



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

TEREZA THAINÁ MONTEIRO DO CARMO

**AGRICULTURA SEM QUEIMA: O USO DE TRITURADOR DE MÉDIO PORTE NO
PREPARO DE ÁREA NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**BELÉM
2023**

TEREZA THAINÁ MONTEIRO DO CARMO

**AGRICULTURA SEM QUEIMA: O USO DE TRITURADOR DE MÉDIO PORTE NO
PREPARO DE ÁREA NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação, apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia-UFRA, como parte das exigências do curso de
Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título
de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato.

**BELÉM
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pela autora

C287a Carmo, Tereza Thainá Monteiro do
AGRICULTURA SEM QUEIMA: O USO DE TRITURADOR DE MÉDIO PORTE NO
PREPARO DE ÁREA NA AGRICULTURA FAMILIAR / Tereza Thainá Monteiro do Carmo. -
2023.
53 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF),
Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato

1. Tititamba. 2. Ecotritus HL240. 3. Capoeira Triturada. 4. Nordeste do Pará. 5.
Agricultura Familiar. I. Kato, Osvaldo Ryohei , *orient.* II. Título

CDD 630

TEREZA THAINÁ MONTEIRO DO CARMO

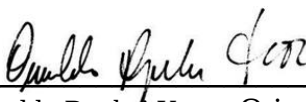
**AGRICULTURA SEM QUEIMA: O USO DE TRITURADOR DE MÉDIO PORTE NO
PREPARO DE ÁREA NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação, apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

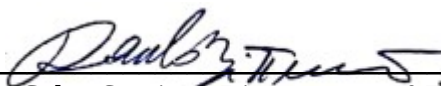
Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato.

Data da Aprovação: 29/11/2023

BANCA EXAMINADORA:



Dr. Osvaldo Ryohei Kato - Orientador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt - 1º Examinador
Universidade Federal do Pará - UFPA



Dra. Thais Yuri Rodrigues Nagaishi- 2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Dra. Débora Veiga de Aragão- 3º Examinador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

**BELÉM
2023**

DEDICATÓRIA

A DEUS, por me guiar todo sempre.

Aos meus pais e avós, Valdete Monteiro, Antonio Valter Ribeiro, Rosa Maria e Manoel Monteiro pelo amor e apoio incondicional, aos avós paternos in memoriam que sei que me acompanham.

Ao meu companheiro de vida José Junior por todo apoio, amor e incentivo, por não medir esforços há me ajudar.

Aos meus irmãos e sobrinhas, por me fazerem felizes e fazerem com que a caminhada fosse mais fácil.

DEDICO

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por me levar sempre por bons caminhos junto à Nossa senhora;

À toda minha Família por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em todas as minhas decisões, em especial meus pais Valdete Monteiro e Antonio Valter do Carmo, avós Rosa Maria, Manoel Monteiro, ao meu companheiro Jose Junior, aos meus irmãos, tias Valdirene e Valda, todo amor, companheirismo e paciência foram essenciais;

À Universidade Federal Rural da Amazônia junto à coordenação do curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade de cursar a pós-graduação;

Ao CNPq e à Embrapa Amazônia Oriental- Projeto Tipitamba pelo financiamento de parte dos custos da pesquisa;

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Prof. Dr. Osvaldo Kato, por me orientar da melhor forma, por ter muita paciência, por nunca me deixar desistir, dar forças e por me ajudar em todas as formas nessa etapa importantíssima em minha formação profissional;

À coordenação do projeto Tipitamba e a Embrapa Amazônia Oriental, por estarem sempre ao meu dispor, em especial ao Maurício, Marcelo e Ivanildo por serem sempre solícitos;

À família do Sr. Elias por sempre nos recepcionarem da melhor forma, e ao Sr. Elias por me ajudar em campo com todo seu conhecimento;

As minhas parceiras nessa jornada, Bruna Bastos e Lena Monteiro por sempre estarem comigo e fazendo com que essa caminhada fosse mais calma e bonita.

“Defina sucesso com seus próprios termos,
o alcance segundo as suas próprias regras e
viva uma vida da qual você se orgulhe.”
(Anne Sweeney)

RESUMO

A crise ambiental vinculada às mudanças climáticas e ao aquecimento global exige a adoção de medidas que atendam às preocupações da população. Dentre essas medidas, destaca-se a necessidade de reavaliar o uso dos recursos naturais. No contexto agrícola, a agricultura sem queima surge como uma alternativa essencial para evitar o uso do fogo na agricultura familiar, onde essa prática ainda persiste. O projeto Tipitamba realiza estudos que tornem o preparo de área na agricultura familiar na região Nordeste do Pará menos agressiva ao meio ambiente, tendo vista o manejo sustentável da capoeira sem uso do fogo, utilizando trituradores de biomassa de capoeira. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de triturador de médio porte na trituração de biomassa de capoeira, avaliando o rendimento de trituração de biomassa, a qualidade do material triturado e o desempenho do cultivo. As pesquisas foram realizadas em Igarapé-Açu e Marapanim, municípios do nordeste paraense que são destaque na produção agrícola, com estímulos aos pequenos produtores e à agricultura familiar. Para a trituração da capoeira foi utilizado o triturador de médio porte Ecotritus HL240 da Himev. A avaliação do rendimento de trituração realizada através da coleta da biomassa triturada em propriedades de agricultores familiares, em capoeiras de onze anos com tamanhos e características variadas. A qualidade de trituração do material se deu através de um sistema de peneiramento, utilizando-se três peneiras: 7mm, 25mm e 35mm. Para avaliar o desempenho de cultivo agrícola foi analisado o cultivo de milho, caupi e mandioca, como seria a produção dessas culturas em uma área preparada com o triturador de médio porte, espaçamentos de 1,0 m x 0,5 m para milho e caupi e 1,0 m x 1,0 m para a mandioca, sendo três tratamentos, T1: milho, T2: milho + Mandioca, T3: milho + caupi + mandioca avaliando a produtividade de cada cultura. A partir disso tivemos o resultado para o rendimento de trituração com média de 22,00 t/ha de biomassa e consumo de 74,39 L/ha, em 9 horas e 34 minutos. Os resultados para a qualidade do material foram: da quantidade total de biomassa triturada seca, aproximadamente 69,47 t/ha, e fazendo o uso de peneiras, foram encontradas maiores quantidades de material nas classes de <7mm correspondendo a 44,81 t/ha, seguido do material > 35mm com 26,72 t/ha, aos materiais de maior tamanho são importantes por serem fontes de nutrientes a longo prazo, já os de menor tamanho <7 mm são absorvido mais rápido. Os resultados médios para produção, o milho T1: 2,33 t/ha, T2: 3,56 t/ha e T3: 3,36 t/ha, para o caupi 1,14 t/ha, para a mandioca T2: 8,62 t/ha e T3: 9,00 t/ha. Com os resultados apresentados podemos observar o bom funcionamento do triturador Ecotritus HL240, boa eficiência na trituração e possibilidades de atender agricultores familiares que possuem capoeiras de até 5 anos.

Palavras- chave: Corte e trituração; Ecotritus HL240; Capoeira triturada; Sistemas Agroflorestais, Tipitamba.

ABSTRACT

The environmental crisis linked to climate change and global warming demands the adoption of measures that address the concerns of the population. Among these measures, the need to reassess the use of natural resources stands out. In the agricultural context, fire-free farming emerges as an essential alternative to avoid the use of fire in family farming, where this practice still persists. The Tipitamba project conducts studies to make land preparation in family farming in the Northeast region of Pará less aggressive to the environment, focusing on the sustainable management of forest regrowth without fire, using forest biomass crushers. Therefore, the objective of this work was to evaluate the performance of a medium-sized crusher in the crushing of forest biomass, assessing the biomass crushing yield, the quality of the crushed material, and crop performance. The research was carried out in Igarapé-Açu and Marapanim, municipalities in the northeastern region of Pará that are prominent in agricultural production, with incentives for small producers and family farming. For forest crushing, the medium-sized Ecotritus HL240 crusher from Himev was used. The evaluation of the crushing yield was carried out through the collection of crushed biomass on family farmers' properties, in forests of varying sizes and characteristics. The quality of the crushed material was assessed through a screening system, using three sieves: 7mm, 25mm, and 35mm. To evaluate agricultural crop performance, the cultivation of corn, cowpea, and cassava was analyzed, considering the production of these crops in an area prepared with the medium-sized crusher, with spacings of 1.0m x 0.5m for corn and cowpea, and 1.0m x 1.0m for cassava, with three treatments: T1: corn, T2: corn + cassava, T3: corn + cowpea + cassava, evaluating the productivity of each crop. From this, we obtained the result for the crushing yield with an average of 22.00 t/ha of biomass and consumption of 74.39 L/ha, in 9 hours and 34 minutes. The results for the material quality were as follows: from the total amount of dried crushed biomass, approximately 69.47 t/ha, and using sieves, larger amounts of material were found in the <7mm class corresponding to 44.81 t/ha, followed by the >35mm material with 26.72 t/ha. Materials of larger size are important as long-term nutrient sources, while those of smaller size <7mm are absorbed more quickly. The average results for production were: corn T1: 2.33 t/ha, T2: 3.56 t/ha, and T3: 3.36 t/ha, for cowpea 1.14 t/ha, for cassava T2: 8.62 t/ha and T3: 9.00 t/ha. With the results presented, we can observe the good performance of the Ecotritus HL240 crusher, good efficiency in crushing, and possibilities to meet family farmers who have forests up to 5 years old.

Keywords: Cutting and shredding; Ecotritus HL240; Shredded capoeira; Agroforestry Systems; Tipitamba.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ferramentas utilizadas para a trituração manual. a) Terçado, b) roçadeira.	20
Figura 2. Triturador de grande porte, triturador florestal AHWI FM 600 (largura = 2.700 mm, diâmetro do rotor = 600 mm, peso = 2.800 kg, velocidade periférica = 49 m/s ou 31,4 m/s). ..	21
Figura 3. Municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, localizados no nordeste paraense, uma região em que a vegetação secundária predomina, onde foram desenvolvidos os estudos.....	23
Figura 4. Trator modelo TL95 da New Holland, onde foi acoplado o triturador Ecotritus HL240.....	24
Figura 5. Adaptações feitas no trator TL 95 para proteção das peças e maior durabilidade do trator: a) Parte frontal; b) peito do motor; c) Abaixo do trator d) lateral do motor.	25
Figura 6. Triturador de médio porte modelo Ecotritus HL240 da Himev.....	26
Figura 7. Área da Fazenda Escola de Igarapé- Açu (FEIGA), em Igarapé- Açu.	27
Figura 8. Croqui da área medindo 60x60m, para a avaliação da quantidade e qualidade de material triturado com Ecotritus HL240.....	28
Figura 9. Balança Suspensa Crane Skale 50 Kg, utilizada para pesar a biomassa em campo.....	29
Figura 10. Materiais utilizados para medição da altura da cobertura morta.	29
Figura 11. Modelo da peneira utilizada, para a avaliação da qualidade do material triturado com Ecotritus HL 240.	30
Figura 12. Sequência de peneiramento para classificação da biomassa triturada pelo Ecotritus HL240.....	30
Figura 13. Espécies por família de plantas inventariadas na área do produtor rural (famílias/ha).....	32
Figura 14. Croqui da plantação em 0,5 hectares, nove parcelas alocadas, aplicando três tratamentos e três repetições.....	33
Figura 15. O gráfico de boxplot da biomassa apresenta a distribuição dos dados de produção de biomassa triturada utilizando um triturador de médio porte Ecotritus HL 240. Os valores são expressos em quilogramas por hectare (kg/ha). A linha central em cada caixa representa a mediana dos dados, enquanto as bordas superior e inferior da caixa indicam o primeiro e o terceiro quartis, respectivamente. Os pontos fora das caixas representam os valores atípicos.....	36
Figura 16. Boxplot do Consumo de Combustível por Hectare - Variação do Consumo de Combustível em Diferentes Operações do Triturador Ecotritus HL 240	37
Figura 17. O gráfico de boxplot do tempo de preparo representa a distribuição dos tempos de preparo do triturador Ecotritus HL 240. Os valores são expressos em horas. A linha central em cada caixa representa a mediana dos dados, enquanto as bordas superior e inferior da caixa indicam o primeiro e o terceiro quartis, respectivamente. Os pontos fora das caixas representam os valores discrepantes.....	38
Figura 18. Camada de liteira sobre o solo após a trituração da biomassa da capoeira.....	39
Figura 19. Distribuição percentual de valores encontrados em cada classe de tamanho de capoeira triturada, com triturador de médio porte.	41
Figura 20. Peso médio dos fragmentos de material triturado pelo Ecotritus HL240 e aplicados o sistema de peneiramento.....	42
Figura 21. Aspecto do material triturado com o triturador Ecotritus HL240 e peneirado.	43
Figura 22. Aspecto resultante do processo de trituração promovido pelo triturador, evidenciando o resultado visual do seu impacto sobre o material, mostrando a qualidade da trituração.....	44

Figura 23. A) T1 milho; b) T2 consórcio milho + mandioca e c) T3: milho + caupi + mandioca.....	45
Figura 24. Produção de Milho, caupi e mandioca como resultado do preparo de áreas sem uso do fogo com o Triturador Ecotritus HL240 da Himev.	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Questão Científica	16
1.2 Hipótese.....	16
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 A importância da agricultura familiar	17
3.2 Alternativas para redução do uso do fogo na agricultura	19
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Caracterização da área de estudo.....	23
4.2 Caracterização do trator TL95 e triturador Ecotritus HL240	24
4.3 Avaliação de desempenho do triturador Ecotritus HL240	26
4.4 Avaliação quantitativa e qualitativa do material triturado com triturador Ecotritus HL240	27
4.5 Avaliação do desempenho na produção de cultivos agrícolas	30
4.5.1 Área de estudo.....	30
4.5.2 Desempenho na produção de cultivos agrícolas, com preparo de área feito com o triturador Ecotritus HL 240	33
4.5.2.1 Milho.....	34
4.5.2.2 Caupi	34
4.5.2.3 Mandioca	34
4.5.2.4 Análise estatística	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Avaliação de desempenho do triturador Ecotritus HL240	36
5.2 Qualidade da trituração da biomassa aérea de capoeira com triturador de médio porte Ecotritus HL 240	39
5.3 Desempenho da produção de alimentos em área preparada sem uso do fogo, com triturador de médio porte	45
6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	49
ANEXO.....	53

1 INTRODUÇÃO

A Região Amazônica destaca-se por abrigar uma floresta densa, com vegetação heterogênea, higrófitas, e a maior biodiversidade do mundo. Este ambiente é estratégico devido à abundância de recursos naturais, diversidade na fauna e flora, além de recursos hídricos e minerais, que podem ser utilizados como matérias-primas industriais, reguladores climáticos, e para atividades como ecoturismo, entre outros usos.

No entanto, esse ecossistema natural tem sido significativamente alterado, principalmente por distúrbios antropogênicos, a crise relacionada às mudanças climáticas e ao aquecimento global, se intensifica atualmente as demandas por implementação de medidas que atendem as preocupações da sociedade (MARCHETTI, 2023).

As mudanças climáticas, impulsionadas na maioria das vezes por atividades humanas, representam uma das maiores ameaças globais à estabilidade ambiental. O aumento na emissão de gases de efeito estufa, tem contribuído significativamente para o aquecimento global e eventos climáticos extremos. Esses gases, provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e práticas agrícolas intensivas, criam uma camada que retém o calor na atmosfera, causando impactos como o aumento das temperaturas, derretimento de geleiras, elevação do nível do mar e padrões climáticos imprevisíveis (DE SOUZA, 2023).

A necessidade urgente de mitigar as emissões e adotar práticas sustentáveis tornou-se importante para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e preservar a saúde do nosso planeta para as gerações futuras. Dentre essas medidas, destaca-se a necessidade premente de reavaliar a gestão dos recursos naturais.

Em março de 2023, durante a reunião do IPCC, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, composta por cientistas designados pelas Nações Unidas para monitorar e orientar a pesquisa global sobre mudanças climáticas, destacou a urgência de medidas contra esse fenômeno. Países estão assumindo compromissos mais ousados para reduzir emissões e fornecer suporte às comunidades na adaptação aos impactos climáticos. Além da transição para fontes de energia mais sustentáveis, enfatiza-se a importância de preservar habitats naturais, que desempenham um papel fundamental no armazenamento de grandes quantidades de carbono. Mudanças na gestão de áreas produtivas, como propriedades rurais, são consideradas fundamentais para reter carbono e restaurar áreas degradadas (MCTI, 2023).

Uma das preocupações presentes no espaço rural é o uso do fogo na agricultura, prática utilizada há milênios para melhorar as propriedades nutricionais do solo e preparar a área para o cultivo, que se revela prejudicial tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente pelo

uso constante do fogo na vegetação e diminuída capacidade de regeneração na área. Esta prática agrícola, chamada de corte e queima, tem gerado preocupações significativas devido aos impactos adversos, como a perda de biodiversidade, emissões de gases de efeito estufa e degradação da qualidade do solo (ARRAES et al., 2012).

O uso do fogo em áreas de vegetação contribui para o avanço do desmatamento, nos riscos de queimadas acidental, danos ambientais, enfraquecimento e perda de nutrientes do solo, sem contar com impacto na saúde do agricultor (Kato et al., 2007). Na região nordeste do estado do Pará, a queima da vegetação em propriedades de agricultores familiares é comum para o e preparo de áreas para cultivo (NAGAISHI, 2020).

Nesse cenário, a prática da agricultura sem queima surge como uma alternativa importante para evitar o uso do fogo na agricultura familiar, onde essa prática ainda persiste. A cooperação técnico-científica entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Amazônia Oriental, a Universidade de Bonn e a Universidade de Gottingen da Alemanha, por meio do programa SHIFT - *Studies of Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics*, iniciada nos anos 90, busca tornar a agricultura familiar na região nordeste do Pará menos agressiva ao meio ambiente. Um dos estudos realizados nesta cooperação foi relacionado ao manejo sustentável da capoeira, vegetação que cresce após o desmatamento e utilizado como aporte de nutriente para o cultivo agrícola (KATO et. al, 2020).

Esse manejo representa uma alternativa para recuperar de áreas alteradas, com o intuito de evitar as perdas de nutrientes, as queimadas e aumentar a renda do agricultor e expandir a fronteira agrícola. A substituição da queima da vegetação pela trituração, intensificada na Região Nordeste do Pará pelo Projeto Tipitamba, reduz emissão de carbono para a atmosfera, trazendo benefícios como melhoria da qualidade do solo, conservação de água, regulação térmica do solo, intensificação da produção e aumento da produtividade ao longo do tempo (FERREIRA, 2012).

Neste contexto, as pesquisas realizadas no Projeto Shift Capoeira identificaram duas linhas de inovações tecnológicas. A primeira consiste no enriquecimento da capoeira com árvores leguminosas conforme sugerido por Kato et al. (2020) e apresenta objetivo de diminuir o período de pousio e promover o acúmulo de biomassa e nutrientes na vegetação de pousio, conforme abordado por Brienza et al. (2000). Essa abordagem, ao integrar árvores leguminosas, visa acelerar o acúmulo de biomassa e nutrientes, promover a diversificação da vegetação, mas também contribuir para práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. Esse método

representa uma iniciativa fundamental para fomentar a resiliência e a eficiência nos sistemas agrícolas locais.

A segunda linha de inovação consiste na aplicação da tecnologia de trituração da biomassa da capoeira, que envolve a fragmentação da biomassa aérea da vegetação de pousio (capoeira) para reduzir a perda de nutrientes distribuir sobre o solo na forma de cobertura morta, conforme descrito por Kato e Kato (2000). O método de preparo de área utilizado no projeto, envolve trituração mecanizada em duas fases: derrubada da vegetação secundária e trituração desse material. A biomassa resultante, depositada sobre o solo como cobertura morta, enriquece o solo ao longo do tempo (Block, 2004). Essa abordagem não apenas elimina a necessidade de queima, preservando a vegetação, mas também promove práticas sustentáveis ao enriquecer o solo de maneira natural e eficiente.

As principais vantagens do método incluem a redução de emissão de gases nocivos, menor risco de incêndios, maior flexibilidade no calendário agrícola e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Gramkow et al., 2020). Embora o sistema de trituração da capoeira, embora não represente uma solução abrangente, é uma alternativa viável para reduzir ou eliminar o uso do fogo na agricultura. No entanto, para colocá-lo em prática, é necessário possuir um conhecimento detalhado, fazer uso de equipamentos e realizar investimentos, o que torna essencial o suporte de associações, cooperativas e entidades governamentais.

O estudo conduzido nesta dissertação, utilizando o triturador Ecotritus HL240 da Himev, busca contribuir para a compreensão do desempenho da capoeira triturada. Esta pesquisa envolveu a avaliação da qualidade do material triturado por meio de peneiramento e a análise do desempenho do cultivo agrícola. A importância desse estudo reside na necessidade de explorar alternativas sustentáveis e produtivas para a agricultura familiar na Amazônia, onde a prática tradicional de corte e queima é prevalente.

1.1 Questão Científica

O sistema de corte e trituração com um triturador de porte médio representa uma alternativa eficiente para o preparo de áreas de cultivo na agricultura familiar sem o uso do fogo, na região nordeste do Pará?

1.2 Hipótese

O preparo de área para o cultivo de alimentos no Nordeste Paraense, sem recorrer ao uso do fogo, pode ser realizada por meio da trituração da biomassa de capoeiras de até 5 anos. Com triturador de médio porte acoplado a um trator de 100 cv.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desempenho de triturador de médio porte na trituração de biomassa de capoeira para o preparo de área, em propriedades de agricultores familiares no nordeste do Pará.

2.2 Específicos

- Avaliar rendimento da trituração de biomassa com triturador de médio porte;
- Avaliar a qualidade do material triturado com triturador de médio porte;
- Avaliar o desempenho de cultivo agrícola em área preparada com triturador de médio porte.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A importância da agricultura familiar

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) mostra que o número de agricultores familiares no mundo está estimado em mais de 500 milhões e são responsáveis pela produção de mais de 80% de toda a comida do planeta (FAO, 2014).

Dados do Censo Agropecuário de 2017 destacam a expressiva presença da agricultura familiar, representando 84,4% dos estabelecimentos rurais no Brasil. Apesar de operar em áreas menores em comparação com a agricultura não familiar, a agricultura familiar desempenha um papel importante na oferta de alimentos básicos para a população (IBGE, 2017).

Além de seu papel produtivo, a agricultura familiar é reconhecida como um instrumento de inclusão social e distribuição de renda. Estudos indicam que, ao longo do tempo, a agricultura familiar tem se mostrado mais eficiente do que as empresas agrícolas (Andrioli, 2009). Dessa forma, é fundamental oferecer alternativas sustentáveis de uso dos recursos naturais para fortalecer ainda mais esse setor.

A agricultura familiar na Amazônia se destaca pelo emprego da agricultura rotacional, que alterna fases de cultivo com períodos de pousio, sendo esta fase essencial para manutenção da produtividade agrícola do sistema de derruba e queima (Loomis, 1984). Durante os períodos de pousio, a capoeira acumula nutrientes essenciais para os cultivos subsequentes (Salomão et al., 2012), tornando-se uma peça fundamental na preservação da biodiversidade, especialmente nas áreas mais impactadas (ADDOR; LIANZA, 2015).

A implementação do Programa Nacional de Apoio à Agricultura de Base Ecológica nas Unidades Familiares de Produção na Amazônia destaca-se como parte do cenário de práticas agrícolas sustentáveis. Lançado em 2005, esse programa visa fortalecer as iniciativas da agricultura familiar, incentivando a transição para modelos sustentáveis. Essa estratégia é coordenada pela Secretaria da Agricultura Familiar (SAF), em colaboração com os ministérios do Meio Ambiente, Agricultura e Ciência e Tecnologia (BUAINAIN et al., 2007).

No âmbito nacional, políticas como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) desempenham funções no apoio à agricultura familiar no Brasil. O PAA, integrado às políticas de segurança alimentar, estimula a produção agrícola familiar e a comercialização desses produtos, garantindo acesso regular e qualitativo a alimentos para a população em situação de insegurança alimentar. Simultaneamente, o PNAE adquire produtos da agricultura familiar para as refeições escolares,

estabelecendo uma conexão vital entre políticas agrícolas e segurança alimentar, conforme destacado por SOUZA-ESQUERDO; BERGAMASCO (2014).

Essa abordagem integrada não se limita a promover apenas a sustentabilidade agrícola. Seu objetivo estende-se para contribuir para a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades envolvidas. Um marco significativo nesse contexto foi a promulgação, em 2 de maio de 2023, da Lei nº 9.899, que criou a Secretaria de Estado da Agricultura Familiar (SEAF) no Pará. Essa secretaria, com foco no desenvolvimento rural equilibrado, concentra-se na promoção da agricultura familiar, pequenos produtores rurais e comunidades tradicionais no Estado do Pará (Pará, 2023).

Igarapé-Açu, um destaque na produção agrícola na região nordeste do Pará, é impulsionado pelo estímulo aos pequenos produtores e à agricultura familiar. Esse sucesso é resultado do trabalho da Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento (SEMAAB), responsável por coordenar e fortalecer a política agrícola no município. A SEMAAB atua para criar condições mínimas tanto para grandes quanto para pequenos produtores, buscando melhorar a economia do município como um todo. Um dos projetos-chave é o de Produção de hortaliças para Agricultura Familiar, o projeto “Patrulha mecanizada”, que apoia a Agricultura Familiar na mecanização de áreas para o plantio diversificado, disponibilizando a eles trator e equipamentos para uma patrulha mecanizada e também incluindo a realização da Feira do Produtor (OLIVEIRA, 2002).

A pesquisa participativa tem desempenhado um papel determinante na identificação e sistematização de práticas e tecnologias sustentáveis de interesse para os agricultores. Esse processo foca em dar visibilidade e valoriza experiências que estão passando por uma validação científica.

Os sistemas agroflorestais, sistema de cultivo diversificado têm levado ao desenvolvimento simultâneo de sistemas de produção, que se assemelham às características das florestas naturais, sendo categorizados como sistemas agroflorestais multiestratos (Kato et al., 2007), oferecem a vantagem de proporcionar produção a cada ano de implementação, com a diversidade de espécies e oferta de produtos em diferentes períodos do ano, esses sistemas permitem uma produção contínua ao longo de todos os meses do ano.

Essa diversidade de espécies diminui o de ocorrência de pragas, doenças e vulnerabilidade às flutuações nos preços dos produtos no mercado, e também contribui com a segurança alimentar e a geração de renda (MORAES, 2017).

Conforme Lourenzani (2006), os agricultores familiares se destacam como os principais geradores de empregos e impulsionadores do desenvolvimento local. Sua contribuição é notável, pois promovem uma distribuição mais equitativa da renda e desempenham um papel significativo na produção nacional, fortalecendo assim a economia dos municípios onde estão estabelecidos.

No contexto específico de produtos, a agricultura familiar segundo IBGE 2017 ela é responsável por fornecer 87% do consumo nacional de mandioca, 35% de caupi e 46% do milho. Essas espécies agrícolas são consideradas carro-chefe na subsistência e sustento dos agricultores, destacando a importância dessa prática agrícola para a segurança alimentar e a economia do país.

Os dados do IBGE destacam nacionalmente o estado do Pará pela significativa área destinada ao cultivo de mandioca, atingindo 301.364 hectares em 2017. Em Igarapé-Açu, 80,53% dos estabelecimentos agropecuários, totalizando 2.126, pertencem a agricultores familiares. Já em Marapanim, são registrados 911 estabelecimentos agropecuários, que adotam a prática de gestão alternada com culturas florestais (IBGE, 2017).

3.2 Alternativas para redução do uso do fogo na agricultura

Apesar da presença de modelos de produção modernos, alguns agricultores da Amazônia ainda optam por abordagens tradicionais na gestão dos recursos naturais, buscando otimizar os agroecossistemas com o uso de insumos e utilizando a técnica de corte e queima, mesmo com os riscos de incêndios (RESQUE et al 2019).

É essencial procurar métodos sustentáveis que possam substituir o sistema convencional de preparo da área, como: adubação verde, biofumigação, controle biológico, agroecologia incluindo a diversificação de culturas, a promoção da resiliência dos ecossistemas agrícolas e a redução da dependência de insumos externos, sistemas agroflorestais com integração de árvores, arbustos e culturas agrícolas em sistemas agroflorestais para promover a biodiversidade e criar um ambiente mais resiliente, entre outros.

A agricultura sem queima também é incluída como uma abordagem sustentável que busca reduzir ou eliminar o uso do fogo no processo de preparação do solo. Essa prática tem relevância em várias regiões do mundo: África, Ásia, América latina, e outros.

O acelerado aumento de desmatamento Região Amazônica e o surgimento de enormes áreas alteradas tem promovido uma mudança na paisagem da região e o avanço da fronteira agrícola com formação de vegetação secundária de vários estágios. Essas regiões desempenham

um papel significativo em termos de importância ecológica, contribuindo para o crescimento florestal, acúmulo de biomassa, benefícios hidrológicos e preservação da biodiversidade.

Elas têm a capacidade de facilitar a extração de nutrientes de camadas mais profundas, assimilar e reter dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, parcialmente restaurar as funções hidrológicas das florestas primárias, controlar processos erosivos, lixiviação e a propagação de espécies vegetais invasoras, além de fornecer madeira. Essas áreas também servem como corredores ou espaços para a expansão da vida selvagem (SHIMIZU et al., 2014).

Com o intuito de eliminar a prática do uso do fogo nos sistemas de produção, diversas alternativas têm sido objeto de pesquisa e desenvolvimento. Destaca-se a experiência do projeto "Roça sem queima", implementado por organizações de agricultores familiares na Região da Transamazônica. Esse método contribui para a recuperação gradual do solo, proporcionando a oferta de nutrientes e carbono ao reciclar nutrientes das camadas mais profundas para a superfície. Além disso, fornece matéria orgânica através da decomposição da folhagem, resultando em melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo. Esse processo não apenas oferece serviços ambientais, mas também flexibiliza o calendário agrícola (TRINDADE et al., 2011).

O preparo da área sem o uso do fogo pode ser executado por meio de diversas ferramentas ou equipamentos, escolhidos com base no estágio de desenvolvimento da vegetação secundária. O corte e trituração da capoeira de pequeno porte pode ser feito manualmente com um terçado (facão) (Figura 1a) ou com roçadeira (Figura 1b), e o material vegetal triturado é espalhado manualmente sobre o solo, esta técnica demanda muita mão-de-obra. Já em capoeiras maiores o trabalho é feito por enxadas rotativas, roçadeiras e trituradores que podem ser acoplados a tratores de 100 cavalos.

Figura 1. Ferramentas utilizadas para a trituração manual. a) Terçado, b) roçadeira.



Fonte: Autora (2021); Stihl (2023).

No início dos anos 90 o antigo Projeto SHIFT, hoje Tipitamba utilizou protótipos, os chamados Tritucap, que foram desenvolvidos para ter melhor desempenho na trituração da capoeira. Bervald em 2005 utilizou em seu estudo o Tritucap I que é composto por um chassi base que sustenta dois rotores projetados para girar do centro para as extremidades. Nos rotores estão instaladas duas serras circulares, cada uma com um diâmetro de 1000 mm, equipadas com dentes de wídea. Essas serras realizam o corte da vegetação na sua base, imediatamente acima da superfície do solo.

Utilizou-se também o Triturador de galhadas FM 600 (Figura 2), que é indicado para vegetação secundária de até 12 anos. Este último requer uma potência de motor entre 140 cv e 180 cv, uma tomada de potência de 1.000 rpm e uma velocidade de trabalho inferior a 2,7 km/h e seu funcionamento é caracterizado pela operação do trator no sentido normal ou em marcha à ré, demandando rápidas mudanças de direção. Nesse contexto, a reversão de torque torna-se indispensável. Além disso, possui uma tomada de potência independente e utiliza um sistema de transmissão POWER SHIFT, o que facilita significativamente a operação (BERVALD et al., 2007).

Block (2004) e Bervald (2005) adotaram a mesma metodologia ao utilizar o Tritucap, um equipamento que executa as operações de derrubada, trituração e distribuição da capoeira triturada. Este processo resulta na dispersão do material triturado como cobertura morta sobre o solo. Após essas fases, torna-se viável a prática do plantio direto na área.

Essa abordagem demonstra o desempenho do Tritucap na preparação do solo de maneira integrada, promovendo uma transição suave para o cultivo direto, sem a necessidade de práticas como a queima.

Figura 2. Triturador de grande porte, triturador florestal AHWI FM 600 (largura = 2.700 mm, diâmetro do rotor = 600 mm, peso = 2.800 kg, velocidade periférica = 49 m/s ou 31,4 m/s).



Fonte: Block (2004); Embrapa (2020).

Autores utilizaram o triturador de grande porte FM 600 para triturar biomassa e obtiveram os seguintes valores: Kato (2000) relatou uma biomassa aérea seca de 24 t/ha em uma área de quatro anos de idade. Nagaishi (2005) obteve uma biomassa seca de 49,30 t/ha em uma capoeira de cinco anos. Bervald (2005), registrou uma biomassa triturada de 36,46 t/ha em uma capoeira de oito anos.

Esses resultados destacam a eficácia do uso de trituradores de grande porte na obtenção de biomassa a partir de áreas com diferentes idades de vegetação. Além disso, eles fornecem uma base sólida para avaliar o potencial de produção de biomassa em diferentes estágios de desenvolvimento vegetal e para comparar a eficiência de diferentes métodos de preparo de áreas.

No estudo conduzido por Rêgo (2016), foi comparada a demanda de mão de obra em diferentes métodos de preparo de área. O método convencional de cultivo, que envolveu a derrubada e queima da vegetação, e o preparo da área para o plantio (incluindo broca, derrubada, queima e coivara), demandou em média 25 dias de trabalho por hectare. Já para o sistema mecanizado de corte e trituração, o tempo médio foi reduzido para 5 horas por hectare, resultando na liberação de 25 trabalhadores dessa atividade desgastante.

Essa ligação evidencia a importância de se entender os diferentes métodos de preparo de área e seus impactos na produção de biomassa, bem como na demanda por mão de obra. O uso de trituradores pode não apenas melhorar a eficiência na obtenção de biomassa, como também reduzir a necessidade de trabalho manual intensivo, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e eficiente.

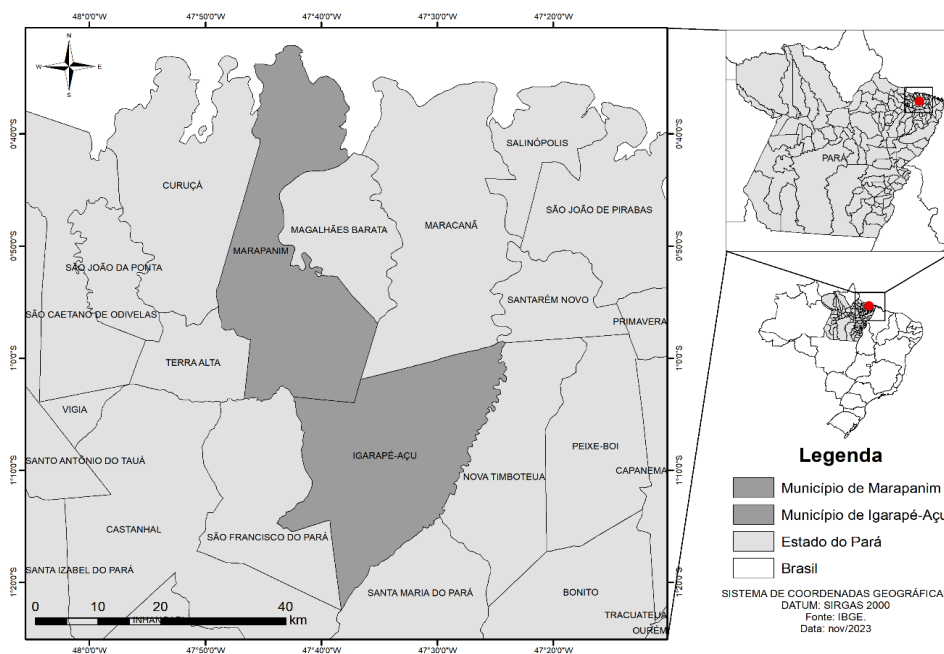
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo teve início em 2021 nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim (Figura 3), mesorregião do nordeste do estado do Pará. As áreas de teste localizadas em Igarapé-Açu encontram-se nas coordenadas geográficas, latitude: 1° 7' 40'' sul e longitude: 47° 37' 27'' oeste, Zona Bragantina, e as áreas estão localizadas no município vizinho, Marapanim, Região do salgado, estão localizadas nas coordenadas geográficas latitude: 0° 42' 38'' sul e longitude: 47° 41' 52'' oeste.

Os municípios de Igarapé-açu e Marapanim, foram escolhidos por serem destaque na produção agrícola, com estímulos aos pequenos produtores e à agricultura familiar. Em Igarapé-açu a população estimada no último censo do IBGE (2022) foi de 35.797 habitantes, com área de 785,98 Km² e densidade demográfica de 45,54 habitantes km². A população estima de Marapanim é de 26.573 habitantes, com área territorial de 804,625 km² e densidade demográfica de 33,03 habitantes por km²

Figura 3. Municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, localizados no nordeste paraense, uma região em que a vegetação secundária predomina, onde foram desenvolvidos os estudos.



Fonte: Autora (2023); IBGE (2023).

O Clima da região nordeste do Pará tem muita variabilidade, é megatérmico úmido, temperatura média anual em torno de 25°C, tendo registros totais anuais de chuva entre 1000 e 3700 mm (Valois, 2003), com divisão em duas “estações” a chuvosa e a seca. A época mais

chuvosa ocorre na maior parte da região entre dezembro e janeiro, prolongando-se por 5 a 6 meses. Na época da “estação seca”, aparecem problemas hídricos. O solo dominante é classificado como latossolo amarelo, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (Embrapa, 2018).

A vegetação predominante nessa região é caracterizada como vegetação secundária, resultado da agricultura tradicional de corte e queima. Essa prática levou ao desaparecimento de florestas primárias para a implantação de cultivos agrícolas. (Almeida; Vieira, 2014). A vegetação secundária se manifesta em fragmentos de diferentes formas, tamanhos e idades, além de áreas em diferentes níveis de regeneração, estradas e outros usos (VIEIRA, et al., 2007).

Para este estudo, realizou-se um levantamento das áreas disponíveis, considerando a idade da vegetação da área de pousio como critério de seleção. A duração do pousio foi avaliada como um indicador relevante para compreender o estado e a dinâmica da vegetação secundária na região.

4.2 Caracterização do trator TL95 e triturador Ecotritus HL240

Para a preparação da área empregou-se o triturador Ecotritus HL240 da Himev - Indústria e Comércio de Máquinas e Veículos, o qual foi acoplado ao trator New Holland TL95 (Figura 4). Este trator possui uma potência de 100 cavalos, uma cabine refrigerada para proporcionar conforto ao operador e uma robusta capacidade de levante de 2.204 kg. Reconhecido por sua versatilidade, o trator New Holland TL95 é regularmente utilizado em uma variedade de atividades agrícolas, incluindo aragem, plantio, colheita, e outras tarefas pertinentes ao campo (NEW HOLLAND, 2017).

Figura 4. Trator modelo TL95 da New Holland, onde foi acoplado o triturador Ecotritus HL240.



Fonte: NEW HOLLAND (2017)

O trator New Holland TL95 destaca-se pela sua versatilidade, sendo amplamente utilizado em diversas atividades agrícolas, como aragem, plantio e colheita. Visando garantir a

durabilidade e eficiência do trator, foram implementadas medidas de proteção em áreas cruciais. Essas proteções estrategicamente instaladas na parte frontal (a), na região inferior do trator (b), lateral do motor (c), tanque de combustível (d) e atuam como uma barreira defensiva contra impactos e desgastes associados a tarefas agrícolas intensivas (Figura 5).

Ao criar essa camada adicional de segurança, não apenas se reduz o risco de danos acidentais, mas também se assegura a continuidade das operações sem comprometer o desempenho do trator. Dessa forma, a instalação dessas proteções não apenas contribui para a durabilidade do equipamento, mas também representa um investimento estratégico na eficiência e confiabilidade das atividades agrícolas em que o trator está envolvido.

Figura 5. Adaptações feitas no trator TL 95 para proteção das peças e maior durabilidade do trator: a) Parte frontal; b) peito do motor; c) Abaixo do trator d) lateral do motor.



Fonte: Autora (2022).

O equipamento empregado para a trituração foi o Ecotritus HL240 (Figura 6), uma escolha ideal para a abertura e revitalização de áreas destinadas à agropecuária, sem a necessidade de recorrer a queimadas. Além disso, de acordo como fabricante, o Ecotritus HL240 é eficaz na trituração de galhos provenientes de podas, desempenhando diversas funções essenciais para a preparação dessas áreas. Pertencente à linha HL (linha leve), destinada a tratores de média e baixa potência, o Ecotritus HL240 possui peso de 1.075 kg, requerendo uma potência recomendada entre 80 e 100 HP, com uma largura total de 2,40 m e largura de corte de 2,10m. Seus componentes fundamentais incluem patins de arraste, transmissão secundária por correias, lâminas cortantes de alta qualidade, rotor, caixa de transmissão primária, barra quebra-mato e tensão de transmissão secundária, segundo dados da HIMEV (2022).

Os Trituradores Ecotritus HL foram projetados para atender às necessidades específicas dos produtores que dispõem de tratores de média e baixa potência, até 110cv. Esse design permite a trituração eficiente em áreas com vegetação de menor altura e biomassa, inclusive em terrenos com aclives ou declives (HIMEV, 2022).

Figura 6. Triturador de médio porte modelo Ecotritus HL240 da Himev.



Fonte: Autora (2022).

A trituração nas áreas foi cuidadosamente executada a uma altura específica entre 5 e 10 centímetros acima do solo. Essa abordagem foi adotada com o propósito de preservar os tocos e raízes, que desempenham um papel vital como o principal sistema de regeneração da capoeira. O projeto Tipitamba adota o sistema de duas passadas, com intuito de fornecer material mais fragmentado, mais triturado para facilitar a decomposição (DENICH et al., 2004; BERVERALD, 2007).

Sendo assim, a trituração foi realizada em duas etapas: na primeira a derrubada da vegetação secundária e trituração de parte desse material, e na segunda finaliza a trituração e deposita a biomassa triturada sobre o solo como cobertura morta.

4.3 Avaliação de desempenho do triturador Ecotritus HL240

Para avaliar o desempenho do triturador, foram selecionadas onze propriedades rurais, localizadas nas comunidades de Novo Brasil e São João, parceiros do projeto Tipitamba, nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim respectivamente. As propriedades agrícolas selecionadas apresentam capoeiras em diferentes tamanhos, mesmo tendo todas com 4 anos, essa variação da capoeira pode se dar pela condição ambiental específica de cada propriedade está exposta.

Em cada propriedade, uma parcela de 0,5 ha foi demarcada, onde foram realizadas as triturações, medindo o tempo em movimento da máquina e registro do consumo de combustível, metodologia feita por Bervald (2007) e Block (2004), utilizamos uma ficha de controle operacional (Anexo 1) para termos esse controle, a mesma utilizada por Bervald (2007), a ficha que mostra o controle das atividades diárias do triturador como: tipo do trator e triturador, localidade, propriedade, área total trabalhada, tempo em movimento, tempo parado, horímetro mais alguns dados de abastecimento e lubrificação.

Após a conclusão do processo de trituração, foi feita a coleta das amostras da biomassa triturada para avaliação. A avaliação dessa biomassa foi realizada no campo, tomando o peso da biomassa e em seguida retirada subamostras em sacos de papel para posterior pesagem e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis, na Embrapa Amazônia Oriental em Belém, onde foram submetidas a um processo de secagem em estufa a 60°C. Esse procedimento foi mantido até que as amostras atingissem um peso constante.

Análises estatísticas foram conduzidas utilizando o ambiente de programação estatística R versão 4.2. As variáveis de interesse, como biomassa, tempo de preparo e consumo de combustível, foram submetidas a cálculos estatísticos, incluindo médias e medianas. A visualização dos dados foi realizada por meio de gráficos boxplot, gerados utilizando a linguagem R.

4.4 Avaliação quantitativa e qualitativa do material triturado com triturador Ecotritus HL240

A avaliação da quantidade e qualidade do material triturado foi realizada nas instalações da FEIGA: Fazenda Escola de Igarapé-Açu da UFRA (Figura 7), onde foi selecionada uma capoeira de 4 anos.

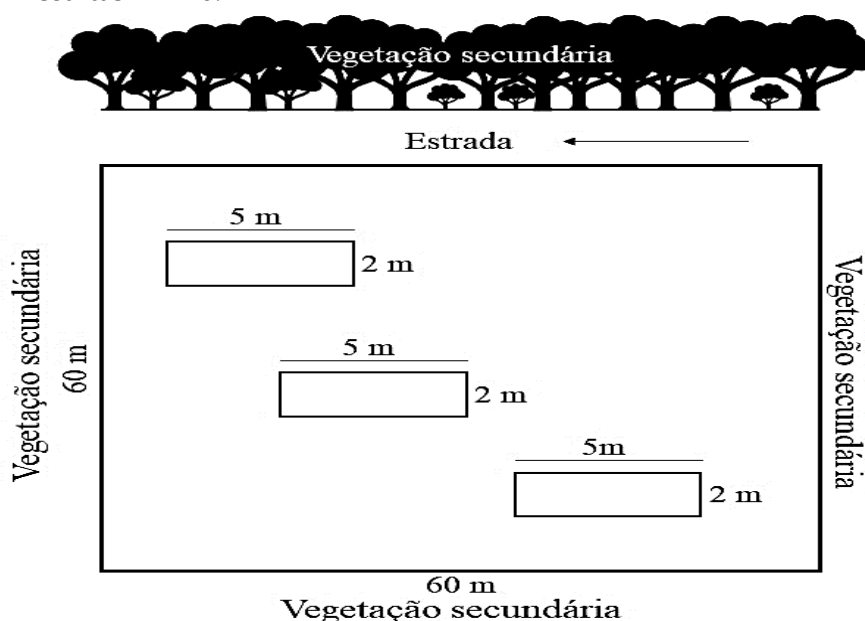
Figura 7. Área da Fazenda Escola de Igarapé- Açu (FEIGA), em Igarapé- Açu.



Fonte: Google Maps (2022). Elaboração: Autora (2022)

Nesta análise, foram considerados os parâmetros referentes à quantidade e qualidade de trituração da capoeira. O processo de trituração foi realizado em uma área de 60x60m, em que foram demarcadas três parcelas de 5m x 2m cada, como esquematizado na Figura 8, e feita em duas etapas: na primeira a derrubada da vegetação secundária e trituração de parte desse material, e na segunda finaliza a trituração e deposita a biomassa triturada sobre o solo como cobertura morta.

Figura 8. Croqui da área medindo 60x60m, para a avaliação da quantidade e qualidade de material triturado com Ecotritus HL240.



Fonte: Autora, (2022).

Foram coletadas amostras do material total de cada parcela, o peso total da biomassa triturada foi registrado no campo com auxílio de uma balança suspensa Crane Scale 50kg (Figura 9). Após a coleta e pesagem de 100% da biomassa das parcelas, realizou-se a retirada de subamostras que foram pesadas em balança de precisão e acondicionadas em sacos de papel para facilitar a manipulação. As subamostras coletadas foram pesadas individualmente e levadas para o laboratório para a secagem em estufa 60°C, até atingirem peso constante.

Figura 9. Balança Suspensa Crane Skale 50 Kg, utilizada para pesar a biomassa em campo.



Fonte: Autora (2022)

A altura da camada de biomassa triturada depositadas sobre o solo na forma de cobertura morta (Figura 10), com o auxílio de uma régua escolar de 30 cm e uma trena, a medição foi feita a em 10 metros em 10 pontos, tomando a altura em centímetros.

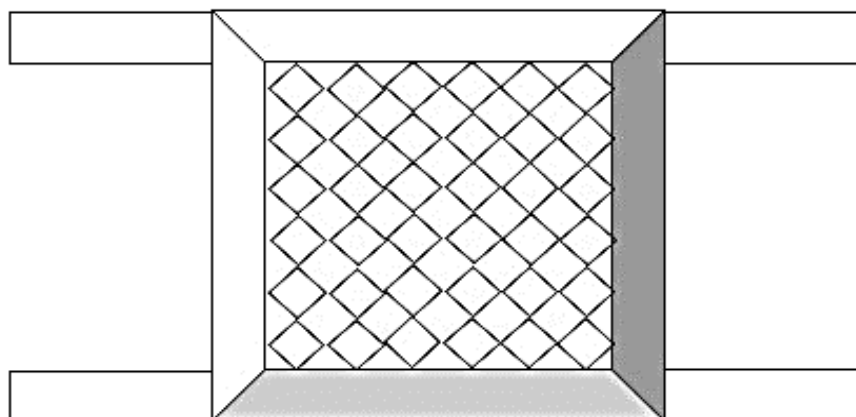
Figura 10. Materiais utilizados para medição da altura da cobertura morta.



Fonte: Autora (2022).

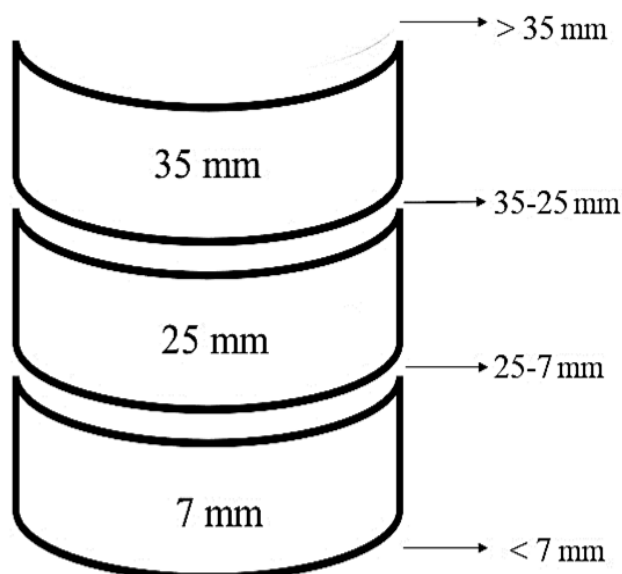
A avaliação da qualidade do material triturado, seguindo a metodologia de Block (2004); Bervald (2005) e Nagaishi (2020), onde as amostras foram submetidas a uma análise granulométrica, utilizando um sistema de peneiramento composto por três peneiras de 1 m² (Figura 11), com malhas de abertura de 7 mm, 25 mm e 35 mm (Figura 12).

Figura 11. Modelo da peneira utilizada, para a avaliação da qualidade do material triturado com Ecotritus HL 240.



Fonte: Autora (2021).

Figura 12. Sequência de peneiramento para classificação da biomassa triturada pelo Ecotritus HL240.



Fonte: Autora (2021).

A avaliação do material triturado baseou-se em quatro classes quantitativas (C), sendo: $C1 = T < 7$, $C2 = 7 < T < 25$, $C3 = 25 < T < 35$, $C4 = T > 35$, além de quatro classes qualitativas que foi visual distinguir o material de acordo com o grau de trituração recebido, sendo: com casca, parcialmente triturado, completamente desfiado e sem forma, de acordo com critérios adotados por Bervald (2005) e Block (2004).

4.5 Avaliação do desempenho na produção de cultivos agrícolas

4.5.1 Área de estudo

A avaliação do desempenho agrícola foi realizada em uma propriedade de agricultor familiar, localizada na PA-127, comunidade Novo Brasil, em Igarapé-Açu. Para esta avaliação,

foi selecionada uma área de 0,5 há, de capoeira de baixo porte de 5 anos, onde em 2021 foi realizado um levantamento florístico, para observarmos a vegetação predominante, abrangendo, todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) $\geq 0,54$ cm, a identificação desses indivíduos foi feita em campo, juntamente com seus nomes científicos, e confirmada por profissionais da Embrapa e corroborada por referências literárias, foi feito um levantamento fitossociológico utilizando as seguintes fórmulas (OLIVEIRA, 2014):

- a) Diâmetro à altura do peito (DAP)

$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

Onde,

DAP: é o Diâmetro à Altura do Peito;

CAP: é a Circunferência à Altura do Peito;

π : é o valor de pi (aproximadamente 3.14159).

Aproveitando os dados coletados, foi calculada densidade com a fórmula:

- b) Densidade absoluta (DA)

$$DA = n_i \quad (2)$$

- c) Densidade relativa (DR)

$$DR = (n_i / N) * 100 \quad (3)$$

Onde,

N_i : é o número de indivíduos da espécie i por hectare;

N: é o número total de indivíduos por hectare.

- d) Frequência absoluta (FA)

$$FA: \text{é o número de parcelas em que ocorre uma espécie} \quad (4)$$

- e) Frequência relativa (FR)

$$FR: (FA_i / \sum FA_i) * 100 \quad (5)$$

Onde,

FA_i : é a frequência absoluta da espécie i

- f) Dominância absoluta (DoA)

$$DoA = \sum g_i \quad (6)$$

- g) Dominância relativa (DoR)

$$DoR = (DoA / G) * 100 \quad (7)$$

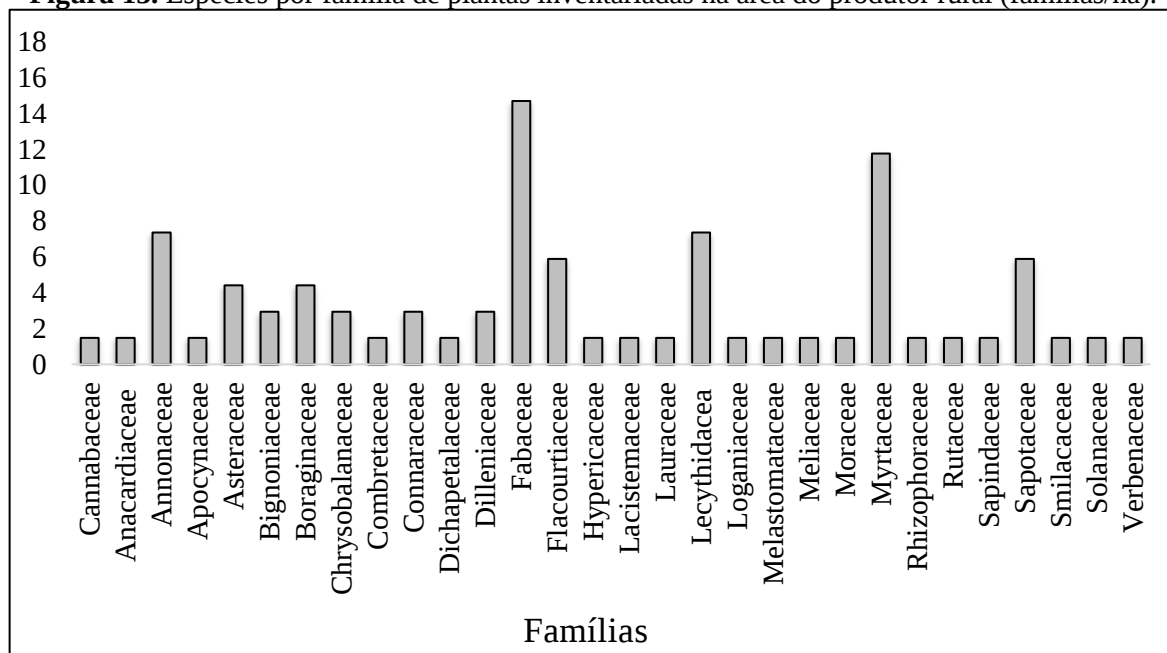
Onde,

g_i = área transversal da espécie i ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

G = área basal para o total do conjunto de espécies ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

Esses parâmetros fitossociológicos foram calculados para compreender a composição e a distribuição da vegetação na área de estudo. O levantamento florístico revelou a presença de um total de 67 espécies, distribuídas em 30 famílias, conforme detalhado na Figura 13. Este conjunto diversificado de espécies contribui para a riqueza ecológica da área estudada, proporcionando um panorama abrangente da biodiversidade presente.

Figura 13. Espécies por família de plantas inventariadas na área do produtor rural (famílias/ha).



Fonte: Autora (2022).

Destacando- se a *Myrcia sylvatica* (G.Mey) DC., um arbusto comum em áreas de florestas secundárias e savanas e pertencente à família Myrtaceae, apresenta-se como espécie mais abundante na área, com um total de 59 indivíduos e também maior dominância relativa com a área basal e 105,36 m²/ ha. Popularmente conhecida por diversos nomes, como murtinha, vassorinha e pedra-ume-caá, essa planta é amplamente utilizada na medicina popular, sendo consumida como chá para o tratamento de condições como hemorragias, diarreia e diabetes (SILVA et al., 2015).

A espécie *Senna georgica* H.S.Irwin & Barneby var. *georgica* da família Fabaceae não é a mais abundante, mas é amplamente distribuída na área, ocorrendo em quase todas as parcelas, o que contribui para sua alta frequência na área amostrada (Flora do Brasil, 2022), as espécies que foram encontradas foram de maioria as encontradas em áreas antropizadas, tendo a vegetação secundária como predominante.

4.5.2 Desempenho na produção de cultivos agrícolas, com preparo de área feito com o triturador Ecotritus HL 240

Em 2022 em uma área de 0,5 ha do produtor rural, demos início ao processo do preparo de área para o plantio, para isso foram coletadas amostras de biomassa de capoeira. As amostras foram pesadas em campo e retirada subamostras também pesadas, essas subamostras foram levadas a laboratório, para o processo de secagem em estufa, até atingirem peso constante.

Logo após, a capoeira foi submetida a trituração, sendo realizada em duas etapas: na primeira a derrubada da vegetação secundária e trituração de parte desse material, e na segunda finaliza a trituração e deposita a biomassa triturada sobre o solo como cobertura morta, pronta para receber o plantio.

Nesta área triturada, três blocos, de 48 m x 33 m, foram delimitados para instalação dos tratamentos (T), sendo: T1, cultivo exclusivo de milho; T2, milho e mandioca; e T3, milho, caupi e mandioca. Cada tratamento apresentou três repetições, totalizando nove parcelas no experimento de 16 m x 33 m, conforme representado na Figura 14.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso. As espécies vegetais plantadas foram *Zea mays* L. (milho - BRS Caimbé), *Manihot esculenta* Crantz (mandioca - Olho Roxo) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (feijão-caupi - BRS Guariba).

O espaçamento utilizado do milho foi 1m x 0,5m para T1, T2 e T3, para mandioca foi utilizado o espaçamento 1 m x 1 m para T2 e T3 e o espaçamento do caupi foi de 1 m x 0,5 para T3, utilizando adubação NPK 10.28.20 (200kg/ ha).

Figura 14. Croqui da plantação em 0,5 hectares, nove parcelas alocadas, aplicando três tratamentos e três repetições.



Fonte: Autora (2021).

As escolhas das culturas foram tomadas por representarem as principais culturas adotadas por agricultores que praticam o método de derruba e queima; sendo o milho, a mandioca e o caupi utilizadas tanto para o consumo humano (garantindo segurança alimentar)

quanto para a alimentação de pequenos animais, além da comercialização do excedente produzido.

Para avaliação dos cultivos agrícolas foram considerados:

4.5.2.1 Milho

Foram analisadas 24 plantas uteis de milho por repetição em cada tratamento, foram colhidas as espigas produzidas para a produção de grão.

As espigas foram expostas sol para secagem e depois debulhado manualmente para obter o peso de palha, espiga e grão para serem feitas análises. A produção de grãos foi analisada considerando uma umidade fixa de 13%, utilizando a fórmula:

$$\text{Umidade do milho: } ((13\% - \text{umidade atual}) / (100 - \text{umidade atual})) * \text{peso de campo} \quad (8)$$

4.5.2.2 Caupi

Para a análise do caupi foram colhidas vagens de 22 plantas uteis, em 318 vagens, foram conferidas o número de vagem por repetição e por tratamento, tomado peso com a balança suspensa e foram tiradas subamostras pesadas em balança de precisão, levadas a laboratório para serem secas em estufas 60°C até atingirem peso constante. Depois de seco, foram debulhadas manualmente para analisar a produção. A produção de grãos foi analisada considerando uma umidade fixa de 13%, utilizando a fórmula:

$$\text{Umidade do caupi: } ((13\% - \text{umidade atual}) / (100 - \text{umidade atual})) * \text{peso de campo} \quad (9)$$

4.5.2.3 Mandioca

Foi coletada a biomassa aérea de 12 plantas por repetição e tratamento, retiradas subamostras, pesadas e levadas ao laboratório para a estufa para o processo de secagem, até atingirem peso constante.

Foram coletadas raízes em 55 raízes de dessas 12 plantas para avaliar a produção dessa mandioca. As raízes foram lavadas e cortadas, expostas ao sol para secagem inicialmente e depois levadas a estufa até atingirem peso constante.

4.5.2.4 Análise estatística

A análise teve como objetivo comparar e identificar diferenças significativas na produção total de alimentos entre esses tratamentos. Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento experimental apropriado, e a produção total de alimentos foi mensurada em quilogramas por hectare (kg.ha⁻¹).

Para atender às premissas estatísticas, os dados foram submetidos a uma transformação utilizando a raiz quadrada ($\sqrt{x}$). A escolha dessa transformação foi baseada na necessidade de adequar os dados aos pressupostos dos testes estatísticos aplicados.

Posteriormente, a análise de variância (ANOVA) foi empregada para identificar diferenças significativas entre os tratamentos, com um nível de significância de 5%. O teste de Tukey foi utilizado para realizar comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos. O coeficiente de variação (CV), expresso em porcentagem, foi calculado para fornecer uma medida da variabilidade dos dados.

É importante ressaltar que todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR, garantindo precisão e consistência nos resultados obtidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

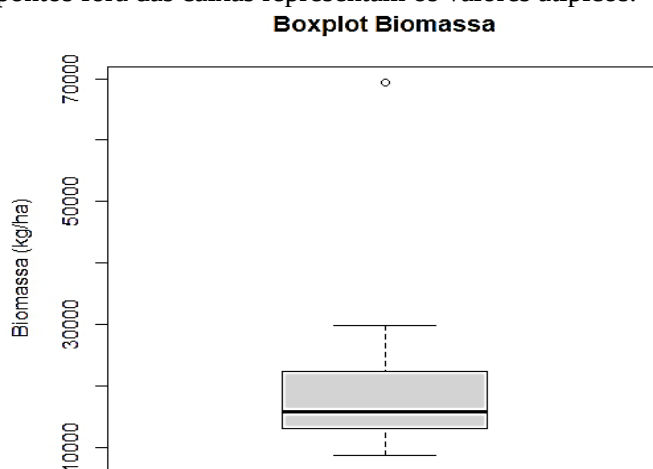
5.1 Avaliação de desempenho do triturador Ecotritus HL240

O rendimento médio de 22,00 toneladas por hectare (t/ha) de biomassa da capoeira triturada nas onze propriedades destaca a eficiência do triturador Ecotritus HL240. Esse valor demonstra a capacidade do equipamento em processar e triturar a vegetação, proporcionando uma quantidade considerável de biomassa para a cobertura morta do solo.

Ao considerar o consumo de combustível registrado em 74,39 litros por hectare e o tempo necessário para o preparo da área de 9 horas e 34 minutos por hectare, observamos indicadores essenciais para avaliar a eficiência operacional do sistema. A eficácia temporal é importante na agricultura, e os resultados indicam uma eficiência razoável no tempo necessário para o preparo da área.

A análise dos dados operacionais do triturador Ecotritus HL 240 proporciona um aumento sobre seu desempenho em diferentes áreas. A análise do boxplot da biomassa do triturador Ecotritus HL 240 (Figura 15) revela algumas informações importantes sobre a distribuição dos dados de produção. A caixa central do gráfico, que representa o intervalo interquartil, sugere uma variabilidade significativa na produção de biomassa. A média da biomassa, indicada pela linha central da caixa, é de 22.001,01 kg/ha, enquanto a mediana, representada pela linha dentro da caixa, é ligeiramente menor, com 15.856,67 kg/ha. Isso sugere que a distribuição dos dados está ligeiramente inclinada para a esquerda, com uma maior concentração de valores abaixo da média.

Figura 15. O gráfico de boxplot da biomassa apresenta a distribuição dos dados de produção de biomassa triturada utilizando um triturador de médio porte Ecotritus HL 240. Os valores são expressos em quilogramas por hectare (kg/ha). A linha central em cada caixa representa a mediana dos dados, enquanto as bordas superior e inferior da caixa indicam o primeiro e o terceiro quartis, respectivamente. Os pontos fora das caixas representam os valores atípicos.

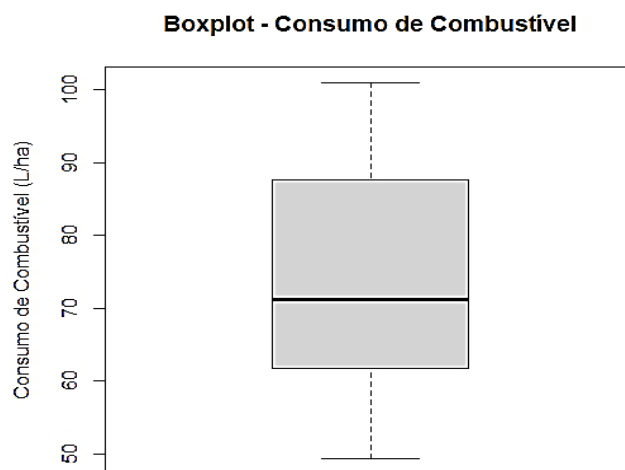


Fonte: Autora (2023)

As "linhas de dispersão", que representam a extensão da dispersão dos dados, indicam a amplitude total da produção de biomassa. A presença de valores atípicos, representados como pontos além das linhas de dispersão, sugere a ocorrência de observações incomuns ou extremas na produção. Esses valores podem ter influência significativa na média, mas a mediana, que é menos sensível a valores extremos, fornece uma medida mais robusta da tendência central dos dados.

A análise do boxplot de consumo de combustível (Figura 16) fornece uma representação visual da distribuição dos dados e destaca algumas informações importantes sobre o comportamento do consumo de combustível durante as operações. A mediana do consumo, indicada pela linha central da caixa, está em torno de 71,23 L/ha. Isso sugere que metade das observações estão acima desse valor e metade estão abaixo.

Figura 16. Boxplot do consumo de combustível por hectare - Variação do consumo de combustível em diferentes operações do Triturador Ecotritus HL 240

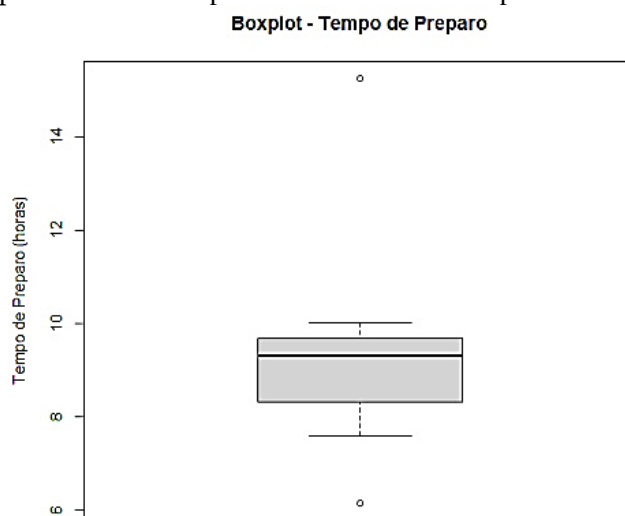


Fonte: Autora (2023)

Valores discrepantes podem indicar situações incomuns ou excepcionais de consumo de combustível que merecem atenção adicional. A presença desses valores atípicos sugere que algumas operações podem ter experimentado um consumo significativamente maior ou menor do que o normal.

A análise do boxplot do tempo de preparo (Figura 17) mostra uma representação visual da distribuição dos dados em relação à duração do tempo necessário para preparar o triturador Ecotritus HL 240 para operação. Observando o gráfico, podemos notar que a mediana do tempo de preparo é de aproximadamente 9,32 horas, enquanto a média é de 9,34 horas. Isso sugere que a maioria das observações está centralizada em torno desse valor, indicando uma consistência relativa na duração do tempo de preparo.

Figura 17. O gráfico de boxplot do tempo de preparo representa a distribuição dos tempos de preparo do triturador Ecotritus HL 240. Os valores são expressos em horas. A linha central em cada caixa representa a mediana dos dados, enquanto as bordas superior e inferior da caixa indicam o primeiro e o terceiro quartis, respectivamente. Os pontos fora das caixas representam os valores discrepantes.



Fonte: Autora (2023)

A "caixa" central do boxplot representa o intervalo interquartil, que abrange a maioria dos dados, indicando que a maior parte das observações está concentrada nessa faixa de tempo. As "linhas" estendem-se a partir das extremidades da caixa até os valores mais extremos dentro de um intervalo aceitável, excluindo valores atípicos.

A ausência de pontos fora das linhas sugere que não há valores extremamente altos ou baixos que possam ser considerados exceções, o que indica uma consistência razoável nos tempos de preparo registrados. Isso sugere uma certa estabilidade operacional no que diz respeito ao tempo necessário para preparar o triturador para operação, o que pode ser uma vantagem em termos de previsibilidade e planejamento das atividades de operação.

Fatores como condições ambientais, estado de manutenção do equipamento e habilidade do operador podem influenciar significativamente essas variáveis. Portanto, é crucial monitorar de perto esses aspectos e identificar possíveis desvios dos padrões esperados.

A comparação com o estudo de Block (2004), que utilizou o FM 600, um triturador de grande porte, para trituração de capoeira de cinco anos com 35,46 t/ha de biomassa, destaca a capacidade operacional do triturador Ecotritus HL240, um equipamento de médio porte, em capoeiras de quatro anos, alcançando 22,00 t/ha. Esses resultados sugerem que, apesar das diferenças nas capacidades de processamento, o Ecotritus HL240 demonstra um desempenho significativo, especialmente considerando seu porte mais moderado.

O rendimento obtido com o Ecotritus HL240 não apenas atesta sua eficiência de preparo de área para plantio nas áreas com capoeiras de quatro anos, mas também reforça sua contribuição para práticas sustentáveis no manejo de resíduos vegetais. A capacidade do

tritador em processar a capoeira de maneira eficiente oferece uma alternativa ambientalmente consciente, mitigando os impactos negativos do acúmulo de biomassa. Esse aspecto sublinha o papel do Ecotritus HL240 como uma ferramenta versátil e sustentável para a preparação de áreas, promovendo práticas agrícolas mais eficientes e alinhadas a princípios ambientais.

Além disso, a escolha de um triturador de médio porte como o Ecotritus HL240 pode trazer benefícios adicionais em termos de maneabilidade, custos operacionais e flexibilidade em diferentes contextos agrícolas. Ao fornecer uma alternativa viável em comparação com trituradores de grande porte, o Ecotritus HL240 se destaca como uma alternativa equilibrada que combina eficiência operacional com práticas sustentáveis, contribuindo para a gestão funcional de resíduos vegetais em ambientes agrícolas.

5.2 Qualidade da trituração da biomassa aérea de capoeira com triturador de médio porte Ecotritus HL 240

A análise da qualidade da trituração da biomassa aérea de capoeira com o triturador de médio porte Ecotritus HL 240, realizada em uma área de capoeira de 4 anos de idade, proporcionou resultados significativos. A produção total de biomassa seca atingiu aproximadamente 69,47 t/ha, evidenciando o efeito do processo de trituração em converter a biomassa da capoeira em material triturado utilizável.

Um indicador adicional da qualidade do processo foi a formação da camada de liteira após a trituração da vegetação, que alcançou 7,14 cm (Figura 18). Essa camada de liteira representa não apenas um aspecto funcional na proteção do solo contra erosão, perda de umidade e variação da temperatura do solo, mas também contribui para a criação de um ambiente propício para o desenvolvimento de microorganismos e nutrientes essenciais para o solo. Essa formação adequada da camada de liteira é ideal para garantir a manutenção da fertilidade do solo e promover condições ideais para futuras atividades agrícolas.

Figura 18. Camada de liteira sobre o solo após a trituração da biomassa da capoeira.



Fonte: Autora (2022).

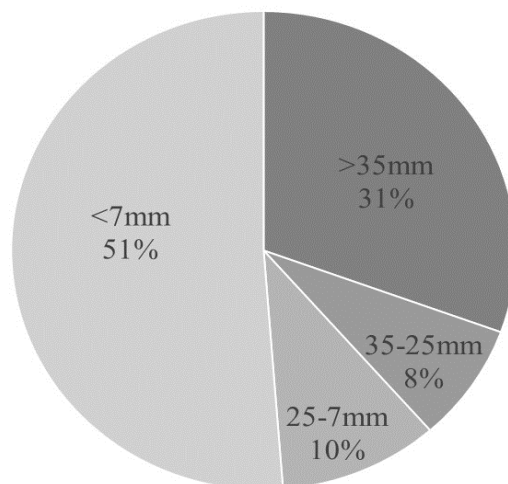
Portanto, os resultados indicam não apenas a eficiência quantitativa da trituração, mas também a qualidade do material resultante. A biomassa triturada apresenta-se como uma cobertura morta capaz de desempenhar um papel fundamental na sustentabilidade do solo, destacando o impacto positivo do uso do triturador Ecotritus HL 240 não apenas na preparação da área, mas também na promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

A comparação com estudos anteriores, como o de Nagaishi (2020), que investigou uma capoeira de 5 anos com um rendimento de 49,30 t/ha, e Bervald (2005), que encontrou o valor de 36,46 t/ha em uma capoeira de oito anos de idade, ambos utilizando trituradores de grande porte, ressalta a impressionante eficiência do Ecotritus HL240, que atingiu um rendimento de 69,47 t/ha. Esses resultados indicam que, mesmo sendo um triturador de médio porte, o Ecotritus HL240 superou as capacidades de trituradores de grande porte utilizados em estudos anteriores.

A avaliação da qualidade do material triturado por meio da técnica de peneiramento revelou uma distribuição notável nas classes de tamanho. A concentração de material na classe <7 mm, alcançando 51%, destaca o bom desempenho do triturador na fragmentação da biomassa. Além disso, o material de maior dimensão (> 35 mm) representou 31%, indicando a presença de componentes que podem servir como fontes de nutrientes a longo prazo para o solo (Figura 19).

Os materiais de maior dimensão têm importância, uma vez que contribuem para a cobertura do solo e fertilidade do solo ao longo do tempo. Enquanto isso, os fragmentos menores (<7 mm) estão prontamente disponíveis para processos biológicos a curto prazo. Essa distribuição equilibrada nas classes de tamanho destaca não apenas a capacidade do triturador Ecotritus HL240 na produção de biomassa triturada, mas também sua relevância na preservação da qualidade do solo, promovendo práticas sustentáveis de manejo de capoeiras.

Figura 19. Distribuição percentual de valores encontrados em cada classe de tamanho de capoeira triturada, com triturador de médio porte.

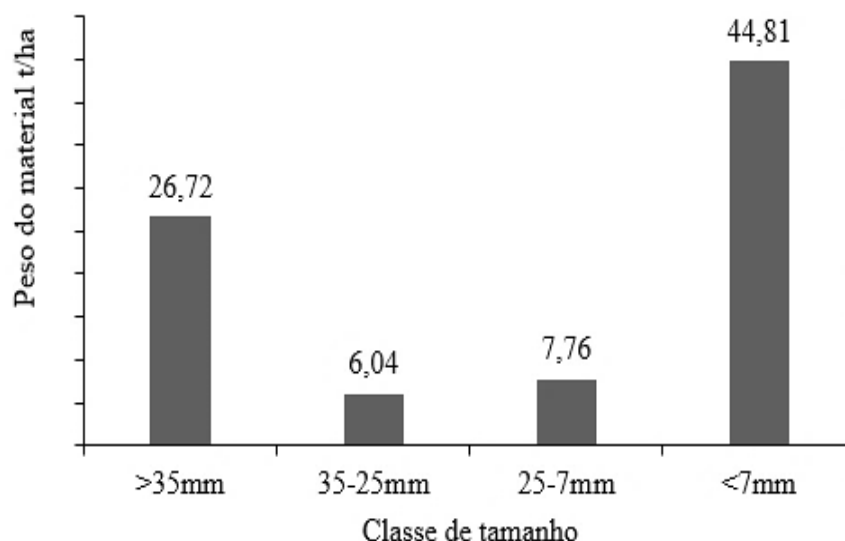


Fonte: Autora (2022).

Os resultados observados nesta análise destacam não apenas a diferença na distribuição de tamanhos de biomassa, mas também a influência substancial dessa diversidade de capoeira triturada. A comparação dos valores obtidos usando a peneira de 35 mm com os resultados de Bervald (2005) e Nagaishi (2020), que empregaram o triturador FM 600, um equipamento de grande porte, revelou um desempenho semelhante de 26,72 t/ha (Figura 20) com o triturador de médio porte Ecotritus HL 240. Bervald (2005) obteve um resultado de 26,62 t/ha, enquanto Nagaishi (2020) encontrou 24,11 t/ha, em capoeiras de 5 e 8 anos, respectivamente. É relevante notar que Bervald (2005) utilizou peneiras de 1, 7, 25 e 35 mm, enquanto Nagaishi (2020) empregou peneiras de 35, 55 e 75 mm.

A consistência nos resultados entre o Ecotritus HL 240 e o triturador de grande porte FM 600 sugere que, apesar das diferenças nas metodologias e equipamentos, o triturador de médio porte apresentou desempenho comparável na trituração da capoeira de 4 anos. Essa concordância destaca a consistência do desempenho do Ecotritus HL 240, evidenciando sua capacidade como uma alternativa prática e ambientalmente amigável no manejo de resíduos vegetais, quando comparado aos trituradores de grande porte.

Figura 20. Peso médio dos fragmentos de material triturado pelo Ecotritus HL240 e aplicados o sistema de peneiramento.



Fonte: Autora (2022).

A comparação dos resultados obtidos por Bervaldo (2007) utilizando o triturador de grande porte FM 600 e os resultados desta pesquisa com o Ecotritus HL240 revela diferenças notáveis Tabela 1. Na capoeira de 4 anos, as áreas 1 e 2, trituradas pelo FM 600, apresentaram biomassa total de 33,38 t/ha e 51,68 t/ha, respectivamente, enquanto a área 3, triturada com o Ecotritus HL240, registrou um rendimento superior de 69,47 t/ha.

Tabela 1. Quantidade de material triturado com Ecotritus HL240 em função de classificação por tamanho

Áreas	Idade da capoeira	Triturador	Biomassa (t/ha)	Classes				Total (%)
				>35mm	25-35mm	25-7mm	<7mm	
1	4	FM 600	33,38	25,56	12,31	26,43	35,7	100
2	4	FM 600	51,68	15,06	18,84	27,12	38,97	100
3	4	Ecotritus HL240	69,47	30,55	7,98	10,24	51,23	100

Sendo, áreas 1 e 2 dados de Bervaldo e área 3 dados da autora.

Fonte: Bervaldo (2007), Autora (2022)

Os dados ressaltam a capacidade do triturador de médio porte Ecotritus HL240, que supera o desempenho do triturador de grande porte FM 600 na capoeira de 4 anos. A diferença nos resultados evidencia a capacidade do Ecotritus HL240 no preparo de áreas, gerando uma quantidade substancial de biomassa (51,23% do total <7mm). Isso reforça sua utilidade, mesmo sem a necessidade do uso do fogo, ressaltando seu desempenho notável na trituração de capoeira de 4 anos em comparação com o triturador de grande porte FM 600 utilizado por Bervaldo (2007).

Os resultados destacam a relevância de avaliar a capoeira triturada para diversas aplicações agrícolas ou ambientais. A análise estatística evidencia diferenças notáveis entre as classes $>35\text{mm}$ e $<7\text{mm}$, revelando um aumento significativo na última. A representação visual oferece insights sobre a aparência final do material triturado, conforme ilustrado na Figura 21. Ao comparar diferentes estudos e metodologias, essa análise proporciona uma visão do desempenho da trituração, sublinhando a eficácia relativa do Triturador Ecotritus HL240 em comparação com outros equipamentos de grande porte utilizados em pesquisas anteriores.

Figura 21. Aspecto do material triturado com o triturador Ecotritus HL240 e peneirado.



Fonte: Autora (2022)

A análise visual, conforme evidenciada na Figura 22, possibilita examinar os efeitos do triturador, proporcionando percepções sobre a textura, uniformidade e características do material obtido. Essa abordagem visual é fundamental para compreender o processo de trituração, oferecendo uma visão sobre a aparência e integridade do material resultante após a ação do triturador. Essas observações visuais contribuem para uma avaliação do desempenho

do Triturador Ecotritus HL240 no contexto da produção de biomassa a partir da capoeira de 4 anos.

Figura 22. Aspecto resultante do processo de trituração promovido pelo triturador, evidenciando o resultado visual do seu impacto sobre o material, mostrando a qualidade da trituração.



Fonte: Autora (2022).

A análise visual do material triturado, categorizado em quatro classes qualitativas (inteiro, pouco triturado, muito triturado, sem forma), oferece uma compreensão da textura e integridade do material resultante. Sendo: **inteiro**: Fragmento que mantém a casca envolvida; **Pouco triturado**: Material com algumas partes da casca ainda envolvidas; **Muito triturado**: Material sujeito a um extenso processo de trituração, resultando no desfibrilamento do material; **Sem forma**: Materiais que ultrapassaram os limites do sistema de trituração, apresentando completa irregularidade. Essa análise visual é essencial para avaliar a efetividade do Triturador Ecotritus HL240 na obtenção de uma biomassa triturada com características desejadas para práticas agrícolas que sejam sustentáveis.

5.3 Desempenho da produção de alimentos em área preparada sem uso do fogo, com triturador de médio porte

A biomassa triturada na área selecionada para este experimento foi de 15,06 t/ha, fornecendo uma base para avaliar o impacto da utilização do triturador de médio porte Ecotritus HL240 no desenvolvimento das culturas. A análise dos resultados médios de produtividade (Figura 23) para grãos de milho, caupi e raízes de mandioca oferece informações valiosas sobre o desempenho relativo dessas culturas nos diferentes arranjos de manejo, evidenciando a influência do processo de trituração no rendimento final dos alimentos.

Figura 23. A) T1 milho; b) T2 consórcio milho + mandioca e c) T3: milho + caupi + mandioca.



Fonte: Autora (2022).

O tratamento T1, que envolveu o cultivo exclusivo de milho, resultou em uma produtividade média de 2,33 t/ha, o tratamento T2, que combina milho e mandioca, apresentou uma produtividade média de 3,56 t/ha para o milho e 8,62 t/ha de raízes de mandioca, o tratamento T3, que incluiu milho, caupi e mandioca, demonstrou a maior produtividade média, com 3,36 t/ha para o milho, 1,14 t/ha para o caupi, e 9,00 t/ha para a mandioca. Sendo melhor visualizada na Tabela 2:

Tabela 2. Valores da média de produção por tratamento de cada cultura, nos três tratamentos.

TRATAMENTOS	PRODUÇÃO (t/ha)		
	Milho	Caupi	Mandioca
T1	2,33	-	-
T2	3,56	-	8,62
T3	3,36	1,14	9,00

Sendo (-) a ausência da cultura nos respectivos tratamentos.

A análise da produção total de alimentos, mensurada em kg.ha⁻¹, revelou variações significativas entre os tratamentos avaliados. No tratamento 1, que consistiu apenas no cultivo de milho, a produção atingiu 2.326,381 kg.ha⁻¹. Por outro lado, os tratamentos 2 (milho + mandioca) e 3 (milho + mandioca + caupi) apresentaram produções notavelmente superiores, alcançando 12.181,730 kg.ha⁻¹ e 13.498,105 kg.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). A presença de diferentes letras ao lado das médias indica que essas são estatisticamente diferentes entre si, conforme o teste Tukey realizado ao nível de significância de 5%. Vale ressaltar que os dados foram transformados usando a raiz quadrada ($\sqrt{x}$), mas as médias estão apresentadas sem essa transformação na tabela. O coeficiente de variação (CV) de 9,52% destaca a consistência dos resultados. Esses resultados apontam a influência significativa dos diferentes tratamentos na produção total de alimentos, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões agrícolas.

Tabela 3. Variação na produção total de alimentos entre os diferentes tratamentos.

Fontes de variação	Produção total de alimentos (kg.ha ⁻¹)	
Tratamento 1 (milho)	2.326,381	b
Tratamento 2 (milho + mandioca)	12.181,730	a
Tratamento 3 (milho + caupi + mandioca)	13.498,105	a
CV (%)	9,52	

Média seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Dados transformados em $\sqrt{x}$. Na tabela as médias estão apresentadas sem transformação.

Kato et al. (2000) fez o uso de cultivares adaptadas, demonstrando a grande importância ao sucesso da tecnologia de *mulch*, o milho, caupi e mandioca, adaptados para agricultura sem queima. Os resultados mostraram produções médias de 2,6 t/ha, 1,3 t/ha de milho, caupi, respectivamente e 22 t/ha de raízes frescas de mandioca, com o uso de fertilizante (NPK) e nesse estudo foi utilizado um triturador de grande porte.

Comparando os resultados, observa-se que, embora o estudo atual tenha alcançado produtividades inferiores para o caupi e mandioca em comparação com Kato et al. (2000), a produtividade do milho foi competitiva. Isso sugere que o uso do triturador de médio porte Ecotritus HL240 pode proporcionar resultados agrícolas comparáveis aos obtidos com trituradores de grande porte.

Diversificação de Culturas (milho, mandioca e caupi, Figura 24) reflete a relevância dessas plantas na agricultura local, tanto para consumo direto quanto para alimentação animal e comercialização.

Figura 24. Produção de Milho, caupi e mandioca como resultado do preparo de áreas sem uso do fogo com o Triturador Ecotritus HL240 da Himev.



Fonte: Autora (2022 e 2023).

Os dados do IBGE (2022) sobre a produção agrícola em Igarapé-Açu revelam um panorama significativo. No cultivo de caupi, a quantidade produzida alcançou 72 toneladas, com um rendimento médio de 900 kg/ha. A mandioca, cultura de suma importância para a região, registrou uma produção notável de 17.356 toneladas, com um rendimento médio de 15.778 kg/ha, equivalente a 15,78 t/ha. Já o milho, outro pilar da agricultura local, contribuiu com uma produção de 143 toneladas e um rendimento médio de 1.100 kg/ha. Esses números refletem não apenas a abundância da produção agrícola em Igarapé-Açu, mas também ressaltam a eficiência e a relevância dessas culturas para a subsistência e o desenvolvimento econômico da comunidade.

E fazendo uma comparação deste estudo com os dados do IBGE (2022) podemos destacar o uso do Triturador Ecotritus HL240 como uma alternativa eficiente e sustentável, para o preparo da área, proporcionando resultados agrícolas notáveis.

Em síntese, os resultados indicam que o triturador Ecotritus HL240 apresenta-se como uma alternativa viável e eficiente para o preparo de áreas na agricultura familiar na região nordeste do Pará, proporcionando benefícios ambientais, operacionais e potencializando a produtividade agrícola.

6 CONCLUSÃO

O triturador Ecotritus HL240 demonstrou bom desempenho operacional, com trituração de capoeira com rendimento de biomassa de 22,00 t/ha. Esse número reflete não apenas a eficiência na trituração da biomassa, mas também a consideração de aspectos importantes, como eficiência no consumo de combustível com 9h34min/ha e temporal de 74,39 litros/ha.

A qualidade do material triturado revelou uma distribuição variada da biomassa triturada, com diferentes classes de tamanho. A presença significativa de material com tamanho superior a 35 mm destaca a importância desses resíduos como fontes de nutrientes a longo prazo, enquanto a disponibilidade rápida de partículas menores que 7 mm pode contribuir para processos imediatos de decomposição.

A avaliação do desempenho na produção de cultivos agrícolas nas áreas preparadas com o triturador aponta para um potencial promissor. A diversificação dos cultivos, incluindo milho, mandioca e caupi, representa uma estratégia que atende tanto às necessidades de consumo local quanto à comercialização excedente.

Sendo assim a introdução do triturador Ecotritus HL240 da Himev representa uma inovação relevante no contexto da agricultura consciente, fornecendo uma alternativa para o preparo de áreas sem a necessidade do uso do fogo. Desenvolvido para atender às demandas de diferentes estágios de vegetação secundária, o triturador Ecotritus HL240 destaca-se por sua capacidade de trituração em áreas de capoeira, oferecendo uma solução ambientalmente amigável para a transição do sistema convencional de preparo do solo.

A tecnologia empregada no Ecotritus HL240 contribui para a redução do tempo e esforço necessários para o preparo da área, promovendo uma abordagem mais equilibrada. Além disso, a dispersão do material triturado sobre o solo, como uma cobertura morta, representa um benefício adicional ao favorecer a decomposição gradual e a reciclagem de nutrientes, enriquecendo o solo para futuros cultivos. Recomenda-se a continuidade de estudos e a adoção consciente dessa tecnologia, considerando as particularidades de cada localidade e suas práticas agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, F.; LIANZA, S. (Ed.). **Percursos na extensão universitária: saindo da torre de marfim**. Editora UFRJ, 2015.
- ALMEIDA, A. S. D. E.; VIEIRA, I. C. G. **Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará**. Ambiente e Água, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 476-487, 2014.
- ANDRIOLI, A. I. (Org.) **Tecnologia e agricultura familiar: uma relação de educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2009.
- ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 119-140, 2012.
- BERVALD, C. M. P. **Tecnologia mecanizada em preparo de área sem queima no Nordeste Paraense**. 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- BERVALD, C. M. P.; BLOCK, A.; VIELHAEUR, K.; KATO, O. R. **Características e operação de triturador de vegetação secundária para o preparo de área sem queima na Amazônia Oriental** – 36p.; 21cm. Documentos, 288, Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.
- BLOCK, A. **Göttinger Mähhäcksler Tritucap und Forstmulcher-Nicht brennende Flächenvorbereitung am Beispiel der Zona Bragantina, Nord-Ost-Amazonien, Brasilien**. 2004. 220 f Tese de Doutorado. Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek, Göttingen, 2004.
- BRIENZA JR., S.; COSTA SANTOS, V.O.; PANTOJA, R. de F.R; SÁ, T.D. de A.; VIELHAUER, K; DENICH, M.; VLEK, P.L.G.V. In: Seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da Agricultura Familiar da Amazônia oriental, 2000, Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000.
- BUAINAIN, A. M. (Ed.); BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de produtos orgânicos**. Vol. 5. Bib. Orton IICA/CATIE, 2007.
- DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M.S. DE A.; BLOCK., A.; KATO, O.R.; SÁ, T.D. DE A.; LÜCKE, W. & VLEK, P.L.G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. *Agroforest Syst.*, 61: 91–106, 2004.
- DE SOUZA, M. C. R.; FREITAS, B. R; FIGUEIREDO, A. P. S.; VENIAL, H. J.; CORRADINI, P. G.; SOUZA, M. O. A Influência dos Compostos Orgânicos Voláteis nas Mudanças Climáticas: Uma breve revisão. **Revista virtual de Química**, 15(2), 2023.
- EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.].- 5. ed., 356 p. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- FAO. Relatório 2014: o estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil - Um retrato multidimensional. Disponível em: <https://www.fao.org.br>. Acesso em 20 de janeiro 2022.

FERREIRA, J. H. O., “**Contribuição da agricultura familiar na construção do conhecimento agroecológico: estudo de caso do Projeto Raízes da Terra**”. 2012. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável.), Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 12 de maio 2022.

GARCIA, M. M. *Myrcia sylvatica* (G.Mey) DC. (myrtaceae): Atividade biológica e composição química, uma revisão. **Scientia Amazonia**, v. 10, n.1, CB13-CB21, 2021 Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org> ISSN:2238.1910.

GRAMKOW, C. (org.), “**Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil**”, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/37; LC/BRS/TS.2020/1), Santiago, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2020.

HIMEV, **Especialistas em Trituração Vegetal**. Disponível em: <https://himev.com.br/>. Acesso em: 10 de agosto 2022.

IBGE, 2010. **Cidades e estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/igarape-acu.html>. Acessado em 07/11/2021.

IBGE, **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 07/11/2021

IBGE, 2022. **Cidades e estados**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/igarape-acu/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 28/12/2023

KATO, M. S; KATO, O.R. Preparo de área sem queima, uma alternativa para a agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental: aspectos agroecológicos. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2000, Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental/ CNPq, 2000

KATO, M. S. A.; OLIVEIRA, C. D. S; OLIVEIRA, M. S. S; KATO, O. R.; SANTANA, R. M. “**Agricultura sem queima: adaptando à realidade de agricultores familiares da comunidade São João - Marapanim**”, 48 p. Embrapa Amazônia Oriental Documentos, Nº 289, Belém, 2007.

KATO, O. R.; BORGES, A. C. M. R; AZEVEDO, C. M. B. C.; ARAGÃO, D. V.; MATOS, G. B.; MATOS, L.M. S.; SHIMIZU, M. K; VASCONCELOS, S. S.; SÁ, T. D. A. Projeto Tipitamba: transformando paisagens e compartilhando conhecimento na Amazônia. **Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: Estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil**. Brasília: CEPAL, 2020. LC/TS. 2020/37. p. 213-226, 2020.

KUMMER, L. Metodologia participativa no meio rural: uma visão interdisciplinar. conceitos, ferramentas e vivências. **Salvador: GTZ**, p 9. 2007.

LOOMIS, R.S. Traditional agriculture in America. **Annual Review Ecology and Systematics**, v. 1, n. 1, p 449-478. 1984.

LOURENZANI, W. L. **Capacitação Gerencial de Agricultores Familiares: uma proposta metodológica de extensão rural**. Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras, v. 8, n. 3, p. 313-322, 2006.

MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M.; FERNADES, S. R. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo e rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo da capoeira**, 6p. Embrapa, Comunicado técnico 352, Rondônia, Porto Velho. 2009.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), “**Clima- Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas**”, gov.br. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html. Acesso em: 15/11/2023.

MORAES, M. H. C. S. “**Agrobiodiversidade dos quintais e socioeconomia dos agroecossistemas familiares da cooperativa D'Irituia**”, 189 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.

NAGAISHI, T. Y. R. **Avaliação energética da biomassa de capoeira triturada para os agricultores familiares do Nordeste Paraense**. 2020. 80 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.

NEW HOLLAND, **Series TL Tratores**, 2018. Disponível em <https://agriculture.newholland.com/lar/pt-br/tools/folhetos>. Acessado: 15/12/2022

PARÁ. Lei no 9.889, de 2 de maio de 2023. Altera a legislação tributária estadual. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Belém, PA, 3 mai. 2023. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1bTMXgF1mUii4q-r6SxFb_mRP6BaN_qal/view . Acesso em: 30 nov. 2023.

OLIVEIRA, C. D. S. Percepção de agricultores familiares na adaptação do sistema de cultivo de corte e trituração. 2002. 159 f. Dissertação (Mestrado em Agricultras Familiares e Desenvolvimento Sustentável)-Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

OLIVEIRA, M. F. **Crítérios para o manejo sustentável de duas espécies madeireiras das florestas tropicais do Mato Grosso**. 127p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais), universidade Federal o Paraná, Curitiba, 2014.

RÊGO, A. K. C. “**Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais no Nordeste paraense**”, 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2016.

RESQUE, A. G. L.; COUDEL, E.; PIKETTY, M-G.; CIADELLA, N.; SÁ, T. D. A.; PIRAUX, M.; ASSIS, W.; PAGE LE. C. Agrobiodiversity and public food procurement programs in Brazil: influence of local stakeholders in configuring green mediated markets. **Sustainability**, v. 11, n. 5, p. 1425, 2019.

SÁ, T. D. A.; KATO, O. R.; CARVALHO, C. J. R.; FIQUEIREDO, R. O. Queimar ou não queimar?: De como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**, n. 72, p. 90-97, 2007.

SALOMÃO, R. de P.; VIEIRA, I. C. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; AMARAL, D. D.; SANTANA, A. C. Sistema Capoeira Classe: uma proposta de sistema de classificação de estágios sucessionais de floresta secundárias para o Estado do Pará. **Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 7, n. 3, p. 297-317, set.-dez. 2012.

SHIMIZU, M. K.; KATO, O. R.; FIGUEIREDO, R. O.; VASCONCELOS, S. S.; SÁ, T. D. A.; BORGES, A. C. M. R. "Agriculture without burning: restoration of altered areas with chop-and-mulch sequential agroforestry systems in the Amazon region", **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, vol. 3, N° 12, Special Anniversary Review Issue, 2014.

SILVA, F.K. S.; ROSÁRIO, A. S.; SECCO, R. S.; ZOGHBI, M. G. B. "Levantamento das espécies conhecidas como pedra-ume-caá (Myrtaceae), com ênfase nas comercializadas na cidade de Belém, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 5, n. 1, p. 7-15, 2015.

SILVA, M. M. **A construção dos saberes Agroecológicos e o Roça sem queimar**. In: Alves Júnior, M. & Celestino, P. F. Roça sem queima: experiência produtiva agroecológica de agricultores familiares na Amazônia. Ed. Athena, 90-109. DOI 10.22533/at.ed.38720040211, 2020.

SOUZA-ESQUERDO, V. F. de; BERGAMASCO, S. M. P. P. Análise sobre o acesso aos programas de políticas públicas da agricultura familiar nos municípios do circuito das frutas (SP). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba-SP, v. 52, Supl. 1, p. 205-222, 2014.

TRINDADE, E. F. S.; KATO, O. R.; CARVALHO, E. J. M.; SERAFIM, E. C. da S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no Nordeste paraense. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 12, p. 7-19. jan./jun. 2011.

VALOIS, A. C. C. Benefícios e estratégias de utilização sustentável da Amazônia. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003. 73p. (Texto para discussão, 18).

VIEIRA, I. C.G.; TOLEDO, P. M. de; ALMEIDA, A. Análise das modificações da paisagem da Região Bragantina no Pará: integrando diferentes escalas de Tempo. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 27-30, 2007.

ANEXO

Anexo A. FICHA DE CONTROLE OPERACIONAL DO TRITURADOR HL 240, NO PREPARO E ÁREA SEM QUEIMA EM IGARAPÉ- AÇU E MARAPANIM, NORDESTE DO PARÁ. FEITA POR BERVALD EM 2007.

Ficha de controle Operacional																																																																																																			
Data: ____ / ____ / ____		Trator Utilizado + Máquina John Deere 7710 + Frezador Universal FM 600																																																																																																	
Serviço Executado Demonstração Trituração Produtor																																																																																																			
Localidade: _____		Área Total Trabalhada: _____ (ha) ou Tarefas																																																																																																	
Propriedade: _____																																																																																																			
Tempo em Movimento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Início</th> <th>Fim</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> Tempo Parado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Início</th> <th>Fim</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Início	Fim	Total																																														Início	Fim	Total																																													
Início	Fim	Total																																																																																																	
Início	Fim	Total																																																																																																	
Tempo Total em Movimento: _____ Tempo Total Parado: _____																																																																																																			
Horímetro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="height: 20px;">Início:</td></tr> <tr><td style="height: 20px;">Fim:</td></tr> <tr><td style="height: 20px;">Total:</td></tr> </table> Jornada de Trabalho: _____ Número de Horas _____ Operador: _____ Responsável: _____				Início:	Fim:	Total:																																																																																													
Início:																																																																																																			
Fim:																																																																																																			
Total:																																																																																																			
Abastecimento e Lubrificação <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Descrição do Consumo</th> <th style="width: 20%;">Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Combustível</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Óleo Lubrificante</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Motor</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Transmissão</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Hidráulico</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Graxas</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Trator</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Implemento</td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Horímetro</td> <td>Horímetro no momento da realização da manutenção: _____</td> </tr> </tbody> </table>				Descrição do Consumo	Quantidade	Combustível		Óleo Lubrificante		Motor		Transmissão		Hidráulico		Graxas		Trator		Implemento		Horímetro	Horímetro no momento da realização da manutenção: _____																																																																												
Descrição do Consumo	Quantidade																																																																																																		
Combustível																																																																																																			
Óleo Lubrificante																																																																																																			
Motor																																																																																																			
Transmissão																																																																																																			
Hidráulico																																																																																																			
Graxas																																																																																																			
Trator																																																																																																			
Implemento																																																																																																			
Horímetro	Horímetro no momento da realização da manutenção: _____																																																																																																		

Fonte: Bernald (2007).