Quantificação do carbono em sistemas de uso-da-terra no Distrito de José Crespo e Castillo, Peru. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v.16, n.3, p.130-142, 2008.

ALVARADO, J. R.; VEIGA, J. B; SANTANA, A. C. Valoração econômica de sistemas de uso da terra mediante valor presente líquido (VPL), no distrito de José Crespo e Castillo, Perú. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v.16, n.3, p.167-176, 2008.

AZEVEDO JUNIOR, W. C. Balanço de nutrientes e sua inclusão no produto interno bruto do Brasil ajustado pela depreciação do solo agrícola. Tese (Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) - Universidade Federal do Pará. 2019.

BARAL, H.; KEENAN, R. J.; SHARNA, S. K.; STORK, N. E.; KASEL, S. Economic evaluation of ecosystem goods and services under different landscape management scenarios. *Land Use Policy*, v.39, p.54-64, 2014.

BARROS, K. F. G.; SANTANA, A. C.; MARTINS, C. M.; CAMPOS, P. S. S. Valor da água virtual de hortaliças comercializada em Benevides - PA. *Nucleus (Ituverava)*, v.15, p.9-24, 2018.

BEGOT, L. H. Valoração e sustentabilidade da pesca artesanal de Curuçá e Colares, estado do Pará: uma análise das externalidades de um projeto portuário na percepção dos pescadores. Tese (Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, 2018.

BENTES, E. S.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; GOMES, S. C. Valoração econômica da jusante da barragem de Tucuruí. *Revista de Política Agrícola*, v.23, n.4, p.102-110, 2014.

BISHOP, R. C.; ROMANO, D. (ed.) *Environmental resource valuation: applications of the contingent valuation method in Italy*. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998.

BLIGNAUT, N. J. Making investments in natural capital count. *Ecosystem Services*, v.37, p.1-4, 2019.

BLIGNAUT, N. J.; ARONSON, J.; GROOT, D. Restoration of natural capital: a key strategy on the path to sustainability. *Ecological Engineering*, v.65, p.54–61, 2014.

BOYCE, J. K. From natural resources to natural assets. *New Solutions*, v.11, n.3, p.267-288, 2001.

CARSON, R. T. Contingent valuation: a practical alternative when prices aren't available. *Journal of Economic Perspectives*, v.26, n.4, p.27-42, 2012.

CARSON, R.T.; LOUVIERE, J. A common nomenclature for stated preference elicitation approaches. *Environmental and Resource Economics*, v.49, n.4, p.539-559, 2011.

COSTANZA, R. (Ed.) *Ecological economics: the science and management of sustainability*. New York: Columbia University Press, 1991.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, v.6, n.1, p.37-46, 1992.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.15, n.2, p.253-260, 1997.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P. et al. Changes in the global value of ecosystem services *Global Environmental Change*, v.26, p.152-158, 2014.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v.28, p.1-16, 2017.

DALY, H. E.; FARLEY, J. *Economia ecológica: princípios e aplicações*. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.

DALY, H. E. A note in defense of the concept of natural capital. *Ecosystem Services*, v.41, p.1-3, 2020.

DESROCHES, C. T. The preservation paradox and natural capital. *Ecosystem Services*, v.41, p.1-7, 2020.

ELMQVIST, T.; SETÄLÄ, H.; HANDEL, S. N.; PLOEG, S.; ARONSON, J.; BLIGNAUT, J. N.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; NOWAK, D. J.; KRONENBERG, J.; GROOT, R. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Science Direct*, v.14, p.101-108, 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of food and agriculture: Paying farmers for environmental services*. Rome: FAO, 2007.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v.41, n.2, p.375-392, 2002.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R. et al. Linking ecology and economics for ecosystem management. *Bioscience*, v.56, p.2121-133, 2006.

FAUCHEUX, S.; NOËL, J-F. *Economia dos recursos naturais e do meio ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

FIELD, D. J.; MORGAN, C. L. S.; McBRATNEY, A. B. (Eds.) *Global soil security*. Switzerland: Springer, 2017.

FISHER, A. C.; HANEMANN, M. W. Quasi-option value: some misconceptions dispelled. *Journal of Environmental Improvement*, v.14, n.2, p.183-190, 1987.

FLETCHER, R.; BÜSCHER, B. Conservation basic income: A non-market mechanism to support convivial conservation. *Biological Conservation*, v.244, p.1-7, 2020.

FOLEY J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A. et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, v. 478, p.337-342, 2011.

FRANCO, M. P.V. Conservation, economic planning and natural capital in early Soviet ecology. *Ecosystem Services*, v.41, p.1-7, 2020.

FRY, J. P. et al. Environmental health impacts os feeding crops to farmed fish. *Environmental International*, v.91, p.201-214, 2016.

GALLENSTEIN, R. A.; MISHRA, K.; SAM, A. G.; MIRANDA, M. J. Willingness to Pay for Insured Loans in Northern Ghana. *Journal of Agricultural Economics*, v.70, n.3, p.1-23, 2019. doi: 10.1111/1477-9552.12317.

GARCIA, W. S.; SANTANA, A.C.; NOGUEIRA, A. K. M.; MARTINS, C. M. Demanda de produtos não madeireiros: o caso do açaí e da castanha-do-pará. *RAMA: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v.11, p.1039-1059, 2018.

GOOLSBEE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. *Microeconomia*. São Paulo: Atlas, 2018.

GROOT, D.; BLIGNAUT, J.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; FARLEY, J., ELMQVIST, T. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, v.27, n.6, p.1286–1293, 2013.

HEPBRUN, C. et al. The technological and economic prospects for CO₂ utilization and removal. *Nature*, v.575, 87-97, 2019.

HIPÓLITO, J. et al. Valuing nature's contribution to people: the pollination services provided by the protected areas in Brazil. *Global Ecology and Conservation*, v.20, p.1-11, 2019.

HIRSHLEIFER, J.; GLAZER, A.; HIRSHLEIFER, D. *Price theory and applications*. New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

HOEHN, J. P.; RANDALL, A. Too many proposals pass the benefit–cost test. *The American Economic Review*, v.79, n.3, p.544–551, 1989.

HUETING, R. *New scarcity and economic growth: more welfare through less production?* New York: North-Holland, 1980.

KHANALA, Y.; DEVKOTAB, B. P.; Farmers' responsabilization in payment for environmental services: Lessons from community forestry in Nepal. *Forest Policy and Economics*, n.118, p.1-9, 2020. doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102237.

LIU, S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Ecological Economics Reviews*, v.1185, n.1, p.54–78, 2010.

MANKIW, N. G. *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. Rio de Janeiro: Campus, 2019.

MARTIN-ORTEGA, J. et al. Dissecting price setting efficiency in payments for ecosystem services: a meta-analysis of payments for watershed services in Latin America. *Ecosystem Services*, v.38, p.1-6, 2019.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment*. Washington DC: Island Press, 2003.

MILLER JR. G. T. *Ciência ambiental*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MITCHELL, R.C.; CARSON, R.T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Washington, DC: Resources for the Future, 1989.

MORAN, E. F.; OSTROM, E. (Orgs.) *Ecosistemas florestais: interact homem-ambiente*. São Paulo: Edusp, 2009.

MOTA, J. A. *O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

MOTTA, R. S. (Coord.) *Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 1995.

MOTTA, R. S. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA; PNUD; CNPq, 1997.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Influência das chuvas na oferta de castanha-do-brasil e o impacto no benefício socioeconômico e ambiental, no Oeste do estado do Pará. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v.45, p.215-230, 2018.

OH, C.; LEE, S.; KIN, H. N. Economic Valuation of Conservation of Inholdings in Protected Areas for the Institution of Payments for Ecosystem Services. *Forests*, v.10, n.1122, p.1-16, 2019.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The value of agroforestry ecosystem services provided in rural communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). *Journal of Agricultural Studies*, v.8, n.4, p.203-216, 2020.

PEARCE, D. W. Environmental sustainability and cost benefit analysis. *Environment and planning*, v.22, n.1, p.97-112, 1990.

PEREIRA NETO, J. A.; PONTE, M. X.; SANTANA, A. C. *Acúmulo de carbono e mecanismos de mercado em sistemas agroflorestais de cacaueteiro: uma experiência na região da rodovia transamazônica*. Belém: IPAM, 2012.

RANDALL, A. *Resources economics*. Columbus: Grid Publishing, 1981.

RANDALL, A.; STOLL, J. R. Consumer's surplus in commodity space. *The American Economic Review*, v.70, n.3, p.449-455, 1980.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROSA, A. G.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, Á. L. Valoração contingente da reserva extrativista de marinha Caeté-Taperaçu, Bragança, estado do Pará - Brasil. *Espacios (Caracas)*, v.37, n.9, p.1-13, 2016.

SANTANA, A. C. Desmatamento e ajuste no mercado de madeira In: SANTANA, A. C. (Org.) Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012. p. 123-134.

SANTANA, A. C.; AMIN, M. M.; COSTA, N. L.; SANTANA, Ádamo L.; SANTOS, M. A. S. An economic valuation of managed roundwood in the Region of Marajó, Brazilian Amazon, Estate of Pará. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, v.15, p.27-34, 2018.

SANTANA, A. C. Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005.

SANTANA, A. C. Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações. Belém: UFRA, 2003.

SANTANA, A. C. Os ativos naturais de imóveis rurais na Amazônia, acesso a crédito e capitalização do produtor. *Inclusão Social (Online)*, v.12, p.58 - 72, 2018.

SANTANA, A. C. Valoração ambiental da área de savana metalófito, ou canga, da Flona de Carajás para fins de indenização. Belém, UFRA; FUNPEA; VALE, 2014.

SANTANA, A. C. Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia. Belém, PA: UFRA, 2014.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012.

SANTANA, A. C. Efeitos do FNO no desenvolvimento socioeconômico da Região Norte: análise de eficácia. Belém, PA: Banco da Amazônia, 2013.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém: UFRA, 2015.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.30, n.3, p.253-269, 1992.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ADAMO L.; SANTANA, ADINA L. Modelos volumétricos de madeira da floresta amazônica estimados por mínimos quadrados não Lineares. In: BARBOSA, F. C. Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre, 2020, p.233-248.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; AMIN, M. M.; SALOMÃO, R. P.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S.; CASTILHO, A. F. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the natural resources of the Carajás National Forest.

International Journal of Development Research, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; QUARESMA, J. L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. *Nativa*, v.6, p.689 - 698, 2018.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; SALOMÃO, R. P.; SANTANA, ÁDAMO L.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S. O custo socioambiental da destruição de castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.37, n.2, p.3-21, 2016.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; GOMES, S. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; NOGUEIRA, A. K. M.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, M. A. S. Evidências do Mercado de Produtos da Pequena Produção na Região da Transamazônica e BR-163 no Estado do Pará. *Revista de Estudos Sociais*, v.17, n.1, p.186-215, 2015.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTANA, ÁDINA L.; GOMES, S. C.; SALOMÃO, R. P. Valoração dos danos ambientais causados por hidrelétricas para a produção de energia na bacia do Tapajós. *Reflexões Econômicas*, v.1, p.31 - 48, 2015.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; YARED, J. A. G. O valor econômico da extração manejada de madeira no Baixo Amazonas, Estado do Pará. *Revista Arvore*, v.36, p.527 - 536, 2012.

SEN, A. K. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. *Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TIETENBERG, T.; LEWIS, L. *Environmental economics and policy*. New York: Pearson, 2010.

TOSTO, S. G.; BELARMINO, L. C.; ROMEIRO, A. R.; RODRIGUES, C. A. G. *Valoração de serviços ecossistêmicos: metodologias e estudos de caso*. Brasília: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015.

TURNER, K. G.; ANDERSON, S.; GONZALES-CHANG, M.; COSTANZA, R. et al. A reviews methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling*, v.319, p.190-207, 2016.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, v.139, n.3, p.235-246, 2007.

Referências do capítulo 5

ACHARYA, R. P.; MARASENI, T.; COCKFIELD, G. Global trend of forest ecosystem services valuation: an analysis of publications. *Ecosystem Services*, v.39, p.1-11, 2019.

ADAMS, C.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; REID, J.; AZNAR, C. E.; SINISGALLI, P. A. A. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, São Paulo State (Brazil). *Ecological Economics*, v.66, n.2, p.359-370, 2008.

AMI, D.; APRAHAMIAN, F.; CHANEL, O. Willingness to pay of committed citizens: a field experiment. *Ecological Economics*, v.105, n.1, p.31-39, 2014.

BEGOT, L. H. Valoração e sustentabilidade da pesca artesanal de Curuca e Colares, estado do Pará: uma análise das externalidades de um projeto portuário na percepção dos pescadores. Tese (Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, 2018.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, v.6, n.1, p.37-46, 1992.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.15, n.2, p.253-260, 1997.

DALY, H. E.; FARLEY, J. *Economia ecológica: princípios e aplicações*. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.

DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. *Multivariate analysis: methods and applications*. New York: John Wiley & Sons, 1984.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of food and agriculture: Paying farmers for environmental services*. Rome: FAO, 2007.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v.41, n.2, p.375-392, 2002.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R. et al. Linking ecology and economics for ecosystem management.

Bioscience, v.56, p.2121-133, 2006.

FIELD, D. J.; MORGAN, C. L. S.; McBRATNEY, A. B. (Eds.) *Global soil security*. Switzerland: Springer, 2017.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. Modernização da agricultura na nova fronteira agrícola do Brasil: Mapitoba e Sudeste do Pará. *RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v.12, p.81 - 102, 2019.

CARSON, R. T.; MITCHELL, R. C. The value of clean water: the public's willingness to pay for boatable, fishable, and swimmable quality water. *Water Resources Research*, v. 29, p.2445-2454, 1993.

FERREIRA, V. A.; SANTANA, A. C.; RAVENA, N.; OLIVEIRA, C. M. Os fatores de repercussão da cadeia produtiva do dendê no desenvolvimento local do Baixo Tocantins. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v.39, p.173 - 188, 2016.

GALLENSTEIN, R. A.; MISHRA, K.; SAM, A. G.; MIRANDA, M. J. Willingness to Pay for Insured Loans in Northern Ghana. *Journal of Agricultural Economics*, v.70, n.3, p.1-23, 2019. doi: 10.1111/1477-9552.12317

HANEMANN, W. M. Willingness to pay and willingness to accept: how much can they differ? *The American Economic Review*, v.81, n.3, p.635-647, 1991.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, 2007.

KHANALA, Y.; DEVKOTAB, B. P.; Farmers' responsabilization in payment for environmental services: Lessons from community forestry in Nepal. *Forest Policy and Economics*, n.118, p.1-9, 2020. doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102237

LOOMIS, J.; WHITE, D. Economic benefits of rare and endangered species. *Ecological Economics*, v.18, n.1, p.197–206, 1996.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment*. Washington DC: Island Press, 2003.

OH, C.; LEE, S.; KIN, H. N. Economic Valuation of Conservation of Inholdings in Protected Areas for the Institution of Payments for Ecosystem Services. *Forests*, v.10, n.1122, p.1-16, 2019.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). *Journal of Agricultural Studies*, v.8, n.4, p.203-216, 2020.

OTOBO, A. O.; SANTANA, A. C.; COSTA, C. F. Índice de responsabilidade socioambiental e empresarial no distrito administrativo de Icoaraci (DAICO), Belém – Pará. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.12, p.287 - 310, 2016.

PONTES, M. X. (Org.) *Produção sustentável na Amazônia*. Belém: FADESP, 2011.

SANTANA, A. C. *Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações*. Belém: UFRA, 2003.

SANTANA, A. C. *Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia*. Belém, PA: UFRA, 2014.

SANTANA, A. C. *Efeitos do FNO no desenvolvimento socioeconômico da Região Norte: análise de eficácia*. Belém, PA: Banco da Amazônia, 2013.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do Estado do Pará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 45, n. 4, p. 749-775, 2007.

SANTANA, A. C. Os ativos naturais de imóveis rurais na Amazônia, acesso a crédito e capitalização do produtor. *Inclusão Social (Online)*, v.12, p.58 - 72, 2018.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; AMIN, M. M.; SALOMÃO, R. P.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S.; CASTILHO, A. F. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the natural resources of the Carajás National Forest. *International Journal of Development Research*, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; QUARESMA, J. L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. *Nativa*, v.6, p.689 - 698, 2018.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTANA, ÁDIN. L.; COSTA, N. L.; NOGUEIRA, A. K. M. Planejamento Estratégico de uma Universidade Federal da Amazônia. *Revista de Estudos Sociais*, Cuiabá, v. 32, n. 2, p. 183-204, 2014.

Referências do capítulo 6

- ACHARYA, R. P.; MARASENI, T.; COCKFIELD, G. Global trend of forest ecosystem services valuation: an analysis of publications. *Ecosystem Services*, v.39, p.1-11, 2019.
- BARAL, H.; KEENAN, R. J.; SHARNA, S. K.; STORK, N. E.; KASEL, S. Economic evaluation of ecosystem goods and services under different landscape management scenarios. *Land Use Policy*, v.39, p.54-64, 2014.
- BEGOT, L. H. Valoração e sustentabilidade da pesca artesanal de Curuca e Colares, estado do Pará: uma análise das externalidades de um projeto portuário na percepção dos pescadores. Tese (Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, 2018.
- BLIGNAUT, N. J. Making investments in natural capital count. *Ecosystem Services*, v.37, p.1-4, 2019.
- BLIGNAUT, N. J.; ARONSON, J.; GROOT, D. Restoration of natural capital: a key strategy on the path to sustainability. *Ecological Engineering*, v.65, p.54–61, 2014.
- BOYCE, J. K. From natural resources to natural assets. *New Solutions*, v.11, n.3, p.267-288, 2001.
- COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, v.6, n.1, p.37-46, 1992.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUEDO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.15, n.2, p.253–260, 1997.
- COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P. et al. Changes in the global value of ecosystem services *Global Environmental Change*, v.26, p.152-158, 2014.
- COSTANZA, R.; GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28. P.1-16, 2017.
- DAILY, G. C.; POLASKY, S.; GOLDSTEIN, J., et al. Ecosystem services in decision-making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v.7, n.1, p.21–28, 2009.
- DESROCHES, C. T. The preservation paradox and natural capital. *Ecosystem Services*, v.41, p.1-7, 2020.
- ELMQVIST, T.; SETÄLÄ, H.; HANDEL, S. N.; PLOEG, S.; ARONSON, J.; BLIGNAUT, J. N.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; NOWAK, D. J.; KRONENBERG, J.; GROOT, R. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Science Direct*, v.14, p.101-108, 2015.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Economic valuation of pollination services: review of methods. Rome: FAO, 2006.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: Paying farmers for environmental services. Rome: FAO, 2007.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v.41, n.2, p.375-392, 2002.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R. et al. Linking ecology and economics for ecosystem management. *Bioscience*, v.56, p.2121-133, 2006.

FIELD, D. J.; MORGAN, C. L. S.; McBRATNEY, A. B. (Eds.) *Global soil security*. Switzerland: Springer, 2017.

FLETCHER, R.; BÜSCHER, B. Conservation basic income: A non-market mechanism to support convivial conservation. *Biological Conservation*, v.244, p.1-7, 2020.

FRANCO, M. P.V. Conservation, economic planning and natural capital in early Soviet ecology. *Ecosystem Services*, v.41, p.1-7, 2020.

GALLENSTEIN, R. A.; MISHRA, K.; SAM, A. G.; MIRANDA, M. J. Willingness to Pay for Insured Loans in Northern Ghana. *Journal of Agricultural Economics*, v.70, n.3, p.1-23, 2019. doi: 10.1111/1477-9552.12317

GOLDSTEIN, J. H.; PEJCHAR, L.; DAILY, G. C. Using return-on-investment to guide restoration: a case study from Hawaii. *Conservation Letters*, v.1, p.236-243, 2008.

GROOT, D.; BLIGNAUT, J.; VAN DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; FARLEY, J., ELMQVIST, T. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, v.27, n.6, p.1286–1293, 2013.

KHANALA, Y.; DEVKOTAB, B. P.; Farmers' responsabilization in payment for environmental services: Lessons from community forestry in Nepal. *Forest Policy and Economics*, n.118, p.1-9, 2020. doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102237

LOOMIS, J.; KENT, P.; STRANGE, L.; FAUSCH, K.; COVICH, A. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, v.33, n.1, p.103-117, 2000.

MARTIN-ORTEGA, J.; DEKKER, T.; OJEA, E.; LORENZO-ARRIBAS, A. Dissecting price setting efficiency in Payments for Ecosystem Services: a meta-analysis of payments for watershed services in Latin America. *Ecosystem Services*, v.38, p.1-6, 2019.

OH, C.; LEE, S.; KIN, H. N. Economic Valuation of Conservation of Inholdings in Protected Areas for the Institution of Payments for Ecosystem Services. *Forests*, v.10, n.1122, p.1-16, 2019.

OLIVEIRA; G. M. T. S.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, E. S.; SILVA, R. J.; SANTOS, W. A. S.; SANTANA, A. L.; COSTA, V. C. N. The Value of Agroforestry Ecosystem Services Provided in Rural Communities in the Eastern Amazon (Tomé-Açu – PA, Brazil). *Journal of Agricultural Studies*, v.8, n.4, p.203-216, 2020.

PAGIOLA, S.; ARCENAS, A.; PLATAIS, G. Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the Issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, v.33, n.2, p.237-253, 2005.

PEREIRA NETO, J. A.; XIMENES, M.; SANTANA, A. C. Acúmulo de carbono e mecanismos de mercado em sistemas agroflorestais de cacaueteiro: uma experiência na região da rodovia Transamazônica. Belém: IPAM, 2012.

SANTANA, A. C. Efeitos do FNO no desenvolvimento socioeconômico da Região Norte: análise de eficácia. Belém, PA: Banco da Amazônia, 2013, v.1. 228p.

SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém: UFRA, 2015.

SANTANA, A. C. Valoração econômica e mercado de recursos florestais. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2012. 226p.

SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.30, n.3, p.253-269, 1992.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTOS, M. A. S. Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará. Revista de Ciências Agrárias (Belém), v.54, p.44 - 53, 2011.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTOS, M. A. S.; YARED, J. A. G. Determinação dos preços da madeira em pé para as áreas de florestas públicas da região do Baixo Amazonas, no estado do Pará. Revista de Estudos Sociais (UFMT), v.13, p.40 - 51, 2011.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; SANTANA, ÁDINA L.; GOMES, S. C.; SALOMÃO, R. P. Valoração dos danos ambientais causados por hidrelétricas para a produção de energia na bacia do Tapajós. Reflexões Econômicas, v.1, p.31 - 48, 2015.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDAMO L.; AMIN, M. M.; SALOMÃO, R. P.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S.; CASTILHO, A. F. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the natural resources of the Carajás National Forest. International Journal of Development Research, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SANTANA, ÁDAMO L.; QUARESMA, J. L. A importância dos serviços ecossistêmicos para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social na percepção da população: o caso da Floresta Nacional de Carajás. Nativa, v.6, p.689 - 698, 2018.

SANTANA, A. C.; SANTANA, ÁDINA L.; SALOMÃO, R. P.; SANTANA, ÁDAMO L.; COSTA, N. L.; SANTOS, M. A. S. O custo socioambiental da destruição de castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará. Revista de Estudos Sociais, v.37, n.2, p.3-21, 2016.

SILVA, B. I. A.; SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; SOUSA, V. G.; HAGE, A. L. F. Predação de mudas de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em áreas sob restauração florestal na Amazônia. Brazilian Journal of Development, v.6, p.20667-20689, 2020.

TURNER, K. G.; ANDERSON, S.; GONZALES-CHANG, M.; COSTANZA, R. et al. A reviews methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. Ecological Modelling, v.319, p.190-207, 2016.

WORLD BANK. The State of Social Safety Nets 2015. World Bank: Washington, DC, 2015.

ZHANG, W. E. I.; PAGIOLA, S. 2011. Assessing the potential for synergies in the implementation of payments for environmental services programs: an empirical analysis of Costa Rica. *Environmental Conservation*, v.38, p.406–416, 2011.