



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA – AMAZÔNIA ORIENTAL



Deferido 31/08/2007

**EFEITO DO SISTEMA^S DE PREPARO DA ÁREA, NAS PROPRIEDADES
QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE, COMO ALTERNATIVA PARA A
AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇÚ**

HENRIQUE KIYOSHI SAWAKI

BELÉM – PARÁ – BRASIL

Agosto/2007



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA – AMAZÔNIA ORIENTAL



**EFEITO DO SISTEMA^S DE PREPARO DA ÁREA, NAS PROPRIEDADES
QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE, COMO ALTERNATIVA PARA A
AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇÚ**

Sawaki, Henrique Kiyoshi.

Efeito do Sistema de preparo da área, nas propriedades químicas do solo e na produtividade, com alternativa para a agricultura familiar no município de Igarapé-Açú/ Henrique Kiyoshi Sawaki.- Belém, 2007.

Tese
~~Dissertação~~ (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.

1. Solos. 2. Queima e derruba. 3. Matéria orgânica. 4. Fertilidade do solo. 5. Cobertura morta. 6. Capoeira.

I. Título.

CDD



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA – AMAZÔNIA ORIENTAL**



HENRIQUEKIYOSHI SAWAKI

EFEITO DO SISTEMA DE PREPARO DA ÁREA, NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE, COMO ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇÚ.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, área de concentração em Sistenmas Agroflorestais, para obtenção do grau de Doctor Science.

Orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. José Raimundo Natividade Ferreira Gama – UFRA

Co-orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato - EMBRAPA

BELÉM – PARÁ – BRASIL

Agosto – 2007

HENRIQUEKIYOSHI SAWAKI

✓ EFEITO DO ^ESISTEMAS DE PREPARO DA ÁREA, NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE, COMO ALTERNATIVA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-ACÚ.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, área de concentração em Sistemas Agroflorestais, para obtenção do grau de Doctor Science.

Aprovada em de de 2007

Banca Examinadora:

José Raimundo Natividade Ferreira Gama, Doutor – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Tarciso Everton Rodrigues, Doutor – 1º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Eduardo Jorge Maklouf, Doutor - 2º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Carlos Alberto Costa Veloso, Doutor – 3º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Gladys Ferreira de Sousa, Doutora – 4º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Suplentes:

Oswaldo Ryohei Kato, Doutor -1º Suplente
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Jorge Alberto Gazel Yared, Doutor - 2º Suplente
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

AGRADEÇO E OFEREÇO

A DEUS

Aos meus pais Tadashi (in memoriam) e Hatsue

Aos meus irmãos Yoci, Daniel, Afonso, Leôncio, Emília, Margarida, Paulo e Sônia

Aos meus sobrinhos e parentes

Ofereço

A minha querida esposa Isis.

Aos meus filhos Henrique e Helisson

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao **DEUS PAI** e a **VIRGEM DE NAZARÉ** por ter me proporcionado esta oportunidade de vida e pelas graças alcançadas na realização deste trabalho;

À **Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA**, por me dar a oportunidade de cursar o Doutorado em Sistemas Agroflorestais;

A **Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará – EMATER/ PARÁ**, por ter me proporcionado e liberado para cursar o Doutorado;

A **Embrapa Amazônia Oriental**, pelo apoio dado nas análises de solo, através do seu Laboratório de Análise de Solos.

Ao **Projeto Shift Capoeira** pelo apoio dado nas pesquisas e o fornecimento das amostras de solo para as devidas análises;

Ao **Dr. José Raimundo Natividade Ferreira Gama** pelo incentivo e motivação que nos proporcionou para cursar o Doutorado; pela orientação durante o curso na elaboração e discussão da Tese de Doutorado, e pela atenção, dedicação, esforço e atenção dispensados, em todos os momentos durante o período do curso;

Ao **Dr. Osvaldo Ryohei Kato**, pela co-orientação durante o curso; pela contribuição e cessão das amostras de solo e pelas informações do Projeto Shift Capoeira;

Ao **Dr. Eduardo Jorge Maklouf** pela colaboração na análise estatística dos resultados e nas orientações da montagem das tabelas e gráficos e pelo apoio geral dado em relação as informações necessárias para a elaboração dos resultados da Tese de Doutorado;

Ao **Dr. Tarciso Everton Rodrigues** pela orientação na elaboração, na descrição e análise de dados da Tese de Doutorado;

A **Dra. Maria do Socorro A. Kato** (in memoriam) pela colaboração e pelas informações do Projeto Shift Capoeira necessário para complementar dados da Tese de Doutorado;

Aos professores **Dra. Izildinha Miranda** e **Dr. Paulo Martins**, pela atenção e cuidado dispensados aos Doutorandos durante a sua coordenação do Curso;

Aos professores **Dr. George Rodrigues da Silva** e **Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho**, pela atenção e cuidados dispensados aos Doutorandos no período de Coordenação do Curso;

A **Doutoranda Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro** pelas sugestões, orientação, organização dos textos e dados da Tese de Doutorado, como também pelo apoio incondicional na elaboração e conclusão da Tese;

Aos colegas de turma: **Mário Lopes, Vânia, Waldirene, Célia** e demais, pela amizade e companheirismo durante o curso;

Ao **Técnico Agrícola Ednaldo Augusto Pinheiro Nascimento**, do Projeto Tipitamba - Igarapé-Açu/Pá, pela colaboração na coleta de solos.

Ao Assistente de Laboratório **Éden Pereira Ferro**, ao Auxiliar de Operações **Emanuel Ubiratan de Lima** e demais pessoas do Laboratório da EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, que contribuíram nas Análises das amostras de solo do experimento;

Aos colegas de EMATE-PÁ: **Celso Gibson, Kleber Perotes, Ricardo, Bruce, Jamerson, Poliana, Sinval, Márcia** e demais colegas que colaboraram direta ou indiretamente durante a elaboração da minha Tese.

Ao colega **Aderaldo Gazel** pelo apoio e incentivo na conclusão do curso;

Ao **Climatólogo Pedro Alberto Moura Rolim** do Sistema de Vigilância da Amazônia - SIVAM pelo apoio e informações prestadas sobre dados climatológicos necessários para a Tese de Doutorado;

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

HENRIQUE KIYOSHI SAWAKI, filho de Tadashi Sawaki e Hatsué Sawaki, nascido em 24 de outubro de 1949, no município de Alenquer – PA.

Diplomou-se em **Engenharia Agronomica** pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP, em 03 de dezembro de 1973. Belém PA.

Participou do Curso de Especialização em **Assistência Técnica e Extensão Rural** - Belém-Pará, no período de 17.03 à 08.09.1977.

Participou do **Ciclo de Estudos de Política Estratégica - CEPE - Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra - ADESG** - Belém – Pará, no período de Julho/Novembro/1987 - 180 horas.

Participou do **II Curso Internacional em Política Científica e Tecnológica para a Amazônia - II CIPCTAM**; Tema: **Políticas Pesqueiras na Amazônia**; Monografia: **AQUICULTURA NA AMAZÔNIA: O Estado Atual e Perspectivas para o seu Desenvolvimento** - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA/UFPA Belém-Pará no período de 14.08.1995 à 29.02.1996 - 450 horas.

Realizou de março de 1999 a 28 de junho de 2001, o Curso de **Mestrado em Agronomia**, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – FCAP.

Realizou de março de 2003 a agosto de 2007, o **Curso de Doutorado em Ciências Agrárias**, Área de Concentração em Sistemas Agroflorestais, pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

Empregado da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará – Emater/Pá, desde 01 de setembro de 1974 até a presente data.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTAS DE TABELAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. SISTEMAS DE CULTIVO DE PEQUENAS PROPRIEDADES	6
2.1.1. O cultivo corte e queima	7
2.2. TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA CULTIVOS EM PEQUENAS PROPRIEDADES	8
2.2.1. Enriquecimento de capoeira	9
2.2.2. Sistema de trituração e mulch	10
2.2.3. Sistemas agroflorestais	12
2.3. MATÉRIA ORGÂNICA	13
2.4. POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)	14
2.5. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	15
2.5.1. Elementos necessários para as plantas	16
2.5.1.1. Fósforo	18
2.5.1.2. Potássio	20
2.5.1.3. Sódio	21
2.5.1.4. Cálcio e Magnésio	22
2.5.1.5. Alumínio	23
2.6. CAPACIDADE DE TROCAS CATIÔNICAS - CTC	24
2.7. SOMA DE BASES – SB	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. ÁREA DE ESTUDO	27
3.1.1. Localização e Aspectos Fisiográficos Igarapé-Açu	27
3.1.2. Cobertura Vegetal	27
3.1.3. Geologia e Relevo	28
3.1.4. Solo	29
3.1.5. Clima	29
3.1.6. Localização geográfica e caracterização geral do campo experimental	31
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	31

3.2.1. A utilização da área Experimental	33
3.2.1.1. Parcelas com queima	33
3.2.1.2. Parcelas sem queima	33
3.2.1.3. Área de capoeira	33
3.2.1.4. Incorporação de cobertura morta	33
3.3. FERTILIDADE DO SOLO	34
3.3.1. Amostragem	34
3.3.2. Análises químicas do solo	34
3.3.3. Análises estatísticas	35
4, RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Avaliação do teor de Matéria Orgânica (MO) (g dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	36
4.2. Avaliação do teor de Potencial de Hidrogênio (pH) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	46
4.3. Avaliação do teor de fósforo (P) (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	53
4.4. Avaliação do teor de Potássio (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	61
4.5. Avaliação do teor de Sódio (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	69
4.6. Avaliação do teor de Cálcio (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	76
4.7. Avaliação do teor de Cálcio + Magnésio (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	83
4.8. Avaliação do teor de Alumínio (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	90
4.9. Avaliação do teor de CTC (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	98
4.10. Avaliação do teor de Soma de Bases (mg dm^{-3}) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.	106
5. CONCLUSÃO	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APÊNDICE	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Área preparada com tritucap (a) e detalhe de como se apresenta após a trituração da capoeira (b).	11
Figura 2	Representação esquemática dos compartimentos: matéria orgânica e nutriente e de suas transferências entre compartimentos, em ecossistemas florestais.	17
Figura 3	Representação dos processos relacionados a disponibilidade de nutrientes na solução do solo.	18
Figura 4	Representação esquemática do ciclo do fósforo (P) em um ecossistema florestal tropical	19
Figura 5	Mapa de localização do município onde fica o campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Município de Igarapé-Açu-Pará	27
Figura 6	Variação da Temperatura do ar ($^{\circ}$ C). Média das máximas e anomalias.	30
Figura 7	Variação da Precipitação Pluviométrica total anual no período de 1994 a 2005. Município de Igarapé-Açu-Pará, Brasil	30
Figura 8	Precipitação pluviométrica, média anual do período 1994 a 2005.	31
Figura 9	Área experimental e suas respectivas parcelas	32
Figura 10	Valores médios de Matéria Orgânica (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	42
Figura 11	Valores médios de Matéria Orgânica (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	43
Figura 12	Valores médios de Matéria Orgânica (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	44
Figura 13	Valores médios de Matéria Orgânica (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	45
Figura 14	Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	51
Figura 15	Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	51
Figura 16	Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	52
Figura 17	Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	52
Figura 18	Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	58
Figura 19	Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	58
Figura 20	Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	59
Figura 21	Valores médios de fósforo (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	60
Figura 22	Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	66
Figura 23	Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	66
Figura 24	Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	67
Figura 25	Valores médios de Potássio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	68

Figura 26	Valores médios de Sódio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	74
Figura 27	Valores médios de Sódio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	74
Figura 28	Valores médios de Sódio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	75
Figura 29	Valores médios de Sódio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	75
Figura 30	Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	80
Figura 31	Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	81
Figura 32	Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	82
Figura 33	Valores médios de Cálcio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	82
Figura 34	Valores médios de Cálcio + Magnésio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	87
Figura 35	Valores médios de Cálcio + Magnésio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	88
Figura 36	Valores médios de Cálcio + Magnésio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	89
Figura 37	Valores médios de Cálcio + Magnésio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	89
Figura 38	Valores médios de Alumínio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	94
Figura 39	Valores médios de Alumínio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	95
Figura 40	Valores médios de Alumínio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	96
Figura 41	Valores médios de Alumínio (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	97
Figura 42	Valores médios de CTC (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	102
Figura 43	Valores médios de CTC (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	103
Figura 44	Valores médios de CTC (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	104
Figura 45	Valores médios de CTC (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	105
Figura 46	Valores médios de Soma de Bases (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 0-10 cm, no período de 1995 a 2005.	111
Figura 47	Valores médios de Soma de Bases (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 10-20 cm, no período de 1995 a 2005.	111
Figura 48	Valores médios de Soma de Bases (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 20-30 cm, no período de 1995 a 2005.	113
Figura 49	Valores médios de Soma de Bases (mg dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade 30-50 cm, no período de 1995 a 2005.	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo do Teste de hipótese F de Scott-Knoff, oriundo da Análise de Variância.	36
Tabela 2	Resumo da Análise de Variância para Matéria Orgânica, em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	37
Tabela 3	Valores médios de Matéria Orgânica (g dm ⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	38
Tabela 4	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade da Matéria Orgânica realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	40
Tabela 5	Resumo da Análise de Variância para Potencial de Hidrogênio (pH), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	46
Tabela 6	Valores médios do Potencial de Hidrogênio (pH), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	48
Tabela 7	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Potencial de Hidrogênio (pH) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	50
Tabela 8	Resumo da Análise de Variância para fósforo (P), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	54
Tabela 9	Valores médios do fósforo(P), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	55
Tabela 10	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de fósforo (P) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	57
Tabela 11	Resumo da Análise de Variância para Potássio (K), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	61
Tabela 12	Valores médios do Potássio (K), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	63
Tabela 13	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Potássio (K) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	65
Tabela 14	Resumo da Análise de Variância para sódio (Na), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	69
Tabela 15	Valores médios do sódio (Na), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	71
Tabela 16	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de sódio (Na) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	73
Tabela 17	Resumo da Análise de Variância para Cálcio (Ca), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	76
Tabela 18	Valores médios do Cálcio (Ca), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997,	

	1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	78
Tabela 19	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Cálcio (Ca) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	79
Tabela 20	Resumo da Análise de Variância para Cálcio + Magnésio (Ca+Mg), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	83
Tabela 21	Valores médios do Cálcio + Magnésio (Ca+Mg), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	85
Tabela 22	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Cálcio + Magnésio (Ca+Mg) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	86
Tabela 23	Resumo da Análise de Variância para Alumínio (Al), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	90
Tabela 24	Valores médios do Alumínio (Al), em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	92
Tabela 25	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Alumínio (Al) realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	93
Tabela 26	Resumo da Análise de Variância para CTC, em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	99
Tabela 27	Valores médios do CTC, em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	100
Tabela 28	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de CTC realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	101
Tabela 29	Resumo da Análise de Variância para Soma de Bases, em ano, tratamento, profundidade e suas interações.	107
Tabela 30	Valores médios do Soma de Bases, em diferentes profundidades, para o manejo do solo estudado, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.	108
Tabela 31	Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Soma de Bases realizada pelo teste de Scott-Knoff (1974).	110

Refazer o resumo, incluindo na ordem
objetivo, metodologia, resultados e conclusões

RESUMO

SAWAKI, Henrique Kiyoshi. Efeito do Sistema de preparo da área, nas propriedades químicas do solo e na produtividade, com alternativa para a agricultura familiar no município de Igarapé-Açu-Pará.

Na Amazônia, o manejo inadequado do solo tem provocado alterações prejudiciais aos diferentes ecossistemas, trazendo grande preocupação no sentido de se estabelecer processos e mecanismos que subsidiem ações para a exploração econômica da região. Neste contexto, os Sistemas Agroflorestais têm sido recomendados na Amazônia Brasileira, como uma alternativa de uso do solo, em bases sustentáveis.

Os resultados desse processo refletem a atual situação da Amazônia Brasileira, que nas últimas décadas vem sendo o centro de atenção mundial, pelo uso indiscriminado de seus recursos naturais e suas implicações ecológicas e sociais, como os conflitos de terra. O sistema agrícola predominante, entre os pequenos produtores, é o de corte, queima e pousio, o que tem comprometido a sustentabilidade do sistema. Após o desmatamento, os decréscimos nos teores de nutrientes e de matéria orgânica dos solos acontecem de modo acentuado. Além do que, a falta de políticas públicas eficientes, que trate o desenvolvimento sustentável das florestas e do uso racional e correto do solo, é outro fator que tem prejudicando os interesses econômicos da região.

O aumento de áreas agrícolas degradadas tem levado a mudança de concepção do uso da terra, de uma agricultura menos impactante ao ambiente, com o uso contínuo e crescente de fertilizantes químicos, corretivos e defensivos agrícolas são os responsáveis pela degradação acelerada e conseqüente depauperamento do solo. Em virtude disso, torna-se necessário que se desenvolvam sistemas agrícolas adequados que possam contribuir para a sua recuperação e com tecnologias capazes de melhorar os fatores de produção.

A adoção dos sistemas alternativos, alicerçados na ausência da movimentação do solo e na manutenção de resíduos orgânicos na superfície. A avaliação da fertilidade do solo sob diferentes sistemas de manejo tem relevante importância para determinar o uso adequado do solo. Todavia, nos solos da Amazônia, ainda são escassos os resultados sobre o efeito da limpeza da terra em pequenas propriedades. Em face dessas observações, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito do sistema de preparo de área nas propriedades químicas do solo, definindo o melhor sistema para o uso da agricultura familiar; avaliar e estudar os tratamentos que melhor se comportam no uso do solo para a agricultura familiar; avaliar o efeito da matéria orgânica no melhoramento das características químicas do solo,

1. Revisar o português -^{xv} em concordâncias
2. Normalizar as citações das referências

Grande parte deste texto encontra-se no Zetabooks

através do uso de cobertura morta (mulch), do uso de fertilizantes, como complemento para a melhoria das características químicas do solo; analisar qual o melhor tratamento obtido do uso do solo sem queima, através das análises estatísticas obtidas e se o sistema corte e trituração tem maior capacidade de recuperação e melhoria das características químicas do solo.

Termos de indexação: sistemas agroflorestais, Latossolo Amarelo, queima e cobertura morta, nutrientes, matéria orgânica.

ABSTRACT

SAWAKI, Henrique Kiyoshi. Effect of the System of preparation of the area, in the chemical properties of the soil and in the productivity, with alternative for the family agriculture in the municipal district of Igarapé-Açú –Pará.

In the Amazonian, the inadequate handling of the soil has been provoking harmful alterations to the different ecosystems, bringing great concern in the sense of establishing processes and mechanisms that subsidize actions for the economical exploration of the area. In this context, the agroforestry systems have been recommended in the Amazonian Brazilian, as an alternative of use of the soil, in maintainable bases.

The results of that process reflect the current situation of the Amazonian Brazilian, that in the last decades it is being the center of world attention, for the indiscriminate use of their natural resources and their ecological and social implications, as the earth conflicts. The predominant agricultural system, among the small producers, is it of cut, it burns and pousio, what has been committing the sustainability of the system. After the deforestation, the decreases in the tenors of nutrients and of organic matter of the soils they happen in an accentuated way. In addition, the lack of efficient public politics, that he/she treats the maintainable development of the forests and of the rational and correct use of the soil, it is other factor that has harming the economical interests of the area.

The increase of degraded agricultural areas has been taking the change of conception of the use of the earth, of an agriculture less impactante to the atmosphere, with the continuous and growing use of fertilizers chemical, corrective and defensive agricultural they are the responsible for the accelerated degradation and consequent to weaken of the soil. Because of that, he/she becomes necessary that you/they grow appropriate agricultural systems to contribute to his/her recovery and with technologies capable to improve the production factors.

The adoption of the alternative systems, found in the absence of the movement of the soil and in the maintenance of organic residues in the surface. The evaluation of the fertility of the soil under different handling systems has relevant importance to determine the appropriate use of the soil. Though, in the soils of the Amazonian, they are still scarce the results on the effect of the cleaning of the earth in small properties. In

face of those observations, the present work had as general objective to evaluate the effect of the system of area preparation in the chemical properties of the soil, defining the best system for the use of the family agriculture; to evaluate and to study the treatments that better they behave in the use of the soil for the family agriculture; to evaluate the effect of the organic matter in the improvement of the chemical characteristics of the soil, through the covering use died (mulch), of the use of fertilizers, as complement for the improvement of the chemical characteristics of the soil; to analyze which the best obtained treatment of the use of the soil without it burns, through the obtained statistical analyses and if the system cuts and trituration has larger recovery capacity and improvement of the chemical characteristics of the soil.

Indexation terms: systems agroflorestais, Latossolo Amarelo, burns and covering died, nutritious, organic matter.

1. INTRODUÇÃO

A intervenção humana tem um efeito desestabilizador sobre os ecossistemas naturais, perturbando seu equilíbrio dinâmico e alterando drasticamente suas características originais (FAHRIG, 2003). Dentre estas alterações o sistema tradicional de cultivo, praticado pelos pequenos produtores, deve ser destacado em função da atividade de derrubada e queima da vegetação para implantação de lavoura branca (arroz, milho, feijão e mandioca). A partir do processo antrópico de fragmentação do habitat, a estrutura da paisagem é modificada, resultando em mudanças na composição e diversidade das comunidades (SAUNDERS *et al*, 1991; METZGER, 2003).

Os resultados desse processo refletem a atual situação da Amazônia Brasileira, que nas últimas décadas vem sendo o centro de atenção mundial, pelo uso indiscriminado de seus recursos naturais e suas implicações ecológicas e sociais, como os conflitos de terra. Além do que a falta de políticas públicas eficientes, que trate o desenvolvimento sustentável das florestas e do uso ^{adequado} racional e correto do solo, é outro fator que tem prejudicando os interesses econômicos da região. *agro-econômicos*

Nas regiões tropicais, após o desmatamento, os decréscimos nos teores de nutrientes e de matéria orgânica dos solos acontecem de modo acentuado, principalmente, naqueles submetidos a cultivos consecutivos ao longo dos anos, onde não há uma reposição natural dos mesmos. Essa prática tem sido adotada também na Região do Nordeste Paraense, como no município de Igarapé-Açu, onde o sistema agrícola predominante, entre os pequenos produtores, é o de corte, queima e pousio, o que tem comprometido a sustentabilidade do sistema, devido, principalmente, as perdas de nutrientes da fitomassa durante a queima da vegetação no preparo de área e redução do período de pousio.

Santos (2004) relatou que os solos de grande parte dos trópicos úmidos são de baixa fertilidade e, por isto, facilmente degradados, pelas altas taxas de erosão e lixiviação a que são submetidos após a remoção de sua cobertura vegetal. Ainda como reflexo deste processo, ocorre assoreamento de rios, igarapés e destruição de áreas de florestas nativas provocando alterações no clima, hidrologia, paisagem, flora e fauna.

O aumento de áreas agrícolas degradadas tem levado ^{uma} a mudança de concepção do uso da terra, em uma visão holística do processo agrícola, onde os recursos naturais (solo, água e biodiversidade) são explorados de forma mais sustentável. Nesta última década, a sociedade tem debatido de forma incisiva os atuais sistemas de produção agrícola, ^{para obtenção} de uma agricultura menos impactante ao ambiente. Frutos dessa nova concepção é o constante crescimento do

sistema de plantio direto, que hoje ocupa no Brasil uma área superior a 15 milhões de hectares (DERPSCH, 2000), e o surgimento dos sistemas agrícolas chamados alternativos: agricultura orgânica, agroecologia, agricultura biodinâmica.

Na Amazônia Oriental a produção em pequena escala (100ha) representam um dos aspectos mais importantes do setor agrícola, contribuindo aproximadamente com 80% da produção de comestíveis básicos e emprego ^{de} 79% da mão-de-obra rural (BÚRGUER & FLOHRSCHÜTZ, 1996). Entretanto, o sistema tradicional (derrubada e queima) de limpeza do solo que vem sendo utilizado na agricultura familiar, além de exigir o uso contínuo e crescente de fertilizantes químicos, corretivos ^{da acidez} e defensivos agrícolas são os responsáveis pela degradação acelerada e conseqüente depauperamento do solo e, chegando inclusive ao impedimento da exploração agrícola rentável, em face de insustentabilidade da capacidade produtiva. Com a prática de corte e queima, esses sistemas, nos três primeiros anos apresentam produção relativamente satisfatória, pela existência de nutrientes razoáveis para o desenvolvimento das plantas cultivadas. Após esse período ^{com} a diminuição dos nutrientes no solo a produção declina vertiginosamente devido à exposição do solo e a lixiviação dos nutrientes, sem aproveitamento das plantas. Essa forma de cultivo se repete, ciclicamente em novas áreas abertas, sendo desta forma, um dos principais responsáveis pelo desmatamento na pequena produção.

A agricultura migratória vem sendo praticada durante séculos, demonstrando ser mais fácil de administrar. Esta prática também tende a manter a biodiversidade da área (DENICH, 1989; BAAR, 1997; HONDERMANN, 1995). Por conseguinte, aperfeiçoar a administração do material da vegetação secundária constitui um dos desafios principais para melhora do sistema do plantio sem queima. Nesse sentido, desenvolver e melhorar tecnologias de manejo de solo para proporcionar cultivo contínuo na Amazônia, são prioridades ^{nestas} em regiões tropicais, visto que, o sistema de cultivo tradicional, responsável pela produção da maioria dos alimentos locais, tem sido instável e improdutivo. O manejo inadequado da área desmatada resulta num rápido declínio da capacidade produtiva do solo, que ^{na abertura de áreas com} implica novas derrubadas (WADE & SANCHES, 1983).

Nos solos da Amazônia, em sua maioria, a fertilidade natural diminui de forma acentuada quando da retirada da sua cobertura vegetal. Em virtude disso, torna-se necessário que se desenvolvam sistemas agrícolas adequados que possam contribuir para a sua recuperação e com tecnologias capazes de melhorar os fatores de produção. Serrão (1995), ressaltou que o emprego de tecnologia adequada permitiria um aumento no tempo de uso das áreas cultivadas ^{de} três ou mais anos, em vez de somente dois como o praticado hoje, sem que

isso cause prejuízo do uso dos recursos naturais renováveis. Ressalta-se que o manejo e preparo do solo, o melhoramento genético das culturas, a irrigação e suas diversas formas, ^{contribuindo para} têm possibilitado aumentar a produtividade das culturas de forma mais rápida e econômica, assim como, tem possibilitado a melhoria sócio-ambiental.

A necessidade da troca do sistema cultivo da agricultura familiar dominante no nordeste do Pará foi mostrada por Conceição (1990), Denich e Kanashiro (1995) e Sá *et al.* (1996), mas, pouca atenção foi dada pelos governantes. Apesar de quase nada ter sido feito para melhorarem o sistema, a sua sustentabilidade foi questionada, principalmente devido a um aumento em densidade de população, exigindo uma redução nos efeitos negativos de queimada da vegetação (MACKENSEN *et al.*, 1996; TINKER *et al.*, 1996; HÖLSCHER *et al.*, 1997). Outra opção seria evitar a perda, inicialmente, por queima do material orgânico, através do uso de vegetação, em pousio, como cobertura morta evitando o corte e a queima.

As propriedades químicas do solo há muito tempo tem sido considerado de importância primordial para a produtividade dos sítios cobertos por plantações florestais e agroflorestais. A influência da fertilidade do solo sobre o crescimento e produtividade das espécies tem sido reconhecida por pesquisadores em ciência de solos. Por outro lado, Las Salas (1987) ressaltou que a fertilidade do solo exige uma evolução cuidadosa do estado nutricional do mesmo com o intuito de programar uma aplicação correta de fertilizantes necessários para o requerimento das plantas. Níveis adequados de fertilizações dependem da espécie utilizada e de características específicas de cada sítio e, em situações emergências, possibilita o rápido estabelecimento da vegetação reduzindo ou controlando a erosão, com conseqüente estabilização da superfície e da melhoria das condições do substrato (FOX *et al.*, 1994). Segundo Sanches (1981); Las Salas (1987); Sparovek *et al.* (1991); e Salviano *et al.*, (1998) as principais medidas de manejo de um solo degradado incluem fertilização, correção de acidez, adubação verde, adição de matéria orgânica, subsolagem e práticas de conservação do solo.

A procura de sistemas alternativos de uso e manejo de solo tem sido divulgada como solução para melhorar a produtividade de sítios pobres ou degradados, pois envolve não só a reconstituição das características do solo, como também a recuperação da terra, e todos os fatores responsáveis pela produção em harmonia com o ecossistema: o solo, a água, o ar, o microclima, a paisagem, a flora e a fauna. Entretanto, o sucesso do sistema utilizado na recuperação de área degradada deve ser avaliado por meio de indicadores de recuperação, ^{segundo} (Rodrigues & Gandolfi, 1998 e Martins, *et al.* 1999) como nas propriedades físico-químicas de solos; serapilheira e atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um

grande número de fontes de matéria orgânica^{segundo} (Reinert, 1998 e Mendonça *et al.* 2001). Através destes indicadores, é possível definir se determinado projeto necessita sofrer novas interferências ou até mesmo ser redirecionado, visando acelerar o processo de sucessão e de restauração das funções da vegetação implantada (MARTINS, 2001).

Nesse contexto, os sistemas baseados no uso da capoeira triturada, associados com outras práticas agroecológicas, como plantio direto; rotação de culturas; a adubação verde, com leguminosas e gramíneas; cultivo com cobertura morta do solo, entre outros, tem se apresentado como possível alternativa. Alguns estudos demonstram que no sistema plantio direto onde os insumos são aplicados em superfície proporciona a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, inicialmente pela maior concentração inicial dos nutrientes e contribui para um aumento da sua fertilidade e para o aumento da produtividade das culturas (Kapusta *et al.*, 1996; Sá, 1999). A capoeira melhorada é uma alternativa para a transformação da agricultura itinerante em sistemas de uso da terra de forma sustentável (Nair, 1990), utilizando as árvores de crescimento rápido, algumas das quais leguminosas fixadoras de nitrogênio, como: *Ingá edulis*, *Senna siamea* em cultivo solteiros e consorciados com *Pueraria phaseoloides*, apresentaram produção de biomassa total, superiores a capoeira natural entre 290 % e 360 %. Áreas de pousio enriquecidas com estas leguminosas, poderão ser derrubadas e queimadas para novo cultivo após dois anos, mais eficientemente do que os pousios por regeneração natural. A serapilheira produz uma elevada taxa de decomposição favorecendo a rápida liberação e o conseqüente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação do sistema agroflorestal. (COSTA *et al.*, 2003).

capoeira?
A adoção desses sistemas alternativos, alicerçados na ausência da movimentação do solo e na manutenção de resíduos orgânicos na superfície. *o que ocorre?* Nestas condições, os processos intrínsecos do solo (físicos, químicos e biológicos), sofrem modificações provocando alterações na estrutura e dinâmica da matéria orgânica, na sua transformação, quantidade e qualidade, e da atividade biológica do solo. Diante do exposto, estudos que permitam responder interrogações como: (i) O sistema de corte e queima se caracteriza por apresentar um maior grau de perda da capacidade produtiva do sítio? (ii) O solo com uso de corte e trituração apresenta melhor capacidade de recuperação de suas propriedades químicas? (iii) O conhecimento local sobre o manejo de solo destes sistemas oferecerá informações que induzem a postular sobre a produtividade para a agricultura familiar?

???
?

No contexto, a avaliação da fertilidade do solo sob diferentes sistemas de manejo tem relevante importância para determinar o uso adequado do solo. Todavia, nos solos da Amazônia, ainda são escassos os resultados sobre o efeito da limpeza da terra em pequenas

propriedades. Em face dessas observações, o presente trabalho ^{tem} ~~teve~~ como objetivo geral avaliar o efeito do sistema de preparo de área nas propriedades químicas do solo, definindo o melhor sistema para o uso da agricultura familiar. ^{os seguintes:} ~~é~~ como objetivos específicos.

- Avaliar e estudar os tratamentos que melhor se comportam no uso do solo para a agricultura familiar;
- Avaliar o efeito da matéria orgânica no melhoramento das características químicas do solo, através do uso de cobertura morta (mulch);
- Avaliar o efeito do uso de fertilizantes, como complemento para a melhoria das características químicas do solo;
- Analisar qual o melhor tratamento obtido do uso do solo sem queima, através das análises estatísticas obtidas e,
- Analisar se o sistema corte e trituração tem maior capacidade de recuperação e melhoria das características químicas do solo.

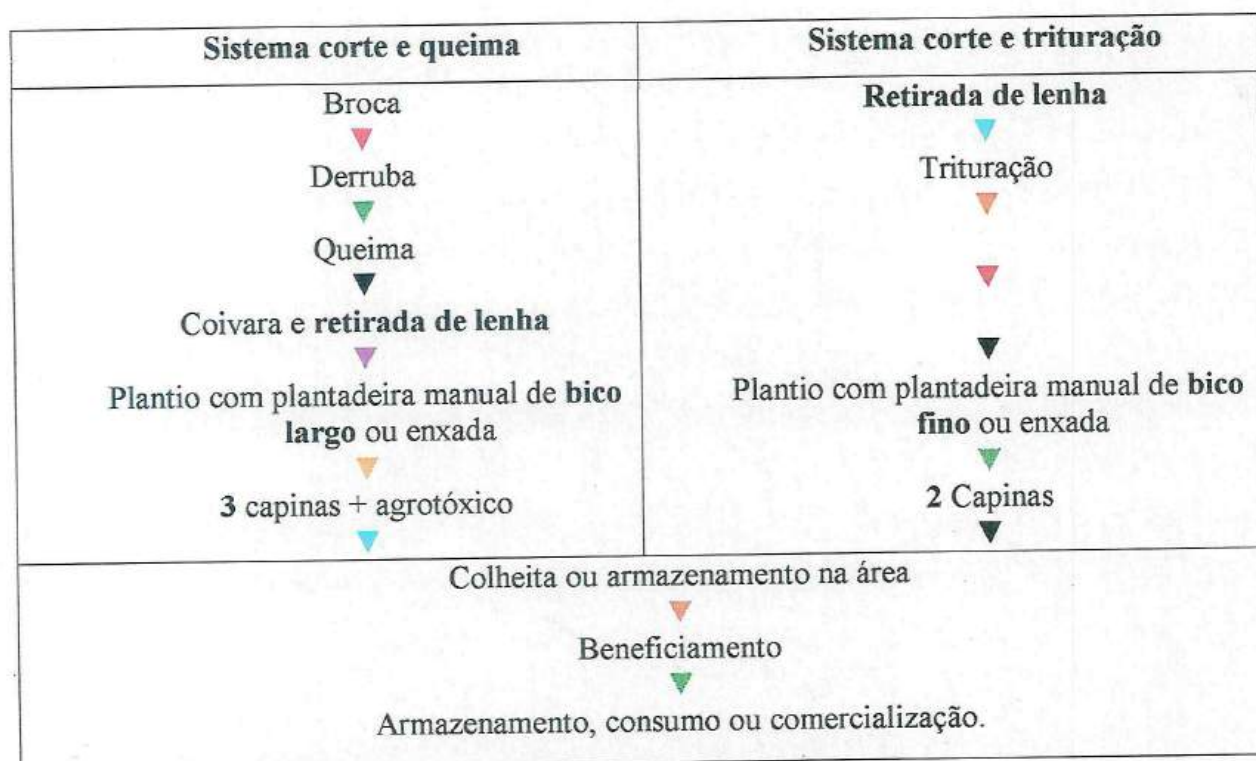
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SISTEMAS DE CULTIVO DE PEQUENAS PROPRIEDADES

A pressão de ocupação da terra se dá através de dois processos principais: a) o crescimento da família de pequenos agricultores que naturalmente exige ^{posse de} possuir mais terra para se sustentar; e b) os agricultores com maior capital, recursos e acesso mais fácil ao crédito e as tecnologias, os quais se interessam na produção de culturas e criação de animais. No segundo caso, esses produtores são beneficiados, pois conseguem tirar proveito da proximidade dos centros consumidores e da infra-estrutura de rodovias existentes para transporte e comercialização da produção. Outro ponto que deve ser ressaltado é que o aumento de área mecanizada, tanto para pastagem como para culturas semi-perenes e perenes, conduz a uma redução da capacidade de regeneração de capoeira diminuindo o espaço para os pequenos agricultores familiares que avançavam em busca de solos mais férteis na região (DENICH e KANASHIRO, 1995; HONDERMANN, 1995; BILLOT, 1995)

A produção em pequena escala representa um dos aspectos mais importantes do setor agrícola na Amazona Oriental. Fazendas menores que 100 (cem) ha contribui^{em} com aproximadamente 80% da produção de comestíveis básicos e do emprego de 79% da mão-de-obra rural (BURGUER E FLOHRSCHÜTZ, 1996). O sistema de limpeza de área com derruba e queima da vegetação ainda é a alternativa mais econômica do pequeno agricultor para preparar a área das culturas na Amazônia Ocidental.

Na pequena propriedade a predominância é do cultivo misto, que é caracterizado pelo sistema de corte e queima da vegetação em pousio, onde, na maioria dos casos, as espécies utilizadas no cultivo agrícola são de milho (*Zea mays* L), caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), arroz (*Oriza sativa* L) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Nesse sistema, depois de aproximadamente 2 (dois) anos de cultivo, a terra é abandonada para um novo período de pousio de vários anos (4 a 10 anos). Apesar da crítica em relação a sua sustentabilidade, esse sistema agrícola vem sendo utilizado a décadas, provando ser um sistema sustentável dentro do contexto de agricultura familiar e sob as condições de baixa pressão demográfica (BANDY *et al.*, 1993; THURSTONS, 1997). Segundo a visão dos agricultores familiares da comunidade de Cumaru, Igarapé-Açu-Pa os sistemas de corte-queima e corte-trituração é caracterizado conforme pode ser visto no Quadro 1



QUADRO 1. Visão dos Sistemas: Corte e Queima e Corte Trituração.

Fonte: Oliveira, (2002).

2.1.1 O cultivo corte e queima

Os pequenos agricultores na Amazônia usam as áreas com vegetação secundária devido a maior facilidade do trabalho na limpeza das áreas e pelos efeitos rápidos de fertilização ocasionada pela ação das cinzas da biomassa queimada pelo fogo.

Todavia, uma grande parte dos nutrientes é perdida pela sua volatilização, constituindo-se em problemas para sustentar o sistema ^{de cultivo}. Contudo, a perda de nutrientes por lixiviação foi observada como pequena ^{de ordem} por Holscher *et al.* (1997). As retiradas de nutrientes causadas pela colheita dos produtos são inevitáveis. Este fato, associado com o pousio reduzido diminuem a recuperação de nutrientes totais em biomassa da capoeira (DENICH, 1989; HONDERMANN, 1995) e podendo chegar a um acordo de sustentabilidade do sistema.

Para compensar estas perdas, faz-se a aplicação de fertilizantes. Porém, essa opção não é viável, para os pequenos agricultores, devido possuir baixo poder aquisitivo. Por outro lado à fertilidade do solo exige uma evolução cuidadosa do estado nutricional do mesmo com o intuito de programar uma aplicação correta de fertilizantes necessários para o requerimento das plantas. A queima de restos culturais, ou o cultivo com intensa exposição do solo à mineralização ^{da matéria orgânica}, proporcionam perdas de fósforo orgânico, bem como o predomínio de formas mais recalcitrantes, menos lábeis. Isso diminui a participação do P-orgânico como fonte de P

Explicar o que é P dreno ?

para as plantas, ficando a função de suprir P às plantas, restrita a uma fase mineral com características crescentes de P ^{disponível} dreno. Assim, o sistema anteriormente otimizado pelo P-^{orgânico} torna-se cada vez mais dependente do suprimento de fertilizantes (NOVAIS *et al.* 1999).

Em algumas regiões, as queimadas de origem natural ou antrópica são comuns durante a estação seca. A ocorrência do fogo é responsável por três efeitos na comunidade vegetal, a redistribuição e modificação de nutrientes, a remoção da vegetação, originando novos microclimas e a ação direta do calor sobre as plantas e o solo (HAAG, 1985). Além do que ^{família} juntamente com a camada superficial do solo o banco de sementes é removido (ÂNGELO *et al.* 2002).

As diferenças nas reservas iniciais e de nutrientes no solo, da biomassa da floresta, e a proporção da biomassa que é queimada causam considerável variação entre sítios na quantidade de cinzas e ^{na} sua composição nutricional. Efeitos negativos da agricultura de derruba e queima no município de Igarapé-Açu foram quantificados por Holscher (1995) demonstrando que as perdas de nutrientes no sistema tradicional chegam a alcançar na ordem de 98% de carbono; 47% de nitrogênio e acima de 50 % de fósforo, potássio e magnésio. Segundo Sánchez, (1995), a queima da biomassa libera metade do nitrogênio e parte do carbono, que são extraídos pelas colheitas, após o corte e a queima.

De outro ponto de vista a disponibilidade de nutrientes no solo é aumentada por maior mineralização e adição de cinzas durante a queima. Os efeitos benéficos das cinzas pela queima de uma floresta secundária (capoeira) de 11(onze) anos são mostrados por Smyth, *et al.* (1991). O autor evidencia que a saturação de Al decresce de um percentual de 76% antes da queima para 46% imediatamente após e, que após o 3º ano de cultivo após a derruba e queima a disponibilidade da maioria dos nutrientes decresce a níveis similares á aqueles antes do desmatamento. Sanchez & Cochrane (1980) e Moran (1981) atribuem a esse decréscimo acima citado, ao declínio da fertilidade do solo e uma alta infestação de ervas daninhas após um ou dois anos de cultivo.

2.2 TECNICAS ALTERNATIVAS PARA CULTIVOS EM PEQUENAS PROPRIEDADES

De acordo com a FAO/INCRA (1995) o sistema de agricultura, sob o prisma da sustentabilidade, deve apresentar vantagens imensas para a sociedade brasileira com a adoção de linhas estratégicas de desenvolvimento rural, com a promoção da agricultura familiar.

Vários sistemas de uso da terra em uma mesma condição ecossistêmica que permitem ^{a análise} analisar as modificações das propriedades do solo que podem ocorrer e selecionar os menos agressivos, ^{são uma opção polêmica para melhorar o manejo dos recursos naturais.} As práticas agrícolas devem conservar a água, o ar, o solo, os recursos bióticos vegetais e animais; não degradar ^o o ambiente e, ser economicamente viável e socialmente aceitável (AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 1989). A persistência ^{para obtenção} de um sistema, se relaciona com as características de seus componentes ^{ambientais é imprescindível} (BUOL, 1995). de cultivo que

Para Ehlers (1994), o objetivo alternativo criando conceitos como os de agroecologia e agricultura regenerativa enfatizando a diversidade de espécies (multicultivos) com vistas a um maior aproveitamento de nutrientes ^{são importantes para} desenvolver uma agricultura ecologicamente equilibrada, socialmente justa e economicamente viável. De fato, boa parte das idéias e práticas defendidas nestes movimentos de agricultura alternativa serviu como base para o estabelecimento do conceito de agricultura sustentável.

A necessidade da troca do sistema cultivo da agricultura familiar dominante no nordeste do Pará foi mostrada por Conceição (1990), Denich e Kanashiro (1995) e Sá *et al.* (1996), mas pouca atenção foi dada pelos governantes. Apesar de quase nada ter sido feito para melhorarem o sistema, a sua sustentabilidade foi questionada, principalmente, devido a um aumento em densidade de população, exigindo uma redução nos efeitos negativos de queimada da vegetação (MACKENSEN *et al.*, 1996; TINKER *et al.*, 1996; HÖLSCHER *et al.*, 1997).

2.2.1 Enriquecimento de capoeira

De acordo com Sanchez *et al.* (1989), a administração adequada do material orgânico é de grande importância para manter a produtividade da terra. Vanlauwe *et al.* (1997) e Fernandes *et al.* (1993), estudaram o efeito do uso de semeio em ruas, porém, os resultados não foram muito encorajadores para os agricultores, devido a dificuldades de administração da biomassa. Além disso, as espécies de árvores utilizadas para produzir material orgânico nas ruas, onde são plantados esses sistemas parecem competir com os cultivos agrícolas.

Como o período de pousio não aumenta a fertilidade do solo por si próprio, mas, sim pelo acúmulo de carbono na matéria orgânica e fixação de nitrogênio atmosférico, o uso de espécies leguminosas potencializa a melhoria das capoeiras. Nesse sentido, Vielhauer *et al.* (1999), estudaram o efeito do enriquecimento de capoeira com árvores leguminosas para produção agrícola no Nordeste Paraense como técnica de plantio sem afetar negativamente a

diversidade florística. O sistema diminui o tempo de pousio, pois, o enriquecimento aumenta substancialmente a biomassa da capoeira, principalmente, acumulando nutrientes na biomassa da planta, que podem ser extraídos pelas colheitas futuras, após o corte e a queima (SANCHEZ, 1995).

A ciclagem de nutrientes é um processo fundamental para manter os sistemas tradicionais de agricultura itinerante. Ao longo dos períodos de pousio entre curtos ciclos de cultura, os nutrientes se acumulam na vegetação da floresta secundária (capoeira) e, através da derruba e queimas são retornados ao solo repondo nutrientes exportados pelos cultivos. Se a densidade populacional aumenta os períodos de pousio são reduzidos, conseqüentemente, menores quantidades de nutrientes são recicladas e a produtividade diminui (GREENLAND, 1975).

Segundo Nair (1990), a capoeira melhorada é um dos primeiros passos para a transformação da agricultura itinerante em sistemas de uso da terra de forma sustentável, utilizando, para tanto, as árvores de crescimento rápido, algumas das quais leguminosas fixadoras de nitrogênio, que funcionará como bancos de biomassa nestes sistemas. Pousios, manejados, com a introdução de espécies de rápida acumulação de biomassa e de nutrientes podem ser o ideal para recuperar a produtividade do solo em menor espaço de tempo de que o pousio da capoeira.

2.2.2 Sistema de trituração e mulch

colheita rápida

Diante dos resultados negativos do balanço nutricional do sistema tradicional de cultivo (derruba e queima) que são ocasionados pelas perdas de nutrientes pela volatilização durante a queima da vegetação (HOLSCHER *et al.* 1997), surgiu o questionamento: O pequeno agricultor pode cortar a capoeira de 4 (quatro) anos para produzir biomassa? Em resposta, o Instituto de Agricultura nos Trópicos (IAT) da Universidade de Göttingen, em sociedade com o Instituto para Engenharia Agrícola, também da Universidade de Göttingen, e EMBRAPA-Amazônia Oriental desenvolveram um protótipo de um triturador de arbusto, o qual pode ser conectado à parte dianteira de um trator. Assim surgiu o TRITUCAP. O processo consta da realização do corte da vegetação lenhosa ao nível do solo sem danificar o sistema radicular, triturando e espalhando o material homogeneamente na área. A alternativa estudada contribui para melhorar a sustentabilidade do sistema de uso da terra no Nordeste paraense, assim como, a produtividade pode ser mantida ao longo do tempo. Figura 1



FIGURA 1. Área preparada com tritucap (a) e detalhe de como se apresenta após a trituração da capoeira (b).

o sistema de preparo da área por meio do corte e trituração da capoeira

??

→ A partir de então, vários estudos tem sido realizados na área. Kato (1998a e 1998b) avaliou a velocidade de decomposição do material triturado de capoeira com 4 e 10 anos de idade. De outro modo Kato *et al.* (1999) desenvolveram a técnica de limpeza de área sem queima para produção de mulch (cobertura morta) a partir de trituração de capoeira. A tecnologia de mulch pode contribuir para aumentar o teor da matéria orgânica do solo ao longo do tempo, pois, reduz a liberação de carbono para a atmosfera, devido principalmente à imobilização pelos decompositores (DENICH *et al.*, 1998).

nota? para avaliar a eficiência da

De acordo com Calegari (1992), a adubação verde se destaca entre as técnicas sustentáveis que procuram otimizar o aproveitamento e os benefícios da matéria orgânica. Essa técnica visa à proteção superficial do solo, bem como, a melhoria e manutenção de suas características físicas, químicas e biológicas.

Uma das alternativas em que os sistemas do corte e cobertura morta (slash/mulch) possam se tornar produtivos e sustentável é sua produção da cobertura morta (mulches).

A pratica de capoeira moída (Mulching) foram revistos nos trópicos por Lal (1975) e por Sanchez (1976). Nair (1989) discutiu seu uso em sistemas agroflorestais. Um dos problemas principais com o uso dos mulches é a necessidade de grandes quantidades do material, que podem ser oriundos dos resíduos da colheita produzidos no local e quando são insuficientes têm que ser trazidas de locais fora do campo. As vantagens principais de sistemas do slash/mulch são devidas aos materiais ^{necessários} para os mulches serem produzidos no local.

2.2.3 Sistemas agroflorestais

A otimização dos sistemas de produção ~~de~~^{com} sustentabilidade dos recursos naturais vigentes, exige o entendimento da estrutura e função de seus constituintes, principalmente sobre a dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes minerais no solo (FASSBENDER *et al.*, 1991).

A associação de árvores com culturas agrícolas, conhecida como sistema agroflorestal, concilia a produção de alimentos, a manutenção da capacidade produtiva dos solos e a conservação dos recursos naturais (Young, 1989). Um tipo de sistema agroflorestal, tradicionalmente empregado em regiões tropicais da África e Ásia, é o cultivo em aléias, no qual ^{as} espécies agrícolas ocupam o espaço deixado entre linhas de árvores ou renques. Tais plantas são periodicamente podadas durante a época de cultivo e constituem, portanto, uma forma de adubação verde (KANG *et al.*, 1981).

O cultivo em aléias pode também reduzir as perdas por erosão, uma vez que promove maior cobertura do solo, diminuindo o impacto direto da chuva no solo. Os renques de árvores funcionam como uma barreira ao escoamento superficial, reduzindo a velocidade da enxurrada (Lal, 1989). Este trabalho compara um sistema agroflorestal do tipo cultivo em aléias (alameda, corredor) com uma área sob vegetação de cerrado e tem por objetivo avaliar suas implicações na ciclagem de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) pelos componentes hídricos e vegetais.

+ Segundo Medrado~~x~~ (2000), os sistemas agroflorestais podem ser variados de acordo com o uso da terra, com o cultivo de árvores e arbustos em interação com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, com múltiplos propósitos, numa mesma área, de maneira simultânea ou sequencial temporal. Os sistemas deverão proporcionar uma opção viável de manejo sustentado da terra. Podem ser classificados de acordo com a ~~a~~ natureza e arranjo de seus componentes, como: Silviagrícolas, Silvipastoris e Agrossilvipastoris. X

Viabilidade econômica destes sistemas podem se caracterizar pelo retorno, a curto e longo prazo, através da produção de produtos de vegetais e animais.

X Segundo Ferreira, Kato e Costa~~y~~ (2004), os sistemas agroflorestais podem atender na prática, a diversos objetivos, como: o aumento da biomassa e ~~do~~ teor de matéria orgânica no solo contribuindo para a proteção contra a erosão e a elevação de temperatura do memso.

2.3. Atributos químicos do solo → substituídos

2.3. MATÉRIA ORGÂNICA

O manejo do solo e da matéria orgânica influencia tanto os rendimentos obtidos na produção agrícola como a qualidade ambiental, (PINTO & CRESTANA, 1996). A alteração no teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes, segundo Muzilli (1983) e Sidiras e Pavan (1985).

A matéria orgânica é em si uma fonte de nutrientes para as plantas e organismos animais. Sendo que no processo de decomposição, diversos elementos vão sendo liberados, principalmente o N, que é o elemento essencial das proteínas, o P que está contido nos fosfatos do inositol, nos ácidos nucleicos e nos fosfolípidos e o S, elemento importante em certos aminoácidos como a cistina e a metionina ^{requerido} Mendonça & Loures (1996).

A matéria orgânica apresenta uma alta capacidade de troca catiônica, e por isso tende a reter água e nutrientes. Quando se retira a matéria orgânica do sistema, há o empobrecimento do solo em nutrientes, pela retirada direta dos elementos que faziam parte de sua constituição, por que o solo permanece com a capacidade de reter menos água e nutrientes. (COSTA, JUCKSCH & GJORUP, 1996)

Segundo Mello (1989), a decomposição dos resíduos orgânicos, resulta em vários tipos de ácidos minerais e orgânicos (HSO_4 , HNO_3 , H_2CO_3 , etc.), agentes de solubilização de minerais do solo, pondo à disposição das plantas os nutrientes, antes em formas insolúveis, podendo também afetar a disponibilidade de nutrientes, devido à sua presença, a atividade microbiológica se intensifica e diminui o teor de oxigênio do ar do solo.

Os efeitos sobre as propriedades do solo, causadas pela matéria orgânica desempenha indiretamente um papel muito importante na nutrição mineral das plantas. Deste modo, a matéria orgânica aumenta o CTC do solo e em consequência a retenção de nutrientes, favorecendo a absorção de alguns nutrientes, aumenta a retenção de água, melhora a agregação, diminui o efeito de elementos tóxicos como o alumínio e contribui para o desenvolvimento de microorganismos. (CANTARELLA, ABREU & BERTON, 1992)

Uma das mais importantes contribuições da matéria orgânica nas propriedades do solo é sua capacidade de suprir nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente nitrogênio. Os nutrientes podem ser retidos ou liberados pela matéria orgânica por meio de dois processos: processos biológicos, que controlam a retenção ou liberação de N, P e S, visto que estes elementos fazem parte de unidades estruturais da matéria orgânica; processos químicos, que controlam as interações com cátions: pH, distribuição da matéria

orgânica no perfil do solo, composição da matéria orgânica no solo, decomposição da matéria orgânica no solo, carbono, nitrogênio, proteínas, hemicelulose, celulose e lignina.

2.4. POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (PH) ^{PH} X

X O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. O pH ^{segundo} Osaki (1991) pode influenciar numa série de propriedades químicas do solo, com a disponibilidade de nutrientes, a presença de elementos tóxicos, atividades da fauna edáfica, principalmente, os microorganismos do solo.

Para Pavan e Miyazawa (1996), o pH é um regulador da fertilidade do solo por manter estreita relação com a disponibilidade de cátions, a saturação ^{por} de bases e de ^{por} alumínio e a capacidade de troca de cátions. Entretanto, podem influenciar, nos diferentes processos e atividades do solo, como a ação microbiana, adorno, precipitação, infiltração da água, ^{de} absorção ^{de} outros.

O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica, quando próximo da neutralidade, a maioria dos microrganismos do solo trabalham mais eficientemente, através do acúmulo de C no solo ^{pelos} microrganismos, ou de maneira direta, afetando os processos microbianos, ou indiretamente, através da disponibilidade dos nutrientes ^{regulado} (Mello et al., 1985).

Para Raij, (1991) a troca de ânions aumenta com a diminuição do pH, enquanto que, na troca de cátions há o aumento do pH. As cargas dependentes do pH são influenciadas pela reação do solo e são mais importantes na matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e ^{de} alumínio, os principais ^{elementos} responsáveis pela propriedade da troca de íons em solos de regiões tropicais úmidas.

X Segundo Mello et al. (1985), os ^{elementos} elementos essenciais para as plantas, como ferro, manganês, cobre e zinco, à medida que o pH se eleva de valor maior que 5,0, até 7,5 ou 8,0 esses ^{elementos} elementos tem sua disponibilidade diminuída. Mas, em compensação, esses mesmos elementos e o alumínio, têm a sua solubilidade aumentada em valor de pH abaixo de 5,0 – 5,5, ^{que} podem atingir níveis considerados tóxicos ao desenvolvimento das plantas. Dados coletados de experimentos realizados por Alfaia (1988), demonstraram que o aumento do pH provocou redução do teor do alumínio do solo e aumento da disponibilidade de molibdênio.

No entanto, para Malavolta (1976), o fósforo do solo tem a sua maior solubilidade confinada a um pH em torno de 5,5- 6,0. E, à medida que o pH vai atingindo valores menores que 5,0, o fósforo vai se insolubilizando na forma de fosfatos de ferro e de alumínio, no processo conhecido como “adsorção específica”.

Luizão et al. (2000) verificaram que as variações estavam mais fortemente relacionadas com as concentrações de hidrogênio, do que com as concentrações de nitrogênio e carbono do solo, devido ao tamanho da Biomassa Microbiana do Solo (BMS) entre solos sob sistemas agroflorestais oriundos a partir de floresta e capoeira.

Em virtude dos solos amazônicos, serem de baixa fertilidade ~~dos~~, de elevada saturação de alumínio e pH ácido e, a falta de tradição dos produtores rurais no uso de corretivos são fatores limitantes para elevar a produtividade dos sistemas agroflorestais regionais.

2.5. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

MO, pH

→ este item deve ser transferido para o 2.3. sugestão

O solo não é apenas substrato inerte que reflete a composição do material de origem, mas forma-se e desenvolve-se como resultado do efeito dos fatores ambientais ativos, como clima e vegetação sobre o material, em dado tempo. A matéria orgânica presente no solo e a contribuição da cobertura vegetal, tem propriedades que refletem o efeito combinado de todos os fatores de formação e, de acordo com a interação entre a fração orgânica e mineral, pode-se determinar o processo pedogenético (ANJOS *et al.*, 1999).

A conversão de florestas em áreas agrícolas altera o equilíbrio natural existente, modificando as propriedades do solo, sendo isso inevitável. Na comparação das propriedades físicas de quatro solos sob mata nativa e sob cultivo em diferentes sistemas de manejo, constatou-se que houve degradação da estrutura do solo cultivado, comprovada pelo aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e diminuição da taxa de infiltração da água. (ANJOS *et al.*, 1994)

A qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (CARTER *et al.*, 1997; SPOSITO & ZABEL, 2003). O estado das propriedades dinâmicas do solo, como o conteúdo de matéria orgânica, diversidade de organismos, os produtos microbianos num tempo particular constituem a saúde do solo (ROMIG *et al.*, 1995).

A quantidade e qualidade dos nutrientes fornecidos ao solo pode ter sua origem representada de duas maneiras a) pela deposição de serapilheira e pela morte de raízes, principalmente, ^{do}as finas e b) pela ação de fertilizantes. No que se refere à serapilheira, estudos realizados nas diferentes florestas do mundo demonstraram que em geral, elas são compostas de 60% a 80% de folhas; 1% a 15% de frutos; 12% a 15% por ramos e de 1% a 25% por cascas de árvores (BRAY & GORHAM, 1964). A quantidade de nutrientes na serapilheira depende da espécie, do tamanho e ^{do}tipo das folhas em relação aos demais componentes, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência (processo de envelhecimento), bem como do tipo de solo (SCHUMACHER, 1992). A concentração de nutrientes em sistemas florestais naturais é bastante similar ao de florestas implantadas, ou seja, o nitrogênio é o nutriente encontrado em maior concentração, seguido pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo (HAAG, 1985).

No caso dos fertilizantes, estes podem ser usados isoladamente ou adicionados à cobertura morta (mulch). O uso de fertilizantes para a melhoria dos rendimentos das culturas ou da qualidade de mudas. Desse modo, o rendimento máximo é obtido pela combinação específica entre as concentrações dos nutrientes, uma vez que a concentração em excesso de um dado nutriente pode promover um desequilíbrio nutricional, afetando a concentração e/ou absorção de outro, ou mesmo o nível crítico daquele (FERNANDES *et al.*, 2003). O uso de fertilizantes é necessário para se alcançar produções viáveis no sistema de derruba e cobertura morta, no primeiro ano de cultivo. Resultados obtidos por Kato (1998 ^{21/8/86} a, b) mostraram que a adição do fertilizante NPK, torna a tecnologia de mulch tão produtiva quanto o sistema tradicional, mesmo que se utilizem culturas altamente exigentes em nutrientes, como o arroz e o milho.

2.5.1 Elementos necessários para as plantas

Os carboidratos, que são fonte de energia para as plantas, contêm carbono, oxigênio e hidrogênio. Além desses, mais treze elementos (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, Bo e Cl) são essenciais para completar o ciclo de vida das plantas. Nos processos naturais associados às entradas e perdas de nutrientes, como de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ecossistemas florestais, determinam as suas disponibilidades, que são necessários em concentrações adequadas para o crescimento de

plantas (WARING & SCHLESINGER, 1985). As deficiências de N e P, freqüentemente, são as mais limitantes para a produção em ecossistemas florestais.

Na Figura 2, pode ser observado um resumo dos possíveis compartimentos e processos de transferência, em uma análise sistemática, dos ciclos de elementos químicos em um ecossistema florestal.

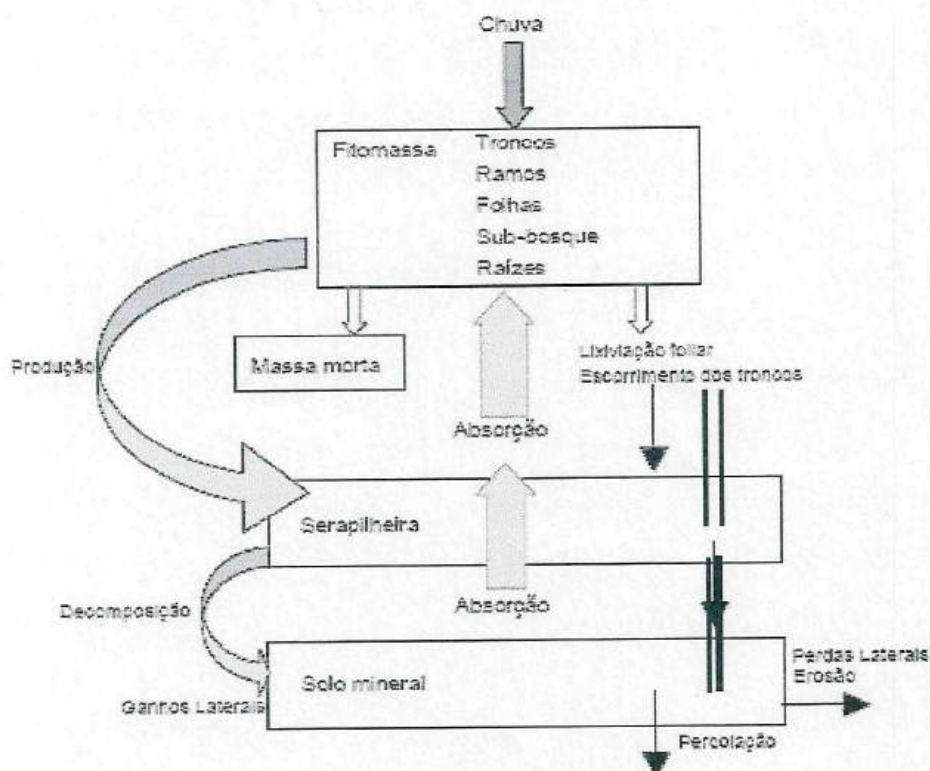


FIGURA 2 – Representação esquemática dos compartimentos: matéria orgânica e nutriente, e de suas transferências entre compartimentos, em ecossistemas florestais. Fonte: adaptado de Fassbender (1985).

As reservas orgânicas e minerais localizam-se na fitomassa da floresta, distribuídas nos troncos, folhas, ramos, raízes e, de acordo com a estrutura e aspectos ecológicos da floresta, no sub-bosque e epífitas, bem como, na serapilheira e no próprio solo. A transferência de nutrientes entre os compartimentos processa-se por meio da água (chuva, escorrimento de troncos, lavagem de folhas, percolação de resíduos vegetais, decomposição e liberação de nutrientes). Além disso, deve-se considerar, no esquema, a participação da zoomassa (carnívoros, herbívoros e detritívoros) e as práticas de manejo (colheita e exploração) do sistema (FASSBENDER, 1985).

A forte interligação entre fenômenos da biosfera, geosfera, atmosfera e hidrosfera e suas relações com a disponibilidade de nutrientes na solução do solo determina a sustentabilidade da produtividade primária dos ecossistemas florestais. Figura 3.

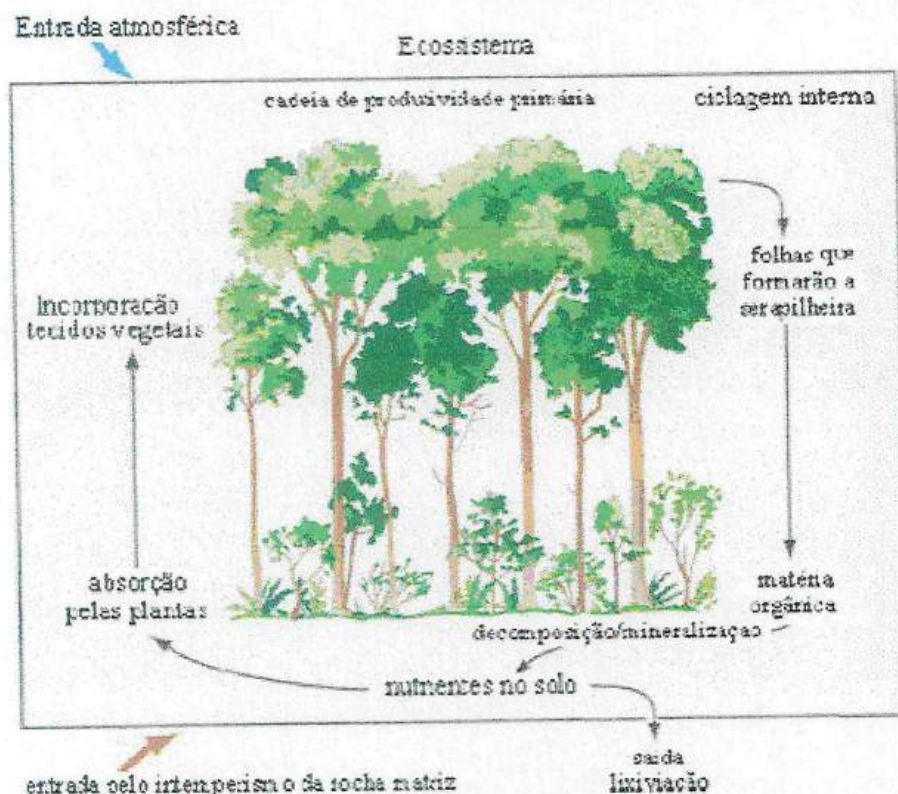


FIGURA 3 - Representação dos processos relacionados à disponibilidade de nutrientes na solução do solo. Adaptada de *Dahlgren e Turner, 2004*.

2.5.1.1. Fósforo (P)

A deficiência de fósforo nos solos brasileiros é um fator limitante para o rendimento das culturas, principalmente quando se trata de solos ácidos e com elevada capacidade de fixação de P por compostos de alumínio e de ferro. Neste contexto, doses elevadas de fósforo têm sido utilizadas tanto para as culturas definitivas quanto para a produção de mudas, o que tem causado desequilíbrio nutricional, principalmente, com os micronutrientes Cu e Zn (OLSEN, 1972).

Segundo Raij (1991), 95% a 99% dos fosfatos estão presentes no solo como compostos insolúveis, minerais ou orgânicos, isto é, inacessíveis para as plantas, que necessitam de fósforo na forma de fosfatos solúveis ($H_2PO_4^-$). O P orgânico do solo é proporcional aos teores de matéria orgânica, cuja relação C:P de 50:1 é uma ordem de grandeza. Na matéria

orgânica encontraram-se vários compostos de fósforo com predominância dos fosfatos de inositol, fosfolipídeos e ácidos nucleicos. Nos compostos inorgânicos do fósforo a proporção relativa, com o ferro, alumínio e cálcio fica condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração de argila. Nos solos ácidos onde há o predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio são mais importantes as combinações de fósforo com ferro e alumínio, enquanto que nos solos neutros ou calcários aparecem mais fosfatos de cálcio de ordem elevada e baixa solubilidade.

A perda gradual do P da biomassa para o solo, na natureza, é apenas um meio físico de sustentação da floresta, representando um dreno para o P que entra em contato com sua fase mineral. Neste caso, não deve haver contato do P que está no ciclo orgânico com a fase mineral desses solos. A planta absorveria o P diretamente do mineral do substrato orgânico (serapilheira), ou da fase orgânica por intermédio da hidrólise enzimática proporcionada pelas fosfatases, sem dar chances ao substrato mineral do solo de se envolver no equilíbrio atualmente existente (NOVAIS *et al.*, 1999). Na Figura 4 apresenta-se um esquema geral do ciclo do fósforo no ecossistema de floresta. As taxas de transferência de P com os resíduos vegetais oscilam entre 2 e 14 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Comparando esses valores com os de outros elementos, constata-se que o fósforo apresenta uma mobilidade bastante pequena na natureza (FASSBENDER, 1985).

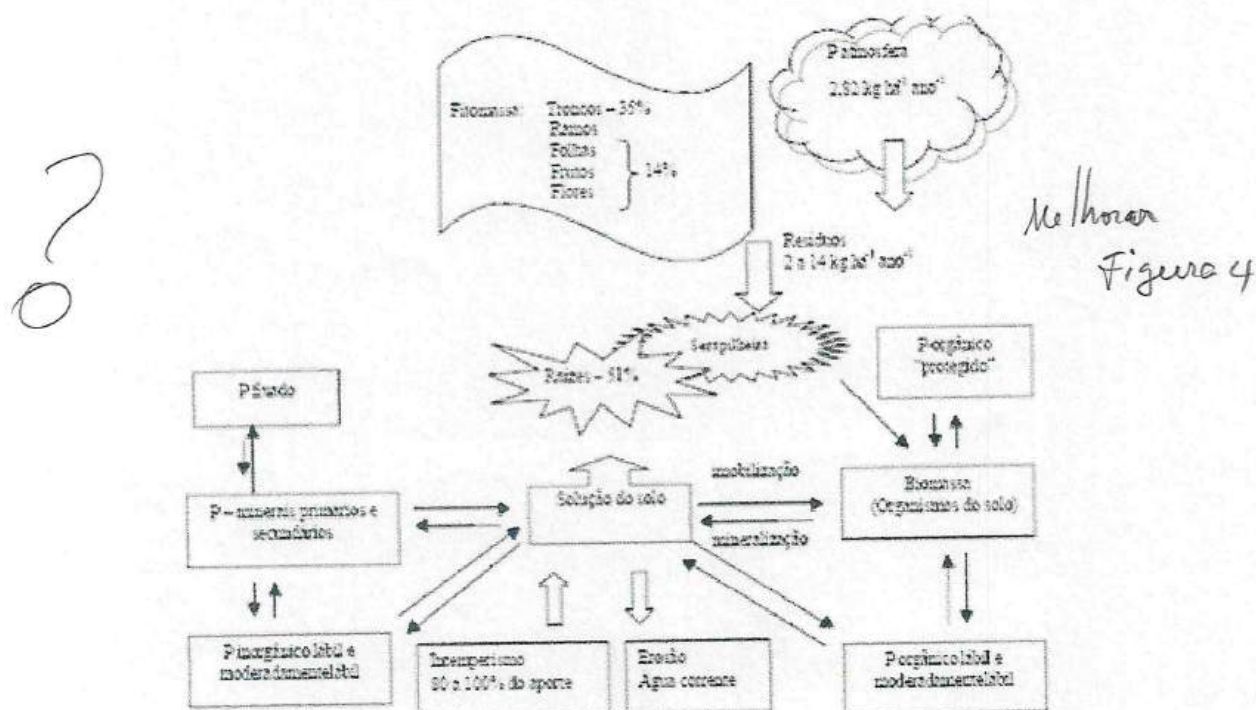


Figura 4. Representação esquemática do ciclo de fósforo (P) em um ecossistema florestal tropical.: Adaptado da Fassbender (1985)

Segundo Raij (1991) as formas apresentadas de fósforo no solo aplicável na nutrição das plantas, reconhecem três frações: o fósforo em solução, o fósforo lábil e o não lábil. Sendo que ^{os} teores de fósforo em solução do solo normalmente são baixas, devido a baixa solubilidade dos compostos de fósforos existentes no solo e da alta capacidade de adsorção do elemento pelas partículas do solo.

Os teores de fósforo nas plantas são bem mais baixos do que os de nitrogênio e potássio ficando próximo aos teores dos macronutrientes secundários. Participa de um grande número de compostos das plantas ^{essenciais} em diversos processos metabólicos. Encontra-se nos processos de transferência de energia, o seu suprimento é ^{essencial} desde o início do desenvolvimento vegetal, ^{também} é importante na formação dos primórdios das partes reprodutivas. (RAIJ, 1991)

Nos solos brasileiros e amazônicos, a deficiência de fósforo é um elemento limitante aos bons rendimentos das culturas, principalmente, quando se trata de solos ácidos e com elevada capacidade de fixação de P por compostos de alumínio e de ferro. Dessa forma, doses elevadas de fósforo têm sido utilizadas para as culturas definitivas, causando o desequilíbrio nutricional, principalmente, com os micronutrientes Cu e Zn (OLSEN, 1972). Mas, apesar disso 50% do estoque do fósforo e 80% do potássio e magnésio estão localizados na biomassa da floresta (KLINGE, 1975)

2.5.1.2. Potássio (K)

O potássio ocorre no solo na forma ^{de} cátion trocável e na solução do solo, sempre como íon K^+ que é a forma de ocorrência em minerais. ^{Hal'} ~~X~~ semelhança com o fósforo na forma de absorção pelas plantas, porque dependem de difusão para chegar na superfície das raízes. Em solos que contém matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio como materiais responsável pela capacidade de troca de cátions, o potássio trocável representa o teor disponível do elemento. (RAIJ, 1991).

A absorção do potássio pelas plantas se dá na forma de íon hidratado positivo monovalente (K^+). O potássio trocável e o potássio em solução do solo, em conjunto, representam a reserva imediata de K para a planta. O teor de K aproximadamente constante no solo é mantido pela liberação de K de formas não-trocáveis (K estrutural). Em solos tropicais, a reserva de K estrutural é baixa (TISDALE, 1993), caso esse nutriente não seja adicionado ao solo via fertilizante.

Os teores totais e disponíveis de K e Mg do solo dependem, entre outros fatores, dos atributos químicos e mineralógicos do solo. A avaliação no espaço e no tempo, das formas e frações dos nutrientes no solo, permite quantificar a reserva de nutrientes que pode ser utilizada para o crescimento vegetal. Tal informação é fundamental no manejo nutricional de culturas de ciclo mais longos ou perenes, diante da possibilidade de formas não trocáveis de K e Mg virem a ser absorvidas ao longo dos ciclos (MELO *et al.*, 1995).

Na região dos trópicos a cobertura morta vegetal contribui muito para aumentar N, P e K no solo, porém, a cobertura deve ser repostada com mais frequência, devido a sua rápida decomposição, ^{requerido} (Stratton *et al.*, 1998). Para outros autores a cobertura do solo além de ^{requerido} aumentar o teor de matéria orgânica no solo, aumenta a disponibilidade de P e K trocável, ^{requerido} (Pinamonti, 1998) e o teor de C orgânico e Mg (CADAVID *et al.*, 1998).

2.5.1.3 Sódio(Na)

O comportamento do sódio no solo é muito similar ao do potássio, sendo que a forma que ocorre em minerais, na solução do solo e como cátion trocável, é a do íon Na^+ ^{resíduo} e facilmente removido do solo por lixiviação. Acumula-se ~~no~~ ^{no} solo em forma dos sais de NaCl , Na_2SO_4 e Na_2CO_3 . O seu acúmulo em solos agrícolas provoca sérios problemas de dispersão e a deterioração da estrutura do ^{solo,} ~~so~~ ^{prejudicando a} em consequência das propriedades de infiltração de água e de aeração (RAIJ, ~~1991~~).

O íon sódio altera a curva de retenção de água no solo, porém, a elevação da retenção não está correlacionada linearmente com o aumento da concentração do mesmo (VALLE Jr., ~~1995~~).

A redução da percentagem ^{pot} ~~de~~ sódio trocável, atribui-se apenas à lavagem e/ou à presença ~~no~~ solo, de carbonato de cálcio que, após a diluição, libera o cálcio para substituição do sódio que é mais fracamente retido no solo em relação ao cálcio podendo ser deslocado logo que haja oportunidade (GOMES, *et al.*, ~~2000~~).

Os solos afetados por sais através da salinidade e sodicidade representam uma grande ameaça para a agricultura. A salinidade afeta principalmente a absorção de água pelas plantas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, enquanto que, a sodicidade afeta a estrutura do solo e, indiretamente, a disponibilidade da água (BERNARDO, 1995). A presença de sais no solo pode também provocar problemas de toxicidade para as plantas e, em consequência a diminuição da produção agrícola.

Para Eilers (1995), a salinização do solo ocorre em lugares cujas condições coexistem, são: presença de sais solúveis no solo; alto nível do lençol d'água; e alta velocidade de evaporação. Entre os diversos fatores que controlam a ocorrência, a extensão e o nível de salinidade do solo podemos citar: os de longa duração (materiais formadores do solo, topografia, drenagem do solo, hidrologia das águas subterrâneas e clima regional) e os de curta duração (precipitação, evaporação, uso da terra e práticas de cultivo)

A salinidade é uma condição de solo adversa para as plantas e essas plantas que vivem nessas condições são chamadas de "halófitas" as quais desenvolvem mecanismos capazes de se adaptarem a essas condições. Essa resistência a salinidade deve-se, principalmente, pelo acúmulo de cloreto de sódio dentro do ^{vacúolo} vacúolo, por resistência à entrada de cloreto de sódio na célula e por diluição do mesmo após a sua entrada na planta. Uma das características bioquímica de adaptação das plantas à salinidade é a acumulação de duas substâncias nitrogenadas que são a prolina e a glicinobetaina.

Segundo Resende *et al.* (1988, p. 72) afirmam que os **solos salinos** são solos com alto teor de sais solúveis (cloretos, sulfatos, bicarbonatos de sódio, cálcio ou magnésio), que apresentam estrutura granular e lençol freático elevado, com horizonte sálico ou salino abaixo do horizonte A. São áreas de temperatura e evapotranspiração altas.

2.5.1.4 Cálcio e Magnésio. (Ca^{++} + Mg^{++})

Os elementos cálcio e magnésio são conhecidos como macronutrientes secundários. Entretanto, Raij (1991) ressaltou que do ponto de vista de nutrição vegetal, nenhum nutriente pode ser considerado secundário, à medida que todos são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Esses elementos podem ser encontrados no solo e em fertilizantes minerais nas formas catiônicas ^{de} Ca^{2+} e Mg^{2+} .

O cálcio é encontrado nos silicatos como anortita, augita e hornblenda. Lixivia-se com muita facilidade e por isso os solos pobres em cálcio são encontrados em regiões úmidas.. (OSAKI, 1991). O elemento cálcio possui duas funções: a de neutralizar o solo ácido e a de alimentar a planta. No caso de alimento serve para desenvolver a planta e circula desde a raiz até as folhas, como componente do protoplasma e das paredes celulares favorecendo a absorção de outros elementos nutritivos pela raiz na forma iônica (Ca^{++}).

O cálcio é um elemento pouco móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas jovens. Essas folhas normalmente são menores do que as normais, com a

superfície entre as nervuras cloróticas, com pintas necróticas e tendência a se encurvarem para baixo.

A origem primária do magnésio é em rochas ígneas, cujos principais minerais que o contêm são biotita, dolomita, clorita, serpentina e olivina, como também de rochas metamórficas e sedimentares. Ocorre em minerais, no complexo de troca catiônica e na solução do solo como cátion Mg^{2+} , que é forma absorvida pelas plantas (RAIJ, 1991; TANAKA *et al.*, 1993). Podem ocorrer, também, nos minerais secundários, como a vermiculita, illita e montmorilonita (TANAKA; MASCARENHAS, 1992).

Nos solos onde a CTC é elevada pode-se esperar menor disponibilidade do magnésio e como regra prática podemos citar que os teores de potássio não devem superar os teores de magnésio. Segundo Malavolta (1976), a intensidade de absorção de magnésio depende da relação com o potássio, sendo que se esta relação K/Mg for alta, a planta pode ficar deficiente de magnésio.

Uma das funções do magnésio é a participação na fotossíntese, pois participa como elemento central da molécula da clorofila. O magnésio é um elemento móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas maduras. Essas folhas apresentam a superfície entre as nervuras cloróticas, que com o agravamento da deficiência vão ficando amareladas, no entanto as nervuras permanecem verdes. (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994). O limbo foliar torna-se rígido e quebradiço e geralmente ocorre a senescência precoce. As plantas carentes em magnésio, normalmente apresentam atraso na fase reprodutiva. (CLARK, 1984; MENGEL; KIRBY, 1987)

2.5.1.5 Alumínio (Al)

O íon Al é tido como um componente de acidez do solo ^{com ação} maior que o H^+ ligado por atração eletrostática aos colóides. A toxicidade do Al nas plantas se dá pelo menor crescimento e pelas baixas produções nos solos ácidos. (MALAVOLATA *et al.*, 1976).

Segundo CATANI & JACINTO (1974) como o Al gera H^+ , para fins práticos, as expressões “alumínio trocável” e “acidez titulável”, são dadas como sinônimas.

Os íons H^+ e Al^{+3} , ligados à fase sólida, é denominada acidez potencial. Apenas parte dos íons alumínio são deslocados por outros cátions, sendo por isso denominado de Al trocável ou acidez trocável.

Segundo RAIJY (1991), a acidez ativa em solução está em equilíbrio com a acidez potencial, permitindo assim, que a acidez total do solo seja gradativamente neutralizada, inclusive o íon Al^{+} , que é precipitado na forma de $Al(OH)_3$.

BAENA_x (1977) ^{observou que} o comportamento do alumínio trocável é o ^{inverso} contrário do padrão de cálcio trocável. O alumínio trocável está presente (1,03 mEq/100g de solo) no solo superficial na área de floresta, é reduzido a 0,32mEq/100g de solo na área queimada, e está ausente nas amostras superficiais das áreas de pastagem.

Os íons cálcio e sulfato participam de reações de troca catiônica e aniônica na solução do solo. Desta forma, os íons Ca deslocam outros cations como o Al, K, Mg e H, porquanto os íons sulfato formam complexos químicos solúveis neutros como $MgSO_4^0$, $K_2SO_4^0$ como também $AlSO_4^0$. Estes complexos por apresentarem grande mobilidade, favorecem a descida destes cátions no perfil. Sais que apresentam alta mobilidade, como os nitratos (exemplo, KNO_3), que não interagem com a fase sólida, são facilmente arrastados no perfil ocasionando acúmulo nas camadas mais profundas, e em alguns casos ^{causando} levando a deficiência às plantas. (ALVAREZ *et al.*, 1999)

Segundo Vale *et al.*, (1982), em relação ao alumínio, muito pouco se conhece a respeito dos padrões de absorção e assimilação por espécies florestais, especialmente quando se trata da presença ou não do nitrato no solo em quantidades muito pequenas. A presença do Al no meio diminui a defasagem entre absorção da forma nítrica e amoniacal. Desta forma há o favorecimento do processo de nitrificação, quando do uso de calagem, que é uma ação desfavorável a nutrição nitrogenada eucalipto. Com o uso da calagem ela é indesejável por reduzir ou eliminar a atividade do Al no solo, dificultando assim a absorção do nitrato do meio, pelas plantas. O efeito do Al sobre a absorção do fosfato foi mais acentuada em plantas supridas com nitrato.

BASSIONI_y (1966) e CORDEIRO_y (1981), observaram que o Al, em baixas concentrações, exerce efeito estimulante no estágio inicial de absorção de NO_3^{+} promovendo maior absorção total, isto em função da redução do potencial negativo da raiz causado pelo Al, o qual propicia maior acesso do íon NO_3^{+} aos sítios de absorção ativa.

2.6 CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA-CTC

A capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva é a soma ^{dos} dos cátions trocáveis ($Al + Ca + Mg + K$) e, não deve ser confundida com a CTC do solo a pH 7. A CTC ^{é um parâmetro} é muito importante

medir a capacidade dos solos
na agricultura devido ~~os solos~~ reterem cátions de cálcio, magnésio, potássio e outros em menores quantidades, evitando ^{os mesmos} que ~~drenem~~ com as águas e fiquem disponíveis para os vegetais. A CTC ^{representa} é a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso ou volume (RAIJ, 1991)

De acordo com Malavolta, (1980); a capacidade de troca catiônica (CTC) ^{da} ~~de~~ matéria orgânica é devida aos grupos: carboxílicos (COOH), fenólicos (C₆H₅OH), alcoólicos (OH) e metóxílicos (OCH₃), os quais, se encontram na superfície das moléculas dos ácidos húmicos que entram na sua composição. A CTC na matéria orgânica do solo depende do grau de acidez desses grupos e variam de acordo com o pH.

Quando o pH é igual ou pouco maior que 5, a disponibilidade dos íons K, Ca e Mg na solução do solo ou no complexo de troca são pouco afetados, mas, se esses valores encontram-se abaixo de 5,0, ~~5,5~~, o alumínio, ferro, cobre e manganês ^{transformam-se} são solúveis em quantidades suficientes para atuarem como tóxicos no crescimento de algumas plantas. E, se o valor do pH for muito elevado, os íons bicarbonatos estão presentes em quantidades suficientes para interferir na absorção normal de outros íons, causando prejuízo ao crescimento ótimo. *das plantas*
(MALAVOLTA, 1987)

Os processos físico-químicos que ocorrem na transferência de um dado elemento químico de um compartimento para outro são responsáveis por uma série de propriedades do solo, tais como: adsorção e dissociação de íons e dispersão e floculação dos colóides. As características de transferência do elemento químico explicam a reatividade do solo ^{que} ~~são~~, a superfície específica e as cargas elétricas dos colóides, que compreendem principalmente os minerais de argila, a matéria orgânica e os minerais de ferro e alumínio. (BOHN *et. al.*, 1979)

De acordo com Hodgson (1963), a fração orgânica do solo também exhibe propriedades de adsorção. Ela tem uma afinidade muito grande pelos cátions e normalmente se correlaciona com a quantidade desses no solo. A matéria orgânica oferece sítios para a troca de cátions, ^{troca de} ~~mas~~, sua grande afinidade com os metais é devida a ligantes ou grupos que formam quelatos ou complexos com esses metais.

Segundo Lobo (1986), nas regiões tropicais onde ocorrem altas temperaturas e chuvas intensas, as condições são propícias para dissolução e lixiviação relativamente rápida de minerais intemperizáveis, resultando solos ^{muito} intemperizados, como os Latossolos, constituídos principalmente de materiais residuais como a caulinita e ~~óxido~~ ^{óxidos} hidróxidos de ferro e alumínio.

2.7 SOMA DE BASES (SB)

Ver valor SB

> 6 cmole kg⁻¹ de solo

A soma dos teores de Ca, Mg K e Na, quatro importantes nutrientes para as plantas, ^{de bases (SB) representa a soma}

Quanto maior a soma de bases, maior ^{a nível de} a fertilidade do solo. /

A saturação por base é um dos atributos mais utilizados na classificação de solos, pois informará sobre o quanto do complexo de troca está saturado por bases e ^{que} permite inferir sobre ^o nível ^{de} as suas fertilidades. Sendo que quanto maior o valor da saturação, maior será o conteúdo de bases no solo. Solos com alta saturação por bases (eutróficos) ou baixa saturação por bases (distróficos) podem ser indicados em mapas de solos que auxiliarão na planificação do uso da terra. Os valores elevados das saturações por bases não significa que os solos são ricos quimicamente, pois tais solos podem conter baixíssimas quantidades em bases trocáveis e ^{ocorrer} ad ^X deficiência de alguns nutrientes, como no caso de alguns LATOSSOLOS Ácricos. O teor em bases trocáveis destes solos é muito baixo, se esgotando rapidamente com o decorrer das colheitas, principalmente, se não forem fertilizados. Já em solos com elevados teores de saturação por bases e de ^{alta} capacidade de troca de cátions no caso dos LUVISSOLOS, CHERNOSSOLOS, VERTISSOLOS, CAMBISSOLOS Ta Eutróficos e GLEISSOLOS Ta Eutróficos entre outros apresentam reservas de nutrientes muito maior, suportando por mais tempo para se esgotarem. Quando da interpretação da potencialidade dos solos é necessário que se considere a saturação por bases em conjunto com valores absolutos de soma de bases ou da capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA, 2003).

Prumissa na velocidade

??

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização e Aspectos Fisiográficos Igarapé-Açu

O município de Igarapé Açu, foi criado através da Lei nº985 de 26 de outubro de 1906. Pertence à Mesorregião do Nordeste Paraense e Microregião Bragantina e tem uma área de 798,92 Km², distante da capital do Estado (Belém) aproximadamente 120 km (IDESP, 1997). O município situa-se entre as coordenadas geográficas ^{de} 00°50'00" e 1°20'00" ^{de} Latitudes ^S e ^{de} 47°20'00" e 47°50'00" ^a de Longitudes WGr. (Figura 5). Limita-se: ao Norte: com os municípios de Marapanim, Maracanã e Santarém Novo; a ^N Leste com o município de Nova Timboteua; ao ^S Sul com os municípios de Santa Maria do Pará e São Francisco do Pará e a ^O Oeste com o município de São Francisco do Pará. A principal via ^{de acesso} ao município é pela Rodovia BR-316 e PA-127.

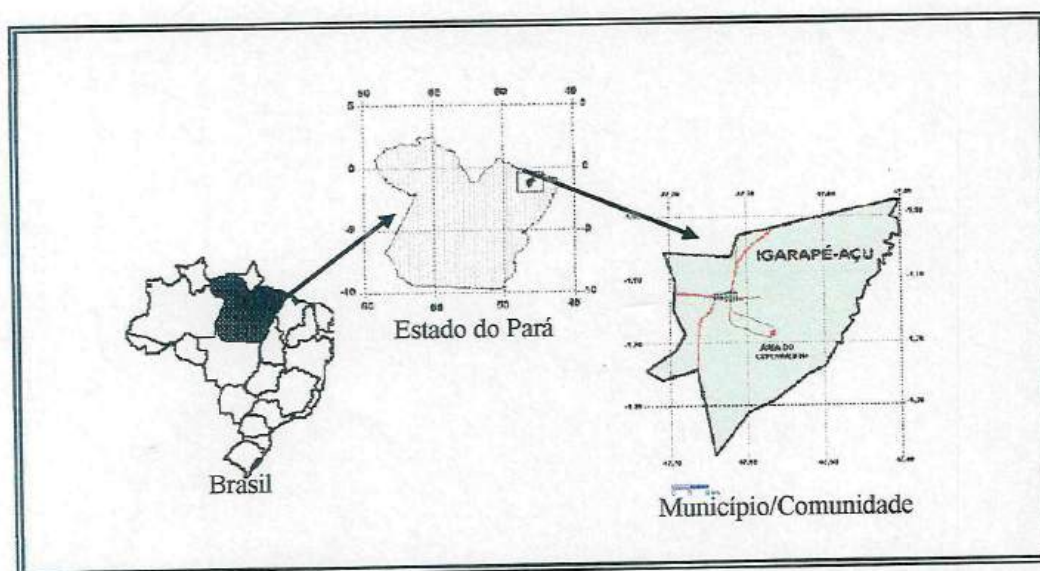


FIGURA.5. Mapa de localização do município onde fica o Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Município de Igarapé-Açu - Pará (PA), Brasil, 2007.

3.1.2. Cobertura vegetal

A ^{vegetação} ^{primária} do Município de Igarapé-Açu era ^{representada} ^(caracterizada estudada era coberta) pela Floresta Equatorial Subperenifolia ^{de} pelas formações da Floresta Hidrófila e Higrófila de Várzea. As espécies encontradas com mais frequência eram andiroba (*Carapa guianensis*),

açacú (*Hura creptans*), breu branco de várzea (*Protium unifolium*), jenipapo (*Genipa americana*), ingá (*Ingá edulis*), louro de várzea (*Nectandra amazonium*), taperebá (*Spondia lutea*) e samaúma (*Ceiba pentandra*) (BRASIL, 1973).

Atualmente, ^{espécies da}constituição florística da região é representada por ^{vegetação secundária}(capoeiras) com várias idades e pouca vegetação primária, a qual, foi moderadamente preservada, podendo ser encontrada somente em pequenas manchas esparsas (RODRIGUES *et al.*, 1991). As principais espécies são: imbaúba (*Cecropia sp.*); pau mulato (*Chimaphila turbinata* D.C), mata-mata branco (*Eschweilera odorata*), lacre (*Vismia spp*) e palmeiras como: o buriti (*Mauritia flexuosa*), açaí (*Euterpe oleracea*) e bacaba (*Oenocarpus bacaba*) (BRASIL, 1973). Nas propriedades rurais de Igarapé Açu mais da metade da área está ocupado por capoeira (16% com menos de 4 anos e 50% com mais de 4 anos), considerando que as florestas (naturais e plantadas) ocupam somente 7,5% da área utilizável (DENICH e KANASHIRO, 1993). No município as pequenas propriedades respondem por 86% da área agrícola e os pequenos proprietários correspondem a 97% dessas propriedades.

3.1.3. Geologia e Relevô

^{A geologia da área} Apresenta características sedimentares do Período Terciário Barreira e Quaternário ^{representada pela formação} Subatual e antiga (BRASIL, 1973). Devido às características do material original e em virtude do processo de lixiviação, os sedimentos são extremamente oligotróficos, dando origem a terras com uma baixa provisão de nutrientes (DENICH, 1989). 137

Em decorrência da estrutura geológica o relevo é bastante simples, representado pelos baixos tabuleiros do Grupo Barreiras, terraços do Quaternário Antigo e várzeas do Quaternário Recente, correspondendo, regionalmente, à unidade morfo-estrutural do Planalto Rebaixado da Microrregião Bragantina (IDESP, 1997). Também são encontradas topografias com relevo plano nas várzeas, onde são dominantes os tipos de solos Gleissolos Thiomórficos sob a vegetação de mangue, assim como, as áreas de planícies flúvio-marinhas com Neossolos Quartzarênicos em relevo plano e suave ondulado (BRASIL, 1973).

Sob vegetação secundária (capoeira) e relevos planos, suavemente ondulado e ondulado com solos Argissolos amarelos e Latossolos Amarelos. Nesta unidade morfo-estrutural os solos são formados por sedimentos terciários da Formação Barreiras (BRASIL, 1973).

3.1.4. Solo

sugestão características gerais do
solos, são: profundos, de baixa fertilidade
de textura arenosa e média, etc.

sugestão falar sobre
os solos do Município em geral

De acordo com a pesquisa exploratória do Projeto RADAMBRASIL (1973), o solo predominante na região é de textura média, Latossolo amarelo (Oxisol). Na área experimental foi aberto o perfil do solo para a realização de sua descrição. Conforme a classificação brasileira, FALESI, I. C. (comunicação pessoal) descreveu o solo de capoeira com pousio com menos de quatro anos e a classificou como ^{Neossolo Quartzarênico} ~~areia quartzosa~~ (Entisol) com poucos micrósporos nos horizontes Ap (0-7 cm) e AB (7-15 cm). Na capoeira com pousio com mais de dez anos ^{o solo} foi classificada como Latossolo Amarelo bem drenado (Oxisol) com predominância de areia até uma profundidade de 19 cm e, a partir dessa profundidade a prevalência de barro arenoso.

Usando o método de coleta de solo através de trado, ^{coletadas} onde foram tiradas amostras nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm na área do experimento. Em se tratando da textura do solo da área experimental, coletaram-se amostras ~~sobre os~~ dos mencionados perfis. Na área de pousio com menos de quatro anos a macro-porosidade é mais alta do que na área de pousio de dez anos. E, que o oposto em relação à micro-porosidade é verdade, em consequência, a taxa de retenção de água é diferente nas duas áreas, com o pousio de dez anos com maior capacidade de retenção de umidade.

Os solos identificados no município de Igarapé Açu, Estado do Pará, representados por: Latossolo Amarelo Distrófico ^{Antropogênico}, Argissolo Amarelo Distrófico ^{Xípico}, Argissolo Amarelo Distrófico ^{Epiáquio}, Argissolo Amarelo Distrófico ^{Abtrúctico}, Gleissolo Háplico e Neossolo Quartzarênico (COSTA FILHO, 2005)

3.1.5. Clima

As condições climáticas do município de Igarapé-Açu, Estado do Pará foram estabelecidas pelos dados da estação meteorológica de Igarapé-Açu, a partir dos dados climáticos coletados no período de 1994 a 2005 (BASTOS, 2000; ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA 001478019 Igarapé-Açu - EMBRAPA-CPATU-PA).

Clima ^{le} megatérmico úmido, ^{do} tipo Am na classificação de Köppen. As temperaturas ^{RA'} médias máximas e mínimas ^{médias} anuais situam-se entre 31°C e 33°C e 20°C e 22°C, respectivamente. Durante os meses observa-se pouca variabilidade térmica, todavia é possível

7 dizer que o período de maio² ocorrência das temperaturas mais alta⁵ durante o ano verifica-se entre ^{os meses de} setembro e dezembro.

Há normalização da precipitação total anual no período de 1994 a 2005 (Figura 6), ocorrendo anomalia negativa no ano de 1994 e anomalia positiva nos anos de 1998 e 2005.

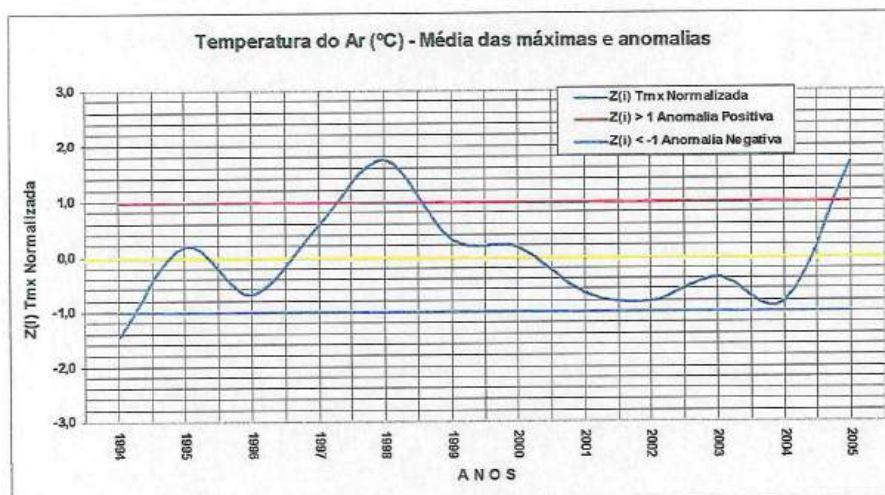


Figura 6. Variação da Temperatura do ar (°C), Média das máximas e anomalias.
Fonte: Estação climatológica 001478019 – Boletins mensais. EMBRAPA-CPATU

variação da pluviométrica
A precipitação anual no período de 1994 a 2005, ^{observa-se que ocorreu uma precipitação} sendo que a mínima de 2.302,5 mm ^{demonstra} ocorreu em 1994 e a máxima de 2.857,5 mm em 2004, ^{mostra} a variabilidade da precipitação na região e a necessidade de levar em consideração outros dados além das médias do período estabelecido. (BASTOS, 2000; ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA 001478019 Igarapé-Açu - EMBRAPA-CPATU-PA)(Figura 7)

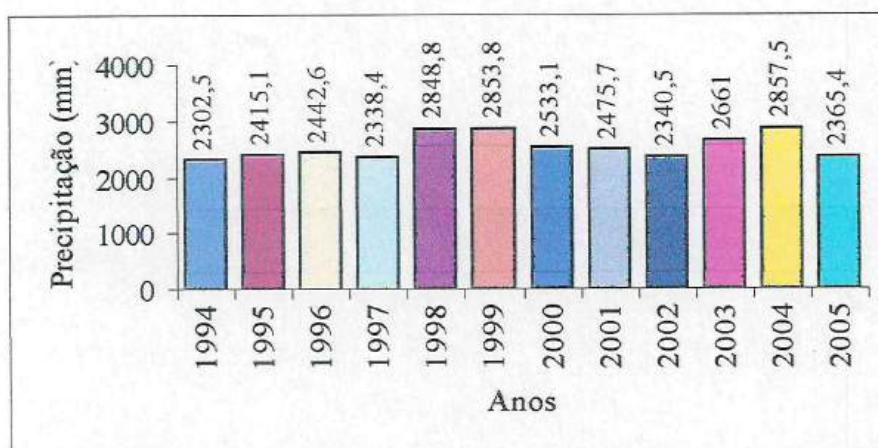


Figura 7. Variação da Precipitação Pluviométrica total anual no período de 1994 a 2005. Município de Igarapé-Açu, Estado do Pará, Brasil
Fonte: Estação climatológica 001478019 – Boletins mensais. EMBRAPA-CPATU

A média pluviométrica anual do período 1994 a 2005 foi de 2.536,2 mm, com período mais chuvoso de fevereiro a abril e menos chuvoso de setembro a novembro. , sendo que a umidade relativa do ar varia de 80% a 89%. (Figura 8).

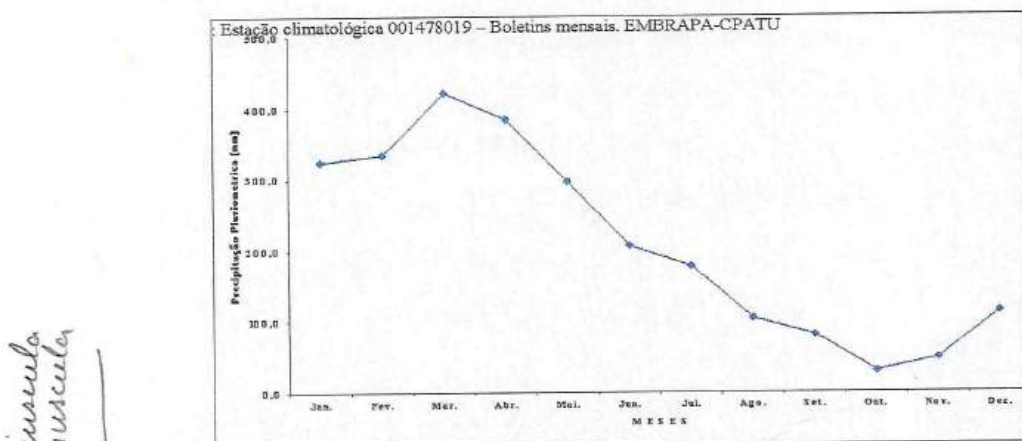


Figura 8. Precipitação pluviométrica, média anual do período 1994 a 2005
Fonte: Estação climatológica 001478019 – Boletins mensais. EMBRAPA-CPATU

3.16. Localização geográfica e caracterização geral do campo experimental

O trabalho foi iniciado em outubro de 1994, na comunidade de Cumaru situada entre as coordenadas 1° 11' S e 47° 34' W, no município de Igarapé-Açu. Através da fotointerpretação e das verificações de campo, realizadas na área de estudo, as formações vegetais são representadas pela presença de Floresta Ombrófila Densa (em geral matas de igapó e várzea) e áreas de Sucessão Secundária em estádios inicial, intermediário e avançado com as idades médias de 1 a 6, 7 a 12 e 13 a 18 anos, respectivamente. (WATRIN, 1996).

O uso do solo na área em estudo é muito dinâmico, se alternam com a prática da agricultura de corte-queima, pousio e capoeira. A maior percentagem das áreas é ocupada pelas classes Cultura Anual/Semi-Perene, Solo Exposto e Pastagem. Ainda são verificados alternância entre classes de uso, tais como, Pasto Limpo e Pasto Sujo (WATRIN, 1996).

As áreas experimentais foram do pousio da vegetação com mais de 4 (quatro) anos, e do pousio da vegetação com mais de 10 (dez) anos.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos ao acaso com 7 tratamentos e 4 repetições em esquema fatorial com parcelas subdivididas. Os fatores constituíram-se

respectivamente, de 7 anos (1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005.) e 4 profundidades (0 - 10 cm; 10 - 20 cm; 20 - 30 cm e 30 - 50 cm), perfazendo 28 (vinte e oito) ^{variáveis} parcelas de 10,0m x 12,0 m foram alocadas em área de 5.000 ^{m²} (50,0m x 100,0m) e cada subparcela em área de 10,0 m² (2,0m x 5,0m) e 2,0 m² (1,0m x 2,0m biomassa) (Figura 9). A identificação das parcelas e subparcelas foram feitas por meio de estacas numeradas. Os tratamentos nessas parcelas foram os seguintes: 1) queima + NPK (Q+ NPK); 2) queima (Q); 3) cobertura + NPK (C + NPK); 4) cobertura (C); 5) triturado e incorporado +NPK (T/I + NPK); 6) triturado e incorporado (T/I); e 7) capoeira (Cap).

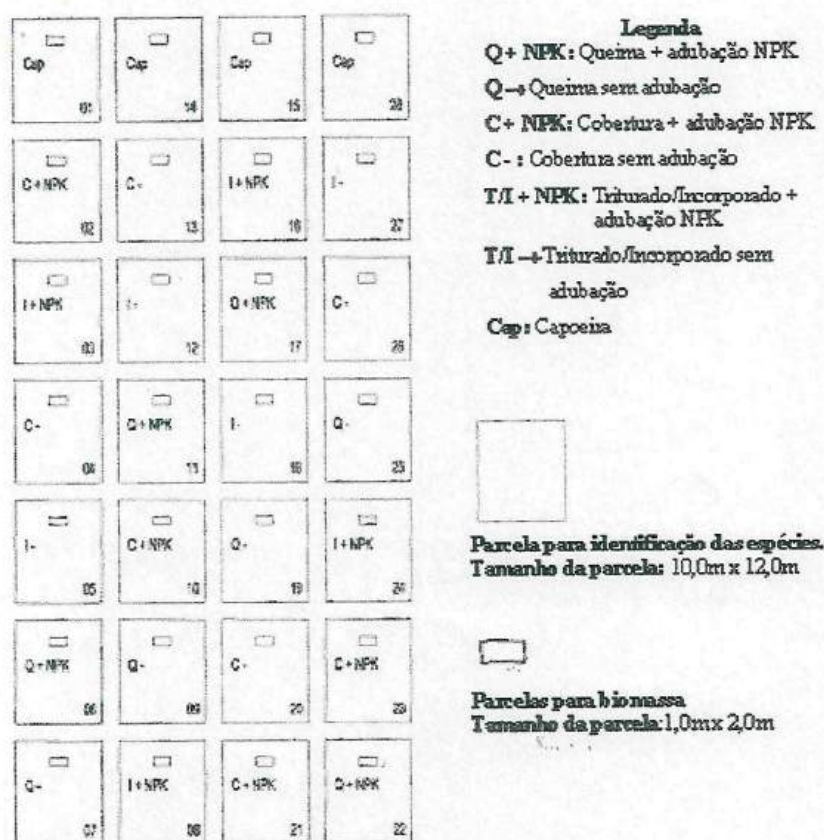


FIGURA - 9. Área experimental e suas respectivas parcelas.
 Fonte: Kato et al, (2000) adaptado por Sawaki (2007)

~~Ênfatizar o~~ ^{período de pousio} ~~ano de pousio~~ na metodologia

3.2.1. A UTILIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

3.2.1.1. Parcelas com queima

Nas parcelas com queima foi implantado a rotação de cultura com milho (espaçamento de 1,0 m x 0,5 m) sem adubação, seguido do plantio da mandioca (espaçamento de 1,0 x 1,0 m). Após a colheita da mandioca a área ficou em pousio natural.

3.2.1.2. Parcelas sem queima

Nas parcelas sem queima foi implantado a rotação de cultura de milho (espaçamento de 1,0 m x 0,5 m) com adubação, seguido do plantio da mandioca (espaçamento de 1,0 x 1,0m). O milho foi adubado com 60 kg ha⁻¹ N; 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ K₂O e como fontes foram utilizados uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Quatro meses após o plantio da mandioca foram introduzidas árvores de rápido crescimento (*Acácia mangium* e *Scherolobium panniculastrum*) em espaçamento de 2x2m.

3.2.1.3. Área de capoeira

Nessas áreas, a capoeira de quatro anos de pousio, após a derrubada manual da vegetação, foi realizado o corte com um cortador de silagem acoplado ao trator e o material triturado foi distribuído uniformemente em cima da área experimental. Na capoeira com mais de dez anos de pousio, devido à existência de grande quantidade de material lenhoso grosso que foi impossível cortar mecanicamente. Nessa capoeira o material lenhoso grosso foi separado e cortado manualmente em pedaços de aproximadamente 2 cm a 5 cm e, o material lenhoso herbáceo foi cortado com o silador acoplado ao trator. Em seguida o material triturado foi distribuído uniformemente em cima da área experimental

3.2.1.4. Incorporação de cobertura morta

Para esta atividade, inicialmente foi retirado da área os tocos e raízes através do processo manual, efetuando-se um corte de 20 cm de profundidade. Incorporação de cobertura

morta nas parcelas foi semelhante ao da capoeira. O material cortado foi distribuído uniformemente nas parcelas e realizada a incorporação manual na terra com a ajuda de enxada, até a uma profundidade de 15 cm, anotando-se também a data da realização da atividade.

3.3 FERTILIDADE DO SOLO

3.3.1 Amostragem do solo

Para acompanhamento e interpretação das variações das condições de fertilidade do solo na área experimental, foram efetuadas amostragens anuais. As amostras de solo para avaliação da fertilidade foram efetuadas uma vez ao ano, no período menos chuvoso (junho a novembro) nos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, nas profundidades de 0 – 10 cm; 10 – 20 cm; 20 – 30 cm e 30 – 50 cm. Em todas as parcelas foram coletadas seis amostras compostas oriundas de dez amostras simples na área útil da subparcela em forma de "zig zag," utilizando-se trados. Após a coleta das amostras de solo as mesmas foram colocadas para secar ao ar e peneiradas em peneiras de 2 mm de malha. Após todos esses procedimentos as amostras foram embaladas, registradas e encaminhadas ao laboratório para as devidas análises.

3.3.2 Análises químicas do solo

As determinações analíticas dos solos como fósforo assimilável, potássio, sódio, pH em H_2O , cálcio, cálcio+magnésio, alumínio trocável, carbono orgânico, acidez potencial ($H+Al$) foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, de conformidade com os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1999A) conforme descrito a seguir:

- ✗ a) A determinação do pH em água, e em KCl $\frac{mol}{L}$ feita pela medição por eletrodo de vidro em suspensão solo-água e solo- KCl $\frac{mol}{L}$, respectivamente, na proporção solo-líquido de 1:2,5;
- ✗ b) Os teores de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ (cátions trocáveis) foram extraídos com KCl $\frac{mol}{L}$ a pH 7, e determinados por absorção atômica;
- ✗ c) O potássio e o sódio foram extraídos com HCl $0,05N$ $\frac{mol}{L}$ e medido no espectrofotômetro de chama; extraído com HCl $0,05 \frac{mol}{L}$ + H_2SO_4 $0,025 \frac{mol}{L}$ e
- 1 d) O fósforo foi medido no espectrofotômetro de chama;

- e) O alumínio foi extraído com KCl e titulado com NaOH 0,025^{mol L⁻¹}N e indicador azul de bromotimol;
 f) O carbono orgânico extraído por oxidação via úmida, com K₂Cr₂O₇ 0,4^{mol L⁻¹}N e titulado pelo Fe (NH₄)₂, 6H₂O 0,1^{mol L⁻¹}N e indicador difenilamina e a matéria orgânica obtida pela fórmula:

$$MO = C \times 1,72$$

Com os valores obtidos nas análises foram realizadas operações matemáticas para encontrar o Mg⁺², saturação por alumínio (m %), a soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e Matéria Orgânica.

3.3.3 Análises estatísticas

Para análise estatística, do efeito do sistema de preparo de área nas propriedades químicas do solo, foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = representa a observação do i-ésimo tratamento na j-ésima unidade experimental;

μ = representa uma constante geral associada a esta variável aleatória;

t_i = representa o efeito do i-ésimo tratamento; e

e_{ij} = representa o erro experimental associado a observação Y_{ij} , suposto ter distribuição normal com média zero e variância comum.

As médias obtidas nas análises químicas foram submetidas à análise de variância (ANAVA), do desdobramento e em seguida apresenta o resultado do teste escolhido, em esquemas fatoriais, utilizando o programa SISVAR (Sistema de Análises de Variância Para Dados Balanceados) e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Normalizar a citação

Há uma discordância na citação bibliográfica?
Qual é a correta?

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do Item: Resultados e Discussão
exemplo: Kato(2000) ou (KATO, 2000). ou KATO(2000) ou (KATO, 2000)

Os resultados obtidos na análise de variância, pelo Teste de Scott-Knoof (Tabela 1) para todos os dados analisados para os tratamentos (Q+NPK, Q, C+NPK, C, T/I+NPK, T/I e Capoeira) demonstraram existir diferenças significativas para: o ano, como ^{variável} para tratamento e ^{também} profundidade, assim como, para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; e Tratamento x Profundidade. Entretanto, para interação entre Ano x Tratamento x Profundidade nos dados da interação para MO não houve diferenças significativas. Resultados similares foram encontrados em experimentos já realizados no Projeto Shift Capoeira, por KATO *et al.* (2000), KATO & KATO (2000), em que o sistema de manejo do solo, sem queima venha a ser uma alternativa de preparo de área que não agrida e deprede o meio ambiente.

falta de sinais?

Tabela 1. Resumo do Teste de hipótese F de Scott-Knoof, oriundo da Análise de Variância.

Dados	Unid	Ano	Trat	Prof	Ano x Trat	Ano x Prof	Trat x Prof	Ano x Trat x Prof
pH		16,89	26,34	297,01	5,35	7,45	7,36	3,42
MO	g dm ⁻³	21,13**	6,65**	197,20**	2,56*	3,57*	1,64*	0,93ns
P	mg dm ⁻³	30,78 *	46,93 *	517,89 *	10,84 *	18,40 *	18,62 *	11,58 *
K	mg dm ⁻³	72,10 *	9,96 *	255,50 *	8,59 *	7,16 *	3,70 *	4,87 *
Na	mg dm ⁻³	173,91 *	6,42 *	180,78 *	7,10 *	6,56 *	1,82 *	2,85 *
Ca	cmolc dm ⁻³	8,34 *	10,99 *	584,68 *	3,43 *	13,97 *	7,23 *	2,89 *
Ca+Mg	cmolc dm ⁻³	31,63 *	8,81 *	713,07 *	2,92 *	15,91 *	9,91 *	2,90 *
Al	cmolc dm ⁻³	23,26 *	16,98 *	809,29 *	2,63 *	17,84 *	5,94 *	2,74 *
SB	cmolc dm ⁻³	105,85 *	7,85 *	315,20 *	8,04 *	7,76 *	3,78 *	5,05 *
CTC Efetiva	cmolc dm ⁻³	108,25 *	7,83 *	298,47 *	8,16 *	7,83 *	3,73 *	5,06 *

Adapte' de Tabela - semelhante Tabela 2 ?

4.1. Avaliação do teor de Matéria Orgânica (MO) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 2) existem diferenças significativas no teor de matéria orgânica tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; e Tratamento x Profundidade. Entretanto, para interação entre Ano x Tratamento x Profundidade não houve diferenças significativas. Resultados similares foram encontrados por DEMATTÊ (1988); BAYER *et al.* (1998), onde após o desmatamento e com o cultivo contínuo, o teor de MO decresce nos primeiros centímetros do solo devido ao aumento da

temperatura, as perdas por erosão, a maior atividade biológica, e a redução da fonte supridora de resíduos orgânicos. Para GREELAND & NEY (1959) a maioria das regiões de florestas a decomposição da matéria orgânica não muda significativamente quando se retira a floresta, não provocando distúrbio muito grande ao solo. De acordo com VIEIRA & SANTOS (1987) a diminuição da mineralização da matéria orgânica do solo geralmente ocorrem pela alta quantidade de folhas, ramos e galhos, que são de difícil de composição. Para MOREIRA & MALAVOLTA (1997) estudando a sucessão floresta primária-pastagem-cupuaçu, no município de Manaus-Amazonas, constataram que a mesma causa diminuição significativa da matéria orgânica.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para Matéria Orgânica, em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	14871.9542		
Ano	6	1154.6264	192.4377	21.131**
Tratamento	6	363.4801	60.58	6.652**
Profundidade	3	5387.7801	1795.9267	197.201**
Ano x Tratamento	36	840.0017	23.3334	2.562*
Ano x Profundidade	18	585.5676	32.5315	3.572*
Tratamento x Profundidade	18	268.5123	14.9173	1.638*
Ano x Tratamento x Profundidade	108	916.6328	8.4873	0.932 ^{ns}
Erro	588	5354.9542	9.1071	-
CV (%)	24.26	-	-	-
Média	12.4381	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 3 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); **ano*profundidade*tratamento** ("A" no sentido das colunas) e **profundidade*tratamento*ano** ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente)

de solo

Tabela 3. Valores médios de Matéria Orgânica (g. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	13,91 a ₁ A ₁ q ₂	13,60 a ₁ A ₁ r ₂	16,48 a ₁ A ₂ s ₂	22,04 a ₂ A ₂ t ₂	19,06 a ₂ A ₁ u ₂	16,08 a ₁ A ₁ v ₂	19,33 a ₂ A ₁ x ₂
	10,68 a ₁ A ₁ q ₂	9,28 a ₁ A ₁ r ₁	15,71 a ₂ A ₁ s ₂	20,74 a ₃ A ₂ t ₂	18,29 a ₃ A ₂ u ₂	15,84 a ₂ A ₁ v ₂	14,08 a ₂ A ₁ x ₁
	9,82 a ₁ A ₁ q ₂	8,88 a ₁ A ₁ r ₁	13,03 a ₁ A ₁ s ₁	11,17 a ₁ A ₁ t ₁	12,87 a ₁ A ₁ u ₁	14,57 a ₁ A ₁ v ₂	11,52 a ₁ A ₁ x ₁
	7,72 a ₁ A ₁ q ₁	6,72 a ₁ A ₁ r ₁	10,39 a ₁ A ₁ s ₁	8,31 a ₁ A ₁ t ₁	8,76 a ₁ A ₁ u ₁	9,20 a ₁ A ₁ v ₁	8,71 a ₁ A ₁ x ₁
Q	13,43 a ₁ A ₁ q ₁	16,25 a ₁ A ₁ r ₂	18,60 a ₁ A ₂ s ₂	17,26 a ₁ A ₁ t ₂	15,84 a ₁ A ₁ u ₂	14,41 a ₁ A ₁ v ₂	17,00 a ₁ A ₁ x ₂
	12,17 a ₁ A ₁ q ₁	13,03 a ₁ A ₂ r ₂	16,92 a ₁ A ₁ s ₂	11,86 a ₁ A ₁ t ₁	12,45 a ₁ A ₁ u ₁	13,05 a ₁ A ₁ v ₂	12,93 a ₁ A ₁ x ₂
	9,81 a ₁ A ₁ q ₁	10,42 a ₁ A ₁ r ₁	13,64 a ₁ A ₁ s ₁	11,14 a ₁ A ₁ t ₁	11,24 a ₁ A ₁ u ₁	11,32 a ₁ A ₁ v ₂	10,18 a ₁ A ₁ x ₁
	8,21 a ₁ A ₁ q ₁	8,07 a ₁ A ₁ r ₁	11,66 a ₁ A ₁ s ₁	10,52 a ₁ A ₁ t ₁	9,41 a ₁ A ₁ u ₁	8,29 a ₁ A ₁ v ₁	8,58 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	13,55 a ₁ A ₁ q ₁	17,79 a ₂ A ₁ r ₂	19,86 a ₃ A ₂ s ₂	13,67 a ₁ A ₁ t ₁	12,05 a ₁ A ₁ u ₁	12,03 a ₁ A ₁ v ₁	16,67 a ₁ A ₁ x ₂
	11,40 a ₁ A ₁ q ₁	14,98 a ₁ A ₂ r ₂	16,85 a ₂ A ₁ s ₂	13,92 a ₁ A ₁ t ₁	13,12 a ₁ A ₁ u ₁	12,31 a ₁ A ₁ v ₁	19,04 a ₂ A ₂ x ₂
	9,50 a ₁ A ₁ q ₁	10,42 a ₁ A ₁ r ₁	11,54 a ₁ A ₁ s ₁	13,21 a ₁ A ₁ t ₁	13,26 a ₁ A ₁ u ₁	13,31 a ₁ A ₁ v ₁	12,81 a ₁ A ₁ x ₁
	8,56 a ₁ A ₁ q ₁	7,15 a ₁ A ₁ r ₁	9,97 a ₁ A ₁ s ₁	10,70 a ₁ A ₁ t ₁	10,77 a ₁ A ₁ u ₁	10,86 a ₁ A ₁ v ₁	8,83 a ₁ A ₁ x ₁
C	12,53 a ₁ A ₁ q ₂	13,33 a ₁ A ₁ r ₂	12,43 a ₁ A ₁ s ₁	14,49 a ₁ A ₁ t ₁	12,86 a ₁ A ₁ u ₂	11,23 a ₁ A ₁ v ₁	17,28 a ₁ A ₁ x ₂
	14,70 a ₁ A ₁ q ₂	10,31 a ₁ A ₁ r ₁	12,57 a ₁ A ₁ s ₁	14,03 a ₁ A ₁ t ₁	14,14 a ₁ A ₁ u ₁	14,25 a ₁ A ₁ v ₁	15,52 a ₁ A ₁ x ₂
	9,63 a ₁ A ₁ q ₁	9,14 a ₁ A ₁ r ₁	10,60 a ₁ A ₁ s ₁	12,28 a ₁ A ₁ t ₁	12,25 a ₁ A ₁ u ₂	12,23 a ₁ A ₁ v ₁	11,76 a ₁ A ₁ x ₁
	9,14 a ₁ A ₁ q ₁	6,41 a ₁ A ₁ r ₁	8,39 a ₁ A ₁ s ₁	10,75 a ₁ A ₁ t ₁	7,38 a ₁ A ₁ u ₁	8,51 a ₁ A ₁ v ₁	9,28 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	13,87 a ₁ A ₁ q ₂	15,02 a ₁ A ₁ r ₂	14,76 a ₁ A ₁ s ₂	16,24 a ₁ A ₁ t ₂	15,90 a ₁ A ₁ u ₂	15,54 a ₁ A ₁ v ₂	21,13 a ₂ A ₁ x ₂
	10,45 a ₁ A ₁ q ₁	12,66 a ₁ A ₁ r ₂	16,67 a ₂ A ₁ s ₂	16,47 a ₂ A ₁ t ₂	15,75 a ₂ A ₂ u ₂	15,02 a ₂ A ₁ v ₂	17,86 a ₂ A ₂ x ₂
	8,92 a ₁ A ₁ q ₁	8,72 a ₁ A ₁ r ₁	11,53 a ₁ A ₁ s ₁	12,30 a ₁ A ₁ t ₁	12,78 a ₁ A ₁ u ₂	13,25 a ₁ A ₁ v ₂	11,08 a ₁ A ₁ x ₁
	7,36 a ₁ A ₁ q ₁	6,45 a ₁ A ₁ r ₁	9,68 a ₁ A ₁ s ₁	9,68 a ₁ A ₁ t ₁	8,70 a ₁ A ₁ u ₁	7,71 a ₁ A ₁ v ₁	9,02 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	15,16 a ₁ A ₁ q ₂	14,25 a ₁ A ₁ r ₂	15,48 a ₁ A ₁ s ₂	15,41 a ₁ A ₁ t ₂	15,68 a ₁ A ₁ u ₂	15,94 a ₁ A ₁ v ₂	21,56 a ₂ A ₁ x ₃
	11,86 a ₁ A ₁ q ₂	10,76 a ₁ A ₁ r ₂	17,01 a ₂ A ₁ s ₂	14,95 a ₂ A ₁ t ₂	15,42 a ₂ A ₂ u ₂	15,89 a ₂ A ₁ v ₂	15,06 a ₂ A ₁ x ₂
	9,01 a ₁ A ₁ q ₁	7,87 a ₁ A ₁ r ₁	12,19 a ₂ A ₁ s ₁	11,56 a ₂ A ₁ t ₁	12,31 a ₂ A ₁ u ₁	13,04 a ₂ A ₁ v ₁	16,11 a ₂ A ₁ x ₂
	8,15 a ₁ A ₁ q ₁	6,22 a ₁ A ₁ r ₁	9,37 a ₁ A ₁ s ₁	9,13 a ₁ A ₁ t ₁	9,73 a ₁ A ₁ u ₁	10,33 a ₁ A ₁ v ₁	9,57 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	14,25 a ₁ A ₁ q ₂	11,36 a ₁ A ₁ r ₂	12,69 a ₁ A ₁ s ₁	13,39 a ₁ A ₁ t ₁	13,61 a ₁ A ₁ u ₁	13,84 a ₁ A ₁ v ₂	17,53 a ₁ A ₁ x ₂
	11,16 a ₁ A ₁ q ₁	9,13 a ₁ A ₁ r ₂	13,97 a ₁ A ₁ s ₁	11,88 a ₁ A ₁ t ₁	12,02 a ₁ A ₁ u ₁	12,16 a ₁ A ₁ v ₂	13,28 a ₁ A ₁ x ₂
	7,41 a ₁ A ₁ q ₁	6,31 a ₁ A ₁ r ₁	11,09 a ₂ A ₁ s ₁	11,13 a ₂ A ₁ t ₁	11,31 a ₂ A ₁ u ₁	11,48 a ₂ A ₁ v ₂	10,95 a ₂ A ₁ x ₁
	7,82 a ₁ A ₁ q ₁	4,74 a ₁ A ₁ r ₁	9,25 a ₁ A ₁ s ₁	8,68 a ₁ A ₁ t ₁	7,97 a ₁ A ₁ u ₁	7,27 a ₁ A ₁ v ₁	8,14 a ₁ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano os resultados médios obtidos variaram de 10.3294 g dm^{-3} a 14.0993 g dm^{-3} , sendo que o ^{maior} teor de matéria orgânica foi verificado ^{em todos os} tratamentos sem queima. Entretanto o maior teor de MO foi verificado no tratamento capoeira (Tabela 4). DENICH (1989); HONDERMANN (1995), estudando sistema do preparo da terra verificaram aumento da biomassa na superfície da área. Aumento gradual no teor de matéria orgânica também foi observado por SILVA (2001) em estudo de sucessão de capoeira no Nordeste Paraense. A melhoria no teor de MO tem sido observado na Região Amazônica de acordo com o sistema preparo de área adotado. A esse respeito BRASIL (1992), verificou que após três anos da implantação de um cultivo em aléias, na região nordeste do Pará, ocorreu um aumento significativo no teor de matéria orgânica, principalmente na camada do solo de 0-10 cm de profundidade.

Na variável tratamento, os resultados variaram de 11,2064 g dm^{-3} a 13,1733 g dm^{-3} , sendo ^{que} os menores valores de matéria orgânica foi verificados ^{em} nos tratamentos que não receberam a complementação de fertilizantes e os maiores ^{nos} os que receberam a complementação de fertilizantes (Tabela 4). De acordo com STRATONN et al. (1998) as cinzas oriundas da queima de madeira não pode ser considerada como adubo orgânico, mas pode ser fornecedora de nutrientes como: Ca, K e Mg, e através da MO nas regiões tropicais e aumentar os teores de N, P e K no solo, mas, esse material vegetal deve ser reposta com mais frequência, devido a sua rápida decomposição. Para PINAMONTI (1998) a cobertura vegetal, além de aumentar o teor de MO no solo, pode aumentar a disponibilidade de P e K trocável e para CADAVID et al (1998) o teor de carbono orgânico e Mg. De acordo com estudos realizados por ARAÚJO et al (2004) na sucessão de mata-pastagens os teores de Ca, Mg, K, P e carbono orgânico, são baixos e se encontram nos primeiros centímetros de solo.

Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 8,6963 g dm^{-3} a 15,6409 g dm^{-3} , sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 4). Segundo estudos realizados por CERRI et al. (1985) e GERALDES et al. (1995) com a derrubada da mata tropical, seguida de queima da vegetação, há uma redução inicial e posteriormente a elevação do nível de biomassa microbiana do solo, determinando, ainda, uma nova distribuição ao longo do perfil. Para HUNT & SIMPSON (1985), ^{que} encontraram resultados em que não houveram redução de MO após a queima em área de plantio de *Pinus elliotti*, já para MCKEE (1982) constatou o aumento de MO após a queima no plantio do *Pinus palustris*, *P. elliotti* e *P. taeda*. Entretanto, para KUTIHIL & NAVEH (1987); REGO et

20/10 05/10

al. (1983); VEJA et al. (1983) e AUSTIN & BAISINGER (1955) em outros experimentos encontraram ~~a~~ redução da MO do solo após a queima, mas, para que isso aconteça é necessário que se considere a intensidade do fogo e as características do solo que são os fatores mais importantes para redução da MO pela queima. De acordo com resultados obtidos por TRIESSEN et al. (1994) e MIELNICZUK et al. (2003) as perdas de MO do solo em regiões tropicais, são equivalentes a metade dos seu conteúdo original (solo com vegetação natural) em menos de 10 anos de cultivo do solo, principalmente, quando se tem um baixo aporte de resíduos vegetais. Resultados também obtidos por FALESI et al. (1980), NEVES & BARBOSA (1983), VIEIRA et al. (1993) e SILVA JÚNIOR et al. (1996) em cultivos de cacau, pastagem abandonadas e floresta secundária ^{demonstraram que} os maiores teores de MO encontravam-se no horizonte Ap e a sua redução nos horizontes mais profundos.

Tabela 4 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Matéria Orgânica realiza da pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (g dm ⁻³)	Tratamento	Médias (g dm ⁻³)	Tratamento	Médias (g dm ⁻³)
2	10,3294 a1	7	11,2064 a1	4 (30-50 cm)	8,6963 a1
1	11,0763 a1	4	11,6924 a1	3 (20-30 cm)	11,4657 a2
6	12,4599 a2	2 Q	12,4159 a2	2 (10-20 cm)	13,9495 a3
5	12,7031 a2	5	12,6595 a2	1 (0-10 cm)	15,6409 a4
4	13,1022 a2	6	12,8210 a2		
3	13,2964 a2	1 Q+NPK	13,0981 a2		
7	14,0993 a2	3	13,1733 a2		

Tratamentos: 1 - Queima + NPK; 2 - Queima; 3 - Cobertura + NPK; 4 - Cobertura; 5 - Triturado/Incorporado + NPK; 6 - Triturado/Incorporado e 7 - Capoeira.

Nas Figuras 10, os dados dos tratamentos com Queima + NPK e Queima, na profundidade de 0 - 10 cm o teor de MO variou de 13,43 g dm⁻³ a 22,04 g dm⁻³; ^{de ano} demonstram as oscilações, de ano para ano, tanto em relação ao aumento e diminuição do teor de MO. Há um pequeno crescimento no teor de MO até o pousio, sendo que após o pousio há um aumento, logo em seguida uma redução da MO e posteriormente um aumento à medida que passam os anos. Pesquisas realizadas por NUNES et al (2006) sobre as cinzas provenientes da queimada realizada no preparo do solo para o plantio, mostrou um efeito fertilizador e

X manteve os indicadores físicos estáveis por um período de três anos. Mas contribuiu para a redução drástica nos indicadores microbiológicos e na diversidade da fauna edáfica. Para CARDOSO et al. (1992); SILVA et al. (2006) observaram que o processo de preparo de área utilizado pelos agricultores por meio da derruba e queima evidenciam o efeito negativo pela redução do conteúdo de matéria orgânica no solo.

Quando se tratam da Cobertura +NPK e Cobertura, na profundidade de 0 -10 cm o teor de MO variou ^{analis} de 11,22 a 19,86 g dm⁻³; mantendo-se quase estável^{is}, mas, após o pousio há uma pequena redução e à medida que passam os anos ^{há} uma pequeno aumento de MO. Segundo estudos realizados por SILVA et al. (2006) e também já observados por FALESI et al. (1980), NEVES & BARBOSA (1983), VIEIRA et al. (1993) e SILVA JÚNIOR et al. (1996) os teores de matéria orgânica diminuem em horizontes mais profundos, sendo que nos horizonte Ap foi encontrado os maiores teores variando de acordo do tipo de cobertura vegetal e manejos adotados.

X No tratamento Triturado/Incorporado+NPK e Triturado/Incorporado na profundidade de 0 - 10 g dm⁻³ o teor de MO variou ^{analis} entre 14,25 a 21,56 g dm⁻³; mantem-se quase que estável^{is} e após o pousio na medida em que se passam os anos há um aumento significativo no teor de MO, sendo ^{que} estes tratamentos e a queima+NPK, ^{vão} os que mais aumentaram. Conforme estudos realizados por NUNES et al (2006) e, através dos indicadores químicos, físicos e biológicos ^{ram} pode constatar que o pousio por cinco anos em solos de caatinga favoreceu ^{para} a restauração da qualidade do solo.

X No tratamento Capoeira conforme Figura 10, na profundidade 0-10 cm o teor de MO variou de 11,36 a 17,53 g dm⁻³ e pode-se observar ^{uma} redução e posterior aumento de MO até o pousio e deste um aumento progressivo do teor de MO a medida do decorrer dos anos.. Estudos realizados por FERNANDES (1999) ^{na} conversão da floresta primária em cupuaçuza ^{evidenciaram} acarretou alterações nas características químicas e físicas do solo. Segundo Carvalho (1986) apesar do aumento da fertilidade, o solo apresentou em floresta primária, baixos teores de nutrientes que podem ser considerados como um índice da evolução atingida pelo solo e esses valores são atribuídos ao rápido intemperismo do material de origem, que apresenta baixos teores de bases, com pouco ou nenhum material primário.

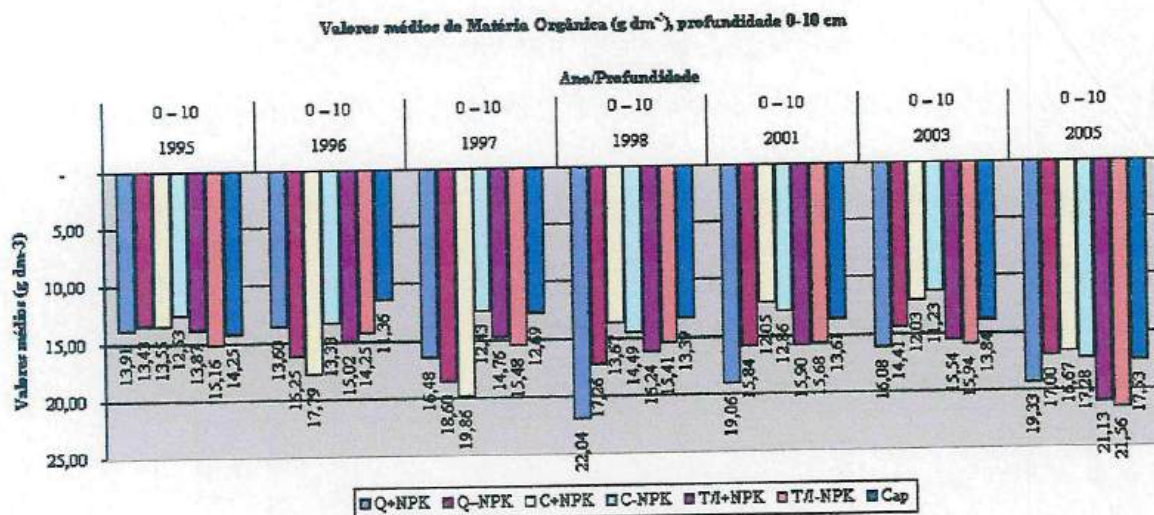


Figura 10 – Valores médios de MO (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

Na figura 11 os dados dos tratamentos com Queima + NPK e Queima na profundidade de 10 - 20 cm o teor de MO variou de 9, 27 g dm^{-3} a 20,74 g dm^{-3} , cujos valores são inferiores a profundidade mais superficial. Apresentando variações de ano a ano, até o pousio há um aumento no teor de MO e posteriormente a uma diminuição com o decorrer dos anos. Resultados similares foram obtidos por SILVA *et al.* (2006) em que a MO sofre diminuição à medida que os horizontes são mais profundos, como também pelo tipo de cobertura vegetal e manejo aplicado.

Quando se tratam dos tratamentos da Cobertura +NPK e Cobertura e Triturado/Incorporado+NPK e Triturado/Incorporado, na profundidade de 10 - 20 cm, o teor de MO variou de 10,31 a 19,04 g dm^{-3} e 10,45 a 17,88 g dm^{-3} , respectivamente. Os teores de MO mantêm um crescimento nos primeiros anos e posteriormente uma pequena redução e à medida que passam os anos a uma pequena estabilidade no teor de MO. Enquanto que, no tratamento Capoeira o teor de MO variou de 9,13 a 13,97 g dm^{-3} observa-se uma variação redução-aumento-redução de MO até o pousio e posteriormente se mantém quase estável durante o decorrer do período. Mas, se compararmos o teor de MO com as profundidades mais superficiais os teores de MO se reduzem. Estudos semelhantes realizados por FELLER *et al.* (1991), essa diminuição deve-se, principalmente, à redução na quantidade de MO, associada às mudanças significativas na estrutura do solo, afetando sua atividade biológica.

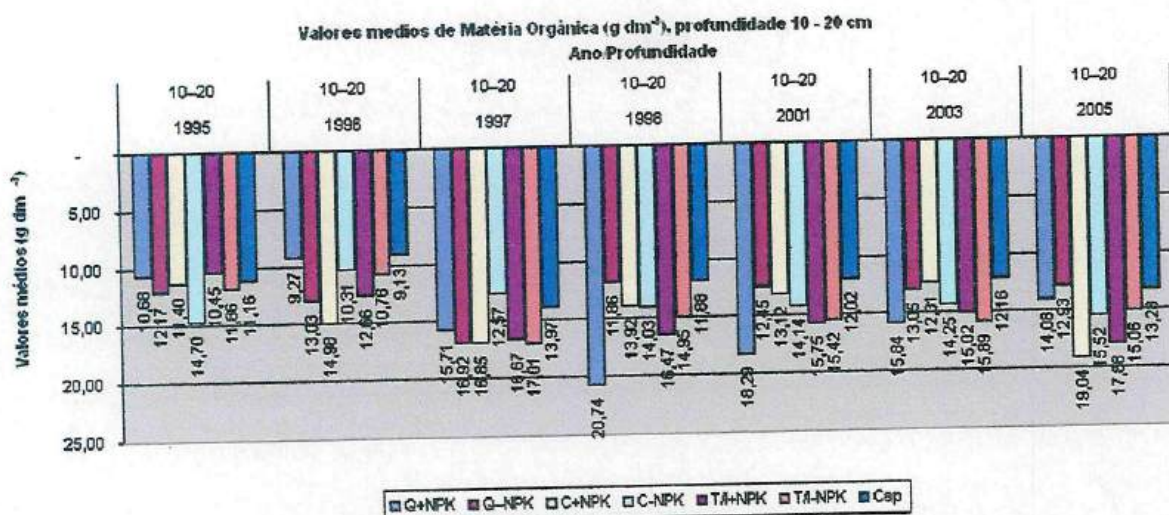


Figura 11 – Valores médios de MO (g dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 12, os dados na profundidade de 20 - 30 cm, dos tratamentos com Queima + NPK e Queima o teor de MO variou de $8,88 \text{ g dm}^{-3}$ a $14,57 \text{ g dm}^{-3}$; Cobertura + NPK e Cobertura os teores de MO variou de $9,14 \text{ g dm}^{-3}$ a $13,31 \text{ g dm}^{-3}$; Triturado/Incorporado+NPK e Triturado/Incorporado o teor de MO variou de $7,87 \text{ g dm}^{-3}$ a $16,11 \text{ g dm}^{-3}$ e Capoeira o teor de MO variou de $6,31 \text{ g dm}^{-3}$ a $11,48 \text{ g dm}^{-3}$, em que os valores iniciais o teor de MO nos dois primeiros anos são inferiores aos demais anos e posteriormente se mantém estáveis com o decorrer dos anos. Resultados similares foram obtidos por MOREIRA *et al.* (2004) em que os teores de MO apresentaram, os maiores valores na camada de 0-10 cm, havendo diminuição significativa nas camadas inferiores. De acordo com DEMATTÊ (1988); BAYER *et al.* (1998); MORAES (1991), após a derrubada da mata para o cultivo contínuo, o teor de MO nos primeiros centímetros do solo decresce devido ao aumento da temperatura, as perdas por erosão, a maior atividade biológica e a redução da fonte supridora de resíduos orgânicos.

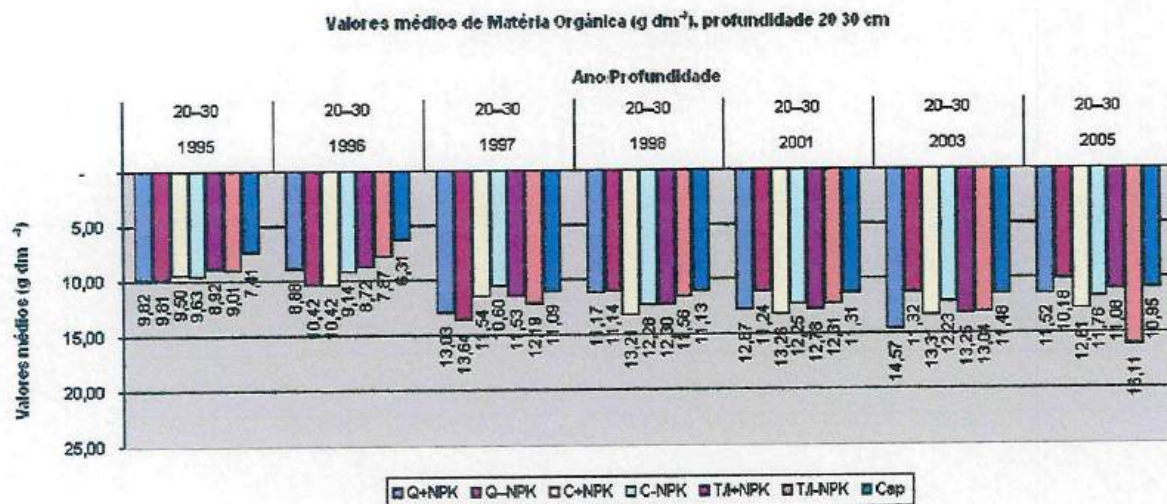


Figura 12 – Valores médios de MO (g.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

Na figura 13 os dados na profundidade de 30 – 50 cm, dos tratamentos com Queima + NPK e Queima o teor^o de MO variou^o de 6,72 g dm^{-3} a 11,66 g dm^{-3} ; Cobertura + NPK e Cobertura os teores de MO variou^o de 6,41 g dm^{-3} a 10,83 g dm^{-3} ; Triturado/Incorporado+NPK e Triturado/Incorporado o teor de MO variou de 6,22 g dm^{-3} a 10,33 g dm^{-3} e Capoeira o teor^o de MO variou de 4,74 g dm^{-3} a 9,25 g dm^{-3} cujos valores iniciais, o teor de MO nos dois primeiros anos são inferiores aos demais anos e posteriormente aumenta, depois ocorrendo a redução com o decorrer dos anos. Em relação aos teores de MO nas menores profundidades os mesmos diminuem a medida que essa profundidade aumenta. Resultados similares foram obtidos por SILVA *et al.* (2006); MOREIRA *et al.* (2004) em que os teores de MO apresentaram, os maiores valores na camada superficial, havendo diminuição significativa nas camadas inferiores e pelo tipo de cobertura vegetal e manejo aplicado. Segundo estudos realizados por (ANDERSON & DOMSCH, 1980; AMADO *et al.*, 1999; MENGEL, 1996; MACHADO *et al.*, 1981; REICOSKY *et al.*, 1995; BAYER & BERTOL, 1999) o uso de sistemas adubação verde, rotação de culturas e plantio direto, são capaz de elevar ou ao menos manter os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, reduzir as perdas de nutrientes via imobilização por microrganismos e liberar gradualmente nutrientes, de acordo com a qualidade do material adicionado a superfície e sua forma de cultivar o solo e a adoção de suas práticas

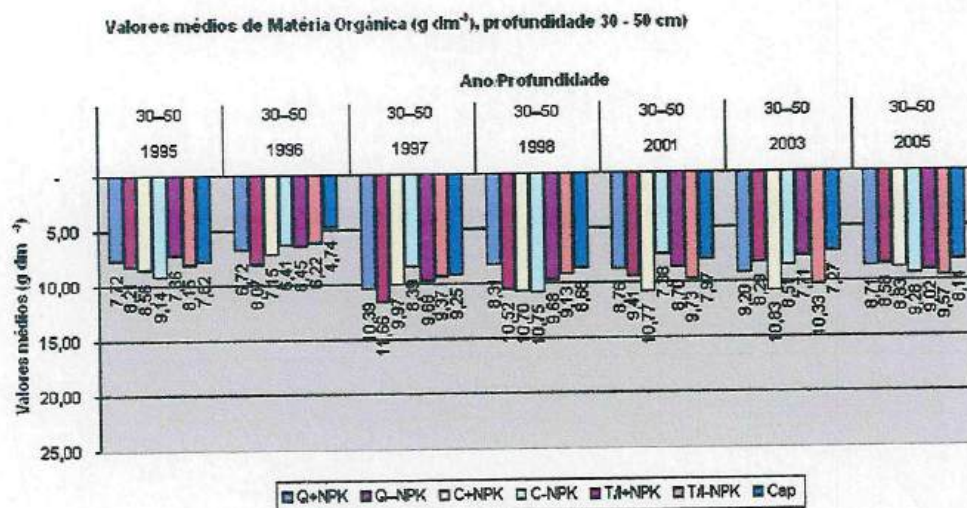


Figura 13 – Valores médios de MO (g.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2. Avaliação do ^{valores de} ~~teor~~ de Potencial de Hidrogênio (pH) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 5) existem diferenças significativas no ^{valores} ~~teor~~ do pH tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Estudos realizados por SILVA *et al.* (2006) demonstra que a mudança do tipo de cobertura vegetal e manejo causam alterações nas propriedades químicas do solo, em área derrubada, aumentando o pH que se correlaciona ~~de~~ diretamente com a matéria orgânica. Para VERGARA-SÁNCHEZ *et al.* (2006) o pH do solo, na superfície, nos sistemas florestais secundários são muito ácidos, isto é, devido ao material vegetal (mesófilos) depositado. Enquanto ~~x~~ que, em áreas de cultivo agrícola anual o pH é menos ácido, em função da transformação dos resíduos que são incorporados anualmente e ^{que} se incorporam ao solo, aumentando a capacidade de retenção da água.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para Potencial de Hidrogênio (pH), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	75.1599		
Ano	6	2.9673	0.4945	16.892 *
Tratamento	6	4.6265	0.7711	26.338 *
Profundidade	3	26.0867	8.6956	297.008 **
Ano x Tratamento	36	5.6386	0.1566	5.35 *
Ano x Profundidade	18	3.9253	0.2181	7.448 *
Tratamento x Profundidade	18	3.8803	0.2156	7.363 *
Ano x Tratamento x Profundidade	108	10.8202	0.1002	3.422 *
Erro	588	17.215	0.0293	-
CV (%)	3.53	-	-	-
Média	3.53	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Metodológico

Na Tabelas 6 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("**a**" no sentido das linhas); **ano***profundidade*tratamento ("**A**" no sentido das colunas) e **profundidade***tratamento*ano ("**q, r, s, t, u, v e x**", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente)

igual

Tabela 6. Valores médios de Potencial de Hidrogênio(pH - mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	6,20 a ₂ A ₄ q ₃	5,10 a ₁ A ₁ r ₂	5,30 a ₁ A ₂ s ₂	5,33 a ₁ A ₂ t ₃	5,23 a ₁ A ₂ u ₂	5,23 a ₁ A ₃ v ₁	5,23 a ₁ A ₁ x ₂
	5,03 a ₁ A ₃ q ₂	5,03 a ₁ A ₁ r ₂	4,80 a ₁ A ₁ s ₁	4,88 a ₁ A ₁ t ₂	5,00 a ₁ A ₂ u ₂	5,13 a ₁ A ₂ v ₁	4,93 a ₁ A ₁ x ₁
	4,70 a ₁ A ₂ q ₁	4,60 a ₁ A ₁ r ₁	4,73 a ₁ A ₁ s ₁	4,58 a ₁ A ₁ t ₁	4,68 a ₁ A ₁ u ₁	5,08 a ₂ A ₂ v ₁	4,90 a ₂ A ₂ x ₁
	4,63 a ₁ A ₁ q ₁	4,58 a ₁ A ₁ r ₁	4,68 a ₁ A ₁ s ₁	4,53 a ₁ A ₁ t ₁	4,55 a ₁ A ₁ u ₁	4,90 a ₂ A ₁ v ₁	4,78 a ₂ A ₁ x ₁
Q	5,80 a ₂ A ₃ q ₃	5,53 a ₂ A ₂ r ₃	5,33 a ₁ A ₂ s ₃	5,35 a ₁ A ₂ t ₃	5,33 a ₁ A ₂ u ₃	5,20 a ₁ A ₃ v ₂	5,30 a ₁ A ₁ x ₂
	5,05 a ₁ A ₃ q ₂	5,10 a ₁ A ₂ r ₂	5,05 a ₁ A ₁ s ₂	5,08 a ₁ A ₁ t ₂	4,93 a ₁ A ₂ u ₂	5,25 a ₁ A ₂ v ₂	5,10 a ₁ A ₁ x ₂
	4,83 a ₂ A ₂ q ₁	4,68 a ₁ A ₁ r ₁	4,70 a ₁ A ₁ s ₁	4,60 a ₁ A ₁ t ₁	4,70 a ₁ A ₁ u ₁	4,93 a ₂ A ₂ v ₁	4,90 a ₂ A ₁ x ₁
	4,75 a ₁ A ₁ q ₁	4,63 a ₁ A ₁ r ₁	4,73 a ₁ A ₁ s ₁	4,70 a ₁ A ₁ t ₁	4,53 a ₁ A ₁ u ₁	4,73 a ₁ A ₁ v ₁	4,83 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	5,10 a ₁ A ₂ q ₂	5,28 a ₂ A ₂ r ₃	5,33 a ₂ A ₂ s ₃	5,23 a ₂ A ₂ t ₃	4,95 a ₁ A ₁ u ₂	4,98 a ₁ A ₂ v ₁	4,13 a ₁ A ₁ x ₂
	4,85 a ₁ A ₃ q ₁	4,83 a ₁ A ₁ r ₂	4,88 a ₁ A ₁ s ₂	4,88 a ₁ A ₁ t ₂	4,68 a ₁ A ₁ u ₁	5,25 a ₂ A ₂ v ₂	4,90 a ₁ A ₁ x ₁
	4,73 a ₁ A ₂ q ₁	4,58 a ₁ A ₁ r ₁	4,55 a ₁ A ₁ s ₁	4,58 a ₁ A ₁ t ₁	4,60 a ₁ A ₁ u ₁	5,10 a ₂ A ₂ v ₂	4,78 a ₁ A ₁ x ₁
	4,63 a ₁ A ₁ q ₁	4,55 a ₁ A ₁ r ₁	4,65 a ₁ A ₁ s ₁	4,60 a ₁ A ₁ t ₁	4,55 a ₁ A ₁ u ₁	4,80 a ₁ A ₁ v ₁	4,70 a ₁ A ₁ x ₁
C	4,98 a ₁ A ₂ q ₁	5,15 a ₁ A ₁ r ₂	5,13 a ₁ A ₁ s ₂	5,03 a ₁ A ₁ t ₂	5,10 a ₁ A ₂ u ₂	5,13 a ₁ A ₃ v ₂	5,15 a ₁ A ₁ x ₂
	4,80 a ₁ A ₃ q ₁	4,75 a ₁ A ₁ r ₁	4,75 a ₁ A ₁ s ₁	4,75 a ₁ A ₁ t ₁	5,00 a ₂ A ₂ u ₂	5,10 a ₂ A ₂ v ₂	4,90 a ₂ A ₂ x ₁
	4,75 a ₁ A ₂ q ₁	4,65 a ₁ A ₁ r ₁	4,65 a ₁ A ₁ s ₁	4,58 a ₁ A ₁ t ₁	4,73 a ₁ A ₁ u ₁	4,85 a ₁ A ₁ v ₁	4,78 a ₁ A ₁ x ₁
	4,88 a ₁ A ₁ q ₁	4,55 a ₁ A ₁ r ₁	4,68 a ₁ A ₁ s ₁	4,50 a ₁ A ₁ t ₁	4,68 a ₁ A ₁ u ₁	4,70 a ₁ A ₁ v ₁	4,73 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	4,88 a ₁ A ₂ q ₂	5,28 a ₂ A ₂ r ₂	5,00 a ₁ A ₁ s ₂	5,00 a ₁ A ₁ t ₂	4,93 a ₁ A ₁ u ₂	5,23 a ₂ A ₃ v ₂	5,08 a ₁ A ₁ x ₂
	4,63 a ₁ A ₂ q ₁	4,88 a ₁ A ₁ r ₁	4,78 a ₁ A ₁ s ₁	4,75 a ₁ A ₁ t ₁	4,68 a ₁ A ₁ u ₁	5,20 a ₂ A ₂ v ₂	4,85 a ₁ A ₁ x ₁
	4,58 a ₁ A ₁ q ₁	4,68 a ₁ A ₁ r ₁	4,63 a ₁ A ₁ s ₁	4,63 a ₁ A ₁ t ₁	4,53 a ₁ A ₁ u ₁	4,90 a ₂ A ₂ v ₁	4,80 a ₂ A ₁ x ₁
	5,18 a ₂ A ₂ q ₃	4,60 a ₁ A ₁ r ₁	4,60 a ₁ A ₁ s ₁	4,60 a ₁ A ₁ t ₁	4,50 a ₁ A ₁ u ₁	4,68 a ₁ A ₁ v ₁	4,80 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	4,58 a ₁ A ₁ q ₂	5,33 a ₃ A ₂ r ₃	4,93 a ₂ A ₁ s ₂	4,85 a ₂ A ₁ t ₁	4,90 a ₂ A ₁ u ₂	4,65 a ₁ A ₁ v ₁	4,98 a ₂ A ₁ x ₁
	4,35 a ₁ A ₁ q ₁	5,00 a ₃ A ₂ r ₂	4,70 a ₂ A ₁ s ₁	4,75 a ₂ A ₁ t ₁	4,78 a ₂ A ₁ u ₂	5,05 a ₃ A ₂ v ₂	4,90 a ₃ A ₁ x ₁
	4,38 a ₁ A ₁ q ₁	4,70 a ₂ A ₁ r ₁	4,55 a ₁ A ₁ s ₁	4,75 a ₂ A ₁ t ₁	4,65 a ₂ A ₁ u ₁	4,80 a ₂ A ₁ v ₁	4,93 a ₂ A ₁ x ₁
	5,00 a ₂ A ₂ q ₂	4,53 a ₁ A ₁ r ₁	4,53 a ₁ A ₁ s ₁	4,63 a ₁ A ₁ t ₁	4,55 a ₁ A ₁ u ₁	4,73 a ₁ A ₁ v ₁	4,83 a ₂ A ₁ x ₁
Cap	4,45 a ₁ A ₁ q ₁	4,95 a ₂ A ₁ r ₂	5,00 a ₂ A ₁ s ₂	5,03 a ₂ A ₁ t ₂	4,75 a ₂ A ₁ u ₁	4,83 a ₂ A ₂ v ₁	5,98 a ₃ A ₂ x ₂
	4,60 a ₁ A ₂ q ₂	4,73 a ₁ A ₁ r ₁	4,83 a ₁ A ₁ s ₂	4,85 a ₁ A ₁ t ₂	4,85 a ₁ A ₂ u ₁	4,65 a ₁ A ₁ v ₁	4,85 a ₁ A ₁ x ₁
	4,45 a ₁ A ₁ q ₁	4,65 a ₁ A ₁ r ₁	4,68 a ₁ A ₁ s ₁	4,70 a ₁ A ₁ t ₁	4,70 a ₁ A ₁ u ₁	4,60 a ₁ A ₁ v ₁	4,75 a ₁ A ₁ x ₁
	4,75 a ₁ A ₁ q ₂	4,68 a ₁ A ₁ r ₁	4,63 a ₁ A ₁ s ₁	4,65 a ₁ A ₁ t ₁	4,78 a ₁ A ₁ u ₁	4,63 a ₁ A ₁ v ₁	4,75 a ₁ A ₁ x ₁

a – nas linhas – médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A – nas colunas – médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x – nas colunas – médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 4,77 a 4,95, sendo que os maiores ^{valores} ~~teores~~ do pH ^{foram} verificados nos tratamentos Capoeira e Triturado/Incorporado. Entretanto o maior ^{valor} ~~teor~~ de pH foi verificado no tratamento Capoeira. (Tabela 7). Houve diferença significativa entre os tratamentos com queima em relação aos demais tratamentos e, também entre Cobertura, Triturado/Incorporado e Capoeira. Segundo relatos de Singer e Munns (1999), ~~em~~ a transformação dos resíduos que anualmente são incorporados ao solo melhora a densidade aparente e o espaço ^{pode ser} aumentando a capacidade de retenção de água diminuindo a lixiviação, o que eleva o pH do solo..

Na variável tratamento, os ^{valores de pH} ~~resultados~~ variaram de 4,76 a 4,98, sendo ^{que} os menores valores ~~de matéria orgânica~~ ^{foram} verificados nos tratamentos que não sofreram a queima e os maiores ^{nos} ~~os~~ que ~~receberam~~ houve a queima (Tabela 7). Os tratamentos com queima diferiram estatisticamente dos demais. Resultados similares obtidos por FERNANDES *et al.* (2002) em regiões tropicais, ~~onde há a queima e a incorporação das cinzas da vegetação original, quando~~ ^{??} no preparo do terreno para plantio elevam e causam mudanças drásticas no pH do solo. Para SCHLESINGER (1991) ^{de acordo com} a intensidade do fogo, toda a vegetação é destruída e proporções variadas de nutrientes dessa biomassa vegetal são transferidas para o solo pela deposição das cinzas, ^e que após as primeiras chuvas ficam prontamente disponíveis, aumentando os teores de bases trocáveis e diminuindo a acidez do solo. Segundo (TEIXEIRA & BASTOS, 1989; MARTINS *et al.*, 1990a) a derrubada e queima da vegetação nativa para implantação de pastagens cultivadas em áreas tropicais, a princípio observa-se a melhoria nas condições do solo para o desenvolvimento vegetal, com a elevação do pH. ^{??}

Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 4,68 a 5,13, sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 7). Houve diferença significativa em relação às profundidades mais superficiais e mais profundas. Segundo estudos realizados por SAMPAIO *et al.* (2003); FERNADEZ *et al.* (1997) em ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, pode ocorrer aumento do pH nas camadas superficiais do solo ou variação significativa nos teores de outros elementos.

Tabela 7 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Potencial de Hidrogênio (pH) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias	Tratamento	Médias	Tratamento	Médias
5	4.7777 a ₁	6	4.7589 a ₁	4 (30 50 cm)	4.6786 a ₁
4	4.7973 a ₁	7	4.775 a ₁	3 (20 30 cm)	4.7031 a ₁
3	4.8116 a ₁	5	4.8143 a ₂	2 (10 20 cm)	4.8826 a ₂
1	4.8384 a ₂	4	4.8348 a ₂	1 (0 10 cm)	5.1347 a ₃
2	4.8402 a ₂	3	4.8428 a ₂		
6	4.9375 a ₃	1	4.9375 a ₃		
7	4.9455 a ₃	2	4.9848 a ₄		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4.– Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 14 pode-se observar que nos tratamentos ^{na} uma pequena variação ^{nos valores} de teor do pH, na profundidade de 0 -10 cm cujos ^{valores} teores maiores do pH ocorrem ^{na} nos tratamentos com Queima e Cobertura morta. Enquanto ^{na} que, na Figura 15, pode-se observar que nos tratamentos, na profundidade de 10 -20 cm os ^{valores} teores de pH diminuem em relação a profundidade anterior, mas, os ^{valores altos} teores maiores do pH ocorrem nos tratamentos com Queima. Resultados similares foram encontrados por FERNANDES (1999), cuja mudança da cobertura vegetal e do manejo ^{promoveu} ocorreu alterações nas características químicas e físicas do solo em aumentos significativos do pH, decorrentes da prática da queima na abertura das áreas para o plantio. Através de estudos realizados por DE RONDE *et al.* (1990) afirmam que o efeito do fogo no pH decresce com a profundidade do solo.

Nas Figura 16 e 17 onde as profundidade ^{de} 20 30 cm e 30 -50 cm, respectivamente, os ^{valores} teores de pH se mantém quase que estável, diminuindo em relação as profundidades mais superficiais (0 – 10 cm) e são similares aos resultados obtidos por FERNANDES (1990) ^e DE RONDE *et al.* (1990)

escala diferente 0 a 7 ou 0 a 14

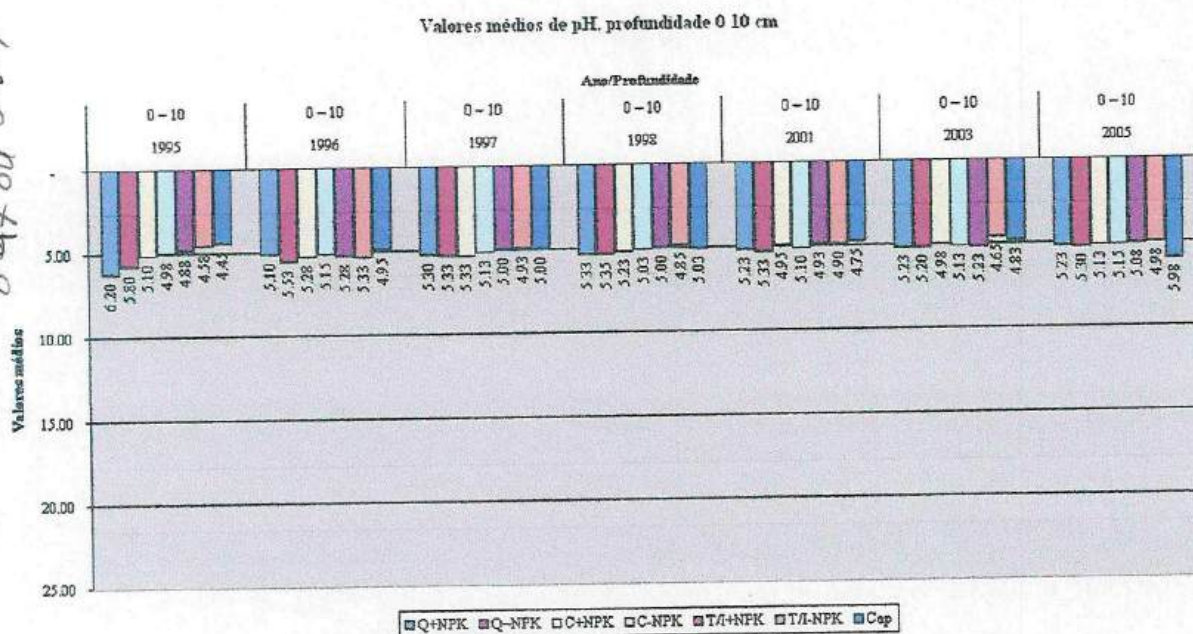


Figura 14 – Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

escala diferente 0 a 7 ou 0 a 14

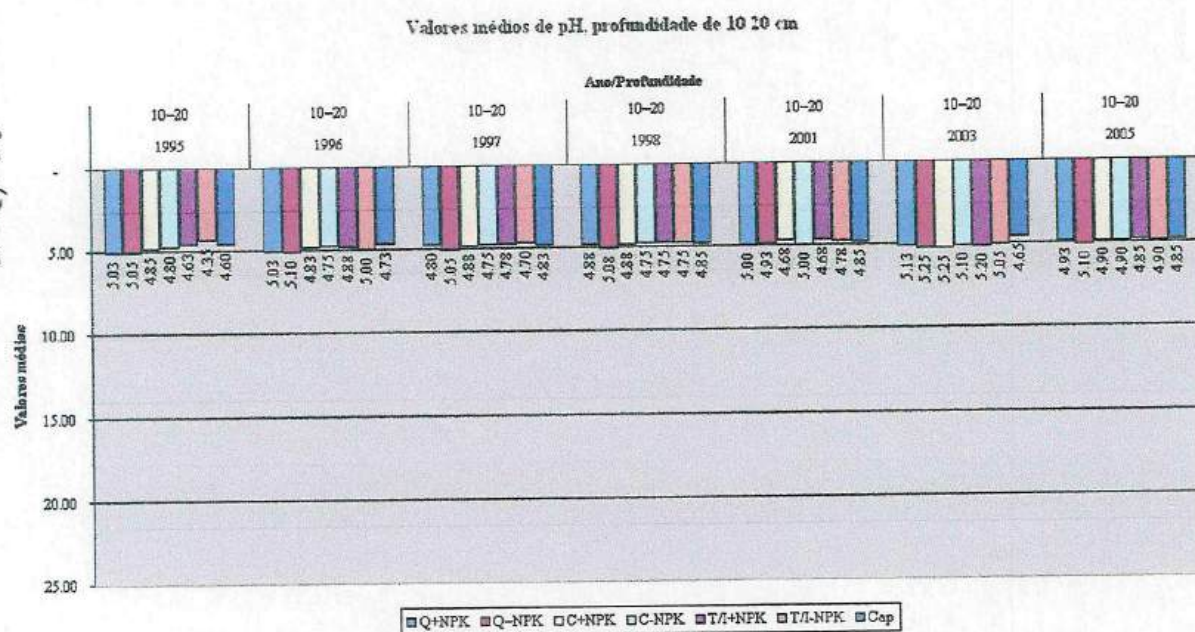


Figura 15 – Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Escola Superior Oa7 ou Oa14

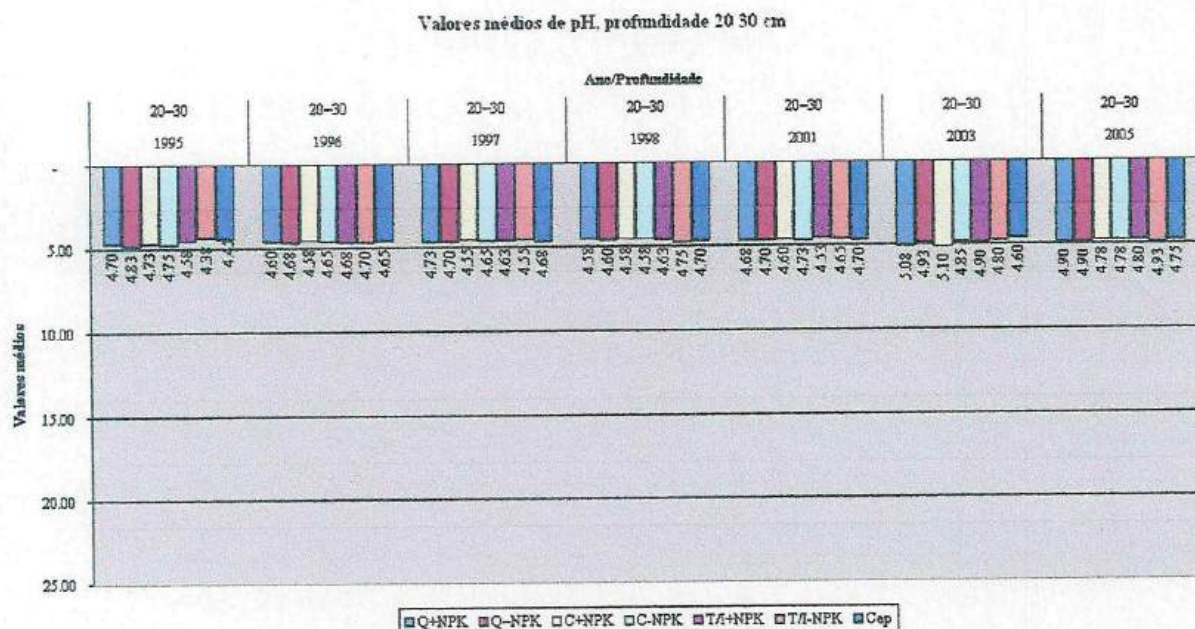


Figura 16 – Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

Escola Superior Oa7 ou Oa14

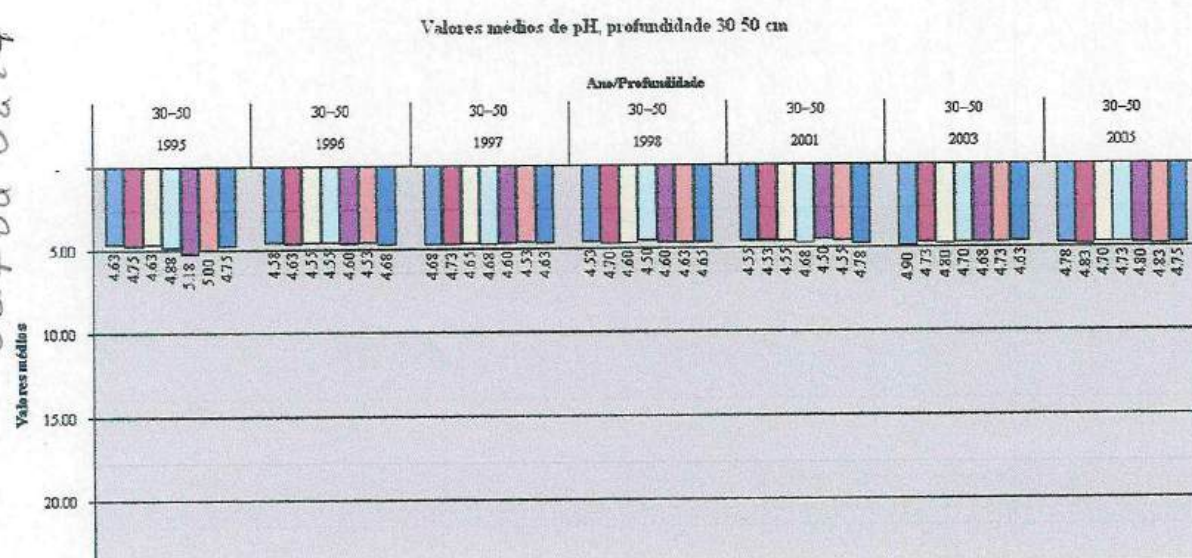


Figura 17 – Valores médios de pH obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

~~4. RESULTADOS E DISCUSSÃO~~

não é necessário repetir

4.3. Avaliação do teor de Fósforo (P) mg dm^{-3} ^{do solo} em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 8) existem diferenças significativas no teor de fósforo tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como, para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Resultados similares foram encontrados por SILVA *et al.* (2006) em que a mudança do tipo de cobertura vegetal e manejo causam ^{causa} alterações nas propriedades químicas do solo: aumento no fósforo disponível ~~em~~ em área de derruba e queima e em área de pastagem abandonada; aumento do conteúdo de P do solo. Estudos realizados por SILVA & CHAVES (2001) comprovaram a diminuição do teor de fósforo com a profundidade. Segundo McKEVLIN & McKEE (1986) analisando as propriedades químicas dos solos de áreas ^squeimadas de *Pinus elliotti* nos EUA, observaram uma maior quantidade de P nos solos queimados. Segundo observações feitas por PAULETTI (2005) as mudanças no teor de fósforo, entre sistemas de manejo do solo podem ser demorados ^{por} cerca de 7 anos. Nos sistemas agroflorestais o suprimento de P tem sido limitantes em função dos baixos teores encontrados no subsolo e a expressiva remoção, mas podem, aumentar a disponibilidade desse elemento através do aporte pela fitomassa.

Acreditamos que falta o resumo

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para Fósforo (P), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	7680.4171		
Ano	6	288.5689	48.0948	30.781 *
Tratamento	6	439.926	73.321	46.925 *
Profundidade	3	2427.5957	809.1985	517.887 *
Ano x Tratamento	36	609.8597	16.9405	10.842 *
Ano x Profundidade	18	517.5025	28.7501	18.4 *
Tratamento x Profundidade	18	523.6454	29.0914	18.619 *
Ano x Tratamento x Profundidade	108	1954.5689	18.0979	11.583 *
Erro	588	918.75	1.5625	-
CV (%)	35.04	-	-	-
Média	3.57	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabela 9 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); ano*profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e profundidade*tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Estudos realizados por CARDOSO *et al.* (1992); SANTOS *et al.* (2003) mostram que há acúmulo de P na camada superficial dos solos cultivados devido à pouca mobilidade e à baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio.

Tabela 9. Valores médios de Fósforo (P - mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	9,50 a ₃ A ₂ q ₃	7,50 a ₂ A ₂ r ₃	8,25 a ₂ A ₂ s ₂	7,50 a ₂ A ₂ t ₂	6,00 a ₁ A ₂ u ₃	4,25 a ₁ A ₂ v ₂	8,25 a ₂ A ₂ x ₃
	3,25 a ₁ A ₂ q ₂	3,75 a ₁ A ₁ r ₂	3,75 a ₁ A ₁ s ₂	3,50 a ₁ A ₁ t ₁	4,00 a ₁ A ₂ u ₂	3,75 a ₁ A ₁ v ₂	6,00 a ₂ A ₃ x ₂
	1,75 a ₁ A ₄ q ₁	1,75 a ₁ A ₂ r ₁	2,25 a ₁ A ₂ s ₁	2,25 a ₁ A ₂ t ₁	2,75 a ₁ A ₂ u ₁	2,50 a ₁ A ₂ v ₁	4,25 a ₁ A ₂ x ₁
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,50 a ₁ A ₁ r ₁	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	1,50 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	1,00 a ₁ A ₁ v ₁	3,25 a ₂ A ₂ x ₁
Q	8,25 a ₃ A ₂ q ₂	4,75 a ₁ A ₁ r ₂	5,00 a ₁ A ₁ s ₂	4,25 a ₁ A ₁ t ₂	3,25 a ₁ A ₁ u ₁	4,00 a ₁ A ₂ v ₂	4,50 a ₂ A ₁ x ₁
	2,25 a ₁ A ₂ q ₁	3,00 a ₁ A ₁ r ₁	3,25 a ₁ A ₁ s ₂	3,00 a ₁ A ₁ t ₂	2,25 a ₁ A ₁ u ₁	4,25 a ₁ A ₁ v ₂	3,50 a ₁ A ₂ x ₁
	1,00 a ₁ A ₂ q ₁	2,00 a ₁ A ₁ r ₁	2,00 a ₁ A ₁ s ₁	1,75 a ₁ A ₁ t ₁	2,00 a ₁ A ₁ u ₁	2,75 a ₁ A ₂ v ₂	2,75 a ₁ A ₁ x ₁
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	1,00 a ₁ A ₁ v ₁	3,00 a ₁ A ₂ x ₁
C + NPK	10,25 a ₃ A ₃ q ₂	9,25 a ₃ A ₂ r ₃	7,75 a ₂ A ₂ s ₃	7,75 a ₂ A ₂ t ₃	6,50 a ₂ A ₂ u ₃	2,25 a ₁ A ₁ v ₁	9,25 a ₃ A ₂ x ₃
	2,75 a ₁ A ₂ q ₁	3,50 a ₃ A ₁ r ₂	4,00 a ₁ A ₁ s ₂	4,50 a ₁ A ₂ t ₂	4,50 a ₁ A ₂ u ₂	3,75 a ₁ A ₁ v ₂	7,25 a ₂ A ₃ x ₂
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	2,00 a ₁ A ₂ r ₁	3,00 a ₁ A ₂ s ₂	2,75 a ₁ A ₂ t ₁	3,00 a ₁ A ₂ u ₁	3,00 a ₁ A ₁ v ₁	5,00 a ₂ A ₂ x ₁
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	1,25 a ₁ A ₁ s ₁	2,50 a ₁ A ₁ t ₁	1,25 a ₁ A ₁ u ₁	1,25 a ₁ A ₁ v ₁	3,75 a ₂ A ₂ x ₁
C	3,75 a ₁ A ₁ q ₂	4,25 a ₁ A ₁ r ₂	4,00 a ₁ A ₁ s ₂	5,00 a ₁ A ₁ t ₂	3,75 a ₁ A ₁ u ₂	3,75 a ₁ A ₂ v ₂	7,25 a ₂ A ₂ x ₂
	1,50 a ₁ A ₁ q ₁	2,50 a ₁ A ₁ r ₁	3,00 a ₁ A ₁ s ₂	3,00 a ₁ A ₁ t ₁	2,75 a ₁ A ₁ u ₂	4,75 a ₂ A ₁ v ₂	6,00 a ₂ A ₃ x ₁
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,75 a ₁ A ₁ r ₁	1,75 a ₁ A ₁ s ₁	2,50 a ₁ A ₁ t ₁	2,00 a ₁ A ₁ u ₁	3,00 a ₁ A ₂ v ₁	5,00 a ₂ A ₂ x ₁
	1,75 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₂	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	2,00 a ₁ A ₁ v ₁	5,25 a ₂ A ₃ x ₁
T/I+ NPK	2,25 a ₁ A ₁ q ₁	9,00 a ₃ A ₂ r ₃	4,25 a ₂ A ₂ s ₂	8,75 a ₃ A ₂ t ₃	5,75 a ₂ A ₂ u ₃	5,75 a ₂ A ₂ v ₃	8,50 a ₃ A ₂ x ₂
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	4,25 a ₂ A ₁ r ₂	6,50 a ₃ A ₂ s ₂	5,25 a ₂ A ₂ t ₂	4,50 a ₂ A ₂ u ₃	4,00 a ₂ A ₁ v ₂	7,50 a ₃ A ₃ x ₂
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,50 a ₁ A ₂ r ₁	2,75 a ₂ A ₂ s ₁	2,75 a ₂ A ₂ t ₁	3,00 a ₂ A ₂ u ₂	3,50 a ₂ A ₂ v ₂	4,25 a ₂ A ₂ x ₁
	1,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	1,75 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	2,00 a ₁ A ₁ v ₁	3,50 a ₂ A ₂ x ₁
T/I	3,75 a ₁ A ₁ q ₂	5,75 a ₂ A ₁ r ₂	6,75 a ₂ A ₂ s ₂	5,25 a ₂ A ₁ t ₂	3,75 a ₁ A ₁ u ₂	3,00 a ₁ A ₁ v ₁	6,25 a ₂ A ₁ x ₂
	3,50 a ₁ A ₂ q ₂	2,50 a ₁ A ₁ r ₁	4,00 a ₁ A ₁ s ₁	3,75 a ₁ A ₁ t ₂	3,00 a ₁ A ₁ u ₂	5,00 a ₂ A ₁ v ₂	6,00 a ₂ A ₃ x ₂
	2,00 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	2,75 a ₁ A ₂ s ₁	2,00 a ₁ A ₁ t ₁	2,25 a ₁ A ₁ u ₁	3,25 a ₁ A ₁ v ₁	3,25 a ₁ A ₁ x ₁
	1,50 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	1,75 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	1,50 a ₁ A ₁ v ₁	2,75 a ₂ A ₂ x ₁
Cap	2,75 a ₁ A ₁ q ₂	5,75 a ₂ A ₁ r ₃	6,00 a ₂ A ₁ s ₂	4,75 a ₂ A ₁ t ₂	4,50 a ₂ A ₁ u ₂	4,50 a ₂ A ₂ v ₂	5,25 a ₂ A ₁ x ₂
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	3,50 a ₂ A ₁ r ₂	3,25 a ₂ A ₁ s ₁	2,25 a ₂ A ₁ t ₁	3,00 a ₂ A ₁ u ₂	2,75 a ₂ A ₁ v ₁	1,25 a ₁ A ₁ x ₁
	3,00 a ₁ A ₁ q ₂	2,00 a ₁ A ₁ r ₁	2,00 a ₁ A ₁ s ₁	1,50 a ₁ A ₁ t ₁	2,00 a ₁ A ₁ u ₁	2,00 a ₁ A ₂ v ₁	1,50 a ₁ A ₁ x ₁
	3,50 a ₂ A ₂ q ₂	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	2,25 a ₁ A ₁ t ₁	1,00 a ₁ A ₁ u ₁	1,00 a ₁ A ₁ v ₁	1,00 a ₁ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 2,9196 ~~g~~ ^{mg} ~~dm⁻³~~ ^{de solo} a 4,8303 ~~g~~ ^{mg} ~~dm⁻³~~ ^{de solo}, sendo que o maior teor^{er} de fósforo foi verificado em todos os tratamentos com queima. Entretanto o maior teor de P foi verificado no tratamento capoeira (Tabela 10). Resultados semelhantes foram obtidos por FALESI *et al.* (1976) e CARDOSO *et al.* (1992), que observaram que após a derruba e queima da floresta, o fósforo aumentou em profundidades superficiais em decorrência da deposição de cinzas e material vegetal decomposto e em área de floresta ~~x~~ ???

Na variável tratamento, os resultados variaram de 2,6964 ~~g~~ ^{de solo} ~~dm⁻³~~ a 4,5536 ~~g~~ ^{de solo} ~~dm⁻³~~, sendo ^{que} os menores valores de P ^{foram} verificados nos tratamentos que não receberam a complementação de fertilizantes (NPK) e os maiores ^{valores nos} os que receberam a complementação de fertilizantes (Tabela 10). De acordo com STRATONN *et al.* (1998) as cinzas oriundas da queima de madeira não pode ser considerada como adubo orgânico, mas, pode ser fornecedora de nutrientes como: Ca, K e Mg, e através da matéria orgânica nas regiões tropicais aumentar os teores de P no solo. Para PINAMONTI (1998) a cobertura vegetal, pode aumentar a disponibilidade de P. De acordo com estudos realizados por ARAÚJO *et al.* (2004) na sucessão de mata-pastagens os teores de P são baixos e ~~se~~ encontram ^{nos} primeiros centímetros de solo.

Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 1,7908 ~~g~~ ^{de solo} ~~dm⁻³~~ a 6,3724 ~~g~~ ^{de solo} ~~dm⁻³~~, sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 10). Em ² estudos realizados por CARDOSO *et al.* (1992); SANTOS *et al.* (2003) o fósforo ~~x~~ apresentou valores com tendência decrescente em relação à profundidade, em todos os perfis estudados, refletindo a baixa mobilidade desse nutriente no solo.

Tabela 10 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Fósforo (P) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
5	2.9196 a ₁	7	2.6964 a ₁	4 (30 50 cm)	1.7908 a ₁
6	3.0535 a ₁	2	2.8214 a ₁	3 (20 30 cm)	2.4082 a ₂
2	3.1696 a ₁	4	3.0536 a ₂	2 (10 20 cm)	3.699 a ₃
4	3.4018 a ₂	6	3.1964 a ₂	1 (0 10 cm)	6.3724 a ₄
3	3.75 a ₃	3	4.1161 a ₃		
1	3.8482 a ₃	1	4.5357 a ₄		
7	4.8303 a ₄	5	4.5536 a ₄		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 18 pode-se observar que os tratamentos com Queima + NPK, Queima e Cobertura +NPK, na profundidade de 0 -10 cm há uma redução gradativa no teor^{de} de P, sendo que no último ano há um aumento representativo no teor^{de} de P. Nos demais tratamentos há uma variação entre ^{aumento} crescimento e redução sendo que no último ano há um ^{aumento} crescimento em relação ao anterior. Segundo estudos realizados por MAFRA *et al.* (1998) e VOCURCA *et al.* (1996) o incremento nos teores de P no solo deve-se em parte à adubação empregada na implantação do sistema agroflorestal. e, no cultivo em aléias^{que} também possibilita o aumento significativo no teor P, na camada superficial do solo (0-20 cm), em relação à condição original de cerrado.

Na Figura 19 observa-se que o tratamento Triturado+NPK e Triturado apresentar^{os} maiores teores de P, enquanto que, ~~no~~ tratamento Capoeira apresenta os menores valores de P, na profundidade 10 -20. Se fizermos um comparativo com a profundidade de 0 - 10 cm com a de 10 – 20 cm, observamos que os valores na profundidade são menores. SAMPAIO *et al.* (2003), FERNANDEZ *et al.* (1997) ^{observaram} em ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, ^{que} pode ocorrer aumento do teor^{de} de P, nas camadas superficiais do solo ou variação significativa nos teores de outros elementos. Segundo Novais *et al.* (1999) as cinzas oriundas da queima liberam P que será consumido e transformado em formas não acessíveis às plantas o que contribuirá para uma diminuição de sua disponibilidade no solo nos anos subseqüentes.

Valores médios de P disponível (mg.dm³) na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005

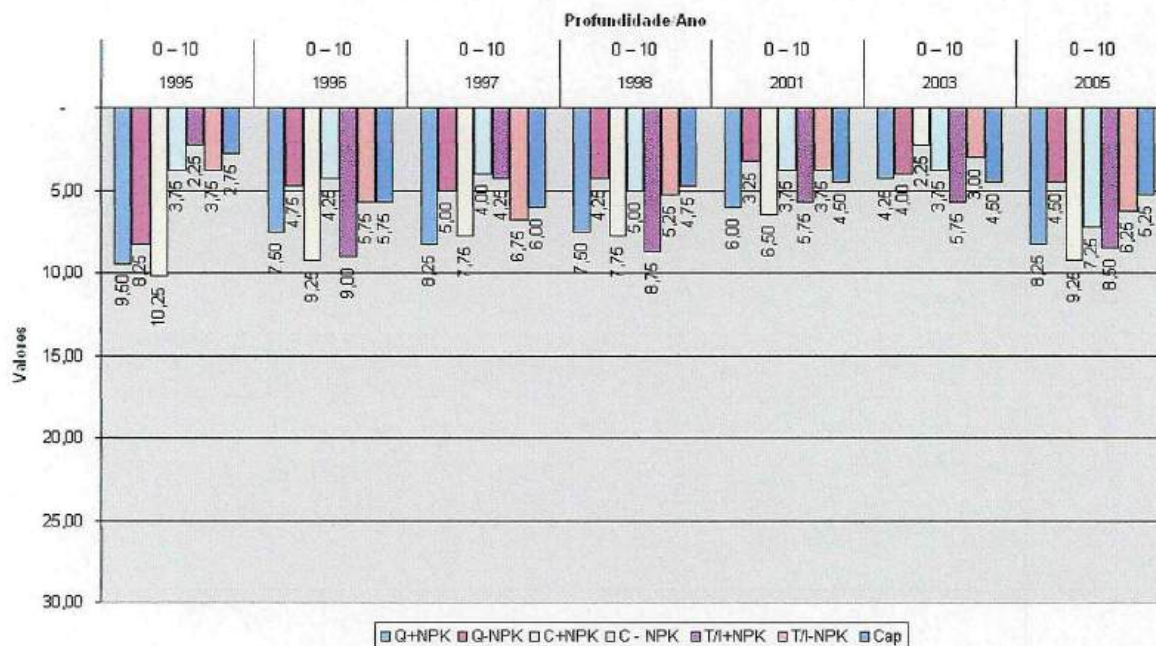


Figura 18 – Valores médios de P (g.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Fósforo (P - mg dm⁻³), profundidade 10 20 cm

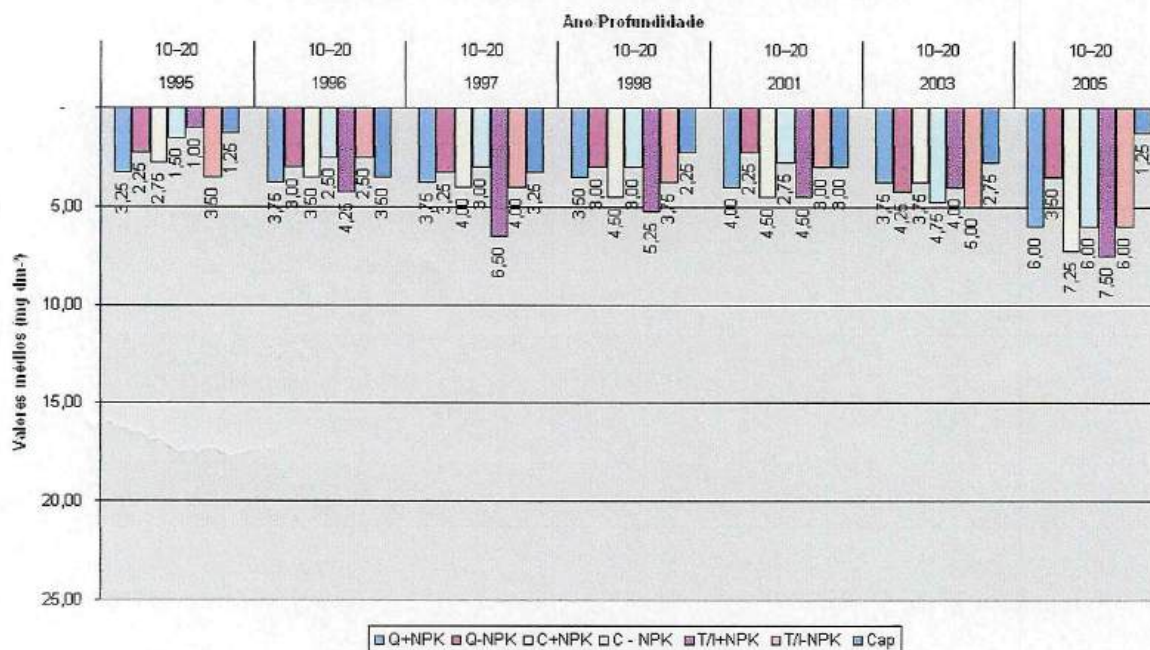


Figura 19– Valores médios de P (g.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figuras 20 e 21 onde as profundidades são de 20 a 30 cm e 30 a 50 cm, respectivamente, os teores de P, diminuem a medida que aumentam as profundidades. Em todos os tratamentos os teores aumentam à medida que aumentam o período de pousio. Resultados similares foram obtidos por. PAULETTI (2005) ^{onde} o P disponível na camada 0-10 cm apresentou, maior concentração no plantio direto em relação ao convencional. Nas demais profundidades em todos os sistemas, tal elemento teve valores classificados como baixos, devido a pouca mobilidade deste nutriente. Resultados de estudos obtidos por BAYER e BERTOL (1999) são semelhantes, como também encontraram menor ^{teor} de P com o aumento da profundidade, em todos os sistemas de manejo de solo e rotação de cultura. No caso do plantio direto, pode ser explicado pela maior concentração na superfície, devido menor homogeneização do P com o solo no plantio direto. Foi encontrado ainda ^{uma} elevação dos ^{teor} de P no solo ~~que~~ pode ser justificado pelo uso de adubos fosfatados que elevam gradativamente a quantidade deste elemento no solo, apesar da ~~sua~~ pouca mobilidade do P, esse aumento pode também estar relacionado com a decomposição da matéria orgânica (raízes) no solo.

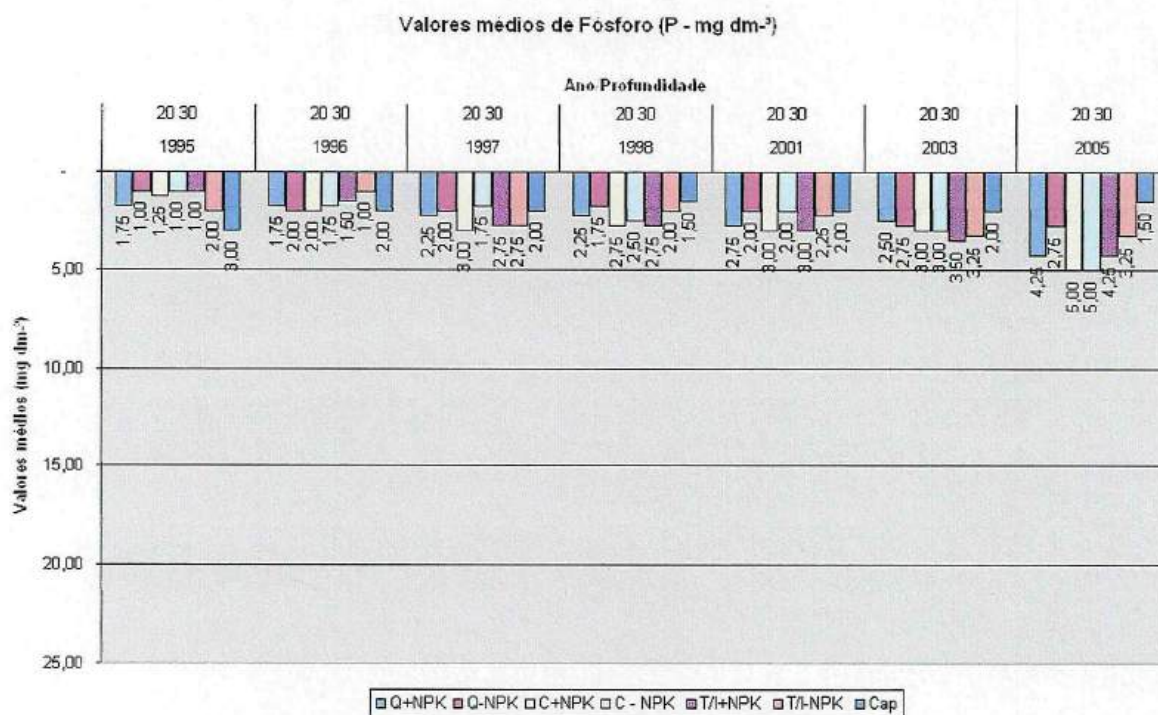


Figura 20- Valores médios de P (g.dm⁻³) ^{de nota} obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

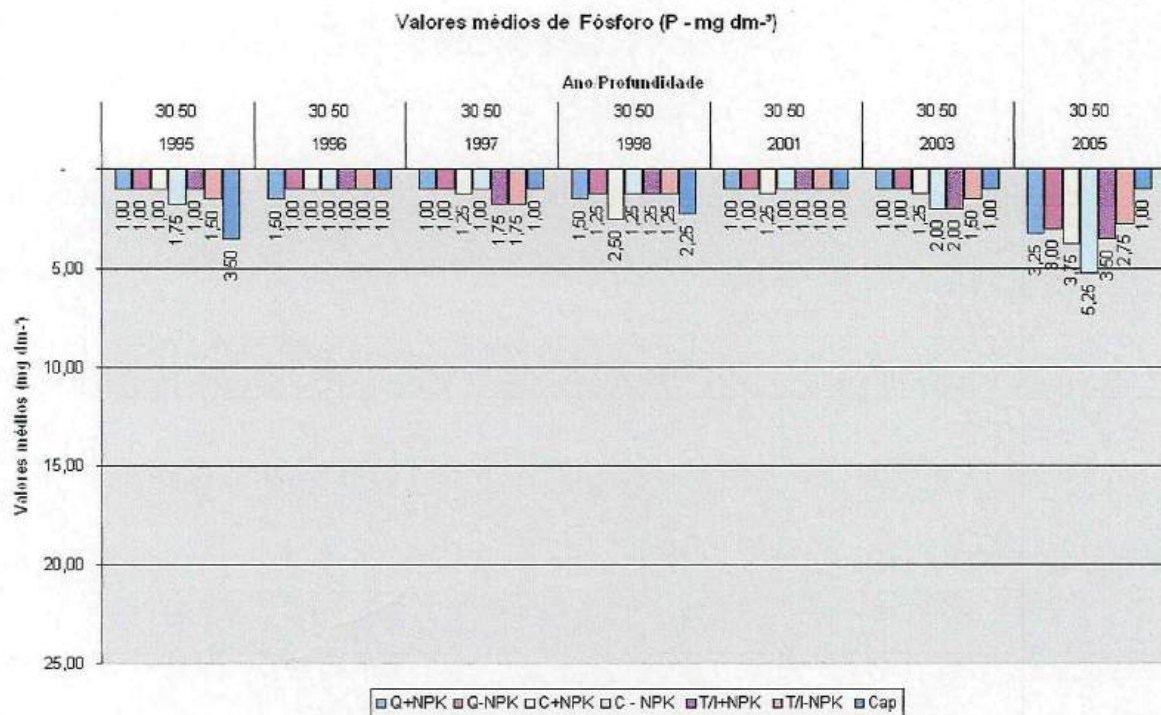


Figura 21– Valores médios de P (g.dm⁻³)^{de solo} obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 4. Avaliação do teor de Potássio (K) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 11) existem diferenças significativas no teor de potássio tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Resultados similares foram encontrados por SAMPAIO *et al.* (2003); FERNANDEZ *et al.* (1997) em ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, pode ocorrer aumento nos teor de K nas camadas superficiais do solo. Segundo estudos realizados por FERNANDES (1999), na conversão da floresta em cupuaçuza houve alterações nas características químicas e físicas do solo e com a mudança da cobertura vegetal e do manejo realizado, resulta em aumentos significativos do teor de K. As alterações ocorridas devem-se a prática da queima da floresta primária na camada superficial do solo, aumentando em muito a sua fertilidade.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para Potássio (K), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	157885,1377		
Ano	6	23741,352	3956,892	72,1
Tratamento	6	3279,6377	546,6063	9,96
Profundidade	3	42066,6582	14022,2194	255,502
Ano x Tratamento	36	16964,7729	471,2437	8,587
Ano x Profundidade	18	7069,2704	392,7372	7,156
Tratamento x Profundidade	18	3658,8418	203,269	3,704
Ano x Tratamento x Profundidade	108	28834,6046	266,9871	4,865
Erro	588	32270	54,8809	-
CV (%)	32,16	-	-	-
Média	23,0331	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 12 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); **ano***profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e **profundidade***tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Estudos realizados por PAULETTI *et al*, (2005) ^{evidenciaram que} o K trocável tende a se acumular na superfície do solo na profundidade de 0-10 cm em relação às demais camadas e também devido às adubações efetuadas o teor de K trocável tende a aumentar até a camada de 10-20 cm.

do solo

Tabela 12. Valores médios de Potássio(K - mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	66,00 a ₃ A ₃ q ₄	36,25 a ₂ A ₂ r ₂	36,75 a ₂ A ₂ s ₂	35,25 a ₂ A ₂ t ₂	44,00 a ₂ A ₂ u ₂	23,75 a ₁ A ₁ v ₁	25,50 a ₁ A ₁ x ₁
	49,25 a ₂ A ₂ q ₃	23,00 a ₁ A ₁ r ₁	21,25 a ₁ A ₁ s ₁	19,00 a ₁ A ₁ t ₁	19,50 a ₁ A ₁ u ₁	20,25 a ₁ A ₁ v ₁	18,00 a ₁ A ₁ x ₁
	27,00 a ₁ A ₂ q ₂	16,75 a ₁ A ₁ r ₁	22,00 a ₁ A ₁ s ₁	16,00 a ₁ A ₁ t ₁	16,00 a ₁ A ₁ u ₁	16,00 a ₁ A ₁ v ₁	16,00 a ₁ A ₁ x ₁
	13,50 a ₁ A ₁ q ₁	13,25 a ₁ A ₁ r ₁	16,00 a ₁ A ₁ s ₁	12,50 a ₁ A ₁ t ₁	10,50 a ₁ A ₁ u ₁	11,50 a ₁ A ₁ v ₁	13,75 a ₁ A ₁ x ₁
Q	57,00 a ₃ A ₂ q ₃	44,00 a ₂ A ₂ r ₂	37,25 a ₂ A ₂ s ₂	36,00 a ₂ A ₂ t ₂	28,50 a ₁ A ₁ u ₂	18,75 a ₁ A ₁ v ₁	23,00 a ₁ A ₁ x ₁
	56,00 a ₂ A ₂ q ₃	21,50 a ₁ A ₁ r ₁	20,25 a ₁ A ₁ s ₁	17,00 a ₁ A ₁ t ₁	16,50 a ₁ A ₁ u ₁	21,25 a ₁ A ₁ v ₁	14,75 a ₁ A ₁ x ₁
	26,75 a ₁ A ₂ q ₂	17,25 a ₁ A ₁ r ₁	21,00 a ₁ A ₁ s ₁	14,00 a ₁ A ₁ t ₁	13,25 a ₁ A ₁ u ₁	15,00 a ₁ A ₁ v ₁	13,50 a ₁ A ₁ x ₁
	12,50 a ₁ A ₁ q ₁	14,00 a ₁ A ₁ r ₁	15,75 a ₁ A ₁ s ₁	17,00 a ₁ A ₁ t ₁	8,50 a ₁ A ₁ u ₁	12,00 a ₁ A ₁ v ₁	11,00 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	70,00 a ₄ A ₃ q ₄	46,25 a ₃ A ₃ r ₂	33,75 a ₂ A ₂ s ₂	27,50 a ₂ A ₂ t ₂	34,75 a ₂ A ₂ u ₂	14,25 a ₁ A ₁ v ₁	27,50 a ₂ A ₂ x ₁
	45,50 a ₂ A ₂ q ₃	22,00 a ₁ A ₁ r ₁	18,75 a ₁ A ₁ s ₁	16,00 a ₁ A ₁ t ₁	20,50 a ₁ A ₁ u ₁	18,50 a ₁ A ₁ v ₁	20,50 a ₁ A ₁ x ₁
	27,75 a ₂ A ₂ q ₂	24,25 a ₂ A ₂ r ₁	30,50 a ₂ A ₂ s ₂	14,50 a ₁ A ₁ t ₁	15,00 a ₁ A ₁ u ₁	16,00 a ₁ A ₁ v ₁	16,25 a ₁ A ₁ x ₁
	13,00 a ₁ A ₁ q ₁	15,50 a ₁ A ₁ r ₁	19,00 a ₁ A ₁ s ₁	13,00 a ₁ A ₁ t ₁	8,50 a ₁ A ₁ u ₁	14,00 a ₁ A ₁ v ₁	13,50 a ₁ A ₁ x ₁
C	52,00 a ₃ A ₂ q ₃	33,25 a ₂ A ₂ r ₂	24,25 a ₁ A ₁ s ₁	29,00 a ₁ A ₁ t ₂	37,75 a ₂ A ₂ u ₃	23,75 a ₁ A ₁ v ₁	27,00 a ₁ A ₁ x ₂
	36,50 a ₂ A ₂ q ₂	20,50 a ₁ A ₁ r ₁	20,25 a ₁ A ₁ s ₁	18,75 a ₁ A ₁ t ₁	23,75 a ₁ A ₁ u ₂	20,00 a ₁ A ₁ v ₂	17,75 a ₁ A ₁ x ₁
	18,75 a ₁ A ₁ q ₁	18,50 a ₁ A ₁ r ₁	22,00 a ₁ A ₁ s ₁	16,50 a ₁ A ₁ t ₁	15,25 a ₁ A ₁ u ₁	16,50 a ₁ A ₁ v ₂	12,50 a ₁ A ₁ x ₁
	11,25 a ₁ A ₁ q ₁	18,75 a ₁ A ₁ r ₁	20,25 a ₁ A ₁ s ₁	14,50 a ₁ A ₁ t ₁	9,75 a ₁ A ₁ u ₁	13,00 a ₁ A ₁ v ₁	12,50 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	54,50 a ₂ A ₂ q ₃	48,00 a ₂ A ₂ r ₂	49,00 a ₂ A ₂ s ₂	31,50 a ₁ A ₁ t ₂	29,25 a ₁ A ₁ u ₂	23,50 a ₁ A ₁ v ₁	24,25 a ₁ A ₁ x ₂
	24,50 a ₁ A ₂ q ₂	26,50 a ₁ A ₁ r ₁	45,50 a ₂ A ₂ s ₂	31,50 a ₁ A ₁ t ₂	21,50 a ₁ A ₁ u ₁	21,00 a ₁ A ₁ v ₁	19,25 a ₁ A ₁ x ₁
	13,50 a ₁ A ₁ q ₁	19,00 a ₁ A ₁ r ₁	23,50 a ₁ A ₁ s ₁	23,50 a ₁ A ₁ t ₁	16,25 a ₁ A ₁ u ₁	16,50 a ₁ A ₁ v ₁	12,00 a ₁ A ₁ x ₁
	23,00 a ₁ A ₁ q ₁	20,00 a ₁ A ₁ r ₁	18,25 a ₁ A ₁ s ₁	15,50 a ₁ A ₁ t ₁	10,25 a ₁ A ₁ u ₁	13,50 a ₁ A ₁ v ₁	12,25 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	62,75 a ₃ A ₃ q ₃	24,50 a ₁ A ₁ r ₁	44,00 a ₂ A ₂ s ₂	31,00 a ₁ A ₁ t ₂	30,00 a ₁ A ₁ u ₂	18,00 a ₁ A ₁ v ₁	24,00 a ₁ A ₁ x ₂
	39,00 a ₂ A ₂ q ₂	18,00 a ₁ A ₁ r ₁	27,00 a ₁ A ₁ s ₁	20,25 a ₁ A ₁ t ₁	20,50 a ₁ A ₁ u ₁	19,50 a ₁ A ₁ v ₁	15,00 a ₁ A ₁ x ₁
	34,50 a ₂ A ₂ q ₂	33,50 a ₂ A ₂ r ₂	20,25 a ₁ A ₁ s ₁	14,00 a ₁ A ₁ t ₁	15,25 a ₁ A ₁ u ₁	14,50 a ₁ A ₁ v ₁	11,00 a ₁ A ₁ x ₁
	18,75 a ₁ A ₁ q ₁	18,50 a ₁ A ₁ r ₁	14,50 a ₁ A ₁ s ₁	10,00 a ₁ A ₁ t ₁	10,00 a ₁ A ₁ u ₁	10,50 a ₁ A ₁ v ₁	9,50 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	12,75 a ₁ A ₁ q ₁	36,75 a ₂ A ₂ r ₃	28,75 a ₂ A ₂ s ₂	16,00 a ₁ A ₁ t ₁	32,50 a ₂ A ₂ u ₂	26,00 a ₂ A ₂ v ₁	36,00 a ₂ A ₂ x ₁
	9,00 a ₁ A ₁ q ₁	25,00 a ₂ A ₂ r ₂	17,25 a ₁ A ₁ s ₁	14,50 a ₁ A ₁ t ₁	25,00 a ₂ A ₂ u ₂	18,50 a ₁ A ₁ v ₂	42,00 a ₃ A ₂ x ₁
	19,75 a ₁ A ₁ q ₁	13,50 a ₁ A ₁ r ₁	17,00 a ₁ A ₁ s ₁	15,50 a ₁ A ₁ t ₁	16,75 a ₁ A ₁ u ₁	14,50 a ₁ A ₁ v ₁	16,75 a ₂ A ₂ x ₁
	19,00 a ₂ A ₂ q ₁	10,50 a ₁ A ₁ r ₁	11,50 a ₁ A ₁ s ₁	13,50 a ₁ A ₁ t ₁	10,00 a ₁ A ₁ u ₁	9,00 a ₁ A ₁ v ₁	17,50 a ₂ A ₂ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 17,125 ~~mg dm⁻³~~ a 34,7768 mg dm⁻³, sendo que o maior teor de potássio foi verificado no tratamento com Queima+NPK e, o menor teor foi observado no tratamento capoeira (Tabela 13). Estudos realizados por SOARES (1990); MAGGS (1988); em serapilheira em parcelas queimadas ^{foi} observado que houve aumento no teor de K. Também, estudos realizados por VEGA *et al.* (1983) analisando a variação da quantidade de nutrientes em função da queima em plantio de *Pinus pinaster* e *Pinus radiata*, na Espanha, verificaram um pequeno aumento na concentração de K, nas parcelas que foram queimadas.

Na variável tratamento, os resultados variaram de 20,5268 g dm⁻³ a 27,4553 g dm⁻³, sendo os menores valores de potássio foi verificado no tratamento Capoeira e os maiores os que receberam a complementação de fertilizantes, sendo o maior teor no tratamento Triturado/Incorporado+NPK (Tabela 13). De acordo com Stratton *et al.* (1998) as cinzas oriundas da queima de madeira não pode ser considerada como adubo orgânico, mas pode ser fornecedora de nutrientes como: Ca, K e Mg, e através da MO nas regiões tropicais aumentar o teor de K no solo. Para Pinamonti (1998) a cobertura vegetal, além de aumentar o teor de MO no solo, pode aumentar a disponibilidade de K trocável. De acordo com estudos realizados por Araújo *et al.* (2004) na sucessão de mata-pastagens o teor K, é baixos e se encontra nos primeiros centímetros de solo.

Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 15,1786 g dm⁻³ a 34,6122 g dm⁻³, sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 13). Estudos similares realizados por PERIN *et al.* (2003). verificaram que as variações nos teores de K⁺ disponível são mais expressivas no horizonte superficial. Segundo estudos realizados por SAMPAIO *et al.* (2003); FERNADEZ *et al.* (1997) nos ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, pode ocorrer aumento do teores de K nas camadas superficiais do solo. Segundo MALAVOLTA (1980), o potássio é um macronutriente que através do processo de difusão caminha no solo e pode movimentar-se no solo por fluxo de massa. Estudos realizados por RHEINHEIMER *et al.* (2003) onde a vegetação foi queimada o solo apresenta valores de K muito mais elevado do que as não queimadas, mas logo após a queima há um aumento nas concentrações de K em todas as camadas, mas, em maior quantidade na camada superficial, que perdurou até os 60 dias.

Tabela 13 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Potássio (K) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
6	17,125 a ₁	7	20,527 a ₁	4 (30 50 cm)	15,179 a ₁
7	19,732 a ₂	4	21,589 a ₁	3 (20 30 cm)	18,730 a ₂
4	19,759 a ₂	2	22,259 a ₂	2 (10 20 cm)	23,612 a ₃
5	19,975 a ₂	6	22,438 a ₂	1 (0 10 cm)	34,612 a ₄
2	24,241 a ₃	3	23,446 a ₂		
3	25,625 a ₃	1	23,518 a ₂		
1	34,777 a ₄	5	27,455 a ₃		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 22 pode-se observar que no ano de 1995, na profundidade de 0 -10 cm, com exceção do tratamento Capoeira, todos os outros tratamentos, os teores de K foram altos. Mas, no decorrer dos anos há uma redução do teor^o de K, mesmo após o pousio. Observa-se que no tratamento Capoeira teve um aumento e posterior redução no teor de K até o pousio e posterior oscilando, mas, com um pequeno crescimento até o final do período. Estudos realizados por NUNES *et al.* (2006), ^{evidenciaram que} as cinzas provenientes da queima do material vegetal, mostr^{ou} um efeito fertilizador e mant^{em} os indicadores físicos, químicos e biológicos estáveis por um período de três anos de um solo de caatinga. O processo de desmatamento e queima do solo para cultivo contribui para uma redução drástica nos indicadores microbiológicos e na diversidade da fauna edáfica. Para BARRETO *et al.* (2006) que estudou o cultivo de cacau e pastagem, o cacau apresentou menor teor de K na profundidade ^{desde} 0-10 cm, enquanto que a pastagem apresentou maior teor de K.

Na Figura 23 ^{foram} pode-se observar que no ano de 1995, na profundidade de 10-20 cm, os valores de K, são maiores que nos anos posteriores até o final do período do experimento. A diminuição do teor^o de K até o pousio (1998-2001) acontec^e em quase todos os tratamentos. Mas, após o pousio há um pequeno crescimento do teor^o de K e posterior diminuição e uma pequena reação em alguns tratamentos, que podemos destacar o tratamento Capoeira. Segundo MARIN (2002) há mudanças químicas em variáveis do solo devido ao manejo e não ocorre em curto espaço de tempo Na mata, pelo processo de ciclagem de nutrientes, a concentração de K⁺ é maior na manta orgânica, reduzindo à medida que aumenta a profundidade, o que favorece ao meio ácido.

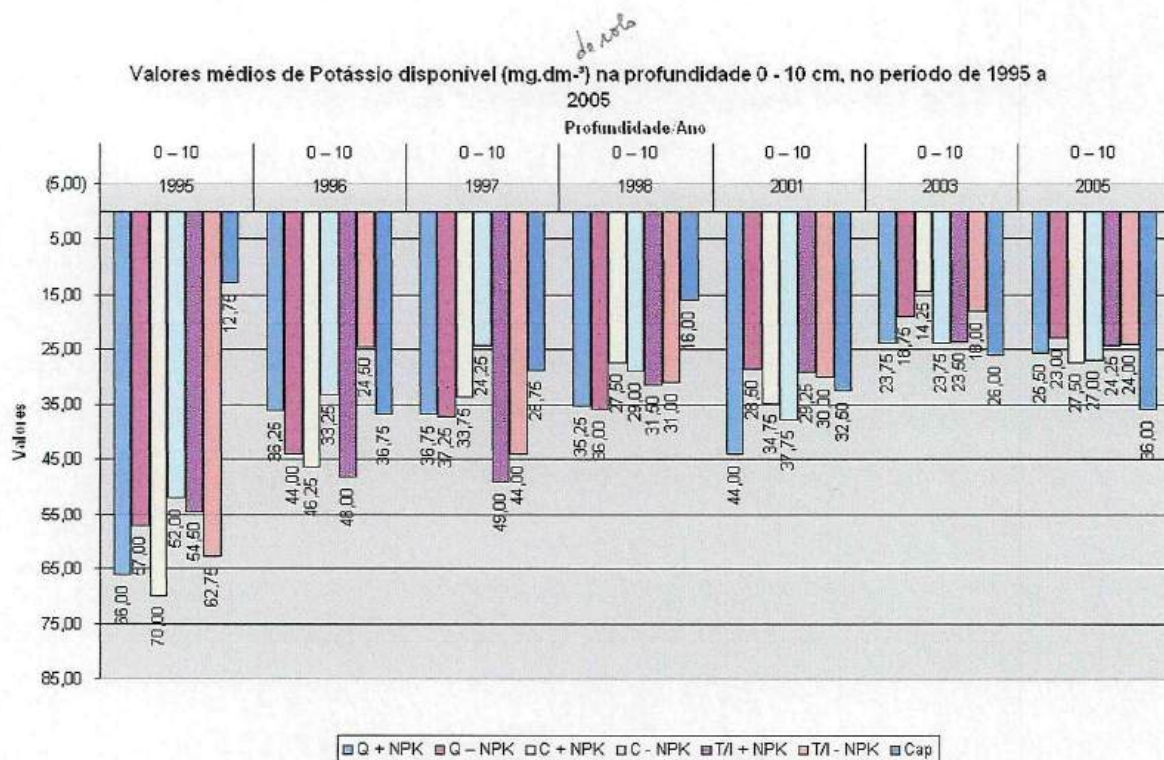


Figura 22 – Valores médios de K (mg dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

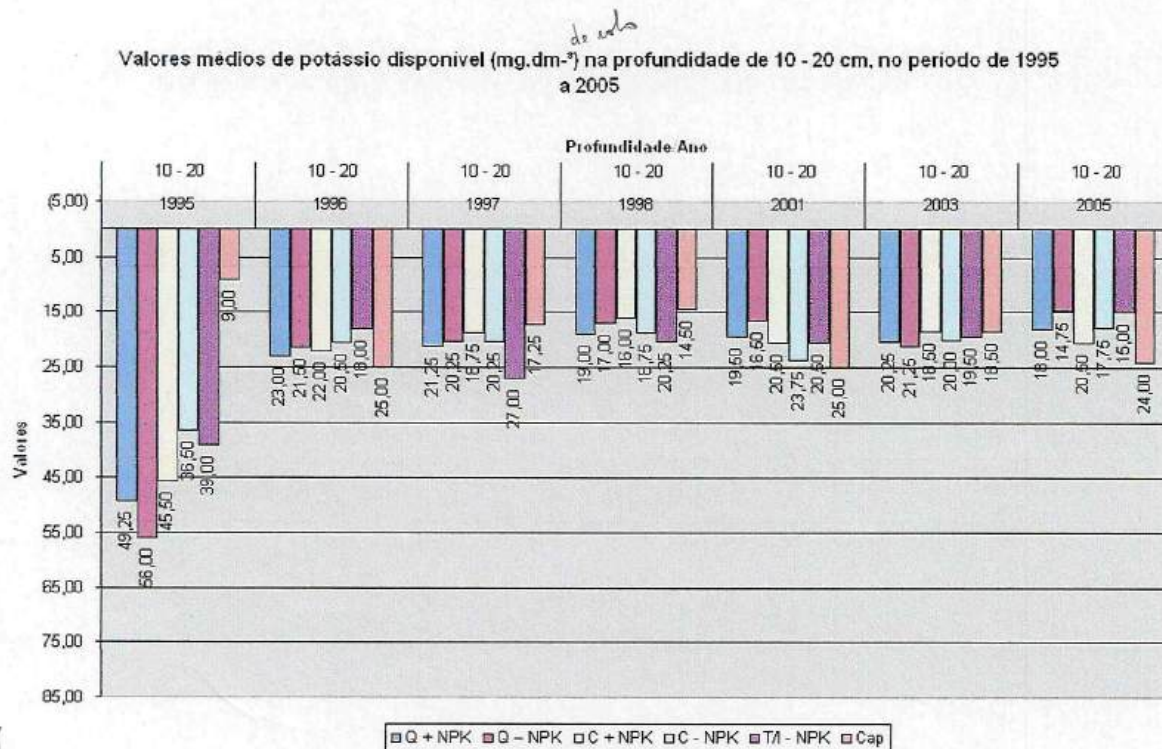


Figura 23 – Valores médios de K (mg dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 24, na profundidade 20-30 cm, os teores de K oscilam na redução e crescimento, conforme o tratamento até ao pousio e posteriormente se mantém quase que estável e no final do período uma pequena redução. Observa-se que no tratamento Capoeira o teor de K quase não oscila durante todo o período do experimento. Mas, em compensação os tratamentos Cobertura e Triturado/Incorporado possuem o teor de K maiores em função da camada de matéria orgânica depositada na superfície do solo. Segundo estudos realizados por SAMPAIO *et al.* (2003) e FERNANDEZ *et al.* (1997) nos ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, pode ocorrer aumento de K nas camadas superficiais do solo. Através dos estudos realizados por THEODORO (2001), que comparou os efeitos do manejo em cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, constatou que houve incrementos no valor de K, sendo maiores nos cafeeiros orgânicos, seguidos pelo cafeeiro em conversão. Esses maiores incrementos estão diretamente relacionados com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo.

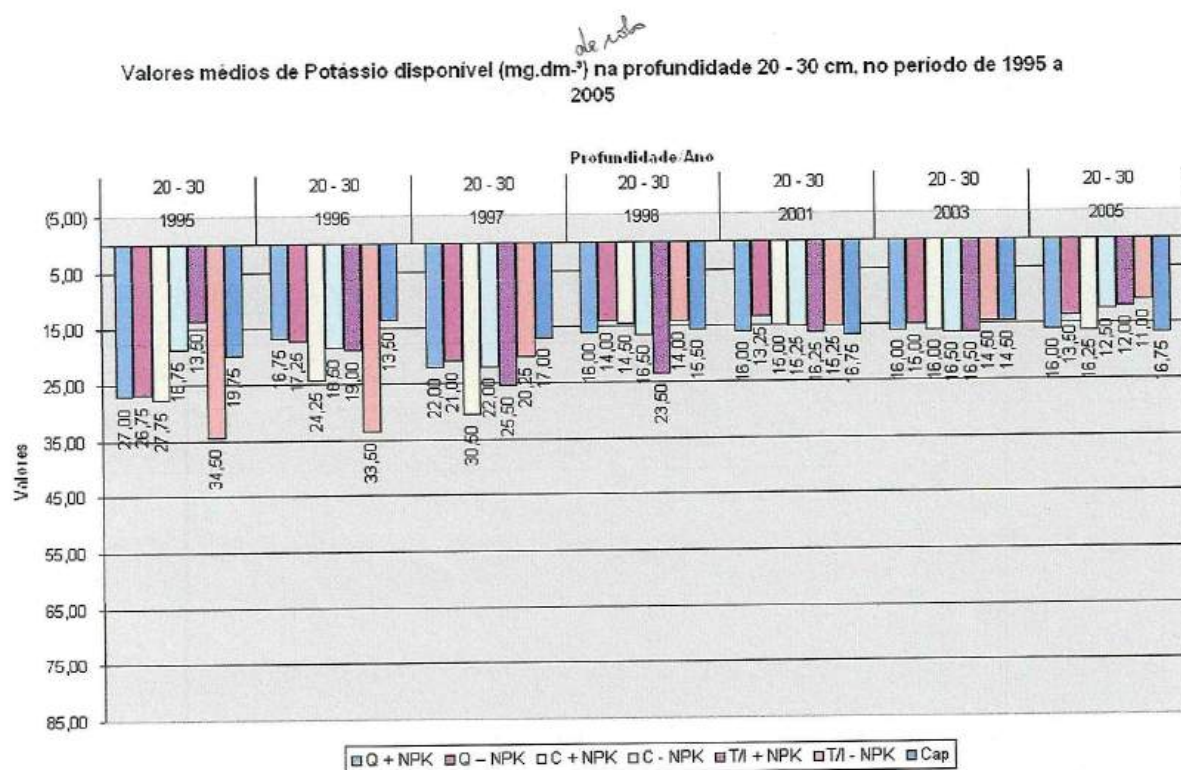


Figura 24 – Valores médios de K ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 25, na profundidade 30-50 cm, pode-se observar a redução do teor de K em relação às profundidades mais superficiais, em todos os tratamentos. O teor de K aumenta inicialmente e, posteriormente há uma redução, mas, após o pousio há um pequeno

crescimento e a posteriormente uma pequena estabilidade até o final do período. Resultados encontrados por ARAÚJO *et al.* (2004) e PERIN *et al.* (2003), ^{de novo, pois} afirmam ~~que~~ que as variações nos teores de K⁺ disponível são mais expressivas no horizonte superficial e tendem a decrescer com o tempo de uso.

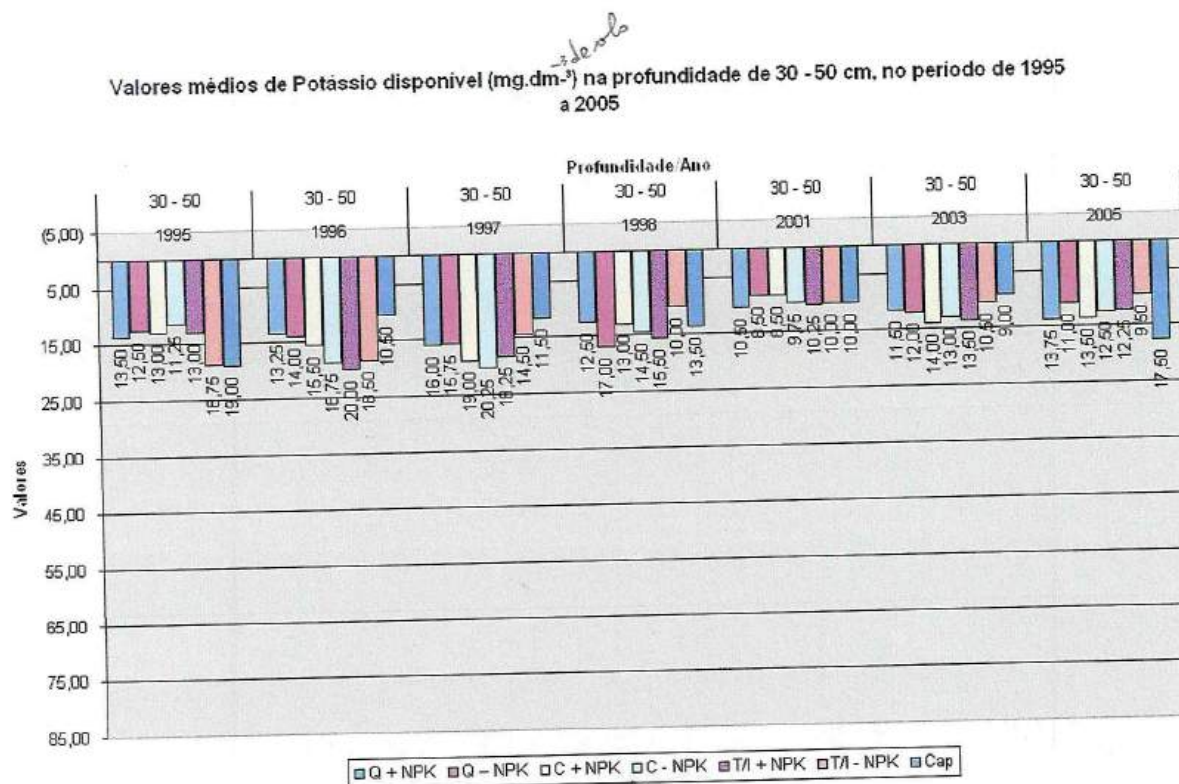


Figura 25 – Valores médios de K (mg.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5. Avaliação do teor de Sódio (Na) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 14) existem diferenças significativas no teor de sódio tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Resultados similares foram encontrados por GOMES *et al* (2000) ao estudar o cultivo de arroz, verificou que os tratamentos com esterco de curral, com casca de arroz e com vinhaça, apresentaram valores de percentagem de sódio trocável (PST), semelhantes em todas as profundidades. Mas, as reduções da PST foram maior na profundidade 0-20 cm, intermediárias em 20-40 cm e menores na camada de 40-60 cm. No cultivo de arroz sob inundação, a percentagem de sódio trocável (PST) tende a diminuir com o tempo, principalmente, na camada superficial (0 - 20 cm) independentemente do emprego dos condicionadores químicos ou orgânicos.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para Sódio (Na), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	22718,674		
Ano	6	8101,7449	1350,2908	173,907
Tratamento	6	299,227	49,8712	6,423
Profundidade	3	4210,8469	1403,6156	180,775
Ano x Tratamento	36	1983,2015	55,0889	7,095
Ano x Profundidade	18	916,4388	50,9133	6,557
Tratamento x Profundidade	18	254,2423	14,1246	1,819
Ano x Tratamento x Profundidade	108	2387,4719	22,1062	2,847
Erro	588	4565,5	7,7644	-
CV (%)	25,97	-	-	-
Média	10,7296	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabela 15 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); ano*profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e profundidade*tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Pelos dados apresentados é necessário que se dê mais importância ao elemento sódio, pois a sua presença no solo pode causar danos incalculáveis nas atividades agrícolas, quando o seu uso é realizado inadequadamente no solo. Segundo RAIJ (1991) os solos salinos e alcalinos se desenvolvem em consequência do acúmulo de sais e de sódio, normalmente ocorrem em climas semi-áridos e áridos. Para PEREIRA (1983) as medidas de laboratório mais usadas para diagnosticar esses problemas são através do pH, da condutividade elétrica, do extrato de saturação e a porcentagem de sódio trocável. A salinidade afeta o crescimento das plantas, principalmente pelo aumento da pressão osmótica do meio, reduzindo a disponibilidade de água.

Tabela 15. Valores médios de Sódio (Na - mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	25,00 a ₃ A ₂ q ₃	11,50 a ₁ A ₁ r ₂	11,25 a ₁ A ₁ s ₁	10,50 a ₁ A ₁ t ₂	19,50 a ₂ A ₂ u ₃	9,50 a ₁ A ₂ v ₁	12,75 a ₁ A ₁ x ₂
	19,00 a ₃ A ₃ q ₂	9,00 a ₁ A ₁ r ₂	7,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,50 a ₁ A ₁ t ₁	13,00 a ₂ A ₂ u ₂	8,50 a ₁ A ₁ v ₁	12,25 a ₂ A ₁ x ₂
	14,00 a ₂ A ₁ q ₁	7,00 a ₁ A ₁ r ₁	9,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	9,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,50 a ₁ A ₁ v ₁	9,00 a ₁ A ₂ x ₁
	12,25 a ₂ A ₁ q ₁	6,00 a ₁ A ₁ r ₁	7,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	7,00 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₂ A ₁ v ₁	7,50 a ₁ A ₁ x ₁
Q	23,25 a ₃ A ₂ q ₃	14,50 a ₂ A ₂ r ₂	11,50 a ₁ A ₁ s ₂	10,00 a ₁ A ₁ t ₁	15,50 a ₂ A ₁ u ₂	7,00 a ₁ A ₁ v ₁	14,25 a ₂ A ₁ x ₂
	23,00 a ₃ A ₃ q ₃	8,50 a ₁ A ₁ r ₁	7,75 a ₁ A ₁ s ₁	6,50 a ₁ A ₁ t ₁	13,00 a ₂ A ₁ u ₂	9,00 a ₁ A ₁ v ₁	10,50 a ₂ A ₁ x ₁
	15,00 a ₂ A ₁ q ₂	8,00 a ₁ A ₁ r ₁	6,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	10,00 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	10,00 a ₁ A ₁ x ₁
	11,00 a ₁ A ₁ q ₁	7,50 a ₁ A ₁ r ₁	6,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	7,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	8,50 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	28,50 a ₃ A ₃ q ₄	15,00 a ₂ A ₂ r ₂	10,75 a ₁ A ₁ s ₁	8,50 a ₁ A ₁ t ₁	18,00 a ₁ A ₂ u ₃	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	14,75 a ₁ A ₁ x ₂
	20,50 a ₃ A ₃ q ₃	9,00 a ₁ A ₁ r ₁	7,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	13,00 a ₂ A ₁ u ₂	8,00 a ₁ A ₁ v ₁	12,25 a ₁ A ₁ x ₂
	15,50 a ₂ A ₁ q ₂	9,00 a ₁ A ₁ r ₁	10,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	9,00 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	9,50 a ₁ A ₁ x ₁
	11,50 a ₁ A ₁ q ₁	7,00 a ₁ A ₁ r ₁	8,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	6,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	8,25 a ₁ A ₁ x ₁
C	22,50 a ₄ A ₂ q ₃	12,00 a ₂ A ₂ r ₂	9,00 a ₁ A ₁ s ₁	9,00 a ₁ A ₁ t ₁	18,50 a ₃ A ₂ u ₃	9,75 a ₁ A ₂ v ₁	13,75 a ₂ A ₁ x ₂
	14,75 a ₂ A ₂ q ₂	7,50 a ₁ A ₁ r ₁	7,50 a ₁ A ₁ s ₁	7,00 a ₁ A ₁ t ₁	14,50 a ₂ A ₂ u ₂	8,50 a ₁ A ₁ v ₁	10,75 a ₁ A ₁ x ₁
	11,50 a ₁ A ₁ q ₁	6,50 a ₁ A ₁ r ₁	8,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	10,00 a ₁ A ₁ u ₁	7,00 a ₁ A ₁ v ₁	8,00 a ₁ A ₁ x ₁
	7,00 a ₁ A ₁ q ₁	6,50 a ₁ A ₁ r ₁	7,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	7,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,50 a ₁ A ₁ v ₁	8,50 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	24,00 a ₄ A ₂ q ₂	14,50 a ₂ A ₂ r ₂	18,75 a ₃ A ₂ s ₃	9,50 a ₁ A ₁ t ₁	15,50 a ₂ A ₁ u ₂	9,75 a ₁ A ₂ v ₁	17,00 a ₃ A ₁ x ₂
	15,00 a ₂ A ₂ q ₁	8,00 a ₁ A ₁ r ₁	13,50 a ₂ A ₂ s ₂	9,00 a ₁ A ₁ t ₁	13,00 a ₂ A ₁ u ₂	8,00 a ₁ A ₁ v ₁	13,50 a ₂ A ₁ x ₁
	12,00 a ₁ A ₁ q ₁	6,50 a ₁ A ₁ r ₁	8,50 a ₁ A ₁ s ₁	8,50 a ₁ A ₁ t ₁	9,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,50 a ₁ A ₁ v ₁	10,00 a ₁ A ₁ x ₁
	11,25 a ₁ A ₁ q ₁	6,00 a ₁ A ₁ r ₁	7,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	6,00 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	11,25 a ₂ A ₁ x ₁
T/I	31,75 a ₃ A ₃ q ₃	9,00 a ₁ A ₁ r ₁	13,00 a ₂ A ₁ s ₂	11,50 a ₁ A ₁ t ₂	14,50 a ₂ A ₁ u ₂	10,50 a ₁ A ₂ v ₁	14,00 a ₂ A ₁ x ₂
	18,25 a ₃ A ₃ q ₂	6,00 a ₁ A ₁ r ₁	10,00 a ₂ A ₂ s ₁	8,00 a ₁ A ₁ t ₁	12,00 a ₂ A ₁ u ₂	8,00 a ₁ A ₁ v ₁	11,00 a ₂ A ₁ x ₂
	19,00 a ₂ A ₂ q ₂	6,00 a ₁ A ₁ r ₁	8,50 a ₁ A ₁ s ₁	6,00 a ₁ A ₁ t ₁	8,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,50 a ₁ A ₁ v ₁	7,50 a ₁ A ₁ x ₁
	14,50 a ₂ A ₂ q ₁	6,00 a ₁ A ₁ r ₁	7,00 a ₁ A ₁ s ₁	6,50 a ₁ A ₁ t ₁	6,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,00 a ₁ A ₁ v ₁	8,00 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	9,00 a ₁ A ₁ q ₁	17,25 a ₃ A ₂ r ₂	15,00 a ₂ A ₂ s ₁	11,00 a ₁ A ₁ t ₁	22,00 a ₄ A ₂ u ₂	13,75 a ₂ A ₂ v ₂	12,25 a ₂ A ₁ x ₁
	8,75 a ₁ A ₁ q ₁	13,50 a ₁ A ₂ r ₂	11,25 a ₁ A ₂ s ₁	8,50 a ₁ A ₁ t ₁	18,50 a ₂ A ₂ u ₂	10,50 a ₁ A ₁ v ₁	12,50 a ₁ A ₁ x ₁
	13,75 a ₁ A ₁ q ₁	11,00 a ₁ A ₁ r ₁	12,25 a ₁ A ₁ s ₁	9,50 a ₁ A ₁ t ₁	13,50 a ₁ A ₁ u ₁	9,00 a ₁ A ₁ v ₁	10,25 a ₁ A ₁ x ₁
	13,25 a ₁ A ₁ q ₂	9,50 a ₁ A ₁ r ₁	49,50 a ₁ A ₁ s ₁	9,00 a ₁ A ₁ t ₁	10,50 a ₁ A ₁ u ₁	6,50 a ₁ A ₁ v ₁	4,75 a ₁ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 7,6786 mg dm^{-3} a 17,6875 mg dm^{-3} , sendo que o maior teor de sódio foi verificado no tratamento Queima +NPK. Entretanto, os maiores teores de sódio foi verificado nos tratamentos com complemento de fertilizantes (Tabela 16). Na variável tratamento, os resultados variaram de 10,0714 g dm^{-3} a 11,7768 g dm^{-3} , sendo os menores valores de sódio foi verificados nos tratamentos que não receberam a complementação de fertilizantes e os maiores ^{os} que receberam a complementação de fertilizantes, mas, cujos tratamentos não sofreram a queima. E, o maior teor de sódio deu-se no tratamento Capoeira (Tabela 16). Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 8,4133 g dm^{-3} a 14,4082 g dm^{-3} , sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, no processo de preparo do solo do corte, sem queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 16). Estudos realizados por MELO *et al.* (1997) em que uma das principais implicações do aumento no teor de sódio, é a possibilidade da ocorrência de salinização do solo, e explicam que a aplicação ao solo, de composto rico em sódio, pode aumentar o teor deste elemento na solução do solo. Para OLIVEIRA (2000) a elevada adição de sódio poderá conduzir a sodicidade. Conforme apresentado por Santos & Muraoka (1997), o acúmulo de sódio nos solos considerados como salinos, deve estar associado ao abaixamento do pH, enquanto que, no solo considerado como sódico, o acúmulo de sais ligados aos íons carbonatos e bicarbonatos deve estar associado ao aumento do pH em solução. Para ABREU Jr. *et al.* (2000) foi verificado incrementos na saturação por bases dos solos ácidos pela aplicação do composto de lixo, como consequência direta dos aumentos nos teores de sódio e da redução da acidez potencial.

Tabela 16 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de sódio (Na) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
4	7,6786 a ₁	4	10,0714 a ₁	4 (30 50 cm)	8,4133 a ₁
6	7,7589 a ₁	1	10,3036 a ₁	3 (20 30 cm)	9,1377 a ₂
2	9,2053 a ₂	2	10,3125 a ₁	2 (10 20 cm)	10,9592 a ₃
3	9,625 a ₂	6	10,500 a ₁	1 (0 10 cm)	14,4082 a ₄
7	10,9375 a ₃	3	10,5714 a ₁		
5	12,2143 a ₄	5	11,5714 a ₂		
1	17,6875 a ₅	7	11,7768 a ₂		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 26 pode-se observar que os tratamentos em sua maioria, na profundidade de 0 -10 cm há um pequena oscilação em relação a redução e crescimento no teor de sódio até o pousio, sendo que após o pousio há um aumento, uma redução de sódio e um aumento à medida que passam os anos. Na Figura 27, 28 e 29, nas profundidades 10-20 cm, 20-30 cm e 30-50 cm, respectivamente, ocorrem à mesma situação ocorrida na profundidade 0-10 cm, sendo que a medida que aumenta a profundidade os teores de sódio vão diminuindo. Segundo SANTOS & MURAOKA (1977) é necessário ter preocupação, quanto ao aumento da sodicidade nos horizontes subsuperficiais, uma vez que os horizontes superficiais profundidades médias de 40 cm, onde as raízes das plantas as atingem com facilidade sendo prejudicadas pela presença do elemento sódio, que pode causar a toxicidade e o desbalanço nutricional das plantas, principalmente quando a relação Na:Ca^{se} é tornar alta, como por reduzir também a mineralização, diminuindo a liberação de enxofre e nitrogênio da matéria orgânica para as plantas. Se o solo for irrigado, o problema da sodicidade torna-se ainda mais preocupante, uma vez que o excesso de sódio trocável nos solos altera os parâmetros físico-hídricos. Portanto, estes solos deverão ser manejados adequadamente no sentido de serem reduzidos a concentração do sódio trocável, a condutividade elétrica e o pH

Valores médios de Sódio disponível (mg.dm⁻³) na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005

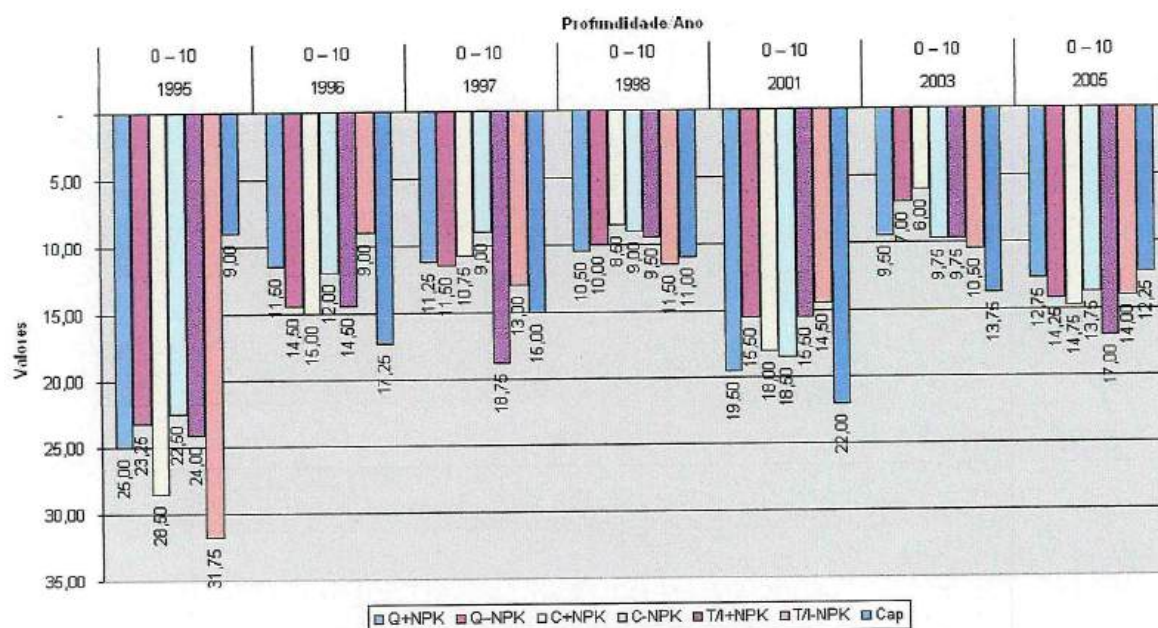


Figura 26 – Valores médios de Na (mg.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Sódio disponível (mg.dm⁻³) na profundidade 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005

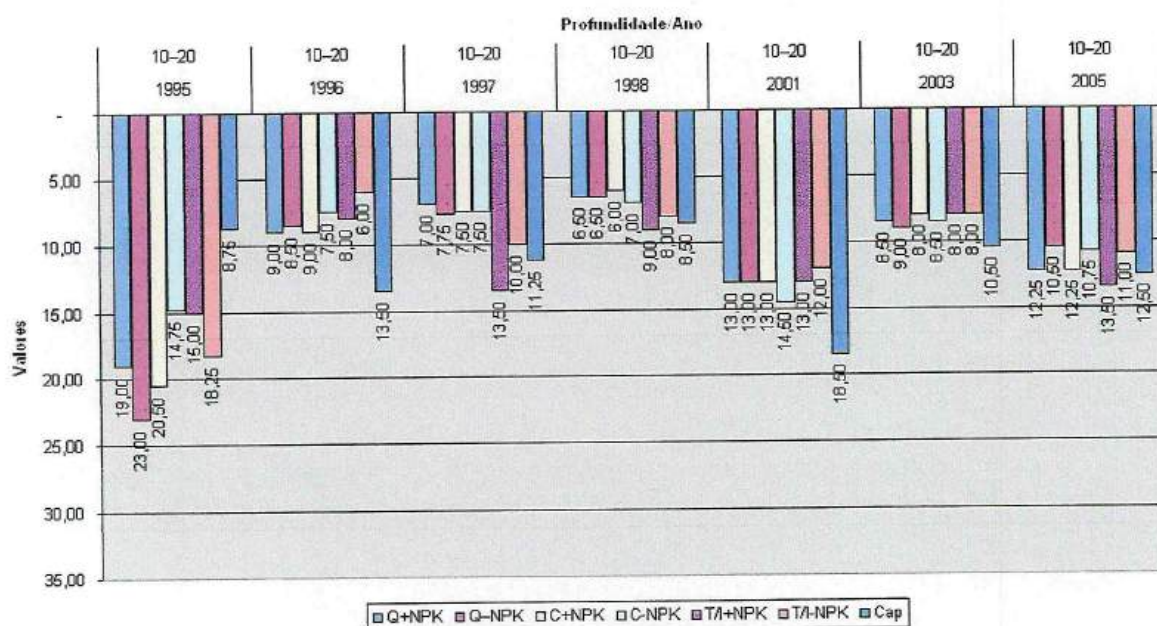


Figura 27 – Valores médios de Na (mg.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Sódio disponível (mg.dm^{-3}) na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005

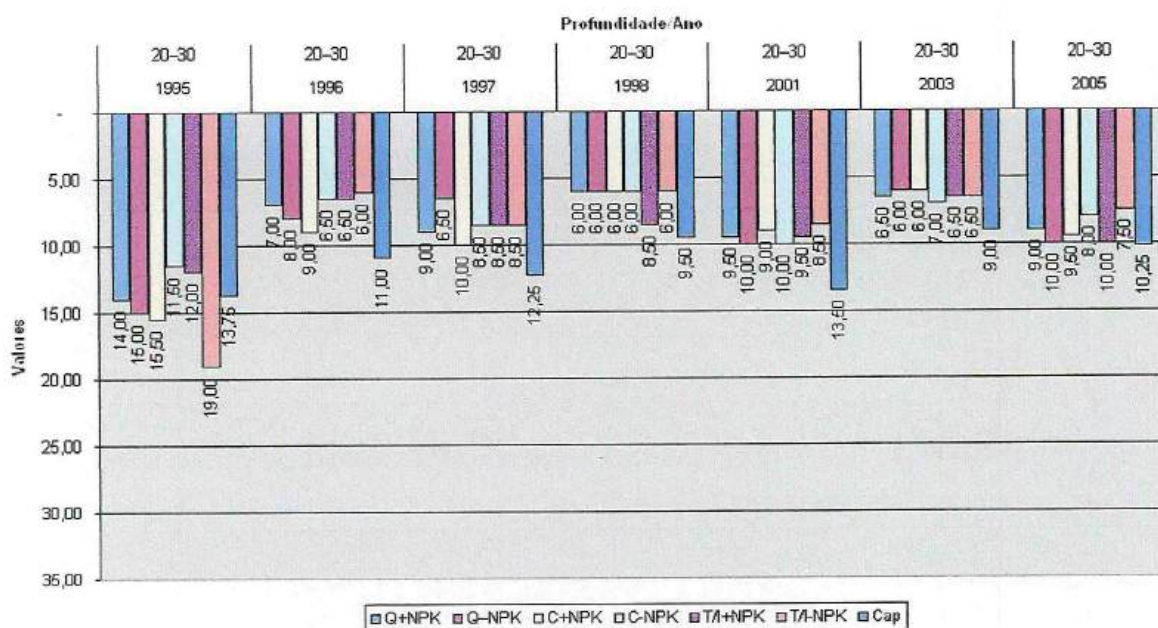


Figura 28 – Valores médios de Na (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Sódio disponível (mg.dm^{-3}) na profundidade 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005

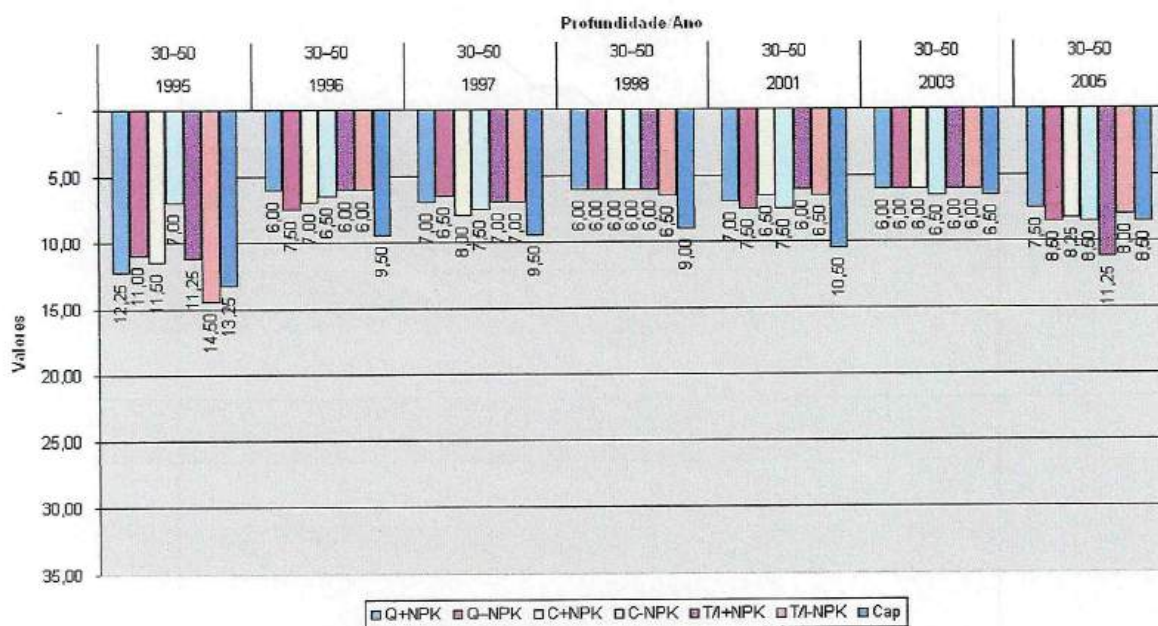


Figura 29 – Valores médios de Na (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.6. Avaliação do teor de Cálcio (Ca) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 17) existem diferenças significativas no teor de cálcio tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Estudos realizados por SAMPAIO *et al.* (2003) e FERNANDEZ *et al.* (1997) em ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, ^{verificaram que} pode ocorrer aumento do teor de Ca nas camadas superficiais do solo. Para FERNANDES (1999) a conversão da floresta primária em cupuaçuza acarretou alterações nas características químicas e físicas do solo. Essa mudança da cobertura vegetal e o tipo de manejo resultaram em aumentos significativos do Ca, em decorrência da queima na abertura das áreas para o plantio, a qual introduz ao sistema, grandes quantidades de cinzas provenientes da queima da floresta primária na camada superficial do solo, aumentando, a fertilidade.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância para Cálcio (Ca), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	375,1455		
Ano	6	5,7303	0,955	8,341 *
Tratamento	6	7,5526	1,2588	10,994 *
Profundidade	3	200,8336	66,9445	584,677 * ?
Ano x Tratamento	36	14,25	0,3958	3,457 # 0
Ano x Profundidade	18	28,8002	1,6	13,974 #
Tratamento x Profundidade	18	14,8971	0,8276	7,228 #
Ano x Tratamento x Profundidade	108	35,7566	0,3311	2,892 +
Erro	588	67,325	0,1145	-
CV (%)	30,58	-	-	-
Média	1,1066	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 18 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (“a” no sentido das linhas); **ano*profundidade*tratamento** (“A” no sentido das colunas) e **profundidade*tratamento*ano** (“q, r, s, t, u, v e x”, no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente)

igual

em dm
-3 de solo

Tabela 18. Valores médios de Cálcio(Ca - mg·dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	4,58 a ₃ A ₃ q ₂	3,50 a ₂ A ₂ f ₂	3,15 a ₂ A ₂ s ₂	2,53 a ₁ A ₁ t ₂	3,00 a ₂ A ₂ u ₃	2,38 a ₁ A ₂ v ₂	2,93 a ₂ A ₁ x ₂
	1,73 a ₁ A ₁ q ₁	1,58 a ₁ A ₁ r ₁	1,43 a ₁ A ₁ s ₁	1,23 a ₁ A ₁ t ₁	1,60 a ₁ A ₂ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,50 a ₁ A ₁ x ₁
	1,45 a ₁ A ₁ q ₁	1,13 a ₁ A ₁ r ₁	1,18 a ₁ A ₁ s ₁	1,40 a ₁ A ₁ t ₁	0,88 a ₁ A ₁ u ₁	1,38 a ₁ A ₁ v ₁	1,40 a ₁ A ₁ x ₁
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	0,98 a ₁ A ₁ s ₁	0,88 a ₁ A ₁ t ₁	0,58 a ₁ A ₁ u ₁	0,90 a ₁ A ₁ v ₁	0,93 a ₁ A ₁ x ₁
Q	3,98 a ₃ A ₃ q ₂	3,85 a ₂ A ₂ f ₃	3,23 a ₂ A ₂ s ₃	3,10 a ₂ A ₂ t ₃	2,88 a ₂ A ₂ u ₃	1,88 a ₁ A ₂ v ₂	2,95 a ₂ A ₁ x ₃
	1,75 a ₁ A ₁ q ₁	2,23 a ₁ A ₂ f ₂	1,85 a ₁ A ₁ s ₂	1,68 a ₁ A ₁ t ₂	1,40 a ₁ A ₁ u ₂	2,10 a ₁ A ₂ v ₂	1,78 a ₁ A ₂ x ₂
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,20 a ₁ A ₁ s ₁	0,98 a ₁ A ₁ t ₁	0,70 a ₁ A ₁ u ₁	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	1,48 a ₁ A ₁ x ₂
	1,23 a ₂ A ₁ q ₁	1,20 a ₂ A ₁ r ₁	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	0,95 a ₁ A ₁ t ₁	0,35 a ₁ A ₁ u ₁	0,90 a ₁ A ₁ v ₁	1,08 a ₂ A ₁ x ₁
C + NPK	2,23 a ₂ A ₂ q ₂	3,73 a ₄ A ₂ f ₃	3,00 a ₃ A ₂ s ₂	2,90 a ₃ A ₂ t ₂	2,60 a ₃ A ₃ u ₃	1,35 a ₁ A ₁ v ₁	2,88 a ₃ A ₁ x ₂
	1,48 a ₁ A ₁ q ₁	1,73 a ₁ A ₁ t ₂	1,63 a ₁ A ₁ s ₁	1,53 a ₁ A ₁ t ₁	1,20 a ₁ A ₁ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,55 a ₁ A ₁ x ₁
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,15 a ₁ A ₁ s ₁	1,00 a ₁ A ₁ t ₁	0,75 a ₁ A ₁ u ₁	1,60 a ₁ A ₁ v ₂	1,05 a ₁ A ₁ x ₁
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	1,08 a ₁ A ₁ r ₁	1,05 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	0,50 a ₁ A ₁ u ₁	0,95 a ₁ A ₁ v ₁	1,03 a ₁ A ₁ x ₁
C	2,40 a ₁ A ₂ q ₂	2,88 a ₂ A ₁ r ₂	2,65 a ₂ A ₁ s ₃	2,73 a ₂ A ₂ t ₃	2,93 a ₂ A ₂ u ₃	1,88 a ₁ A ₂ v ₂	3,28 a ₂ A ₁ x ₃
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,73 a ₁ A ₁ r ₁	1,63 a ₁ A ₁ s ₂	1,55 a ₁ A ₁ t ₂	2,15 a ₁ A ₃ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,85 a ₁ A ₂ x ₂
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,15 a ₁ A ₁ s ₁	1,00 a ₁ A ₁ t ₁	0,75 a ₁ A ₁ u ₁	1,60 a ₁ A ₁ v ₂	1,05 a ₁ A ₁ x ₁
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	1,08 a ₁ A ₁ r ₁	1,05 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	0,50 a ₁ A ₁ u ₁	0,95 a ₁ A ₁ v ₁	1,03 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	1,48 a ₁ A ₁ q ₁	3,18 a ₃ A ₂ f ₃	2,83 a ₃ A ₁ s ₃	2,45 a ₃ A ₁ t ₂	2,05 a ₂ A ₂ u ₃	2,10 a ₂ A ₂ v ₂	2,75 a ₃ A ₁ x ₃
	1,33 a ₁ A ₁ q ₁	2,13 a ₂ A ₂ f ₂	2,13 a ₂ A ₁ s ₂	1,58 a ₁ A ₁ t ₁	1,18 a ₁ A ₁ u ₁	1,85 a ₂ A ₂ v ₂	1,80 a ₁ A ₂ x ₂
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,18 a ₁ A ₁ s ₁	1,05 a ₁ A ₁ t ₁	0,78 a ₁ A ₁ u ₁	1,13 a ₁ A ₁ v ₁	1,28 a ₁ A ₁ x ₁
	2,65 a ₂ A ₃ q ₂	1,13 a ₁ A ₁ r ₁	0,93 a ₁ A ₁ s ₁	1,13 a ₁ A ₁ t ₁	0,43 a ₁ A ₁ u ₁	0,83 a ₁ A ₁ v ₁	0,93 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	1,53 a ₁ A ₁ q ₁	3,33 a ₃ A ₂ f ₃	2,68 a ₂ A ₁ s ₃	2,95 a ₃ A ₂ t ₃	2,28 a ₂ A ₂ u ₃	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	2,43 a ₁ A ₁ x ₂
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	2,15 a ₂ A ₂ f ₂	1,93 a ₂ A ₁ s ₂	2,00 a ₂ A ₁ t ₂	1,55 a ₁ A ₂ u ₂	1,60 a ₁ A ₁ v ₁	2,20 a ₂ A ₂ x ₂
	1,18 a ₁ A ₁ q ₁	1,40 a ₁ A ₁ r ₁	1,23 a ₁ A ₁ s ₁	1,43 a ₁ A ₁ t ₁	0,88 a ₁ A ₁ u ₁	1,05 a ₁ A ₁ v ₁	1,38 a ₁ A ₁ x ₁
	2,53 a ₂ A ₃ q ₂	1,10 a ₁ A ₁ r ₁	0,95 a ₁ A ₁ s ₁	1,20 a ₁ A ₁ t ₁	0,55 a ₁ A ₁ u ₁	0,98 a ₁ A ₁ v ₁	1,10 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	1,43 a ₁ A ₁ q ₁	2,48 a ₂ A ₁ r ₂	2,38 a ₂ A ₁ s ₂	2,38 a ₂ A ₁ t ₂	1,40 a ₁ A ₁ u ₂	2,10 a ₂ A ₂ v ₂	2,78 a ₂ A ₁ x ₂
	1,38 a ₂ A ₁ q ₁	1,60 a ₂ A ₁ r ₁	1,65 a ₂ A ₁ s ₁	1,50 a ₂ A ₁ t ₁	0,80 a ₁ A ₁ u ₁	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	1,25 a ₁ A ₁ x ₁
	1,28 a ₂ A ₁ q ₁	1,35 a ₂ A ₁ r ₁	1,13 a ₂ A ₁ s ₁	1,35 a ₂ A ₁ t ₁	0,58 a ₁ A ₁ u ₁	1,00 a ₁ A ₁ v ₁	0,90 a ₁ A ₁ x ₁
	2,03 a ₃ A ₂ q ₂	1,30 a ₂ A ₁ r ₁	1,23 a ₂ A ₁ s ₁	1,45 a ₂ A ₁ t ₁	0,70 a ₁ A ₁ u ₁	0,85 a ₁ A ₁ v ₁	0,85 a ₁ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 0,9955 ~~mg dm⁻³~~ a 1,1705 ^{cmole de solo} ~~mg dm⁻³~~, sendo que o maior teor de cálcio foi verificado em todos os tratamentos com queima. Entretanto o maior teor de sódio foi verificado no tratamento Queima sem complemento de fertilizante (Tabela 19). Na variável tratamento, os resultados variaram de 0,8982 ~~g dm⁻³~~ a 1,2241 ^{cmole de solo} ~~g dm⁻³~~, sendo o menor valor de cálcio foi verificado no tratamento Capoeira e os maiores nos tratamentos com Queima (Tabela 19). Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 0,6388 ~~g dm⁻³~~ a 1,9255 ^{cmole de solo} ~~g dm⁻³~~, sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 19). De acordo com *Stratton et al.* (1998) as cinzas oriundas da queima de madeira não pode ser considerada como adubo orgânico, mas pode ser fornecedora de nutrientes como o Ca. De acordo com estudos realizados por *ARAÚJO et al* (2004) na sucessão de mata-pastagens os teores de Ca, são baixos e se encontram nos primeiros centímetros de solo. Estudos realizados por *VOCURCA et al.* (1996) e *MAFRA et al.* (1998) no cultivo em aléias houve aumento no teor de Ca na camada superficial do solo (0-20 cm) na condição original do cerrado, como também as reservas até a profundidade de 160 cm são maiores.

Tabela 19– Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Cálcio (Ca) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
6	0,9955 a ₁	7	0,8982 a ₁	4 (30 50 cm)	0,6388 a ₁
5	1,0277 a ₁	6	1,0803 a ₂	3 (20 30 cm)	0,7393 a ₂
4	1,0643 a ₁	3	1,0982 a ₂	2 (10 20 cm)	1,1229 a ₃
7	1,0705 a ₁	5	1,1009 a ₂	1 (0 10 cm)	1,9255 a ₄
3	1,1616 a ₂	4	1,1527 a ₃		
1	1,1705 a ₂	1	1,1920 a ₃		
2	1,2562 a ₃	2	1,2241 a ₃		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 30 pode-se observar que os tratamentos com Queima, na profundidade de 0 - 10 cm o teor de cálcio diminui até o pousio, sendo que após o pousio há um aumento, uma redução de cálcio e um pequeno crescimento até o final do período. Na profundidade de 10-20 cm, nos tratamentos com Queima há uma grande oscilação entre aumento e diminuição no teor de cálcio, enquanto que nos tratamentos Cobertura e Triturado/Incorporado aparentam ter os maiores valores de cálcio, mas com oscilações de aumento e diminuição no teor de cálcio ao longo do período (Figura 31). Para SAMPAIO *et al.* (2003) e FERNANDEZ *et al.* (1997) em ecossistemas de florestas, após as queimadas, pode ocorrer o aumento do teor de cálcio nas camadas superficiais do solo. Segundo MARIN (2002) as mudanças químicas, devido ao manejo do solo, não ocorrem em curto espaço de tempo. Na mata, devido ao processo de ciclagem de nutrientes, a concentração de Ca^{2+} é grande na manta orgânica, em consequência pequena no solo, em maiores profundidades. Estudos realizados por BARRETO *et al.* (2006) com o uso do solo no cultivo de cacau e pastagem, na profundidade de 0-10 cm, os maiores teores de cálcio foram obtidos no cultivo de cacau e menor em pastagem.

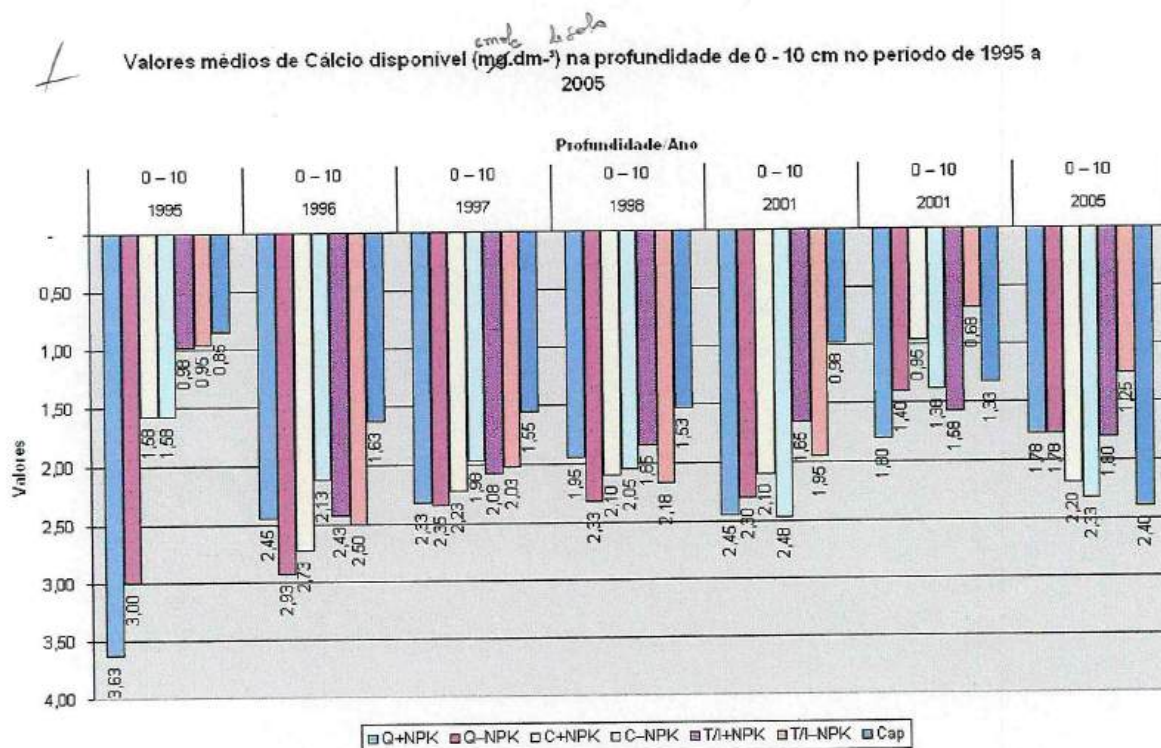


Figura 30 – Valores médios de Ca ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

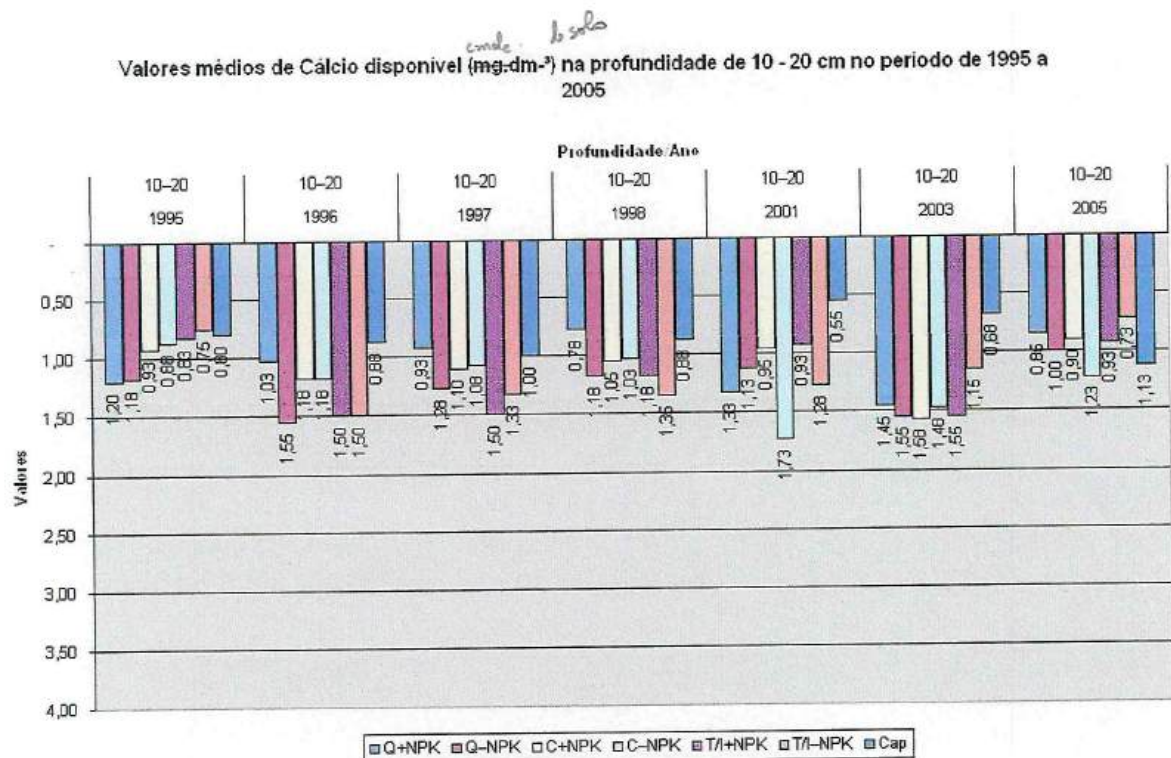


Figura 31 – Valores médios de Ca ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Nas Figuras 32 e 33 observa-se que todos os tratamentos, nas profundidades 20-30 cm e 30-50 cm, há uma semelhança no decorrer do período, oscilando entre crescimento e diminuição no teor de cálcio durante o período estudado. Ser relacionarmos com os tratamentos nas profundidades 0-10 cm e 10- 20 cm observa-se, a redução do teor de cálcio nas maiores profundidades. Resultados obtidos por SOARES (1990) e MAGGS (1998) em estudos realizados em serapilheiras nas parcelas queimadas indicam um aumento no teor de Ca. Estudos realizados por SALGADO *et al.* (2006) ^{em solo} os cultivos ^{b solo} cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, em solos de Lavras, Minas Gerais, a pleno sol apresentaram maiores valores nos teores de Ca em comparação com os SAFs. Também, foram realizados estudos por THEODORO (1999), em que comparou os efeitos do manejo em cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, em Lavras, Minas Gerais, constatou que houve incrementos nos valores de Ca, ^{esses} ~~Esses~~ efeitos foram maiores nos cafeeiros orgânicos, seguidos pelo cafeeiro em conversão. Para SILVA *et al.* (2006) que estudou o cultivo sobre o solo que permaneceu em pousio na entressafra proporcionou menor teor de Ca no primeiro ano agrícola.

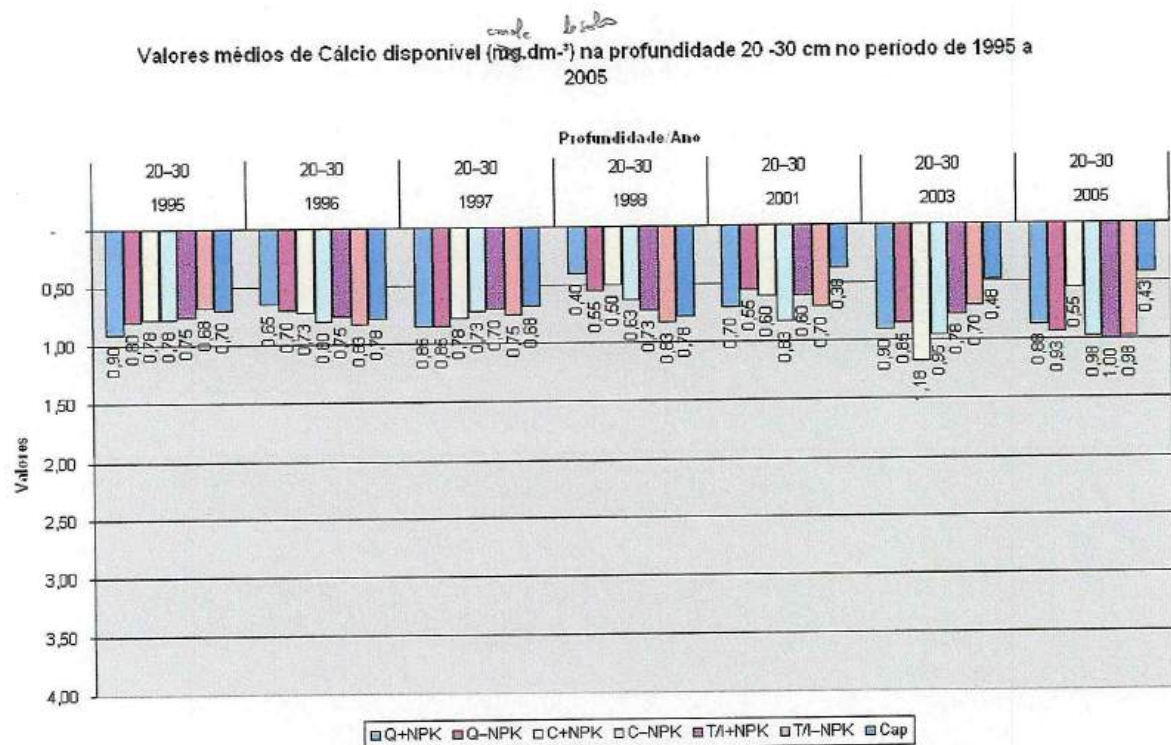


Figura 32 – Valores médios de Ca (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

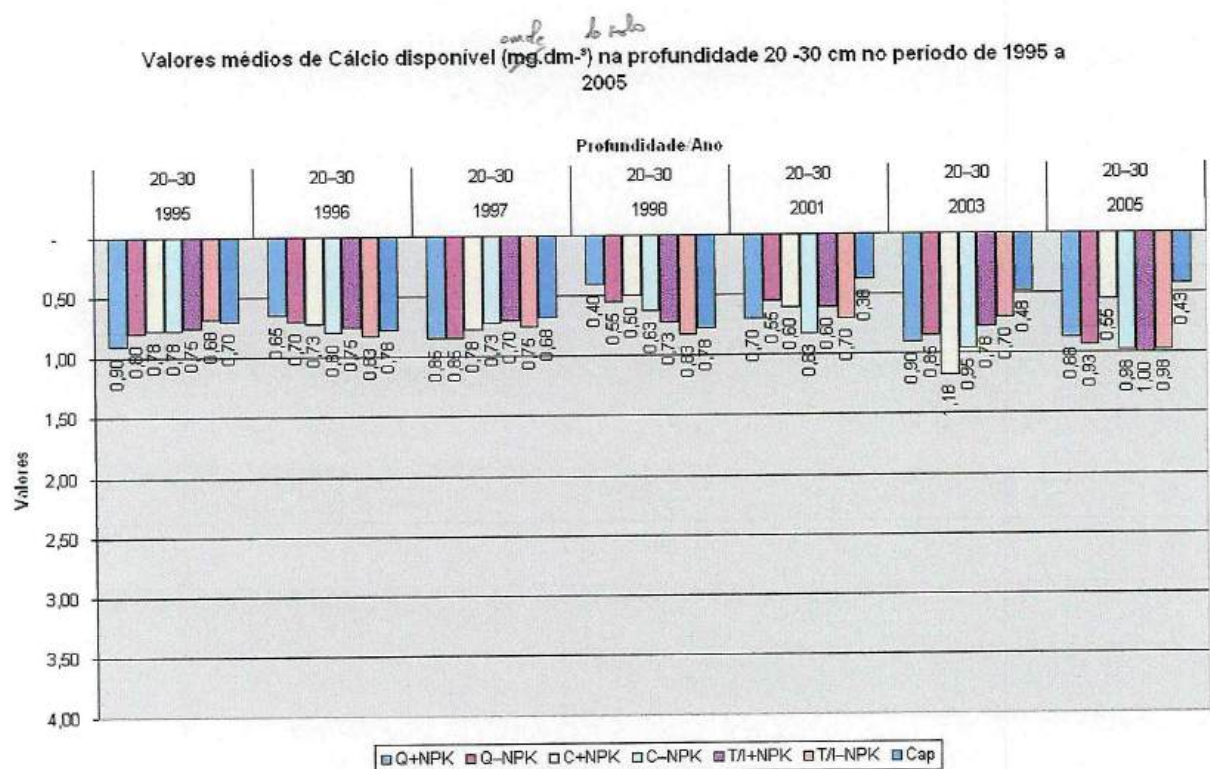


Figura 33 – Valores médios de Ca (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.7. Avaliação do teor de Cálcio + Magnésio (Ca+Mg) em relação aos anos, tratamentos e profundidades.

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 20) existem diferenças significativas no teor de cálcio + magnésio tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Estudos realizados por FERNANDES (1999) nas características químicas e físicas do solo, ocorreram alterações na conversão da floresta primária em cupuaçuza, onde a mudança da cobertura vegetal e o tipo de manejo resultaram em aumentos significativos do Ca, Mg. Em decorrência, da prática da queima na abertura das áreas para o plantio, a mesma produz grandes quantidades de cinzas na camada superficial do solo, aumentando, muitas vezes, a sua fertilidade.

Tabela 20- Resumo da análise de variância para Cálcio +Magnésio (Ca+Mg), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	548,6144		
Ano	6	27,0234	4,5039	31,63
Tratamento	6	7,5264	1,2544	8,809
Profundidade	3	304,6116	101,5372	713,074
Ano x Tratamento	36	14,9514	0,4153	2,917
Ano x Profundidade	18	40,7812	2,2656	15,911
Tratamento x Profundidade	18	25,4053	1,4114	9,912
Ano x Tratamento x Profundidade	108	44,5875	0,4128	2,899
Erro	588	83,7275	0,1424	-
CV (%)	23,11	-	-	-
Média	1,633	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

18402

Na Tabelas 21 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); ano*profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e profundidade*tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Segundo estudos realizados por CERRI *et al* (1985); GERALDES *et al.*, (1995) com a derrubada da mata tropical, seguida de queima da vegetação, há uma redução inicial e posteriormente a elevação do nível de biomassa microbiana do solo, determinando, ainda, uma nova distribuição ao longo do perfil.

27
00

unidade

Tabela 21. Valores médios de Cálcio+Magnésio(Ca + Mg - mg. dm^{-3}), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	
Q + NPK	4,58 a ₃ A ₃ q ₂	3,50 a ₂ A ₂ r ₂	3,15 a ₂ A ₂ s ₂	2,53 a ₁ A ₁ t ₂	3,00 a ₂ A ₂ u ₃	2,38 a ₁ A ₂ v ₂	2,93 a ₂ A ₁ x ₂
	1,73 a ₁ A ₁ q ₁	1,58 a ₁ A ₁ r ₁	1,43 a ₁ A ₁ s ₁	1,23 a ₁ A ₁ t ₁	1,60 a ₁ A ₂ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,50 a ₁ A ₁ x ₁
	1,45 a ₁ A ₁ q ₁	1,13 a ₁ A ₁ r ₁	1,18 a ₁ A ₁ s ₁	1,40 a ₁ A ₁ t ₁	0,88 a ₁ A ₁ u ₁	1,38 a ₁ A ₁ v ₁	1,40 a ₁ A ₁ x ₁
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	1,00 a ₁ A ₁ r ₁	0,98 a ₁ A ₁ s ₁	0,88 a ₁ A ₁ t ₁	0,58 a ₁ A ₁ u ₁	0,90 a ₁ A ₁ v ₁	0,93 a ₁ A ₁ x ₁
Q	3,98 a ₃ A ₃ q ₂	3,85 a ₂ A ₂ r ₃	3,23 a ₂ A ₂ s ₃	3,10 a ₂ A ₂ t ₃	2,88 a ₂ A ₂ u ₃	1,88 a ₁ A ₂ v ₂	2,95 a ₂ A ₁ x ₃
	1,75 a ₁ A ₁ q ₁	2,23 a ₁ A ₂ r ₂	1,85 a ₁ A ₁ s ₂	1,68 a ₁ A ₁ t ₂	1,40 a ₁ A ₁ u ₂	2,10 a ₁ A ₂ v ₂	1,78 a ₁ A ₂ x ₂
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,20 a ₁ A ₁ s ₁	0,98 a ₁ A ₁ t ₁	0,70 a ₁ A ₁ u ₁	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	1,48 a ₁ A ₁ x ₂
	1,23 a ₂ A ₁ q ₁	1,20 a ₂ A ₁ r ₁	1,00 a ₁ A ₁ s ₁	0,95 a ₁ A ₁ t ₁	0,35 a ₁ A ₁ u ₁	0,90 a ₁ A ₁ v ₁	1,08 a ₂ A ₁ x ₁
C + NPK	2,23 a ₂ A ₂ q ₂	3,73 a ₄ A ₂ r ₃	3,00 a ₃ A ₂ s ₂	2,90 a ₃ A ₂ t ₂	2,60 a ₃ A ₃ u ₃	1,35 a ₁ A ₁ v ₁	2,88 a ₃ A ₁ x ₂
	1,48 a ₁ A ₁ q ₁	1,73 a ₁ A ₁ r ₂	1,63 a ₁ A ₁ s ₁	1,53 a ₁ A ₁ t ₁	1,20 a ₁ A ₁ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,55 a ₁ A ₁ x ₁
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,15 a ₁ A ₁ s ₁	1,00 a ₁ A ₁ t ₁	0,75 a ₁ A ₁ u ₁	1,60 a ₁ A ₁ v ₂	1,05 a ₁ A ₁ x ₁
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	1,08 a ₁ A ₁ r ₁	1,05 a ₁ A ₁ s ₁	1,25 a ₁ A ₁ t ₁	0,50 a ₁ A ₁ u ₁	0,95 a ₁ A ₁ v ₁	1,03 a ₁ A ₁ x ₁
C	2,40 a ₁ A ₂ q ₂	2,88 a ₂ A ₂ r ₂	2,65 a ₂ A ₂ s ₃	2,73 a ₂ A ₂ t ₃	2,93 a ₂ A ₂ u ₃	1,88 a ₁ A ₂ v ₂	3,28 a ₂ A ₁ x ₃
	1,35 a ₁ A ₁ q ₁	1,73 a ₁ A ₁ r ₁	1,63 a ₁ A ₁ s ₂	1,55 a ₁ A ₁ t ₂	2,15 a ₁ A ₃ u ₂	1,98 a ₁ A ₂ v ₂	1,85 a ₁ A ₂ x ₂
	1,25 a ₁ A ₁ q ₁	1,30 a ₁ A ₁ r ₁	1,13 a ₁ A ₁ s ₁	1,00 a ₁ A ₁ t ₁	1,05 a ₁ A ₁ u ₁	1,35 a ₁ A ₁ v ₁	1,38 a ₁ A ₁ x ₁
	1,63 a ₂ A ₁ q ₁	1,18 a ₁ A ₁ r ₁	1,03 a ₁ A ₁ s ₁	0,83 a ₁ A ₁ t ₁	0,53 a ₁ A ₁ u ₁	0,85 a ₁ A ₁ v ₁	0,98 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	1,48 a ₁ A ₁ q ₁	3,18 a ₃ A ₂ r ₃	2,83 a ₃ A ₁ s ₃	2,45 a ₃ A ₁ t ₂	2,05 a ₂ A ₂ u ₃	2,10 a ₂ A ₂ v ₂	2,75 a ₃ A ₁ x ₃
	1,33 a ₁ A ₁ q ₁	2,13 a ₂ A ₂ r ₂	2,13 a ₂ A ₂ s ₂	1,58 a ₁ A ₁ t ₂	1,18 a ₁ A ₁ u ₂	1,85 a ₂ A ₂ v ₂	1,80 a ₂ A ₂ x ₂
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	1,23 a ₁ A ₁ r ₁	1,18 a ₁ A ₁ s ₁	1,05 a ₁ A ₁ t ₁	0,78 a ₁ A ₁ u ₁	1,13 a ₁ A ₁ v ₁	1,28 a ₁ A ₁ x ₁
	2,65 a ₂ A ₃ q ₂	1,13 a ₁ A ₁ r ₁	0,93 a ₁ A ₁ s ₁	1,13 a ₁ A ₁ t ₁	0,43 a ₁ A ₁ u ₁	0,83 a ₁ A ₁ v ₁	0,93 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	1,53 a ₁ A ₁ q ₁	3,33 a ₃ A ₂ r ₃	2,68 a ₂ A ₁ s ₃	2,95 a ₃ A ₂ t ₃	2,28 a ₂ A ₂ u ₃	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	2,43 a ₂ A ₁ x ₂
	1,23 a ₁ A ₁ q ₁	2,15 a ₂ A ₂ r ₂	1,93 a ₂ A ₁ s ₂	2,00 a ₂ A ₁ t ₂	1,55 a ₁ A ₂ u ₂	1,60 a ₁ A ₁ v ₁	2,20 a ₂ A ₂ x ₂
	1,18 a ₁ A ₁ q ₁	1,40 a ₁ A ₁ r ₁	1,23 a ₁ A ₁ s ₁	1,43 a ₁ A ₁ t ₁	0,88 a ₁ A ₁ u ₁	1,05 a ₁ A ₁ v ₁	1,38 a ₁ A ₁ x ₁
	2,53 a ₂ A ₃ q ₂	1,10 a ₁ A ₁ r ₁	0,95 a ₁ A ₁ s ₁	1,20 a ₁ A ₁ t ₁	0,55 a ₁ A ₁ u ₁	0,98 a ₁ A ₁ v ₁	1,10 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	1,43 a ₁ A ₁ q ₁	2,48 a ₂ A ₁ r ₂	2,38 a ₂ A ₁ s ₂	2,38 a ₂ A ₁ t ₂	1,40 a ₁ A ₁ u ₂	2,10 a ₂ A ₂ v ₂	2,78 a ₂ A ₁ x ₂
	1,38 a ₂ A ₁ q ₁	1,60 a ₂ A ₁ r ₁	1,65 a ₂ A ₁ s ₁	1,50 a ₂ A ₁ t ₁	0,80 a ₁ A ₁ u ₁	1,20 a ₁ A ₁ v ₁	1,25 a ₁ A ₁ x ₁
	1,28 a ₂ A ₁ q ₁	1,35 a ₂ A ₁ r ₁	1,13 a ₂ A ₁ s ₁	1,35 a ₂ A ₁ t ₁	0,58 a ₁ A ₁ u ₁	0,100 a ₁ A ₁ v ₁	0,90 a ₁ A ₁ x ₁
	2,03 a ₃ A ₂ q ₂	1,30 a ₂ A ₁ r ₁	1,23 a ₂ A ₁ s ₁	1,45 a ₂ A ₁ t ₁	0,70 a ₁ A ₁ u ₁	0,85 a ₁ A ₁ v ₁	0,85 a ₁ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 1,2937 mg dm^{-3} a 1,8884 mg dm^{-3} , sendo que o maior teor de cálcio e magnésio foi verificado nos todos os tratamentos com queima e o menor teor de cálcio e magnésio foi encontrado no tratamento Triturado/Incorporado (Tabela 22). Na variável tratamento, os resultados variaram de 1,4384 g dm^{-3} a 1,7661 g dm^{-3} , sendo os menores valores de cálcio e magnésio foi verificado no tratamento Capoeira e os maiores nos tratamentos onde ocorreu a queima (Tabela 22). Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 1,0622 g dm^{-3} a 2,6413 g dm^{-3} , sendo que os maiores valores de cálcio e magnésio se encontram nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte e queima do material vegetal (Tabela 22). De acordo com STRATONN *et al.* (1998) e CADAVID *et al.* (1998) as cinzas oriundas da queima de madeira não pode ser considerada como adubo orgânico, mas pode ser fornecedora de nutrientes como: Ca e Mg. De acordo com estudos realizados por ARAÚJO *et al.* (2004) na sucessão de mata-pastagens os teores de Ca, Mg, são baixos e se encontram nos primeiros centímetros de solo.

Tabela 22 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Cálcio + Magnésio (Ca + Mg) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm^{-3})	Tratamento	Médias (mg dm^{-3})	Tratamento	Médias (mg dm^{-3})
5	1,2937 a ₁	7	1,4384 a ₁	4 (30 50 cm)	1,0622 a ₁
6	1,444 a ₂	5	1,5946 a ₂	3 (20 30 cm)	1,1735 a ₂
4	1,6402 a ₃	3	1,6062 a ₂	2 (10 20 cm)	1,6551 a ₃
3	1,6964 a ₃	6	1,6428 a ₂	1 (0 10 cm)	2,6413 a ₄
7	1,7009 a ₃	4	1,6562 a ₂		
1	1,7652 a ₃	1	1,7268 a ₃		
2	1,8884 a ₄	2	1,7661 a ₃		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 34 pode-se observar que os tratamentos com Queima, na profundidade de 0 -10 cm inicialmente os valores de cálcio e magnésio aumentam e posteriormente há uma redução até o pousio. Após o pousio há um aumento, uma redução de cálcio e magnésio e um aumento à medida

que passam os anos. Em relação aos tratamentos Cobertura, Trituração/Incorporação e Capoeira os valores de cálcio e magnésio são baixos e aumentam e depois começam a diminuir até o pousio. Após o pousio há um aumento-redução-aumento no teor de cálcio e magnésio durante o período. Na profundidade 10-20 cm o teor de cálcio e magnésio são menores e aumentam mantendo uma estabilidade até o pousio. Após o pousio o teor de cálcio e magnésio é menor e posteriormente cresce e se mantém mais ou menos estável. Estudos realizados por SILVA *et al.* (2006) com o cultivo de milho sobre o solo que permaneceu em pousio na entressafra proporcionou menor teor de Ca e Mg, no primeiro ano agrícola, os demais nutrientes ficaram numa faixa considerada adequada, segundo RAIJ *et al.* (1996), menos para o teor de Mg, nos dois anos agrícolas.

Estudos realizados por VOCURCA *et al.* (1996) no cultivo em aléias, observou às alterações nos teores de nutrientes nos solos, com incrementos significativos para Ca e Mg na camada superficial (0-20 cm). Esse aumento de nutrientes no solo em sistema agroflorestal se relaciona com a eficiência na ciclagem de fitomassa e pelas baixas perdas por erosão hídrica semelhante a vegetação natural. Outro efeito responsável pelo aumento no teor de cátions cálcio e magnésio na camada superficial foi à aplicação de calcário na sua implantação.

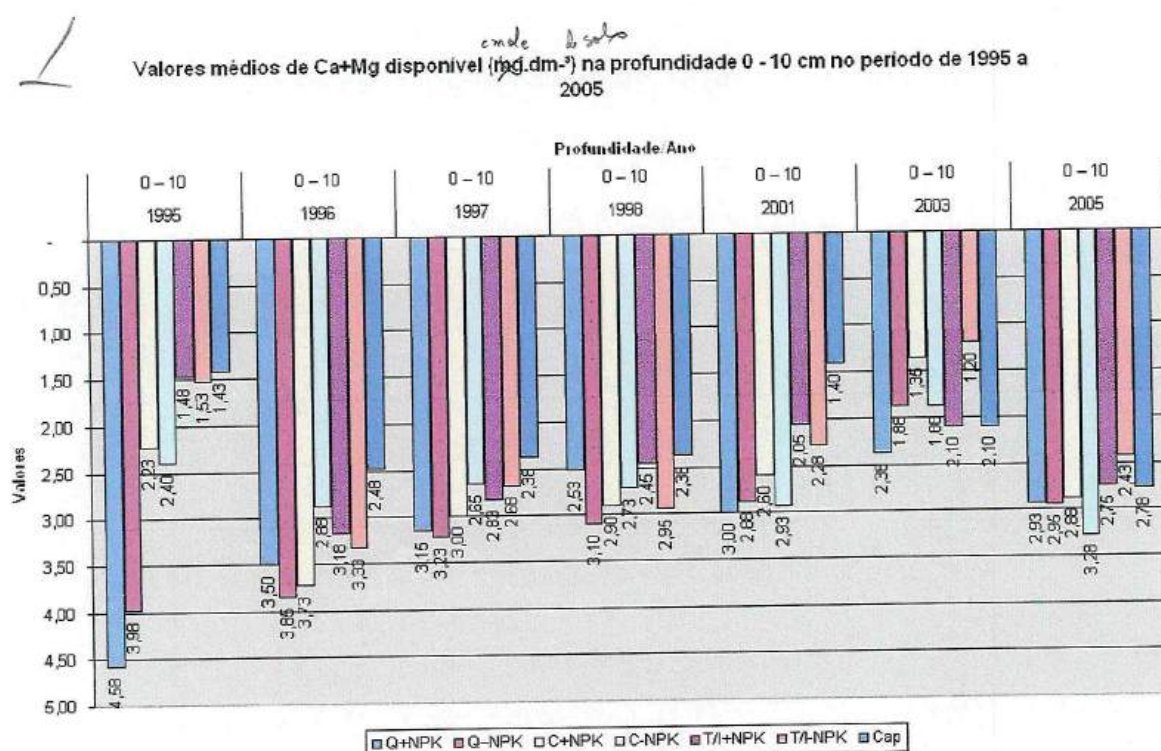


Figura 34 – Valores médios de Ca + Mg ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

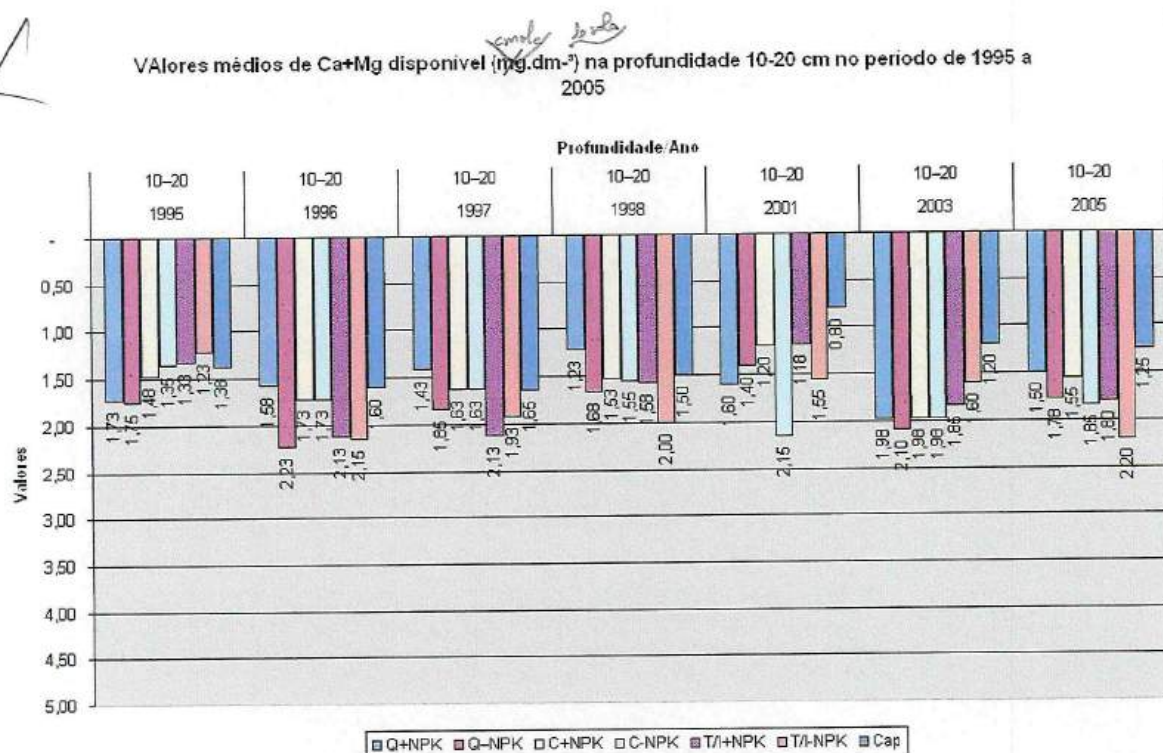


Figura 35 – Valores médios de Ca + Mg (g.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Nas Figuras 36 e 37, nas profundidades 20-30 cm e 30-50 cm, respectivamente, os valores de cálcio e magnésio são menores que as profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Em relação aos teores de cálcio e magnésio são mais ou menos estáveis diminuindo um pouco até o pousio. Após o pousio os teores de cálcio e magnésio são baixos aumentando posteriormente e se mantendo mais ou menos estável até o período final do experimento. Para MAFRA *et al* (1998) nos cultivos em aléias houve aumento significativo nos teores de cálcio e magnésio, na camada superficial do solo (0-20 cm) em relação à condição original de cerrado, como também as reservas totais de cálcio e magnésio foram maiores até a profundidade de 160 cm. Estudos realizados por MARIN (2002) demonstram que as mudanças em variáveis químicas do solo devido ao manejo, não ocorrem em curto espaço de tempo, mas sugere um período de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações. Na mata, em função da ciclagem de nutrientes, a concentração de Ca²⁺, Mg²⁺ é grande na manta orgânica, em consequência de ser pequena no solo, principalmente quando mais aumenta a profundidade do solo.

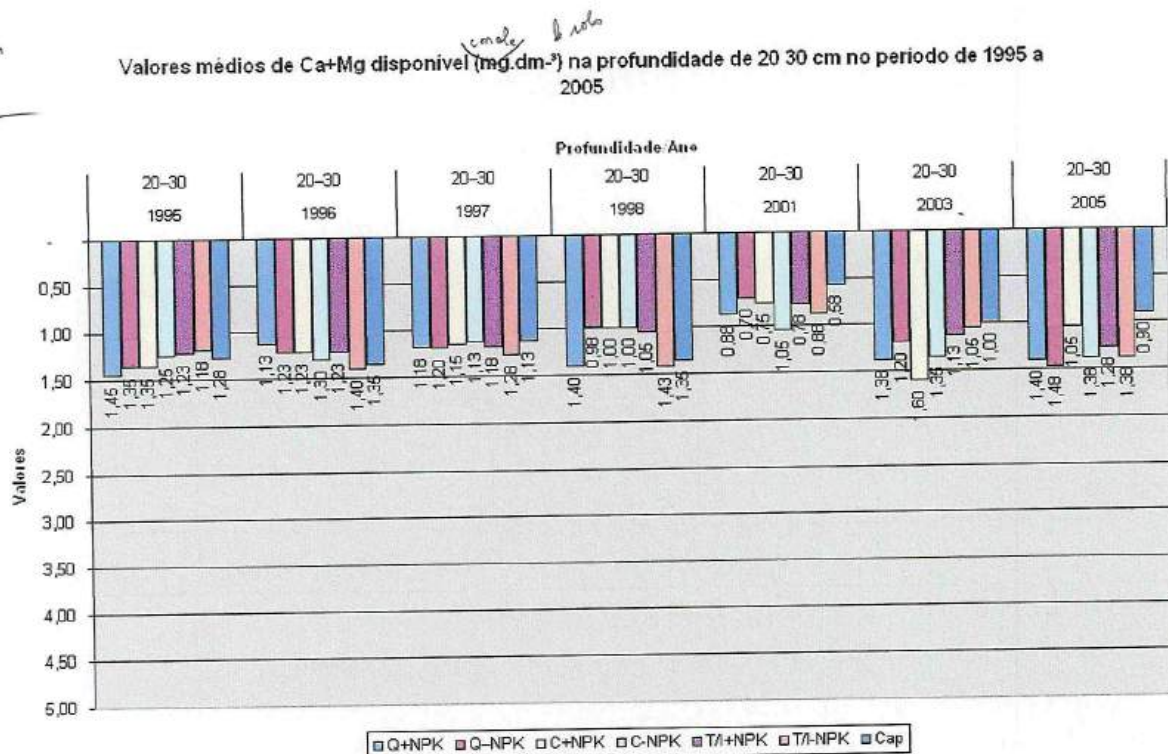


Figura 36 – Valores médios de Ca + Mg ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

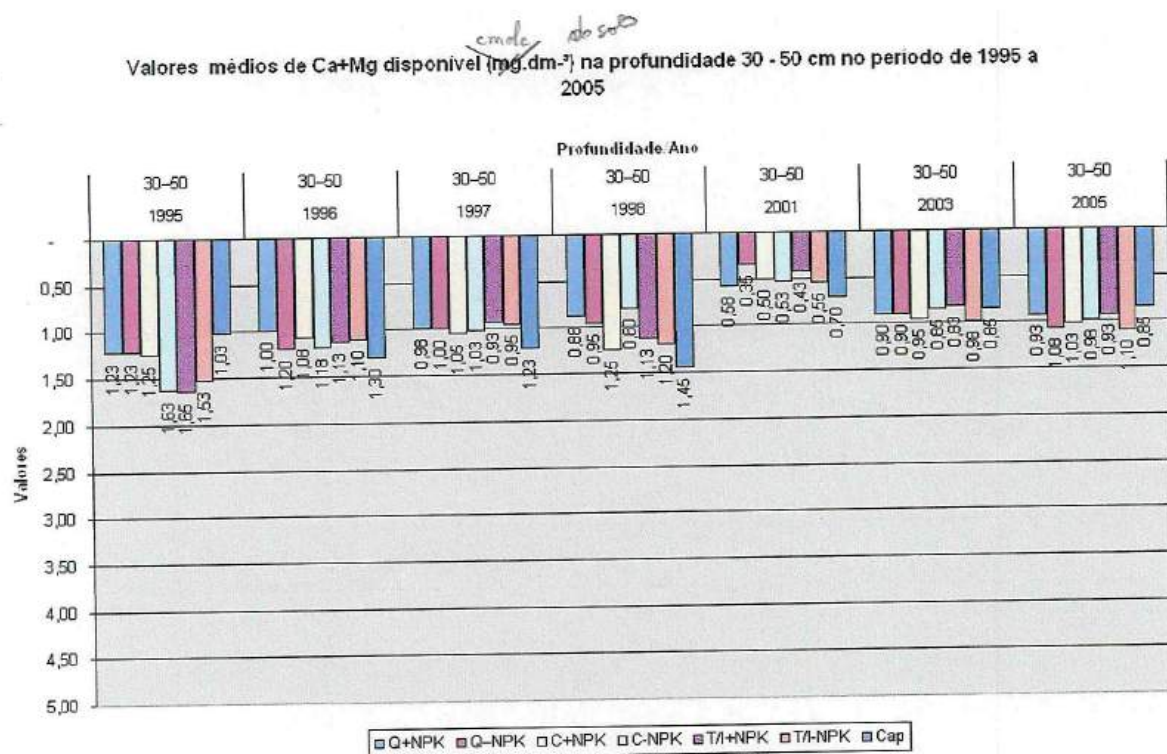


Figura 37 – Valores médios de Ca + Mg ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.8. Avaliação do teor de Alumínio (Al) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 23) existem diferenças significativas no teor de alumínio tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Resultados encontrados por FERNANDES (1999) em que a conversão da floresta primária em cupuaçuza acarretou alterações nas características químicas e físicas do solo. A mudança da cobertura vegetal e o tipo de manejo resultaram na diminuição da concentração do alumínio trocável. Segundo MARIN (2002) as mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas não ocorrem em curto espaço de tempo, mas em um período de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações. Na mata, devido ao processo de ciclagem de nutrientes, é grande na manta orgânica, em consequência pequena no solo, principalmente em profundidade, o que favorece a concentração de H^+Al^{3+} no meio.

Tabela 23 - Resumo da análise de variância para Alumínio (Al), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	146,3844		
Ano	6	5,0118	0,8353	23,258
Tratamento	6	3,6591	0,6098	16,981
Profundidade	3	87,1943	29,0648	809,286
Ano x Tratamento	36	3,4053	0,0946	2,634
Ano x Profundidade	18	11,5343	0,6408	17,842
Tratamento x Profundidade	18	3,842	0,2134	5,943
Ano x Tratamento x Profundidade	108	10,6199	0,0983	2,738
Erro	588	21,1175	0,0359	-
CV (%)	20,35	-	-	-
Média	0,9312	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 24 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); ano*profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e profundidade*tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Segundo DOLMAN & BUOL (1987) por causa dos altos teores de H, a relação $Al/H + Al$ nos solos é muito baixa, com valores entre 0,04 a 0,19. Essa relação nos solos orgânicos geralmente é acima de 1. Na extração de acidez trocável com KCl a maior parte é de alumínio. Mas, nos solos orgânicos, é provável que grande parte desta acidez seja devida também ao H, significando que a relação $Al/H + Al$ nestes solos pode ser ainda menor do que a observada. Estudos realizados em um fragmento da Mata Atlântica por BARRETO *et al.* (2006) e FEITOSA (2004) apresentou menor valor de pH e altos teores de alumínio trocável e acidez potencial ($H^{++}Al^{3+}$) mais elevado, na camada superficial, sendo maior na área sob mata em relação aos demais sistemas - cacau (*Theobroma cacao*) e pastagem (*Brachiaria decumbens*). No entanto confrontando com estudo realizado por MATIAS (2003) que verificou maiores concentração de $H^{++}Al^{3+}$ para solo sob pastagem, provavelmente em virtude do tempo de implantação do pastoreio.

unidade

cm³ dm⁻³

Tabela 24. Valores médios de Alumínio (Al- mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	0,15 a ₁ A ₁ q ₁	0,35 a ₁ A ₁ r ₁	0,28 a ₁ A ₁ s ₁	0,23 a ₁ A ₁ t ₂	0,20 a ₁ A ₁ u ₁	0,38 a ₁ A ₁ v ₁	0,30 a ₁ A ₁ x ₁
	0,75 a ₁ A ₁ q ₂	0,98 a ₂ A ₂ r ₂	1,00 a ₂ A ₂ s ₂	0,73 a ₁ A ₁ t ₂	0,58 a ₁ A ₁ u ₂	0,53 a ₁ A ₁ v ₁	0,78 a ₁ A ₁ x ₂
	1,10 a ₁ A ₁ q ₃	1,40 a ₂ A ₂ r ₃	1,30 a ₂ A ₂ s ₃	1,18 a ₂ A ₂ t ₃	1,00 a ₁ A ₁ u ₃	0,85 a ₁ A ₁ v ₂	1,08 a ₁ A ₁ x ₃
	1,38 a ₁ A ₂ q ₄	1,53 a ₁ A ₁ r ₃	1,48 a ₁ A ₁ s ₃	1,30 a ₁ A ₁ t ₃	1,33 a ₁ A ₁ u ₄	1,20 a ₁ A ₁ v ₃	1,30 a ₁ A ₂ x ₃
Q	0,10 a ₁ A ₁ q ₁	0,28 a ₁ A ₁ r ₁	0,35 a ₁ A ₁ s ₁	0,13 a ₁ A ₁ t ₁	0,15 a ₁ A ₁ u ₁	0,65 a ₂ A ₂ v ₁	0,18 a ₁ A ₁ x ₁
	0,75 a ₁ A ₁ q ₂	0,63 a ₁ A ₁ r ₂	0,68 a ₁ A ₁ s ₂	0,50 a ₁ A ₁ t ₂	0,60 a ₁ A ₁ u ₂	0,43 a ₁ A ₁ v ₁	0,58 a ₁ A ₁ x ₂
	1,03 a ₁ A ₁ q ₃	1,33 a ₂ A ₂ r ₃	1,25 a ₂ A ₂ s ₃	1,05 a ₁ A ₁ t ₃	1,10 a ₁ A ₁ u ₃	0,93 a ₁ A ₁ v ₂	0,98 a ₁ A ₁ x ₃
	1,35 a ₁ A ₂ q ₄	1,40 a ₁ A ₁ r ₂	1,38 a ₁ A ₁ s ₃	1,13 a ₁ A ₁ t ₃	1,40 a ₁ A ₁ u ₄	1,33 a ₁ A ₁ v ₃	1,15 a ₁ A ₁ x ₃
C + NPK	0,60 a ₁ A ₂ q ₁	0,40 a ₁ A ₁ r ₁	0,30 a ₁ A ₁ s ₁	0,23 a ₁ A ₁ t ₁	0,40 a ₁ A ₁ u ₁	1,13 a ₂ A ₂ v ₃	0,35 a ₁ A ₁ x ₁
	1,03 a ₂ A ₂ q ₂	1,10 a ₂ A ₂ r ₂	0,95 a ₂ A ₂ s ₂	0,75 a ₂ A ₂ t ₂	0,88 a ₂ A ₂ u ₂	0,48 a ₁ A ₁ v ₁	0,83 a ₂ A ₂ x ₂
	1,35 a ₂ A ₂ q ₃	1,40 a ₂ A ₂ r ₁	1,35 a ₂ A ₂ s ₃	1,18 a ₂ A ₂ t ₃	1,18 a ₂ A ₂ u ₃	0,85 a ₁ A ₁ v ₂	1,03 a ₁ A ₁ x ₂
	1,45 a ₂ A ₂ q ₃	1,53 a ₂ A ₂ r ₃	1,45 a ₂ A ₂ s ₃	1,00 a ₁ A ₁ t ₃	1,40 a ₂ A ₂ u ₃	1,33 a ₂ A ₂ v ₃	1,33 a ₂ A ₂ x ₃
C	0,58 a ₂ A ₂ q ₁	0,40 a ₁ A ₁ r ₁	0,40 a ₁ A ₁ s ₁	0,35 a ₁ A ₁ t ₁	0,23 a ₁ A ₁ u ₁	0,80 a ₂ A ₂ v ₁	0,13 a ₁ A ₁ x ₁
	1,28 a ₂ A ₂ q ₂	1,08 a ₁ A ₂ r ₂	0,95 a ₂ A ₂ s ₂	0,75 a ₁ A ₁ t ₂	0,53 a ₁ A ₁ u ₂	0,55 a ₁ A ₁ v ₁	0,70 a ₁ A ₁ x ₂
	1,38 a ₂ A ₂ q ₂	1,28 a ₂ A ₂ r ₂	1,33 a ₂ A ₂ s ₃	1,28 a ₂ A ₂ t ₃	0,98 a ₁ A ₁ u ₃	1,03 a ₁ A ₁ v ₂	1,13 a ₁ A ₁ x ₃
	1,23 a ₁ A ₂ q ₂	1,40 a ₁ A ₁ r ₂	1,38 a ₁ A ₁ s ₃	1,38 a ₁ A ₁ t ₃	1,28 a ₁ A ₁ u ₄	1,33 a ₁ A ₁ v ₃	1,03 a ₁ A ₂ x ₃
T/I+ NPK	0,93 a ₂ A ₂ q ₂	0,40 a ₁ A ₁ r ₁	0,35 a ₁ A ₁ s ₁	0,35 a ₁ A ₁ t ₁	0,35 a ₁ A ₁ u ₁	0,58 a ₁ A ₁ v ₁	0,20 a ₁ A ₁ x ₁
	1,20 a ₄ A ₂ q ₃	0,90 a ₃ A ₃ r ₂	0,75 a ₂ A ₂ s ₂	0,80 a ₂ A ₂ t ₂	0,95 a ₃ A ₃ u ₂	0,48 a ₁ A ₁ v ₁	0,73 a ₂ A ₂ x ₂
	1,33 a ₁ A ₂ q ₃	1,43 a ₁ A ₁ r ₃	1,23 a ₁ A ₁ s ₃	1,23 a ₁ A ₁ t ₃	1,20 a ₁ A ₁ u ₃	1,08 a ₁ A ₁ v ₂	1,03 a ₁ A ₁ x ₃
	0,53 a ₁ A ₁ q ₁	1,58 a ₃ A ₃ r ₃	1,43 a ₃ A ₃ s ₃	1,28 a ₂ A ₂ t ₃	1,40 a ₃ A ₃ u ₃	1,45 a ₃ A ₃ v ₃	1,15 a ₂ A ₂ x ₃
T/I	0,93 a ₂ A ₂ q ₂	0,38 a ₁ A ₁ r ₁	0,48 a ₁ A ₁ s ₁	0,43 a ₁ A ₁ t ₁	0,30 a ₁ A ₁ u ₁	1,10 a ₂ A ₂ v ₂	0,18 a ₁ A ₁ x ₁
	1,20 a ₂ A ₂ q ₃	0,78 a ₁ A ₁ r ₂	0,95 a ₂ A ₂ s ₂	0,88 a ₁ A ₁ t ₂	0,60 a ₁ A ₁ u ₂	0,83 a ₁ A ₂ v ₁	0,60 a ₁ A ₁ x ₂
	1,33 a ₃ A ₂ q ₃	1,30 a ₃ A ₃ r ₃	1,35 a ₃ A ₃ s ₃	1,15 a ₂ A ₂ t ₃	1,10 a ₂ A ₂ u ₃	1,05 a ₂ A ₂ v ₂	0,80 a ₁ A ₁ x ₂
	0,45 a ₁ A ₁ q ₁	1,58 a ₃ A ₃ r ₄	1,40 a ₃ A ₃ s ₃	1,30 a ₃ A ₃ t ₃	1,43 a ₃ A ₃ u ₄	1,30 a ₃ A ₃ v ₂	1,08 a ₂ A ₂ x ₃
Cap	1,15 a ₃ A ₃ q ₂	0,73 a ₂ A ₂ r ₁	0,68 a ₂ A ₂ s ₁	0,48 a ₂ A ₂ t ₁	0,63 a ₂ A ₂ u ₁	0,58 a ₂ A ₂ v ₁	0,25 a ₁ A ₁ x ₁
	1,18 a ₁ A ₂ q ₂	1,20 a ₁ A ₂ r ₂	1,00 a ₁ A ₂ s ₂	0,98 a ₁ A ₁ t ₂	0,93 a ₁ A ₂ u ₂	0,95 a ₁ A ₂ v ₂	1,08 a ₁ A ₂ x ₂
	1,35 a ₁ A ₂ q ₂	1,40 a ₁ A ₁ r ₂	1,23 a ₁ A ₁ s ₂	1,28 a ₁ A ₁ t ₂	1,23 a ₁ A ₁ u ₃	1,33 a ₁ A ₂ v ₃	1,30 a ₁ A ₁ x ₃
	0,73 a ₁ A ₁ q ₁	1,45 a ₂ A ₂ r ₂	1,25 a ₂ A ₂ s ₂	1,18 a ₂ A ₂ t ₂	1,18 a ₂ A ₂ u ₃	1,30 a ₂ A ₂ v ₃	1,45 a ₂ A ₂ x ₃

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

27

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 0,8089 mg dm^{-3} a 1,0553 mg dm^{-3} , sendo que o maior teor de alumínio foi verificado em todos os tratamentos sem queima. Entretanto o maior teor de alumínio foi verificado no tratamento capoeira (Tabela 25). Na variável tratamento, os resultados variaram de 0,8125 g dm^{-3} a 1,0500 g dm^{-3} , sendo os menores valores de matéria orgânica ^{aluminio} ~~foi observado~~ ^{foi observado} nos tratamentos ~~que não receberam a complementação de fertilizantes~~ ^{queima e queima + NPK} e os maiores ~~os que receberam a complementação de fertilizantes~~ ^{nos tratamentos cobertura + NPK e capoeira} (Tabela 25). Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 0,4362 g dm^{-3} a 1,2847 g dm^{-3} , sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal e colocado na superfície do mesmo (Tabela 25). De acordo com CFSEMG (1999) realizados em cafeeiro em Minas Gerais, os teores de Al^{+} encontrados no sistema convencional, tanto em superfície como em subsuperfície foram muitos baixos ($\leq 0,20 \text{ cmolc. dm}^{-3}$) e o valor de $\text{H}+\text{Al}$ foi médio (2,51 a 5,0 cmolc. dm^{-3}) Em mata nativa foi observado os valores médios para Al^{+3} e valores altos para $\text{H}+\text{Al}$ (5,1 a 9 cmolc. dm^{-3}) nas camadas estudadas. No entanto, nos sistemas: orgânico e em conversão os teores de Al^{+3} foram nulos a muito baixos nas camadas estudadas (0-20 cm e 20-40 cm), mas na camada superficial o valor foi baixo e na subsuperficial o valor foi médio. No sistema em conversão a tendência de maior valor de Al^{+3} na camada 20-40 cm em relação ao sistema orgânico, demonstrando claramente a transição deste sistema.

Tabela 25 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Alumínio (Al) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm^{-3})	Tratamento	Médias (mg dm^{-3})	Tratamento	Médias (mg dm^{-3})
7	0,8089 a ₁	2	0,8125 a ₁	4 (30 50 cm)	0,4362 a ₁
4	0,8723 a ₂	1	0,8786 a ₂	3 (20 30 cm)	0,8219 a ₂
5	0,8759 a ₂	4	0,9312 a ₃	2 (10 20 cm)	1,1821 a ₃
6	0,9196 a ₂	6	0,9375 a ₃	1 (0 10 cm)	1,2847 a ₄
1	0,9911 a ₃	5	0,9375 a ₃		
3	0,9955 a ₃	3	0,9714 a ₃		
2	1,0553 a ₄	7	1,05 a ₄		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 38 pode-se observar que os tratamentos com Queima, na profundidade de 0-10 cm o teor de alumínio é menor que nos demais tratamentos e, nos tratamentos cobertura, triturado/Incorporado e Capoeira os valores são maiores inicialmente reduzindo até ao pousio. Após o pousio há um aumento e posterior redução do alumínio. Segundo estudos realizados por BARRETO et al (2006) em mata, cultura do cacau, no sul da Bahia, na profundidade de 0-10 cm, a acidez potencial, na mata foram encontrados os maiores valores ($14,03 \text{ cmolc dm}^{-3}$), decrescendo com a cultura do cacau ($10,68 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e pastagem ($7,95 \text{ cmolc dm}^{-3}$). O maior valor da acidez potencial apresentado pelo solo da mata, em conjunto com o valor do alumínio trocável estão contribuindo para um aumento na saturação por alumínio (m), com elevada acidez deste solo.

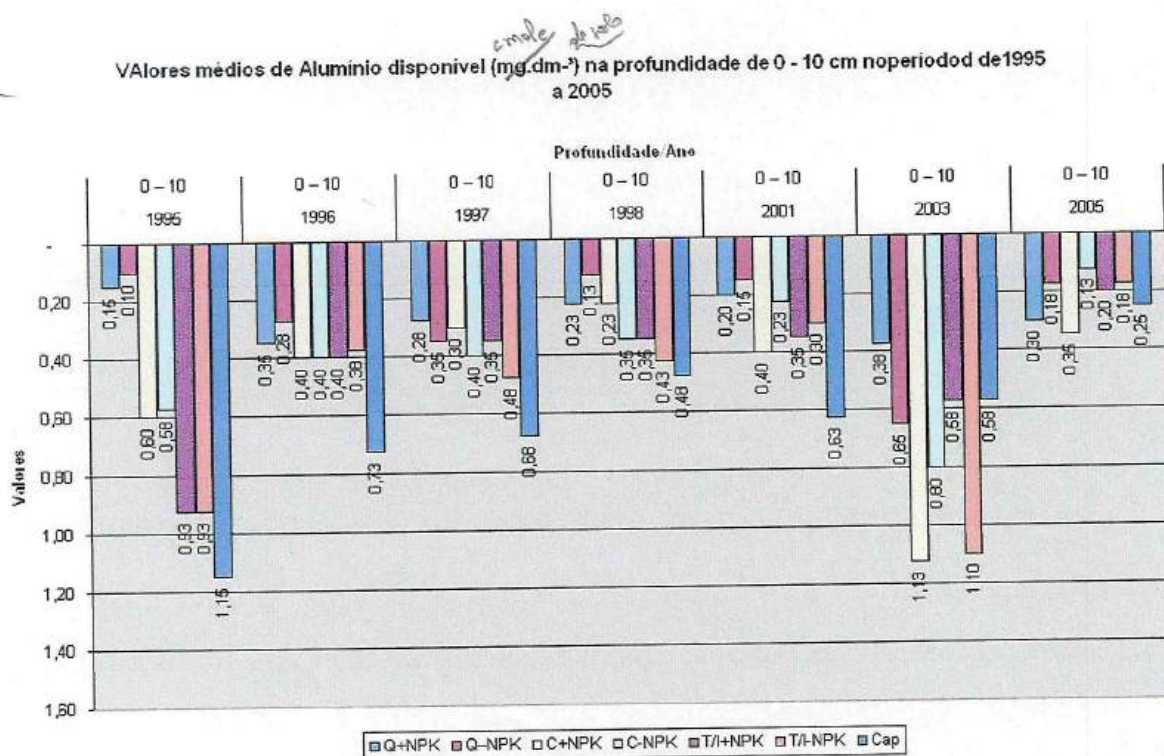
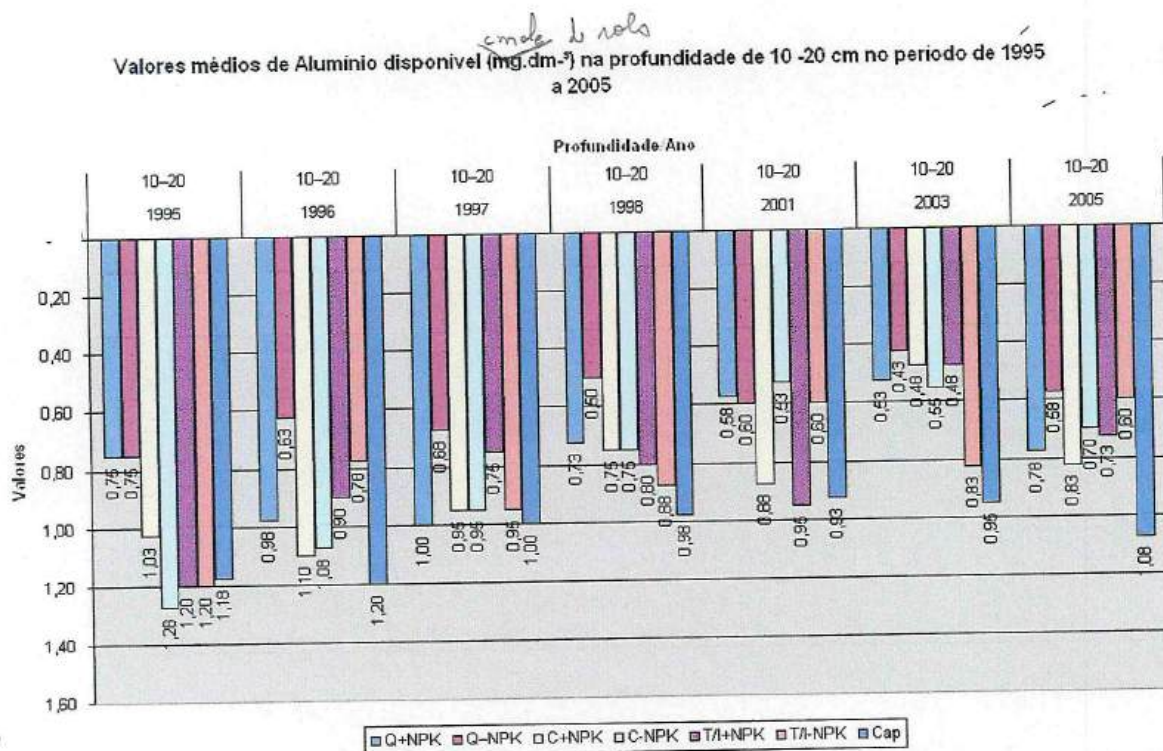


Figura 38 - Valores médios de Al ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 39 na profundidade 10-20 cm os teores de alumínio de comportam quase que da mesma forma que na profundidade 0-10 cm, sendo que em maiores valores. No tratamento com queima o teor de alumínio é menor do que nos outros tratamentos. Nos tratamentos de cobertura e triturado/incorporado os teores de alumínio diminuem a medida que os anos se passam e no tratamento Capoeira é onde se encontra os maiores teores de alumínio no decorrer de todo o período. Segundo ZAIA & GAMA-RODRIGUES (2004), na

região norte Fluminense, solos sob povoamento de eucaliptos apresentaram acidez elevada (pH 4,6) para a profundidade de 0-20 cm e baixa fertilidade. Mas, nos solos de mata eles não são classificados como degradados, nem de baixa fertilidade, pois todo o sistema funciona com base na calagem de nutrientes e que a reserva de nutrientes está contida e armazenada na espessa manta orgânica que é fornecida gradativamente para a vegetação. De acordo com estudos realizados por THEODORO *et al* (2001) do cafeeiro em Minas Gerais, utilizando os sistemas de produção orgânicos, em conversão e convencional do cafeeiro (*C. arábica*) o alumínio trocável (Al^{+3}) nos sistemas de mata nativa e convencional registraram os maiores valores nas camadas estudadas (0-20 cm e 20-40 cm).



cm de solo
Figura 39- Valores médios de Al ($mg \cdot dm^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 40, na profundidade 20-30 cm, os teores de alumínio aumentam em relação aos valores mais superficiais. De uma maneira geral todos os tratamentos apresentam um aumento e posteriormente uma diminuição no teor de alumínio até o pousio. Após o pousio a diminuição no teor de em todos os tratamentos, com exceção do tratamento capoeira onde a um aumento no teor de alumínio no decorrer do período. Na figura 41, na profundidade 30-50 cm no primeiro ano os teores de alumínio nos tratamentos triturado/Incorporado e Capoeira são bastante baixos, mas a partir daí a um aumento e

posterior redução até o pousio. Após o pousio todos os tratamentos tendem a reduzir com exceção do tratamento capoeira que tende a aumentar o teor de alumínio no período. De acordo com estudos realizados por THEODORO *et al* (2001) no cafeeiro em Minas Gerais, utilizando os sistemas de produção orgânicos, em conversão e convencional do cafeeiro (*C. arábica*). Em mata nativa nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, representa a condição natural do solo sem interferência antrópica, caracterizada pela pobreza em bases e os altos valores para a acidez e seus componentes (pH, H+Al, Al e m%), refletindo a baixa fertilidade natural do solo. No sistema orgânico e em conversão, na camada subsuperficial do solo, alguns parâmetros refletiram o processo de transição do sistema em conversão para a agricultura orgânica, o teor de alumínio trocável (Al^{+3}) foi nulo a muito baixo e a acidez potencial (H+Al) foi média nos dois sistemas. Nos sistemas orgânicos e em conversão, na camada superficial, apresentam homogeneidade de resultados em resposta ao manejo orgânico do solo. Nos dois sistemas: apresentaram os teores nulos a muito baixos de Al^{+3} , valor baixo para acidez potencial

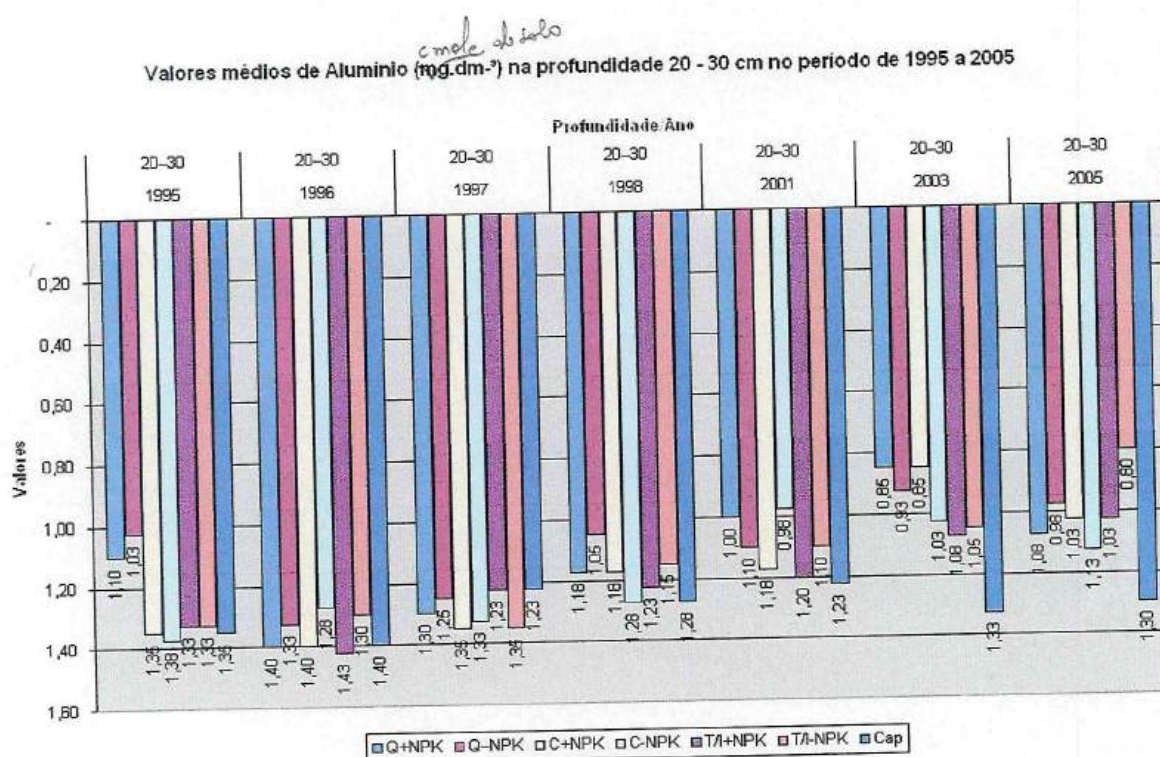


Figura 40 – Valores médios de Al ($mg \cdot dm^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Aluminio disponível ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) na profundidade de 30 - 50 cm no período de 1995 a 2005

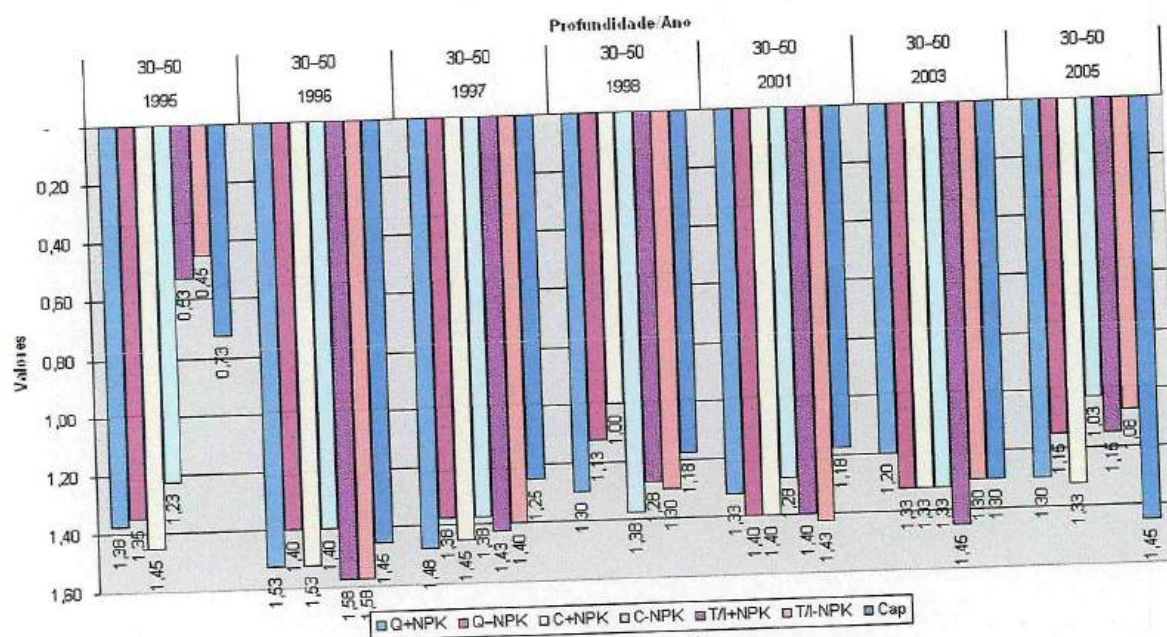


Figura 41 - Valores médios de Al ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.9. Avaliação do teor de CTC Efetiva em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 26) existem diferenças significativas no teor de Capacidade de Troca de Cátions (CTC Efetiva) tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Para SILVA & SOUZA (1998) a condição de acidez é a capacidade de troca catiônica (CTC) a qual é responsável pelo equilíbrio de íons na interface sólido-líquido. A magnitude da CTC de um solo resulta da natureza dos colóides minerais e orgânicos e do pH do solo. A fração argila dos oxissolos e ultissolos é usualmente dominada por gibsit, caulinita e óxidos de ferro e alumínio. Estes componentes têm baixa quantidade de cargas negativas e, portanto, a maioria (85-95%) da CTC destes solos depende da matéria orgânica, e também é dependente do pH na solução do solo. Em solos tropicais ácidos, a matéria orgânica desempenha um importante papel na disponibilidade de nutrientes, pois a maior parte da CTC destes solos é devido aos colóides orgânicos. Além disso, sua CTC é fortemente dependente de pH. Adicionalmente, a absorção de nutrientes pelas plantas é associada a atividade de organismos no solo como (rizóbium e micorriza) a qual mostra baixa atividade sob alta acidez do solo. Estudos realizados por SALGADO, B.G. et al (2006) em solo nos cultivos de cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, em Lavras, Minas Gerais, a pleno sol apresentaram maiores valores para CTC efetiva (t), em comparação com os SAFs. Para ABREU JR *et al* (2001) quanto maiores a CTC e o teor inicial de potássio, maior o poder tampão, e menores foram os efeitos do composto e do fertilizante potássico sobre o incremento no teor trocável do solo. Conforme KIEHL (1985), o poder tampão da matéria orgânica do solo se deve aos íons hidrogênio pouco dissociado, que agem no tamponamento contra a presença de substâncias alcalinas, e aos íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , com baixos graus de dissociação na solução do solo, adsorvidos ao húmus, que atuam no tamponamento contra alterações que certas substâncias possam promover. O poder tampão está diretamente relacionado com a CTC dos materiais que constituem a matéria orgânica do solo

scud

Tabela 26 - Resumo da análise de variância para CTC Efetiva, em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	277223,998		
Ano	6	55781,5685	9296,9281	108,251 *
Tratamento	6	4036,9521	672,8253	7,834 *
Profundidade	3	76900,1989	25633,3996	298,47 *
Ano x Tratamento	36	25233,857	700,9405	8,162 *
Ano x Profundidade	18	12107,8376	672,6576	7,832 *
Tratamento x Profundidade	18	5760,6626	320,0368	3,726 *
Ano x Tratamento x Profundidade	108	46903,874	434,2951	5,057 *
Erro	588	50499,0475	85,8827	-
CV (%)	25,51	-	-	-
Média	36,3279	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 27 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ("a" no sentido das linhas); ano*profundidade*tratamento ("A" no sentido das colunas) e profundidade*tratamento*ano ("q, r, s, t, u, v e x", no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). De acordo com estudos realizados por THEODORO *et al* (2001) do cafeeiro em Minas Gerais, utilizando os sistemas de produção orgânicos e em conversão do cafeeiro (*C. arábica*) na camada superficial, apresentando homogeneidade de resultados em resposta ao manejo orgânico do solo. Algumas variáveis apresentaram o mesmo comportamento nos dois sistemas com altos teores de CTC efetiva e média em CTC a pH 7.

$$CTC_{ef} = SB + AP \text{ em cmolc dm}^{-3}$$

$$K^+ = 66,00 \text{ mg} \div 390 = 0,17 \text{ cmolc dm}^{-3}$$

$$Na^+ = 25,00 \text{ mg} \div 230 = 0,11 \text{ cmolc dm}^{-3}$$

$$Ca+Mg = \frac{4,58}{99} \text{ cmolc} = \frac{4,58}{4,86} \text{ cmolc dm}^{-3}$$

$$AP = 0,15 \text{ cmolc} \quad \frac{0,15}{5,01}$$

cmole dm⁻³

Tabela 27. Valores médios de CTC Efetiva (mg. dm^{-3}), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	96,23 a ₄ A ₃ q ₄	51,60 a ₂ A ₁ r ₂	51,43 a ₂ A ₂ s ₂	48,50 a ₂ A ₁ t ₂	66,70 a ₃ A ₂ u ₂	36,00 a ₁ A ₂ v ₁	41,48 a ₁ A ₁ x ₂
	70,73 a ₂ A ₄ q ₃	34,55 a ₁ A ₁ r ₁	30,68 a ₁ A ₁ s ₁	27,45 a ₁ A ₁ t ₁	34,68 a ₁ A ₁ u ₁	31,25 a ₁ A ₁ v ₁	32,53 a ₁ A ₁ x ₁
	43,55 a ₂ A ₃ q ₂	26,28 a ₁ A ₁ r ₁	33,48 a ₁ A ₁ s ₁	24,58 a ₁ A ₁ t ₁	27,38 a ₁ A ₁ u ₁	24,73 a ₁ A ₁ v ₁	27,45 a ₁ A ₁ x ₁
	28,35 a ₁ A ₁ q ₁	21,78 a ₁ A ₁ r ₁	25,45 a ₁ A ₁ s ₁	20,68 a ₁ A ₁ t ₁	19,40 a ₁ A ₁ u ₁	19,60 a ₁ A ₁ v ₁	23,48 a ₁ A ₁ x ₁
Q	84,33 a ₄ A ₂ q ₃	62,63 a ₃ A ₂ r ₂	52,33 a ₂ A ₂ s ₂	49,23 a ₂ A ₁ t ₂	47,03 a ₂ A ₁ u ₂	26,03 a ₁ A ₁ v ₁	40,38 a ₂ A ₁ x ₂
	81,50 a ₂ A ₄ q ₃	32,85 a ₁ A ₁ r ₁	30,53 a ₁ A ₁ s ₁	25,68 a ₁ A ₁ t ₁	31,50 a ₁ A ₁ u ₁	32,78 a ₁ A ₁ v ₁	27,60 a ₁ A ₁ x ₁
	44,13 a ₂ A ₂ q ₂	27,80 a ₁ A ₁ r ₁	29,95 a ₁ A ₁ s ₁	22,03 a ₁ A ₁ t ₁	25,05 a ₁ A ₁ u ₁	23,13 a ₁ A ₁ v ₁	25,95 a ₁ A ₁ x ₁
	26,08 a ₁ A ₁ q ₁	24,10 a ₁ A ₁ r ₁	24,63 a ₁ A ₁ s ₁	25,08 a ₁ A ₁ t ₁	17,75 a ₁ A ₁ u ₁	20,23 a ₁ A ₁ v ₁	21,73 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	101,33 a ₅ A ₃ q ₄	65,38 a ₄ A ₂ r ₂	47,80 a ₃ A ₂ s ₂	39,13 a ₂ A ₁ t ₂	55,75 a ₄ A ₂ u ₃	22,73 a ₁ A ₁ v ₁	45,48 a ₃ A ₁ x ₂
	68,50 a ₂ A ₄ q ₃	33,83 a ₁ A ₁ r ₁	28,83 a ₁ A ₁ s ₁	24,28 a ₁ A ₁ t ₁	35,58 a ₁ A ₁ u ₂	28,95 a ₁ A ₁ v ₁	35,13 a ₁ A ₁ x ₂
	45,95 a ₂ A ₂ q ₂	35,88 a ₂ A ₁ r ₁	43,00 a ₂ A ₂ s ₂	22,68 a ₁ A ₁ t ₁	25,93 a ₁ A ₁ u ₁	24,45 a ₁ A ₁ v ₁	27,83 a ₁ A ₁ x ₁
	27,20 a ₁ A ₁ q ₁	25,10 a ₁ A ₁ r ₁	29,50 a ₁ A ₁ s ₁	21,25 a ₁ A ₁ t ₁	16,90 a ₁ A ₁ u ₁	22,28 a ₁ A ₁ v ₁	24,10 a ₁ A ₁ x ₁
C	77,48 a ₃ A ₂ q ₃	48,53 a ₁ A ₁ r ₂	36,30 a ₁ A ₁ s ₁	41,08 a ₁ A ₁ t ₂	59,40 a ₂ A ₂ u ₃	36,18 a ₁ A ₂ v ₁	44,15 a ₁ A ₁ x ₂
	53,88 a ₂ A ₃ q ₂	30,80 a ₁ A ₁ r ₁	30,33 a ₁ A ₁ s ₁	28,05 a ₁ A ₁ t ₁	40,78 a ₂ A ₁ u ₂	31,03 a ₁ A ₁ v ₁	31,05 a ₁ A ₁ x ₁
	32,88 a ₁ A ₁ q ₁	27,58 a ₁ A ₁ r ₁	32,95 a ₁ A ₁ s ₁	24,78 a ₁ A ₁ t ₁	27,18 a ₁ A ₁ u ₁	25,88 a ₁ A ₁ v ₁	23,00 a ₁ A ₁ x ₁
	31,10 a ₁ A ₁ q ₁	27,83 a ₁ A ₁ r ₁	30,15 a ₁ A ₁ s ₁	22,68 a ₁ A ₁ t ₁	19,05 a ₁ A ₁ u ₁	21,68 a ₁ A ₁ v ₁	23,00 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	80,90 a ₃ A ₂ q ₃	66,08 a ₂ A ₂ r ₂	90,93 a ₃ A ₂ s ₃	43,80 a ₁ A ₁ t ₂	47,15 a ₁ A ₁ u ₂	35,93 a ₁ A ₂ v ₁	44,20 a ₁ A ₁ x ₂
	42,03 a ₁ A ₂ q ₂	37,53 a ₁ A ₁ r ₁	61,88 a ₂ A ₂ s ₂	42,88 a ₁ A ₂ t ₂	36,63 a ₁ A ₁ u ₂	31,33 a ₁ A ₁ v ₁	35,28 a ₁ A ₁ x ₂
	28,05 a ₁ A ₁ q ₁	28,15 a ₁ A ₁ r ₁	36,40 a ₁ A ₁ s ₁	34,28 a ₁ A ₁ t ₂	27,73 a ₁ A ₁ u ₁	25,20 a ₁ A ₁ v ₁	24,30 a ₁ A ₁ x ₁
	17,43 a ₁ A ₁ q ₁	28,70 a ₁ A ₁ r ₁	27,60 a ₁ A ₁ s ₁	23,65 a ₁ A ₁ t ₁	18,08 a ₁ A ₁ u ₁	21,78 a ₁ A ₁ v ₁	25,58 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	56,00 a ₃ A ₂ q ₂	42,20 a ₂ A ₁ r ₂	31,38 a ₁ A ₁ s ₁	22,58 a ₁ A ₁ t ₁	25,73 a ₁ A ₁ u ₁	23,10 a ₁ A ₁ v ₁	20,68 a ₁ A ₁ x ₁
	36,23 a ₂ A ₁ q ₁	27,68 a ₂ A ₁ r ₁	23,85 a ₁ A ₁ s ₁	19,00 a ₁ A ₁ t ₁	18,48 a ₁ A ₁ u ₁	18,78 a ₁ A ₁ v ₁	19,68 a ₁ A ₁ x ₁
	96,95 a ₃ A ₃ q ₃	37,20 a ₁ A ₁ r ₂	60,15 a ₂ A ₂ s ₂	45,88 a ₁ A ₁ t ₂	46,98 a ₁ A ₁ u ₂	30,80 a ₁ A ₁ v ₁	40,60 a ₁ A ₁ x ₂
	59,68 a ₂ A ₃ q ₂	27,43 a ₁ A ₁ r ₁	39,88 a ₁ A ₁ s ₁	31,13 a ₁ A ₁ t ₁	34,70 a ₁ A ₁ u ₂	29,98 a ₁ A ₁ v ₁	28,80 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	36,13 a ₁ A ₁ q ₂	29,25 a ₁ A ₁ r ₁	31,60 a ₁ A ₁ s ₁	27,63 a ₁ A ₁ t ₁	32,05 a ₁ A ₁ u ₁	25,83 a ₁ A ₁ v ₁	49,20 a ₂ A ₂ x ₂
	35,00 a ₂ A ₁ q ₂	22,75 a ₁ A ₁ r ₁	23,48 a ₁ A ₁ s ₁	25,13 a ₁ A ₁ t ₁	22,38 a ₁ A ₁ u ₁	17,65 a ₁ A ₁ v ₁	38,30 a ₂ A ₂ x ₁
	24,33 a ₁ A ₁ q ₁	57,20 a ₂ A ₂ r ₃	46,80 a ₂ A ₂ s ₂	29,85 a ₁ A ₁ t ₁	56,53 a ₂ A ₂ u ₂	42,43 a ₂ A ₂ v ₂	51,28 a ₂ A ₂ x ₂
	20,30 a ₁ A ₁ q ₁	41,30 a ₂ A ₁ r ₂	31,15 a ₁ A ₁ s ₁	25,48 a ₁ A ₁ t ₁	45,23 a ₂ A ₂ u ₂	31,15 a ₁ A ₁ v ₁	56,83 a ₃ A ₂ x ₂

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.

q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

→ $SB + Al = 4,86 + 0,15 = 5,01 \text{ cmole dm}^{-3}$
Recalcular os valores

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 27,1714 ~~mg dm⁻³~~ a 55,2205 ^{cm de solo} ~~mg dm⁻³~~, sendo que o maior teor da CTC efetiva foi verificado no tratamento com queima. Entretanto o menor teor da CTC foi verificado no tratamento Triturado/Incorporado sem uso de fertilizantes (Tabela 28). Na variável tratamento, os resultados variaram de 34,2393 ~~mg dm⁻³~~ a 41,5500 ^{cm de solo} ~~mg dm⁻³~~, sendo que o menor valor da CTC foi verificado no tratamento Cobertura sem fertilizante e o maior o tratamento Triturado/Incorporado com adubação (Tabela 28). Na variável profundidade, os resultados variaram de 25,9439 mg dm⁻³ a 52,0500 mg dm⁻³ o maior teor da CTC ocorreu na profundidade 0-10 cm, enquanto que o menor na profundidade de 30-50 cm (Tabela 28). Conforme CAMARGO *et al.* (1997) os atributos químicos do horizonte superficial de um latossolo e um podzólio concluem que a calagem aumentou a CTC efetiva e assim diminuindo a capacidade de absorção do anion. Em consequência aumentando a atividade biológica e a mineralização dos componentes orgânicos, a floculação dos colóides do solo e consequentemente o uso da água e nutrientes pelas plantas. Para THEODORO (2001), que comparou os efeitos do manejo em cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, constatou que houve incremento no valor da CTC do solo. Sendo os efeitos maiores nos cafeeiros orgânicos do que em conversão, sendo que esse incremento está diretamente relacionado com a prática da adubação orgânica e cobertura vegetal permanente do solo.

Tabela 28 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de CTC Efetiva realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
6	27,1714 a ₁	4	34,2393 a ₁	4 (30 50 cm)	25,9439 a ₁
4	29,9411 a ₂	7	34,8634 a ₁	3 (20 30 cm)	30,2612 a ₂
7	33,1786 a ₃	2	35,0696 a ₁	2 (10 20 cm)	37,0566 a ₃
5	34,3446 a ₃	6	35,5518 a ₁	1 (0 10 cm)	52,05 a ₄
2	36,4973 a ₄	1	36,4259 a ₁		
3	37,942 a ₄	3	36,5955 a ₁		
1	55,2205 a ₅	5	41,55 a ₂		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 42 pode-se observar que todos os tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm no primeiro ano tiveram valores de CTC altos, com exceção do tratamento Capoeira que foi muito baixo e à medida que decorre o período os valores se reduziram até o pousio. Após o pousio há um pequeno crescimento no valor da CTC depois uma redução um aumento novamente. Na Figura 43 pode-se observar que todos os tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, a CTC tem a mesma tendência que na profundidade de 0-10 cm, sendo que difere dos outros tratamentos, a Capoeira inicia baixo. Depois aumenta e reduz novamente até o pousio. Após o pousio o tratamento Capoeira, aumenta e depois reduz e aumenta novamente o valor da CTC. Segundo estudo realizado por NUNES *et al* (2006), na Fazenda Crioula no município de Sobral-Ce observou que os maiores valores de CTC ocorreram nos sistemas área plantada com milho e feijão no primeiro e no segundo ano e de caatinga com um ano de pousio, em relação aos demais (caatinga de 2, 3, 4, e 5 anos de pousio e mata de 50 anos). Esse aumento da CTC no plantio de milho e feijão pode ser atribuído à queima dessas áreas com a produção de cinzas com efeito fertilizador que se estendeu até o primeiro ano de pousio, que corresponde até o terceiro ano após a queimada.

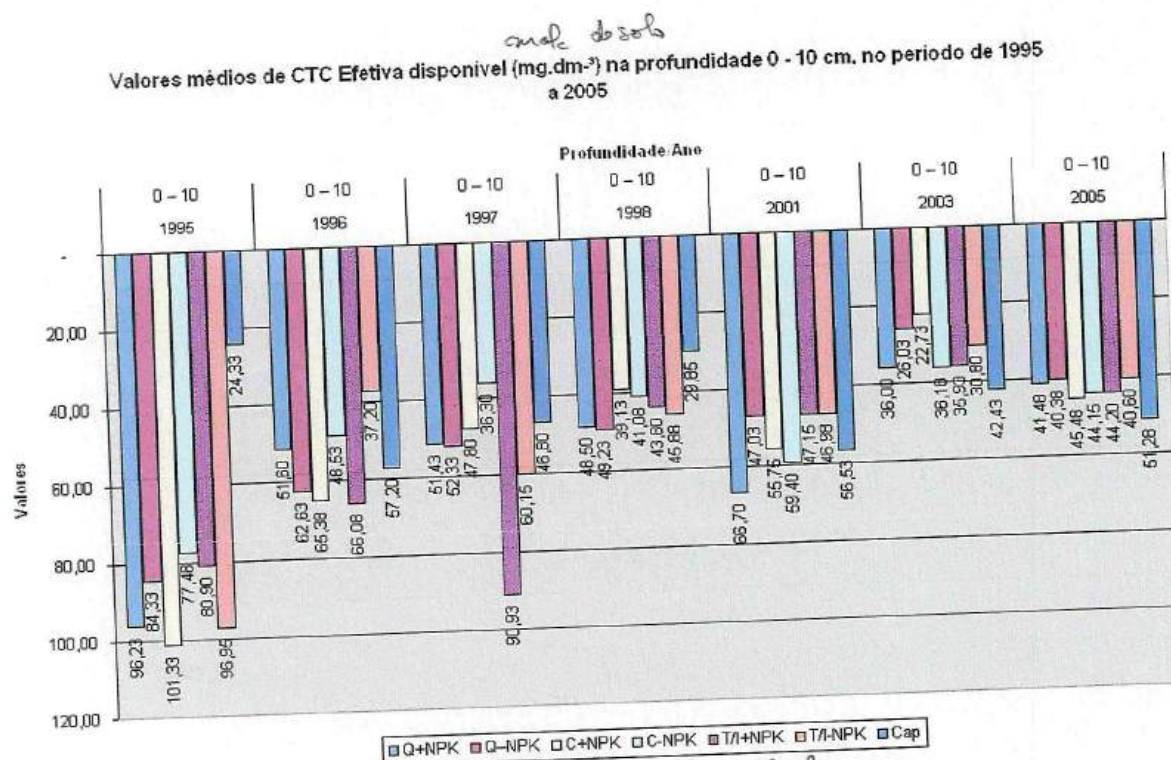


Figura 42 – Valores médios de CTC Efetiva ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

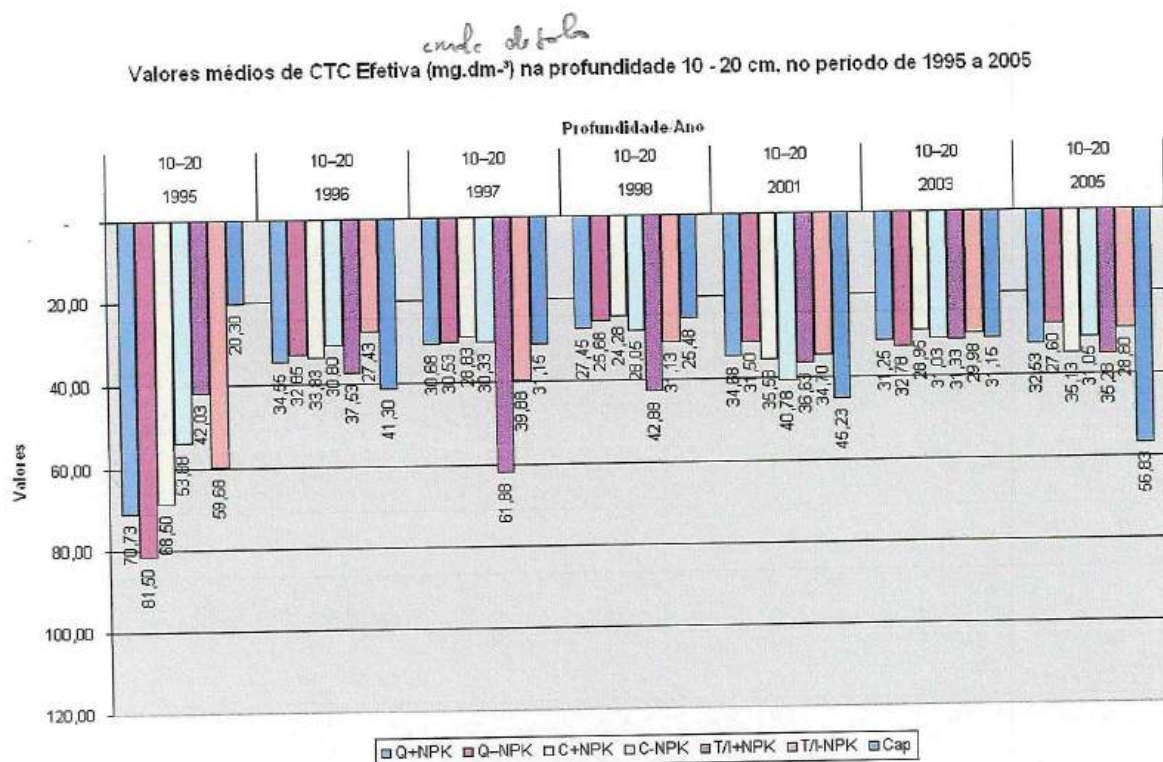


Figura 43 – Valores médios de CTC Efetiva (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Na Figura 44, na profundidade 20-30 cm pode-se observar que a maioria dos tratamentos tende a reduzir o valor da CTC *efetiva* após o primeiro ano até o pousio. Após o pousio os tratamentos se matem quase que estável com uma pequena redução no decorrer do período. Mas, o tratamento Capoeira após o pousio tem uma redução e posterior aumento no valor da CTC até o final do período.

Na Figura 45 na profundidade 30-50 cm pode-se observar que os valores da CTC são menores em relação às profundidades mais superficiais, mas mesmo assim no primeiro ano a CTC é mais alta e, no decorrer do período a oscilação de redução e aumento até o final do período. Vale ressaltar que o tratamento Capoeira inicial com valor da CTC aumentado posteriormente à oscilação entre diminuição e aumento, mas no final do período torna a crescer novamente. Segundo estudo realizado por NUNES *et al* (2006), no sistema com a cultura do cacau contribuiu para elevar a CTC do solo em relação ao sistema Mata Atlântica e a contribuição é dada pelo elevado teor de $\text{H}+\text{Al}+3$ encontrado. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al*. (1999), com uma diminuição na CTC do solo com o cultivo. Segundo estudos realizados por SILVA *et al* (2007) as mudanças na cobertura vegetal original, no sentido floresta – capoeira – pastagem, foram acompanhadas por uma diminuição

nos teores de capacidade de troca catiônica. Havendo também maiores teores de capacidade de troca catiônica total e efetiva nos horizontes superficiais do solo, nas três coberturas vegetais estudadas.

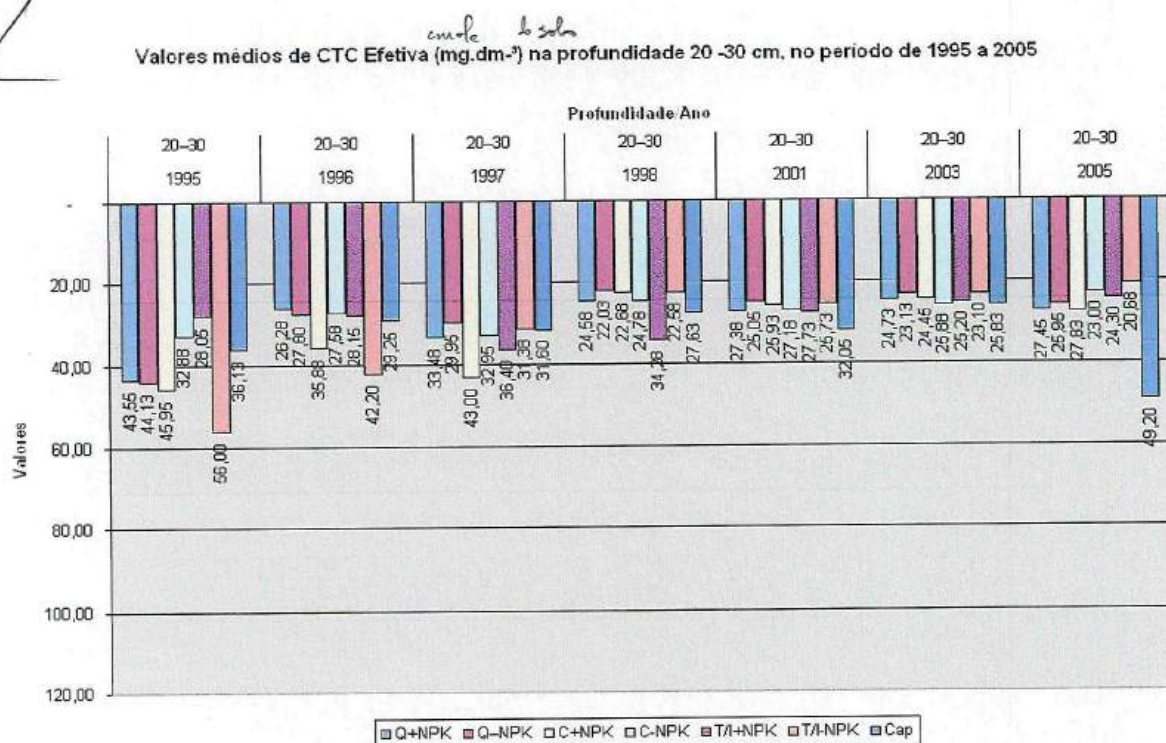
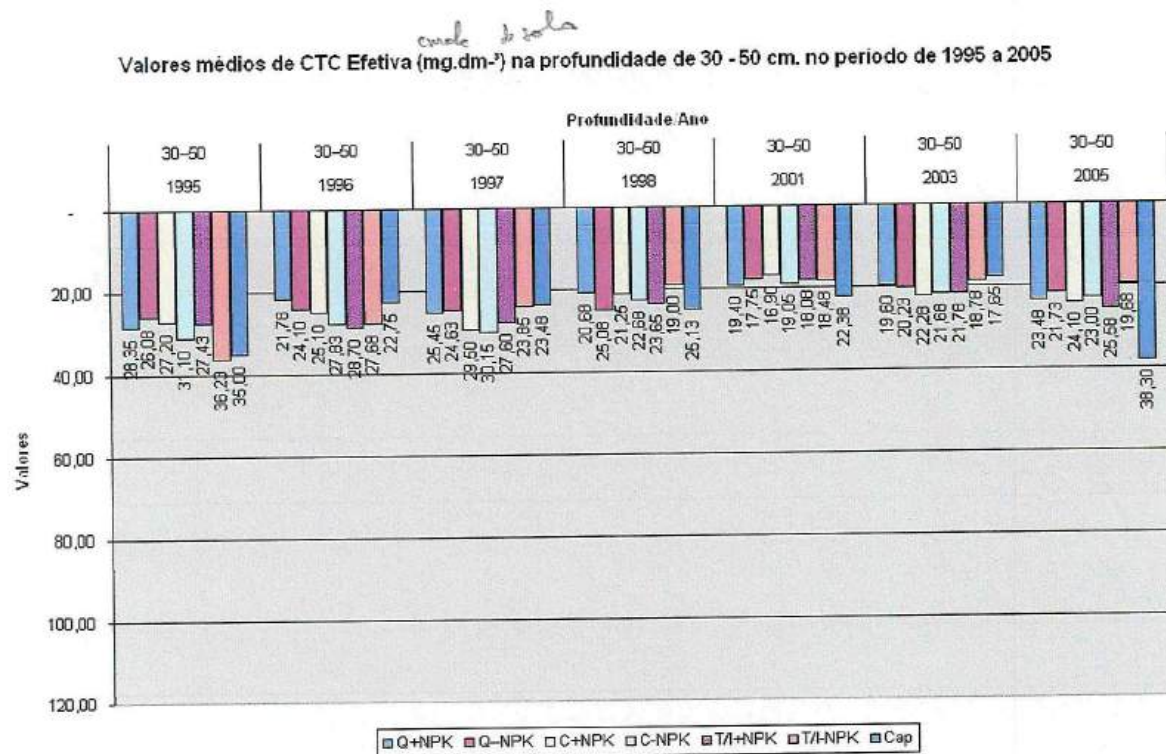


Figura 44 – Valores médios de CTC Efetiva (*emufe do solo*) (mg.dm⁻³) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.



cuide b solo

Figura 45 – Valores médios de CTC Efetiva (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do teor de Soma de Bases (SB) em relação aos anos, tratamentos e profundidades

De acordo como os resultados da análise de variância (Tabela 29) existem diferenças significativas no teor de Soma de Bases (SB) tanto para o ano, como para tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade; e, Ano x Tratamento x Profundidade houve diferenças significativas. Segundo estudos realizados pelo CFSEMG (1999) os sistemas: orgânico e em conversão na camada superficial apresentaram homogeneidade de resultados em resposta ao manejo orgânico do solo. O sistema orgânico apresentou efeitos mais pronunciados na melhoria da fertilidade do solo, devido a algumas características como teor muito alto de SB, enquanto o sistema em conversão apresentou teor alto de SB. SALGADO, B.G. et al (2006) O solo nos cultivos cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, em Lavras, Minas Gerais, a pleno sol apresentaram maiores valores para soma de bases (SB) em comparação com os SAFs. CAMARGO et al. (1997) estudando as alterações de atributos químicos do horizonte superficial de um latossolo e um podzólio com a calagem concluiu que, a calagem aumentou a soma de bases não alterou a adsorção do teor de micro-nutrientes. Estudos realizados por SALGADO, B.G. et al (2006) em que os maiores valores encontrados nos solos para as variáveis SB, foi no cultivo de cafeeiro, em Minas Gerais, a pleno sol. Provavelmente, deve-se a um efeito competitivo entre as árvores e os cafeeiros nos sistemas agroflorestais, em que a competição exercida pelas árvores estaria promovendo uma diminuição nos nutrientes do solo, principalmente o cálcio, e outros que teriam influência na composição das variáveis bases trocáveis.

Tabela 29 - Resumo da análise de variância para Soma de Bases (SB), em ano, tratamento, profundidade e suas interações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Total	783	283826,9624		
Ano	6	55331,808	9221,968	105,854 *
Tratamento	6	4102,9914	683,8319	7,849 *
Profundidade	3	82381,1836	27460,3945	315,204 *
Ano x Tratamento	36	25213,5568	700,3766	8,039 *
Ano x Profundidade	18	12170,5852	676,1436	7,761 *
Tratamento x Profundidade	18	5930,8061	329,4892	3,782 *
Ano x Tratamento x Profundidade	108	47469,8114	439,5353	5,045 *
Erro	588	51226,22	87,1194	-
CV (%)	26,38	-	-	-
Média	35,3877	-	-	-

Nº de observações 784

* Significativo (5% de probabilidade); ** Altamente Significativo (1% de probabilidade); e ^{ns} Não significativo pelo teste Scott-Knott.

Na Tabelas 30 pode ser observada a análise estatística para os desdobramentos tratamento x profundidade x ano. Os resultados mostraram que ocorreram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (“a” no sentido das linhas); **ano*profundidade*tratamento** (“A” no sentido das colunas) e **profundidade*tratamento*ano** (“q, r, s, t, u, v e x”, no sentido colunas anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, respectivamente). Segundo estudos realizados por TEIXEIRA & BASTOS (1989); MARTINS et al. (1990a), uma grande diferença foi detectada em relação ao equilíbrio das vegetações. Enquanto em outras regiões tropicais o tempo necessário para que o sistema cultivado retorne às condições de equilíbrio observadas na vegetação original gira em torno de 5 a 8 anos, no Pantanal, nas condições das áreas estudadas, esse tempo foi superior a 10 anos.

Unidade

cmol_d dm⁻³

Tabela 30. Valores médios de Soma de Bases (SB mg. dm⁻³), em diferentes profundidades, para o manejo de solo estudados, referentes aos anos de 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2003 e 2005, no município de Igarapé-Açu-Pará.

Tratamentos	ANO						Profundidade
	1995	1996	1997	1998	2001	2003	2005
Q + NPK	96,08 a ₄ A ₃ q ₄	51,25 a ₂ A ₁ r ₂	51,15 a ₂ A ₂ s ₂	48,28 a ₂ A ₁ t ₂	66,50 a ₃ A ₂ u ₂	35,63 a ₁ A ₁ v ₂	41,17 a ₁ A ₁ x ₂
	69,98 a ₂ A ₄ q ₃	33,58 a ₁ A ₁ r ₁	29,68 a ₁ A ₁ s ₁	26,73 a ₁ A ₁ t ₁	34,10 a ₁ A ₁ u ₁	30,73 a ₁ A ₁ v ₁	31,75 a ₁ A ₁ x ₁
	42,45 a ₂ A ₂ q ₂	24,88 a ₁ A ₁ r ₁	32,18 a ₁ A ₁ s ₁	23,40 a ₁ A ₁ t ₁	26,38 a ₁ A ₁ u ₁	23,88 a ₁ A ₁ v ₁	26,40 a ₁ A ₁ x ₁
	26,98 a ₁ A ₁ q ₁	20,25 a ₁ A ₁ r ₁	23,98 a ₁ A ₁ s ₁	19,38 a ₁ A ₁ t ₁	18,08 a ₁ A ₁ u ₁	18,40 a ₁ A ₁ v ₁	22,18 a ₁ A ₁ x ₁
Q	84,23 a ₄ A ₂ q ₃	62,35 a ₃ A ₂ r ₂	51,98 a ₂ A ₂ s ₂	49,10 a ₂ A ₁ t ₂	46,88 a ₂ A ₁ u ₂	27,63 a ₁ A ₁ v ₁	40,20 a ₂ A ₁ x ₂
	80,75 a ₂ A ₄ q ₃	32,23 a ₁ A ₁ r ₁	29,85 a ₁ A ₁ s ₁	25,18 a ₁ A ₁ t ₁	30,90 a ₁ A ₁ u ₁	32,35 a ₁ A ₁ v ₁	27,03 a ₁ A ₁ x ₁
	43,10 a ₂ A ₂ q ₂	26,48 a ₁ A ₁ r ₁	28,70 a ₁ A ₁ s ₁	20,98 a ₁ A ₁ t ₁	23,95 a ₁ A ₁ u ₁	22,20 a ₁ A ₁ v ₁	24,98 a ₁ A ₁ x ₁
	24,73 a ₁ A ₁ q ₁	22,70 a ₁ A ₁ r ₁	23,25 a ₁ A ₁ s ₁	23,95 a ₁ A ₁ t ₁	16,35 a ₁ A ₁ u ₁	18,90 a ₁ A ₁ v ₁	20,58 a ₁ A ₁ x ₁
C + NPK	100,73 a ₅ A ₃ q ₄	64,98 a ₄ A ₂ r ₂	47,50 a ₃ A ₂ s ₂	38,90 a ₂ A ₁ t ₂	55,35 a ₄ A ₂ u ₃	21,60 a ₁ A ₁ v ₁	45,13 a ₃ A ₁ x ₂
	67,48 a ₂ A ₄ q ₃	32,73 a ₁ A ₁ r ₁	27,88 a ₁ A ₁ s ₁	23,53 a ₁ A ₁ t ₁	34,70 a ₁ A ₁ u ₂	28,48 a ₁ A ₁ v ₁	34,30 a ₁ A ₁ x ₂
	44,60 a ₂ A ₂ q ₂	34,48 a ₂ A ₁ r ₁	41,65 a ₂ A ₁ s ₂	21,50 a ₁ A ₁ t ₁	24,75 a ₁ A ₁ u ₁	23,60 a ₁ A ₁ v ₁	26,80 a ₁ A ₁ x ₁
	25,75 a ₁ A ₁ q ₁	23,58 a ₁ A ₁ r ₁	28,05 a ₁ A ₁ s ₁	20,25 a ₁ A ₁ t ₁	15,50 a ₁ A ₁ u ₁	20,95 a ₁ A ₁ v ₁	22,78 a ₁ A ₁ x ₁
C	76,90 a ₃ A ₂ q ₃	48,13 a ₁ A ₁ r ₂	35,90 a ₁ A ₁ s ₁	40,73 a ₁ A ₁ t ₂	59,18 a ₂ A ₂ u ₃	35,38 a ₁ A ₂ v ₁	44,03 a ₁ A ₁ x ₂
	52,60 a ₂ A ₃ q ₂	29,73 a ₁ A ₁ r ₁	29,38 a ₁ A ₁ s ₁	22,80 a ₁ A ₁ t ₁	40,40 a ₂ A ₁ u ₂	30,48 a ₁ A ₁ v ₁	30,35 a ₁ A ₁ x ₁
	31,50 a ₁ A ₁ q ₁	26,30 a ₁ A ₁ r ₁	31,63 a ₁ A ₁ s ₁	23,50 a ₁ A ₁ t ₁	26,30 a ₁ A ₁ u ₁	24,85 a ₁ A ₁ v ₁	21,88 a ₁ A ₁ x ₁
	29,88 a ₁ A ₁ q ₁	26,43 a ₁ A ₁ r ₁	28,78 a ₁ A ₁ s ₁	21,30 a ₁ A ₁ t ₁	17,78 a ₁ A ₁ u ₁	20,35 a ₁ A ₁ v ₁	21,98 a ₁ A ₁ x ₁
T/I+ NPK	79,98 a ₃ A ₂ q ₃	65,68 a ₂ A ₂ r ₂	90,58 a ₃ A ₂ s ₃	43,45 a ₁ A ₁ t ₂	46,80 a ₁ A ₁ u ₂	35,35 a ₁ A ₁ v ₁	44,00 a ₁ A ₁ x ₂
	40,83 a ₁ A ₂ q ₂	36,63 a ₁ A ₁ r ₁	61,13 a ₂ A ₂ s ₂	42,08 a ₁ A ₂ t ₂	35,68 a ₁ A ₁ u ₂	31,10 a ₁ A ₁ v ₁	34,55 a ₁ A ₁ x ₂
	26,73 a ₁ A ₁ q ₁	26,73 a ₁ A ₁ r ₁	35,18 a ₁ A ₁ s ₁	33,05 a ₁ A ₁ t ₁	26,53 a ₁ A ₁ u ₁	24,13 a ₁ A ₁ v ₁	23,28 a ₁ A ₁ x ₁
	16,90 a ₁ A ₁ q ₁	27,13 a ₁ A ₁ r ₁	26,18 a ₁ A ₁ s ₁	22,38 a ₁ A ₁ t ₁	16,68 a ₁ A ₁ u ₁	20,33 a ₁ A ₁ v ₁	24,43 a ₁ A ₁ x ₁
T/I	96,03 a ₄ A ₃ q ₃	36,83 a ₁ A ₁ r ₂	59,68 a ₃ A ₂ s ₂	45,45 a ₂ A ₁ t ₂	46,78 a ₂ A ₁ u ₂	29,70 a ₁ A ₁ v ₁	40,43 a ₁ A ₁ x ₂
	58,48 a ₂ A ₃ q ₂	26,65 a ₁ A ₁ r ₁	38,93 a ₁ A ₁ s ₁	30,25 a ₁ A ₁ t ₁	34,05 a ₁ A ₁ u ₂	29,10 a ₁ A ₁ v ₁	28,20 a ₁ A ₁ x ₁
	54,68 a ₃ A ₂ q ₂	40,90 a ₂ A ₁ r ₂	29,95 a ₁ A ₁ s ₁	21,43 a ₁ A ₁ t ₁	24,63 a ₁ A ₁ u ₁	22,05 a ₁ A ₁ v ₁	19,88 a ₁ A ₁ x ₁
	35,78 a ₂ A ₁ q ₁	26,10 a ₁ A ₁ r ₁	22,45 a ₁ A ₁ s ₁	17,70 a ₁ A ₁ t ₁	17,05 a ₁ A ₁ u ₁	17,48 a ₁ A ₁ v ₁	18,60 a ₁ A ₁ x ₁
Cap	23,18 a ₁ A ₁ q ₂	56,48 a ₂ A ₂ r ₃	46,13 a ₂ A ₂ s ₂	29,38 a ₁ A ₁ t ₁	55,90 a ₂ A ₂ u ₂	41,85 a ₂ A ₁ v ₂	51,03 a ₂ A ₁ x ₂
	19,13 a ₁ A ₁ q ₁	40,10 a ₂ A ₁ r ₂	30,15 a ₁ A ₁ s ₁	24,50 a ₁ A ₁ t ₁	44,30 a ₂ A ₂ u ₂	30,20 a ₁ A ₁ v ₁	55,75 a ₃ A ₂ x ₂
	34,78 a ₁ A ₁ q ₂	27,85 a ₁ A ₁ r ₁	30,38 a ₁ A ₁ s ₁	26,35 a ₁ A ₁ t ₁	30,83 a ₁ A ₁ u ₁	24,50 a ₁ A ₁ v ₁	47,90 a ₂ A ₂ x ₂
	34,28 a ₂ A ₁ q ₂	21,30 a ₁ A ₁ r ₁	22,23 a ₁ A ₁ s ₁	23,95 a ₁ A ₁ t ₁	21,20 a ₁ A ₁ u ₁	16,35 a ₁ A ₁ v ₁	36,85 a ₂ A ₁ x ₁

a - nas linhas - médias por tratamento, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.
A - nas colunas - médias por ano, por profundidade dentro de cada ano, com o mesmo índice.
q, r, s, t, u, v, x - nas colunas - médias por ano, por tratamento dentro de cada ano, com o mesmo índice.

$$SB = Ca + Mg + K + Na = 4,86 \text{ cmol}_d \text{ dm}^{-3}$$

No que diz respeito a variável ano, os resultados médios obtidos variaram de 26,3393 ~~mg~~^{cm³} ~~dm⁻³~~^{de solo} a 54,2295 ~~mg~~^{cm³} ~~dm⁻³~~^{de solo}, sendo que os maiores teores de soma de bases foi verificado nos tratamentos com queima e o menor no tratamento Triturado/Incorporado sem fertilizantes. Entretanto o maior teor de soma de bases foi verificado no tratamento Queima com fertilizante (Tabela 31). Na variável tratamento, os resultados variaram de 33,1562 ~~g~~^{observado} ~~dm⁻³~~^{cm³} a 40,6214 ~~g~~^{cm³} ~~dm⁻³~~^{de solo}, sendo os menores valores de soma de bases foi verificado nos tratamentos Cobertura sem fertilizantes e Capoeira e os maiores ~~os~~^{nos} Triturado/Incorporado e Cobertura que receberam a complementação de fertilizantes (Tabela 31). Na variável profundidade, os resultados apresentaram diferenças significativas e variaram de 24,6592 ~~g~~^{de solo} ~~dm⁻³~~^{cm³} a 51,6617 ~~g~~^{cm³} ~~dm⁻³~~^{de solo}, sendo que os maiores valores encontram-se nas camadas superficiais do solo, em razão do processo de preparo do solo ser através do corte, queima e trituração do material vegetal. (Tabela 31). Segundo estudos realizados por FERNANDES *et al* (2002) a derrubada e queima da vegetação nativa para introdução de pastagens cultivadas em áreas tropicais parece seguir um padrão. Inicialmente observa-se melhoria nas condições do solo para o desenvolvimento vegetal, elevação da soma de bases. Com o passar do tempo, porém, verifica-se alteração nessas condições, com o sistema cultivado tendendo a retornar às condições observadas originalmente no sistema natural. Os resultados apresentados neste trabalho parecem seguir esse mesmo padrão. Para SALGADO *et al* (2006) os maiores valores encontrados nos solos para Soma de Bases, foi nos cultivos a pleno sol. Isso ocorre devido a um efeito competitivo entre as árvores e os cafeeiros nos sistemas agroflorestais, onde a competição exercida pelas árvores estaria promovendo uma diminuição de nutrientes do solo, principalmente o cálcio, e outros que teriam influência na composição das variáveis bases trocáveis e capacidades troca cationicas efetivas.

Tabela 31 – Resumo de médias da concentração, das fontes de variação ano, tratamento e profundidade de Soma de Bases (SB) realizada pelo Teste de Skott-Knoff (1974)

Fontes de Variação					
Ano		Tratamento		Profundidade	
Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)	Tratamento	Médias (mg dm ⁻³)
6	26,3393 a ₁	4	33,1562 a ₁	4 (30 50 cm)	24,6592 a ₁
4	28,908 a ₂	7	33,8134 a ₁	3 (20 30 cm)	29,0801 a ₂
7	32,3705 a ₃	2	34,3375 a ₁	2 (10 20 cm)	36,1500 a ₃
5	33,4812 a ₃	6	34,6134 a ₁	1 (0 10 cm)	51,6617 a ₄
2	35,442 a ₄	1	35,5482 a ₁		
3	36,9437 a ₄	3	35,6241 a ₁		
1	54,2295 a ₅	5	40,6214 a ₂		

Tratamentos: 1- Queima + NPK; 2 – Queima; 3 – Cobertura + NPK; 4 – Cobertura; 5 – Triturado/Incorporado + NPK; 6 – Triturado/Incorporado e 7 – Capoeira.

Na Figura 46, no ano de 1995, na profundidade de 0 -10 cm, o valor de Soma de Bases foi alto na maioria dos tratamentos, com exceção do tratamento Capoeira que foi baixo. Supõe-se, que o aumento da Soma de Bases no primeiro ano está relacionado com o manejo das áreas no processo de derruba e queima. A partir desse ano há uma redução até ao pousio. Após o pousio a um aumento no valor da Soma de Bases, uma redução e posteriormente aumento de todos os tratamentos. No tratamento Triturado/Incorporado com fertilizantes inicia alto depois há uma redução e posteriormente aumenta voltando a reduzir até o pousio e, após o pousio a um aumento, diminuição e aumento do valo de Soma de Bases. Na Figura 47 o comportamento dos valores de Soma de Base na profundidade 10-20 cm, se assemelham aos da profundidade 0-10 cm. Segundo estudos realizados por Silva *et al* (2006), o horizonte Ap do solo sob floresta apresentou elevado valor de Soma de Bases. No entanto, não se verificou o mesmo comportamento em horizonte Ap de área de pastagem abandonada. Mas, a mudança do tipo de cobertura vegetal e manejo proporcionaram as alterações no solo, com o aumento na soma de bases em área de derruba e queima. Estudos realizados por SILVA *et al* (2007), em que as mudanças na cobertura vegetal original, no sentido floresta – capoeira – pastagem, foram acompanhadas por uma diminuição no teor de soma de bases e da saturação por bases. Mas, houve maior teor soma de bases nos horizontes superficiais do solo, nas três coberturas vegetais estudadas.

Valores médios de Soma de Bases ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) na profundidade 0-10 cm. no período de 1995 a 2005

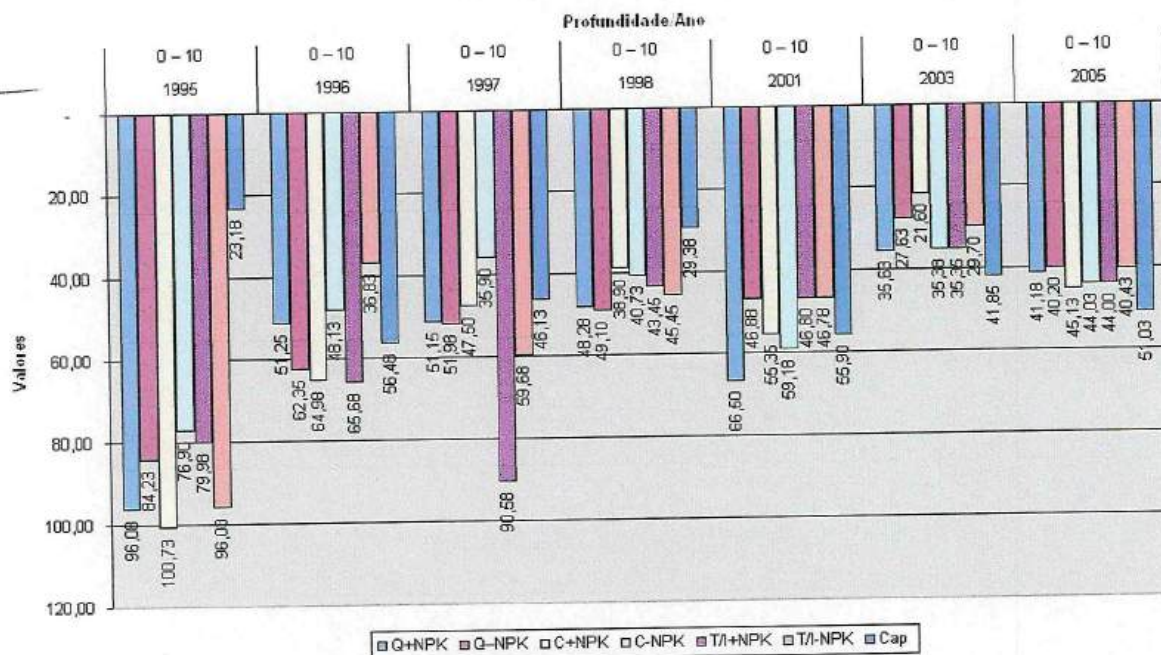


Figura 46 – Valores médios de Soma de Bases ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 0 - 10 cm, no período de 1995 a 2005.

Valores médios de Soma de Bases ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) na profundidade 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005

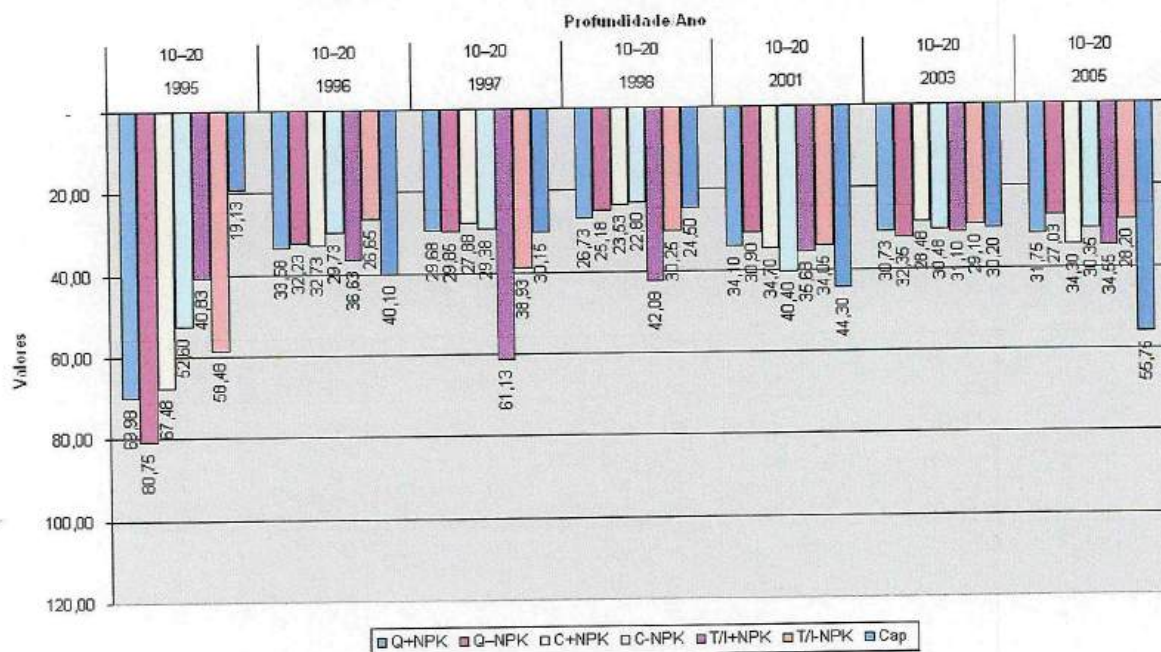


Figura 47 – Valores médios de Soma de Bases ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 10 - 20 cm, no período de 1995 a 2005.

Nas Figuras 48 e 49, as ocorrências no valor da Soma de Bases, nas profundidades 20-30 cm e 30-50 cm, se assemelham bastante, pois no primeiro ano os valores são maiores com oscilações pequenas em todos os tratamentos. Mas, quando se trata do tratamento Capoeira, pode-se observar o seu valor mais alto no início, oscilando em diminuição e aumento nos seus valores, sendo que no final do período o seu valor aumenta novamente. Os valores de Soma de Bases, nestas profundidades são menores que as profundidades superficiais. Segundo estudos realizados por THEODORO *et al.* (2001) em cafeeiros dos tratamentos, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, e em relação aos manejos adotados foi observado que as médias obtidas para a soma de bases (SB) refletiram o comportamento das bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+}) no solo. Foram detectadas diferenças na camada superficial entre o sistema cultivo de café orgânico com o maior valor de SB, classificado pela CFSEMG (1999) como muito alto ($> 6,0 \text{ cmolc.dm}^{-3}$); e os sistemas convencional e em conversão, que apresentaram um valor alto (3,61 a $6,0 \text{ cmolc.dm}^{-3}$). O maior valor de SB detectada no sistema orgânico, está relacionada ao aumento do pH e dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , além da redução do Al^{+3} na camada superficial do solo, gerados provavelmente pela aplicação de matéria orgânica. Segundo estudos realizados por SAMPAIO *et al.* (2003); FERNANDEZ *et al.* (1997) com milho e feijão em áreas desmatados e queimados, os maiores valores de bases trocáveis e saturação de bases ocorreu no 1º, 2º e em área de caatinga com 1 ano de pousio. Esses aumentos podem ser atribuídos ao efeito fertilizador das cinzas que se estendeu até o 1º ano de pousio, ou seja, até o 3º após a queimada. Podem ocorrer, também ecossistemas de florestas, logo após as queimadas. nas camadas superficiais do solo.

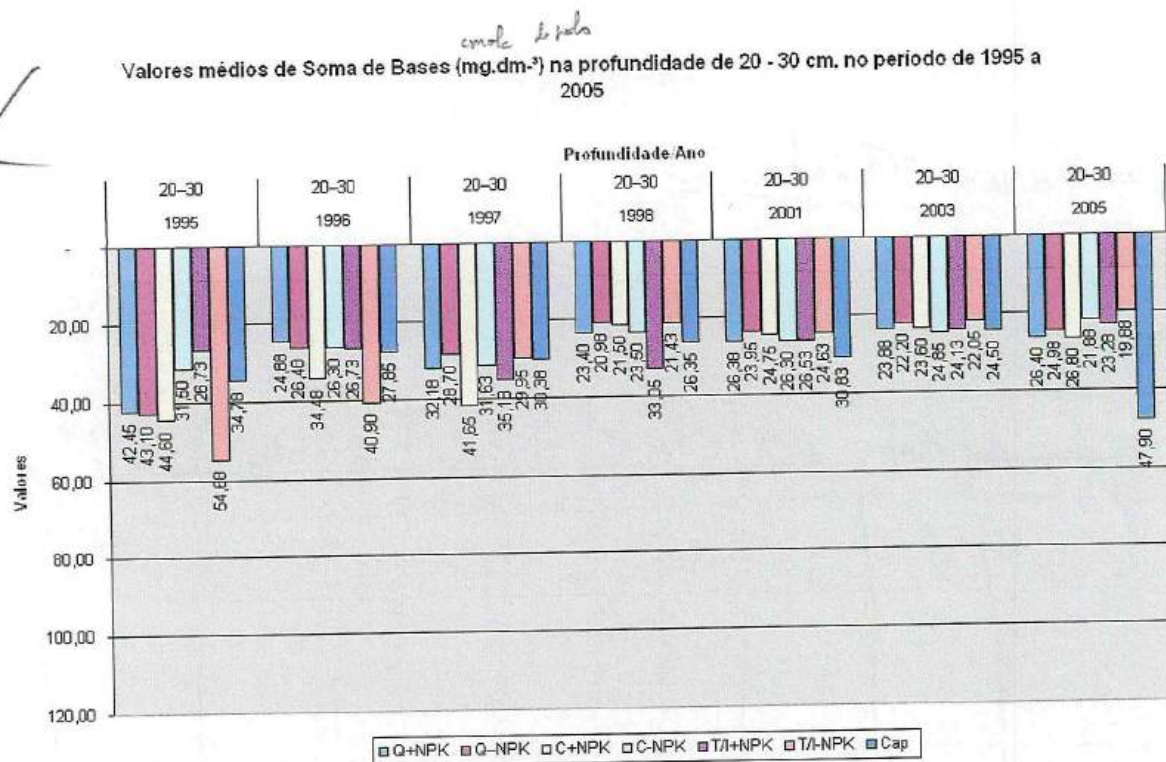


Figura 48 – Valores médios de Soma de Bases (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 20 - 30 cm, no período de 1995 a 2005.

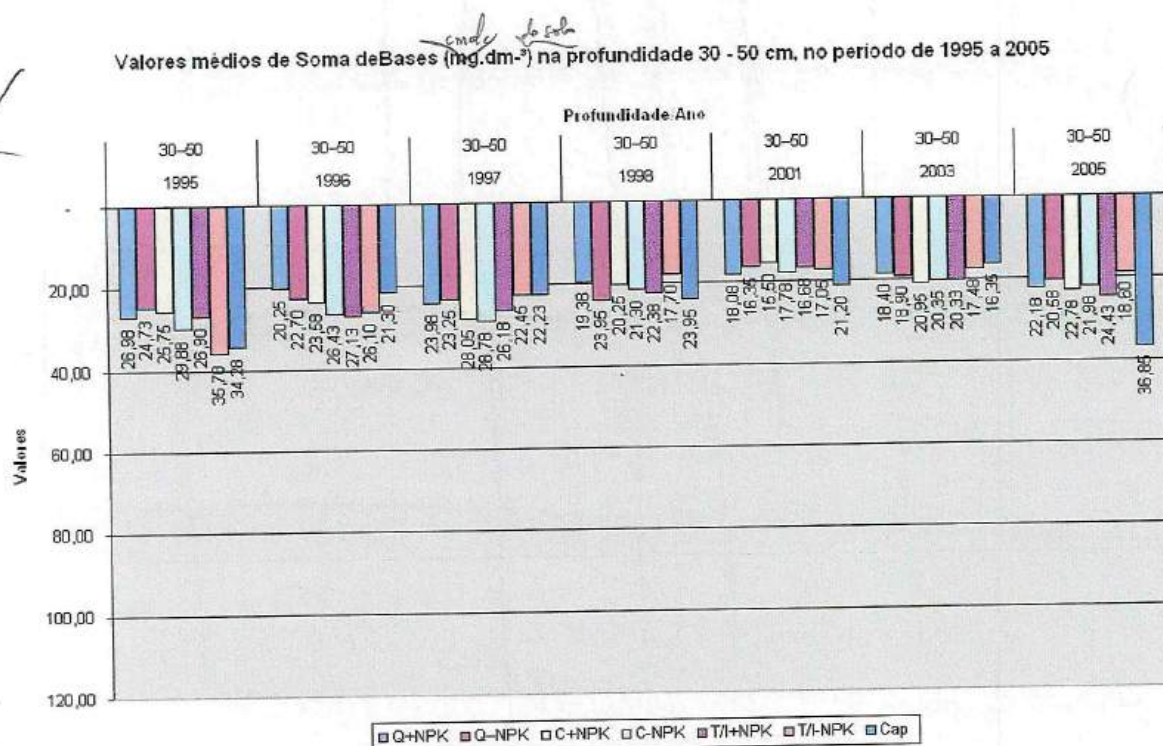


Figura 49 – Valores médios de Soma de Bases (mg.dm^{-3}) obtidos nos seus tratamentos, na profundidade de 30 - 50 cm, no período de 1995 a 2005.

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, analisou-se a fertilidade do solo em seus diversos aspectos, como também, os diferentes sistemas de preparo de área, nas propriedades químicas do solo, a fim de definir um sistema para uso da agricultura familiar. Em função dos resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- Os resultados obtidos na análise de variância, pelo Teste de Scott-Knoff para todos os dados analisados para os tratamentos (Q+NPK, Q, C+NPK, C, T/I+NPK, T/I e Capoeira) demonstraram existir diferenças significativas para as variáveis: ano, tratamento e profundidade, assim como para interação Ano x Tratamento; Ano x Profundidade; Tratamento x Profundidade e Ano x Tratamento x Profundidade, em todos os elementos (MO, pH, P, K, Na, Ca, Ca+Mg, Al, CTC e SB). Com exceção, para interação entre Ano x Tratamento x Profundidade, para o elemento MO que não houve diferenças significativas;
- Os resultados obtidos em relação ao uso do solo que melhor se comportaram foram os tratamentos Queima quando se trata de resultados produtivos imediatos, mas em se tratando em longo prazo os tratamentos Cobertura e Triturado/Incorporado.
- O efeito da matéria orgânica, em relação a variável ano, os melhores tratamentos foram: capoeira, cobertura e triturado/incorporado demonstraram que a matéria orgânica (cobertura morta - mulch) e manejo adequado são indispensáveis para a manutenção do nível de fertilidade do solo. Em relação a variável tratamento os melhores foram: cobertura e queima com fertilizantes.
- Os tratamentos com uso complementar de fertilizantes que foram mais vantajosas, foi a da Queima nos primeiros anos e após o pousio, mas, quando se trata ~~em~~ longo prazo o tratamento Cobertura se comportou melhor do que o Triturado/Incorporado, podendo ser este o melhor para a sustentabilidade da agricultura familiar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JR., C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F.; ALVAREZ V., F.C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.635-647, 2000.
- ALVAREZ V, V.H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ALVAREZ V, H.V.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A. C., SOUZA, R.B. Uso de Gesso Agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.
- AGUILERA, M.; MORA, M. L.; BORIE, G.; PEIRANO, P.; ZUNINO, H. Balance and distribution of sulfur in volcanic ash-derived soils in Chile. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 34, p. 1355-1361, 2002.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELES, F.L.; BRUM, A.C. Potencial de culturas em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.198-197, 2001.
- ✕ ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. T.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, 1994.
- ✕ ANJOS, L. H. C., M. G. PEREIRA & D. P. RAMOS. 1999. Matéria orgânica e pedogênese. p. 91-118. In Santos, G. A. & F. A. O. Camargo. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Genesis, Porto Alegre. 652 p.

ÂNGELO, J. G. M.; LENA, J. C de; DIAS, L. E.; SANTOS, J. B dos. Diversidade vegetal em áreas em reabilitação de mineração de ferro, na mina de alegria, em Mariana-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 183-192, 2002.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.307 – 315, 2004.

ARONSON, A. The protoxin composition of *Bacillus thuringiensis* insecticidal inclusions affects solubility and toxicity. **Applied and Environmental Microbiology**, v.61, n.11, p.4057-4060, 1995.

BAAR, R. 1997. Vegetationskundliche und -ökologische Untersuchungen der Buschbrache in der Feldumlagewirtschaft im östlichen Amazonasgebiet. Göttinger Beiträge zur Lan-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, 121.

BAENA, A.R.C. Effects of pasture (*Panicum maximum*) on the chemical composition of the soil after clearing and burning a typical tropical highland rain forest. Iowa State University. 1977.

BAENA, A.R.C.; FALESI, I.C. Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na colônia agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999.23p. (Boletim de Pesquisa).

BANDY, D.; D.P. GARRITY, & P.A. SANCHEZ. 1993. The worldwide problem os slash-and-burnagriculture. **Agroforestry Today** 5: 2-6.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; QUINTINO REIS DE ARAÚJO, Q. R.; FERNANDO JOSÉ FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006. www.ufersa.edu.br/caatinga

BASSIONI, N. H. On the mechanism of nitrate uptake by plant roots. II. Effect of the valence of the associated cation. *Agrochimica* 16:341-346. 1973.

BASTOS, T.X.; PAULINO, E.J.; ROLIM, P.A.; DIIZ, T.D.; RABELO, E.C.; NOBRE, R.A.; CUTRIM, E.M. & MENDONÇA, R.L. O estado atual dos conhecimentos de clima da Amazônia Brasileira com finalidade agrícola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1º, 1984, Belém. Clima e Solo, *Anais ...* Belém, EMBRAPA/CPATU, 1986. p.19-36.

BASTOS, T.X. & PACHECO, N.A. Características Agroclimatológicas do município de Igarapé-Açu. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2.000, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.51-58.

BAYER, C.; NETO, L.M.; DICK, D. & SCHEUERMANN, K.K. Conteúdo e qualidade da matéria orgânica afetados pelo uso e manejo do solo na região Oeste de Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza-Ce. *Resumos expandidos*, Fortaleza: SBCS, 1998. p.346-347.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase na matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p.687-694, 1999.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6 ed. Viçosa; Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERTALOT, M. J. A. *Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas agroflorestais num solo de cerrado*. Botucatu, 1997. 63p. Tese (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E. Growth parameters and nutrient content in four multipurpose tree species with potential characteristics for agroforestry systems in

a Cerrado region in Botucatu, São Paulo State, Brazil. **Journal of sustainable forestry**, v.15, n.2, p. 87-105, 2002.

BEZERRA, J.E.S. **Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays*, L.)**. Viçosa: UFV, 1978. 61p. Tese de Mestrado.

BILLOT, A. 1995. Agricultura e sistemas de pecuária na zona Bragantina (Pará-Brasil): Diagnóstico dos sistemas de produção familiares com importante componente pecuária. **Dissertação** do Eng. de Téc. Agrícolas de Regiões Quentes. CNEARC-EITARC, Montpellier, France.

BOHN, H.; McNEAL, B.; O'CONNOR, G. **Soil chemistry**. New York, John Wiley & Sons, 1979. 329p

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAM/BRASIL. Folhas As 24-Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1973. p (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

BRASIL, E.C. Sistema de cultivo em faixas como alternativa ao sistema tradicional de agricultura (Shifting cultivation): primeiras experiências no nordeste paraense. **Documentos EMBRAPA/CPATU**, n.67, p.9-26, 1992.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in Forest of the world. **Advances in Ecology Research**, [S.l.], p. 101-157, 1964.

BUOL, S. W. 1995. Sustainability of soil use. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 26: 25-44.

BUOL, S. W., & M. L. STOKES, 1997. Soil profile alteration under long-term, high-input agriculture. In: Buresh, R. J, P. A, Sanchez, and F. Calhoun 1997. Replenishing Soil Fertility in Africa. SSSA, ASA. Special Publication Number 51. Madison, Wisconsin, USA. 251 p.

BURGER, D., & G.H.H. FLOHRSCHÜTZ, 1996. A estrutura dos etor agrário da Amazônia Oriental: subsídios estatísticos para planos de desenvolvimento e de pesquisa. p. 333-350 *In: Simpósio do Trópico Úmido 1*, Belém, 1984. *Anais*. Belém, V. 6. Documentos 36. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil.

BUSHAMUKA, V. N., & R. W. ZOBEL. 1998. Differential genotypic and root type penetration of compacted soil layers. *Crop Sci.* 38 (3):776-781.

CADAVID, L.F.; EL-SHARKAWY, M.A.; ACOSTA, A.; SÁNCHEZ, T. Long – term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. Reprinted from *Field Crops Research*. 57: 45-56. 1998.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIAYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. *In: COSTA, M.B.B.(Coord.); CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIAYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Adubação Verde no Sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 1-55 p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. R. Compactação do solo e desenvolvimento das plantas. Piracicaba:DEGASPAR, 1997. 132p.

CANTARELLA, H., ABREU, C.A. de & BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. *In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: problemas e soluções*, 1992, Botucatu, S.P. *Anais ...* Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992. p. 63-122.

CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA Jr., I. 1992. Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-Pa. Pont à Pitre. Universidade dês Antilas Guianas. p.101-123.

CARTER, M. R. Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, n. 1, p. 29-40, 1986.

CARTER, M.R., GREGORICH, E.G., ANDERSON, D.W., DORAN, J.W., JANZEN, H.H. y PIERCE, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.

CATANI, R. A. & O. A. JACINTHO, 1974. Naálise química para avaliar a fertilidade do solo. E. S. A. "Luiz de Queiróz", Piracicaba, Bol. Tec. Cient. 37.

COLE, D.; RAPP, M. Elemental cycling forested ecosystems. In: REICHLE, D. E., ed. **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p.341-409.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Lavras, 1999. 359p.

COMPTON, J. E.; BOONE, R. D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 34, p. 933-943, 2002.

CONCEIÇÃO, M. de F.C. 1990. Políticas e colonos na Bragantina, Estado do Pará: um trem, a terra e a mandioca. **Tese de Mestrado**. UNCAMP, São Paulo, Brasil.

CORDEIRO, A. T. Efeitos de níveis de nitrato, amônio e alumínio sobre o crescimento e sobre a absorção de fósforo e nitrogênio em *Stylosanthes guianensis* e *Stylosanthe macrocephala*. Viçosa, U. F. V., 1981. 53 p (Tese M.S.)

COSTA FILHA, C.L. Avaliação da \Potencialidade das terras para determinação de zonas agroecológicas no município de Igarapé-Açu, Pará. **Belém: Universidade Rural da Amazônia.** 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFRA, 2005.

COSTA, L.M. da, JUCKSCH, I., GJORUP, G.B. Manejo de solos. In: CURSO DE FERTILIDADE E MANEJO DO SOLO. **Fertilidade e manejo do solo.** Brasília: ABEAS, 1996. mod. 15. 61p.

COSTA, R.S.C. da; LEÔNIDAS, F.C.; RODRIGUES, V.G.S.; GARCIA, A. Influência de diferentes coberturas de solo na concentração de nutrientes nas folhas de café conilon em Ouro Preto d'Oeste, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., Porto Seguro, 2003. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p.421-422.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics withim Amazonian forest ecosystems. In: Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Dodecologia**, v. 68, p. 446-472. 1986.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DEMATTE, J.L.I. **Manejos de solos ácidos dos trópicos úmidos – Região Amazônica.** Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.

DEMÉTRIO, R. 1988. Efeitos da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa-C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.). Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1988. 98 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) –UFRJ.

DENICH, M. 1989. Untersuchungen zur Bedeutung junger Sekundärvegetation für die Nutzungssystemproduktivität im östlichen Amazonasgebiet, Brasilien. Göttinger Beiträge zur Land-und Forstwirtschaft inden Tropen und Subtropen, 46.

DENICH, M.; and M. KANASHIRO. 1995. Secondary vegetation in the agricultural landscape of Northeastern Pará, Brazil. P.12-21. *In* J. Parrota and M. Kanazhiro (ed.) Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia. Proc. Symposium, Santarém, PA. 18-22 November 1993. IITF-USAID/Forest Service, Rio das Pedras-Puerto Rico.

DENICH, M.; SOMMER, R.; & P.L.G.VLEJ. Soil carbon stocks in small-holder land-use systems of the Northeast of Pará state, Brazil. In: **Proceedings of the Third SHIFT-Workshop Manaus**, 1998. p. 137-140.

DENICH, M. and W. LÜCKE. 1998. Buschhäcksler: Eine Entwicklung zur nachhaltigen Ressourcennutzung durch Mulchproduktion als Alternative zur Brnadrodung in tropischen Brachesystemen. *Landtechnik*, 53(4): 250-251.

DENICH, M.; M. KANASHIRO, P.L. VLEK. The potencial and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the Eastern Amazon region, Brazil. **Advances in Soil Sciences**. 1999.

DE RONDE, C.; GOLDAMMER, J. G. WADE, D. D.; SOARES, R. V. Prescribed fire in industrial plantations. IN: GOLDAMMER, J. G. (ED.). **Fire in the Tropical Biota – Ecosystem Processes and Global Chanllenges** Berlin: Springer-Verlag, 1990, p.216-272 (Ecological Studies, Vol. 84).

DERPSCH, R. Expansão mundial do plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 59, n. 1, p. 32 - 40, 2000.

DE SOUZA, LAG, SILVA, MF e MOREIRA, FW (1994). Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. *Acta Amazonica* 24(1-2): 9-18.

DIECKMANN, U. Biologische und chemische Bodencharakteristika zur Beurteilung der nachhaltigen Produktivität von Landnutzungssystemen in der Zona Bragantina. Ost-Amazonien. Göttingen Universität Göttingen: Universität Göttingen, 1997. 134p. **Tese de Doutorado.**

DOLMAN, J.D.; BUOL, S.W. A study of organic soils (Histosols): In the tidewater region of North Carolina. North Carolina Agricultural experiment station, Tech.Bul., n.181, dez/1967.47p.

EHLERS, Eduardo M. (1994) **O que se entende por agricultura sustentável? Dissertação de Mestrado, USP**, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, S.Paulo: novembro 1994.

EILERS, R. G. Salinization of soil. Soil health. 1995. Disponível em: < <http://res.agr.ca/CANSIS/PUBLICATIONS/HEALTH/chapter08.html> >. Acesso 16/11/2000.

FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of ecology, evolution, and systematics**. 34: 487-515.

FALESI, Í.C. 1976. **Ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 193p. (EMBRAPA/ CPATU. Boletim Técnico, 1).

FAO/INCRA. **Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável**: (resumo de relatório final do projeto UFT/BRA/036-segunda versão). Brasília, 1995. 24p.

FASSBENDER, H.W.; BEER, J.; HEUVELDOP, J.; IMBACH, A.; ENRIQUEZ, G.; BONNEMANN, A. Ten year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest ecology and management*, v.45, p.173-183, 1991.

FASSBENDER, H. W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO: RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 16., 1985, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 1985.

FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. A.de.; MELO, P. C. **Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro** (*Theobroma grandiflorum* schum.), Cerne, Lavras, v. 9, n. 2, p. 221-230, jul./dez. 2003.

FERNANDES, E. C.M., C.B. DAVEY, and L.A. NELSON. 1993. Alley cropping on na ultisol in the Peruvian Amazon: mulch, fertilizer and tree root pruning effects. p. 77-95. *In* J. Ragland and R. Lal (ed) Sustainable agriculture in the tropics. ASA Spec. Publ. 56, Madison, WI.

FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C ; FERNANDES, A.H.B.M. **Alterações na matéria orgânica e nas características químicas de um Podzol Hidromórficos sob pastagens cultivadas no Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 28p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

FERNANDEZ, I.; CABANEIRO, A.; CARBALLAS, T.. Organic matter changes immediately after a wild-fire in Atlantic Forest soil and comparison with laboratory soil heating. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, p. 1-11, 1997.

FERNANDES, L.A.; NASCENTE, C.M.; SILVA, M.L.N.; NETO, A.E.F. e VASCONCELOS, C.A. **Sistemas de preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo vermelho-escuro fase cerrado**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza-Ce. Resumos expandidos, Fortaleza: SBCS, 1998. p.17-18.

FERNANDES, S.A.P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. Piracicaba, 1999. 131p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERRARI, E. A. Desenvolvimento da agricultura familiar: a experiência do CTA-ZM. In: O solo nos grandes domínios do Brasil e o desenvolvimento sustentado. VITOR HUGO ALAVAREZ V.; LUIZ EDUARDO F. FONTES & MAURÍCIO PAULO F. FONTES (ed.). Viçosa, MG: SBCS/UFV, DPS, 1996. p.930:p.232-250.

FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P.; MACNEAL, K.M. Using achlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.3/4, p.171-181, 1994.

FURLANI, P.R. Tolerância de cultivares de milho ao alumínio. In: **SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA"**, 3., Assis, 1995. Resumos. Assis: Instituto Agrônomo de Campinas, 1995, p. 71-75.

GALE, W. J., C. A. CAMBARDELLA, and T. B. BAILEY. 2000a. Surface residue-and root-derived carbon in stable and unstable aggregates. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 196-201.

GALE, W. J., C. A. CAMBARDELLA, and T. B. BAILEY. 2000b. Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 201-207.

GALINDO, J.J, ABAWI, G.S, THURSTON, H.D, GALVEZ, G. Effect of mulching on web blight of beans in Costa Rica. **Phytopathology**, v.73, p.610-615, 1983.

GAMA, J.R.N.F.; PEREIRA, W.L.M.; VELOSO, C.A.C. e TENÓRIO, A.R.M. Dinâmica da matéria orgânica em latossolo amarelo sob pastagem plantada. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**, 12, 1998, Fortaleza-Ce. Resumos expandidos, Fortaleza: SBCS, 1998. p.130-131.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.355-361, 2000 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB

GOMES, S.T. **Condicionamento da modernização do pequeno agricultor**. São Paulo, IPE. 1986. 181p.

GONÇALVES, J. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; SASAKI, C. M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 601-616, 2001.

GREELAND, D.J.; NEY, P.H. Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soil under natural fallows. **Journal Soil Science**, v.10, p.284-299, 1959.

GREENLAND, D.J. **Bringing the green revolution to the shifting cultivator**, Science. 190:841-844, 1975.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.74, n. 4, p.367 -385, Nov. 1994.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental**, São Paulo, n.37, p.28- 37,1996.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HAAS, F.D. **Aspectos básicos de fertilidade sobre plantio direto**. In: Revista plantio direto: Fertilidade do solo em plantio direto: Resumos de palestras do III Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, ed. Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, p. 19-31. 1999.

HART, P. B. S.; CLINTON, P. W.; ALLEN, R. B.; NORDMEYER, A. H.; VANS, G. Biomass and macro-nutrients (above- and below-ground) in a New Zealand beech (*northofagus*) Forest

ecosistem: implications for carbon storage and sustainable Forest management. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 5899, p. 1-14, 2002.

HODGSON, J. F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. **Advances in Agronomy**, New York, **15**:119-59, 1963.

HOLANDA, F.S.R.; MENGEL, D.B.; BERTONI, J.C., CARVALHO, J.G. e PAULA, M.B. Matéria orgânica em pH no solo cultivado com milho e milho-soja, em diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza-Ce. 1998. Resumos expandidos, Fortaleza: SBCS, 1998. p.374-375.

HÖLSCHER, D., B. LUDWIG, M.R.F. MÖLLER, and H. FÖLSTER. 1997. **Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. Agric. Ecosyst. Environ.** 66:153-163.

HÖLSCHER, D. **Wasser-und Stoffhaushalt eines Agrarökosystems mit Waldbrache im östlichen Amazonasgebiet.** Göttingen:Universität Göttingen, 1995. 134p. **Tese de Doutorado.**

HÖLSCHER, D., M. R. F. MÖLLER, M. DENICH, and H. FÖLSTER. 1997. Nutrient input-output budget os shifting cultivation in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycl. Agroecosyst.** 47:49-57.

HONDERMANN, J.B.N. 1995. Fitomassa e estoque de bioelementos nas diversas fases da vegetação secundária, provenientes de diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense. **Tese de mestrado**, UFPA, Belém, Brasil.

HOUSBECK, M.K, PENNYPACKER, S.P., STEVENSON, R.E. The effect of platic mulch and forced heated air on *Botrytis cinerea* on geranium stock plants in a research greenhouse. **Plant Disiease**, v.80, p.170-173, 1996.

HUANG, B., R. R. DUNCAN, and R. N. CARROW. 1997. Drought-resistance mechanisms of seven warm-season turfgrass under surface soil drying: II Root aspects. *Crop Sci.* 37(6): 1863-1869.

IBGE. Censo Agropecuário, 1995-1996 – Pará.

JACKSON, J. F. Seasonnality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. *Biotropica*, v.10, p.38-42, 1978.

IDESP. Diagnóstico do Município de Igarapé-Açu. Belém. IDESP, CDI, 1997. (Relatório de Pesquisa).

JACKSON P. C, CAVELIER J, GOLDSTEIN G, MEINZER FC, HOLBROOK N. M. **Partitioning of water resources among plants of a lowland tropical forest.** *Oecologia* 101: 197-203. 1995.

JONES, C.W., McCARTER, S.M. Etiology of tomato fruit rots and evaluation of cultural and chemical treatments for their control. *Phytopathology*, v.64, p.1204-1208, 1974.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 58, p. 49-60, 1996.

KANASHIRO, M. & DENICH, M. **Potencial de uso da terra e manejo de áreas alteradas e abandonadas in Amazônia Brasileira.** In: **Estudos dos impactos humanos nas florestas e áreas inundadas nos trópicos- SHIFT.** Brasília, MCT/CNPq, 157p. 1998.

KANG, B.T.; WILSON, G.F.; SIPKENS, L. Alley cropping maize and leucaena in Southern Nigeria. *Plant and soil*, v.63, p.165-179, 1981.

KAPUSTA, G. *et al.* Corn yield is equal in conventional , reduced and no tillage after 20 years. *Agron. J.*, v. 88, n.5, p. 812-817, 1996.

KATO, M.S.A. 1998. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: Crop performance and phosphorus dynamic. Ph.D.diss. University of Göttingen (in preparation).

KATO, O.R. **Fire-free land preparation as na alternative to slash-and-burn agriculturein the Bragantina region, Eastern Amazon: Crop performance and nitrogen dynamic.** Universität Göttingen, 1998a. 132p. Tese de Doutorado.

KATO, O.R.; VIELHAUER, K.; DENICH, M. & LUCKE, W. Preparo de área sem queima; aspectos agrotécnicos para produção de mulch a partir da trituração da capoeira. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.38-41.

KATO, O.R.; KATO, M.S.A.; DENICH, M.; FOLSTER, H. & VLEK, P.L.G. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em sistema de cultivo sem o uso do fogo no preparo de área no nordeste paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.112-115.

KATO, M.S.A. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: Crop performance and phosphorus dynamic.** Universität Göttingen, 1998b. 144p. Tese de Doutorado.

KATO, M.S.A., O.R. KATO, M. DENICH and P.L.G. VLEK. 1999. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. *Field Crops Research*, 62: 225-237.

KATO, M.S.A. & 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, **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.35-37.

KATO, M.S.A.; KATO, O.R.; DENICH, M. & VLEK, P.L.G. Disponibilidade de fósforo em sistema de mulch, no Nordeste Paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.116-119.

KAY, B. D. 1999. Soil structure. In: **Handbook of Soil Science**. Sumner, M. E. (ed). CRC Press Inc., Boca Raton. FL. USA. p. 229-276.

KLINGE, H. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. **Amazoniana**. Manaus, v. 6, n. 2, p. 193-202, ago. 1975.

LAL, R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IITA Tech. Bull. No. 1. 38 p.

LAL, R. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol: 2- water runoff, soil erosion and nutrient loss. **Agroforestry systems**, v.8, p.97-111, 1989.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, 1986. p.111-132.

LAS SALAS, G. **Suelos y ecosistemas forestales; con énfasis en América tropical**. San José: IICA. 1987. 445 p.

LESSA, A. S. N.; ANDERSON, D. W.; MOIR, J. O. Fine root mineralization, soil organic matter and exchangeable cation dynamics in slash and burn agriculture in the semi-arid northeast of Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 59, p. 191-202, 1996.

LOBO, I. **Eletroquímica de Latossolos: Efeito da Adsorção de Ânions e Cátions**. Itaguaí, Rio de Janeiro, 1986, 157 p. (Dissertação de Mestrado)

LOPES, A.S.; SMYTH, T.J. & CURI, N. The need for a soil fertility reference base and nutrient dynamics studies. In: IBSRAM (International Board for Soil Research and Management). Management of acid tropicalsoils for sustainable agriculture: proceedings of an IBSRAM inaugural workshop. Bangkok, 1987. p.147-166.

LOREAU, M. Microbial diversity, producer-decomposer interaction and ecosystem processes: a theoretical model. **Proceedings: Biological Sciences**, London, v. 268, p. 303-3098, 2001.

MACKKENSEN, J., D. HÖLSCHER, R. KLINGE, & H. FÖLSTER. 1996. Nutrient transfer to the atmosphere by buning of debris in eastern Amazonia. *For. Ecol. Manage.* 86:121-128.

MAFRA; A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA; H. L.; HARKALY; A. H.; MENDOZA, E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo cultivo em aléias. e em cerrado na região de Botucatu, SP. *SCIENTIA FORESTALIS* n. 54, p. 41-54, dez. 1998

MAGGS, J. Organic matter and nutrients in the forest floor of *Pinus elliotti* plantation and some effects of prescribed burning and superphosphate addition. **For. Ecol. and Manag.**, Amsterdam, v.23, p.105-109, 1988.

MALAVOLTA, E. J.; SARRUGE & V. C. BITTENCOURT. **Toxidez do alumínio e manganês**. Iv. Simp. Sobre cerrados (Brasília):no prelo. 1976.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas** / E. Malavolta. – São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1980.

- MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. 2.ed. Piracicaba: Instituto Internacional de Pesquisa da Potassa, 1980. 91 p. (Boletim Técnico, 4)
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Ceres, 1987. 606 p.
- MARCOS, G. M.; LANCHO, J. F. G. Atmospheric deposition in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests: implications for Forest nutrition. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 171, p. 17-29, 2002.
- MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.
- MARTINS, P.F.S.; CERRI, C.C.; VOLKOF, B.; ANDREUX, F. Efeito do desmatamento e do cultivo sobre características físicas e químicas do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. **Revista do Instituto de Geografia**, v. 11, p. 21-33, 1990a.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2001. 146 p.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.
- MATIAS, M. I. A. S. **Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro**. 2003. 78f. - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2003.
- McKEVLIN, m. r; McKEE, W. H. Jr. Long term prescribed burning increase nutrient uptake and growth of lobboly pine seedings. **For. Ecol. Manag.** Amsterdam, v.17, p.245-252, 1986.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações: In: GALVÃO, A. P. **M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p.269-312.

MELO, F. A. F. Brasil Sobrinho, M. O. C., Arzolla, S. et al. **Fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1989. 400p.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. do B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J. de C. **Fertilidade do Solo.** 3ªed. Piracicaba. 1985. 400p.

MELO, V. F.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 165-171, maio/ago. 1995.

MELO, W. J.; MARQUES, M.O.; SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais (Compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais.** Rio de Janeiro: Embrapa; SBCS, 1997.

MENDONÇA, E.S. & LOURES, E. G. Matéria Orgânica do solo. In: CURSO DE FERTILIDADE E MANEJO DO SOLO. **Fertilidade e Manejo do solo.** Brasília: ABEAS, 1996. mód. 5. 45p.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

METZGER, J.P. 2003. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas ? In: **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF. p.51-71.

MIELNICZUK, J.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo do solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: **Tópicos em ciência do solo**. nViçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.209-248.

MORAN, E.F. **Developing the amazon**. Bloomington, Indiana University Press, 1981.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.

MOURA, A.A.B. de. **Efeito de sistemas de manejo na cultura do milho (Zea mays, L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo cámbico distrófico fase terraço**. 1981. 94p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1981.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NAIR, P. K. R. (ed.) 1989. **Agroforestry Systems in the Tropics**. Kluwer Academic and ICRAF, Dordrecht, Netherlands. 664 pp.

NAIR, P. K. R. The prospects and promise of agroforestry in the tropics, a review of the technical and socioeconomic information with special emphasis to Africa. s.n.t. Report to World Bank. 1990. 121p.

NCSU (NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY). Comparative soil dynamics under different management systems: NC-6. In: T. McBRIDE (ed.). **TropSoils technical report**, 1988-1989. Raleigh, North Carolina State University, 1991. p.187-206.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; BARROS, N. F. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Revista Caatinga** - ISSN 0100-316X . UFERSA Caatinga (Mossoró, Brasil), v.19, n.2, p.200-208, abril/junho 2006

OLIVEIRA, C. D. S. **Percepção de agricultores familiares na adaptação do sistema de cultivo de corte e trituração**. 2002, 140. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Núcleo de Estudos Integrados Sobre Agriculturas Familiares, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2000. 247p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, J. B. **Classificação de solos e seu emprego agrícola e não agrícola**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, SP, Anais: (CD_ROM)...Ribeirão Preto, 2003. 9p.

OLIVEIRA NETO, S. N.; PAULA, R. C.; BARROS, N. F. Adequação de um solo degradado para revegetação In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1988, Ouro Preto, MG. Anais. Ouro Preto: SOBRAD/UFV, 1998. p.181-186.

OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of American, 1972. p.243-264.

OSAKI, F. **Calagem e Adubação / Flora Osaki**. -- 2 ed. atual e aum. Campinas, SP: Instituto de Ensino Agrícola, 1991.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. London: Academic, 1996. 340 p.

PATÍÑO, V. M. 1965. **Historia de la Actividad Agropecuaria en America Equinoccial**. Imprenta Departmental, Cali, Colombia, 601 p.

PAULETTI, V; LIMA, M. R.; BARCIK, C; BITTENCOURT, A. Evolução nos atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes métodos de preparo de solo. **Scientia Agraria**, v.6, n.1-2, p.9-14, 2005.

PAVAN, M. A.; MIYZAWA, M. **Análises químicas de solo: parâmetros para interpretação**. Londrina: IAPAR, 1996. 48p. (IAPAR. Circular, 91).

PEREIRA, J. R. Solos salinos e sódicos. In: RAIJ, B van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. da. **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.127-43.

PERIN, E.; CERETA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 665-674, 2003.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos, SP. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 25., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 1CD-ROM.

PINAMONTI, F. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. 51: 239-248. 1998.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. Piracicaba, 1985. 211p. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

PRIMARCK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F. **Fundamentos de conservación biológica perspectivas latino americanas**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1998. p. 559-579.

RAIJ, B van (1939). **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991.p.343.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAUN & F. BERTSCH (ed.). **Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica**. Raleigh, North Carolina State University, 1991. p.39-47.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, SOBRADE, 1998. p. 163-176.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; ÁLVARO LUIS MAFRA, A. L.; JAIME ANTONIO ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob

campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.49-55, 2003
ISSN 0103-8478

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA Jr, R. C.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; CAPECHE, C. **Características físico-hídricas dos principais solos da Amazônia Legal I**. Estado do Pará. Belém: Embrapa-cnps, 1991, 236p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFRV, SOBRAD, 1998. p.203-215.

RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. *Revista Circular Técnica do Ipef*, v. 189, p. 1-42, 1999.

ROMIG, D.E., GARLYND, M.J., HARRIS, R.F. & McSWEENEY, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. **J. Soil Water Conservation** 50: 229-236.

SÁ, J. C. de M. Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema, In: **Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto**, 1995, Castro. **Anais ...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 9-20.

SÁ, T. D. de A., K. VIELHAUER, M., DERICH, and M. KANASHIRO. 1996. A vegetação secundária em pousio, no sistema da agricultura tradicional da Amazônia Oriental – Função e modificações potenciais. p.91. In III Congresso de Ecologia do Brasil, Brasília, 1996. Brasília, Brasil.

SÁ, J.C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. *et al.* **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS-Ufla, 1999, cap 2, p. 267-319.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; VENTURIN, n2avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.343-349, 2006.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p 115-122, 1998.

SAMPAIO, F.R.A.; FONTES, L.E.F; COSTA, L.M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, p. 1161-1170, 2003.

SANCHEZ, P. A. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. Wiley, New York. 618 pp. 1976.

SANCHEZ, P.A. & COCHRANE, T.T. Soil constraints in relation to major farming systems of tropical America. In: M. DROSDOFF; H. ZANDSTRA 7 W.G. ROCKWOOD (ed.). **Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics**. Los Baños, IRRI. 1980. p.107-139.

SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José : IICA, 1981. p.491-542.

SANCHEZ, P.A., C.A. PALM, L.T. SZOTT, E. CUEVAS, and R. LAL. 1989. Organics input management in tropical agroecosystems. P. 125-152. In D.C. Coleman, J.M. Oades, and G. Uehara (ed) Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. NifTAL project, University of Hawaii, Hawaii.

SÁNCHEZ, P.A. 1995. Science in agroforestry. **Agroforestry Systems** 30: 5-55.

SANCHEZ, P. A.; GARRITY, D. P.; BANDY, DALE, E.; TORRES, F.; SWIFT, M. J. Alternativas sustentáveis à agricultura migratória e a recuperação de áreas degradadas nos trópicos

úmidos. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém, PA., **Anais...** Rio Piedras: Internacional Institute of Tropical Forestry/USDA – Forest Service, 1995. p.1-13.

SANTOS, E.E.F.; SANTOS, M.H.L. 2003. Influência do tempo de cultivo nas características químicas de um Latossolo no Oeste baiano. In: **Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo**. 29, Ribeirão Preto, Anais... Ribeirão Preto: SBCS, CD.

SANTOS, M.J.C. 2004. **Viabilidade econômica em sistemas agroflorestais nos ecossistemas de terra firme e várzea no estado do Amazonas: um estudo de caso**. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 142p. (Tese de Doutorado).

SANTOS, R.V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F.(Ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.289-317.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**. 5(1): 18-32.

SCHLESINGER, W.H. **Biogeochemistry: an analysis of global change**. San Diego, CA: Academic Press. 1991. 443 p.

SCHUMACHER, V. M. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell**. 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

SERRÃO, E. A 1995. Desenvolvimento Agropecuário e Florestal: Situação Atual e Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável com Base no Conhecimento Científico e Tecnológico In:FBDS/IBGE/SAE, 1995. Diagnóstico Ambiental, Estudos Temáticos e Sistemas de

Informações Geográficas como subsídio ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal. Eneas Salati e Antonia Maria. M. Ferreira (Org.). Documentos Internos.

SIDIRAS, N.; PAVAN, N. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo no nível. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 10, n. 3, p. 181-184, 1986.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, Nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submentidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.

SILVA, C. R.da & SOUZA, Z. M. Eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos: manejo de nutrientes e uso pelas plantas. Trabalho apresentado em 1998 na Disciplina de Problemas de Fertilidade dos Solos da FEIS/UNESP. Ilha Solteira, sob responsabilidade do Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes São Paulo, 1998

SILVA, E.C. da; BUZETTI, S. Avaliação das doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho (*Zea mays* L.) no sistema de plantio direto em solo de cerrado. IN: **Reunião Brasileira de fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**, 24, 2001, Santa Maria. Anais.. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2001. 3p.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.202-217, 2006

SILVA, G. R.; SILVA Jr, M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazônica**. Vol. 36(2) 2006: 151 - 158

SILVA, P. C. M, & LÚCIA H. G. CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v.5, n.3, p.431-436, 2001 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB -
<http://www.agriambi.com.br>

SMITH, R. L. **Ecology and field biology**. Menlo Park: Addison-wesley educational, 1996. 740 p.

SMYTH, T.J.; ALEGRE, J.C. & PALM, C.A. Dinâmica de nutrientes del suelo durante três años de cultivos de bajos insumos em um Utisol de la Amazônia Peruana. In: T.J. SMYTH; W.R.

SMYTH, T. J.; ALEGRE, J. C. & PAL, C. A. Dinâmica de nutrients del suelo durante três anos de cultivos de bajos insumos em um Utisol de la Amazônia Peruana. In: T. J. SMITH; W. R. RAUN & f. BERTSCH (ed.). Manejo de suelos tropicales em Latinoamérica. Raleigh, North Carolina State University, 1991. p.39-47.

SOARES, R. V. Effects of a pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH (1, 1990, Coimbra) **Proceedings**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 1990, p.C.06-C.09.

SPAROVEK, G; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P.; SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.363-368, 1991.

SMYTH, T.J. Manejo da fertilidade do solo para produção sustentada de cultivos na Amazônia. In: O solo nos grandes domínio do Brasil e o desenvolvimento sustentado. VITOR HUGO ALAVAREA V.; LUIZ EDUARDO F.FONTES & MAURÍCIO PAULO FONTES (ed.). Viçosa, MG: SBCS;UFV, DPS, 1996. p.930:p.71-93.

SOANE, B. D. 1990. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. *Soil Tillage Res.* 16: 179-201.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v.114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STRATTON, M.L. & RECHCIGL, J.E. Organic mulches, wood products, and composts as soil amendments and conditioners. In: Handbook of soil conditioners (Wallace, A.; Terry, R.E., ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. 1998.

STREHL, C.; PRIETZEL, J. Method for the partitioning of organic sulphur in Forest soil O layers. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 30, p. 1725-1731, 1998.

STRINGUETTI, A. G. ; BARBOSA, L. M. ; VASTANO JÚNIOR, B. . Estudo de modelos de repovoamento florestal em mata ciliar para proteção de trechos degradados do rio Mogi-Guaçu (SP). In: Pesquisa Ambiental na Secretaria do Meio Ambiente, 2000, São Paulo. Anais da Pesquisa Ambiental na Secretaria do Meio Ambiente, 2000. p. 146-146.

SZOTT, L.T.; PALM, C.A. & DAVEY, C.B. Biomass and litter accumulation under managed and natural tropical fallows. **For.Ecol.Management**, 67:177-190, 1994.

TEIXEIRA, L.B.; BASTOS, J.B. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1989. 26 p. (EMBAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 98).

TEIXEIRA, L. B.; SERRÃO, E. A. S.; TEIXEIRA NETO, J. F. Pastagens cultivadas na Amazônia: sustentabilidade e sua relação com a fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. Anais... Manaus: UA, 1996. 259 p.

THEODORO, V. C. A. Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional. 1999. 214f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

THEODORO, V. C. A. de ; ALVARENGA, M. I. N. ; GUIMARÃES, Rubens José ; MOURÃO JÚNIOR, M. . **Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho (VE) sob mata nativa e sistemas de produção orgânico, em conversão e convencional do cafeeiro (*C. arabica* L.) na região sul de Minas Gerais.** In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001, Vitória. RESUMOS DO II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Vitória : EMBRAPA/MAA, 2001. p. 174-175.

THURSTON, H.D. 1997. **Slash/Mulch systems: Sustainable methods for tropicas agriculture.** WestviewPress, Colorado,U.S.A.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter stability in soil fertility and agricultural potential. **Nature**, London, v.371, n.6500, p.783-785, Oct. 1994

TINKER, P. B., J.S.I. INGRAN, and S. STRUWE. 1996. Effects of slash-and-burn agriculture and deforestation on climate change. **Agric. Ecosys. Environ.** 58:3-11.

TISDALE, S. L. et al. **Soil fertility and fertilizers.** New York: Macmillan, 1993. 634 p.

VALLE JR., R. F. **Efeito da aplicação de hidróxido de sódio sobre a disponibilidade real de água de um Latossolo Vermelho escuro sob cerrado.** Lavras:UFLA, 1995. 79p. (Dissertação - Mestrado em Irrigação e Drenagem).

VANLAUWE, B., N. SANGINGA, and R. MERCKX. 1997. Decomposition of four *Leucaena* and *Senna* prunings in alley cropping systems under sub-humid tropical conditions: the process and its modifiers. **Soil Biol. Biochem.** 29(2):131-137.

VALE, F. R.; NOVAIS, R. F; BARROS, N. F. Influência do Alumínio sobre a absorção de nitrogênio e fósforo por mudas de eucalipto (*Eucalyptus alba*). **Revista Árvore** 6 (1):90-94. 1982.

VAZ, C. M. P., L. H. BASSOI, and J. W. HOPMANS. 2001. Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe. *Soil & Till. Res.* 60: 35-42.

VEGA, J. A.; BARA, S.; GIL, M. C. Prescribed burning in pine stands for fire prevention in the N.W. of Spain: some results and effects. In: GOLDAMMER, J. G. (HRSg). DFG – Symposium “Feuerökologie”. Albert Ludwigs – Universität Freiburg i.Br. 1983, p.49-73.

VERGARA-SÁNCHEZ, M. A & JORGE D. ETCHEVERS-BARRA, J. D. Relación entre el uso de la tierra y su fertilidad en las laderas de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, v.40, p.557-567. 2006.

VIELHAUER, K.; KANASHIRO, M.; SÁ, T.D.A & DENICH, M. 1999. Technology development of slash-and-mulch and of fallow enrichment in shifting cultivation systems of the eastern Amazon. Proceedings of the 3th Workshop on Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics. p.49-60.

VIELHAUER, K. & SÁ, T.D.A. Efeito do enriquecimento de capoeiras com árvores leguminosas de rápido crescimento para a produção agrícola no Nordeste Paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, *Anais.* Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, 2000. 221p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69). 2000. p.27-34.

VOGT, K. A.; GRIER, C.C.; VOGT, D.J. Production, turnover and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest. *Advances in ecological research*, v. 15, p.303-377. 1986.

WADE, M. K.; SANCHES, P. A. Mulching and green manure application for continuous crop production in the Amazon basin. *Agronomy Journal*, 75:39-45, 1983.

WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Forest ecosystems: concepts and management**. San Diego: Academic, 1985. 340 p.

WATRIM, O. S.; SANTOS J. R dos.; VALÉRIO FILHO, M. Análise da Dinâmica na Paisagem do Nordeste Paraense através de Técnicas de Geoprocessamento. Anais: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Salvador-Ba. Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p.427-433.

WILSON, G. F. and K. L. AKAPA. 1983. Providing mulches for no-tillage in the tropics. pp. 51-65. In: Akobundu, I. O. and A. E. Deutsch. ed. *No-tillage Crop Production in the Tropics*. Symp. Monrovia, Liberia, August 1981. IPPC, Oregon State Univ., Corvallis, OR.

YOUNG, A. Ten hypotheses for soil-agroforestry research. *Agroforestry today*, 1:13-15, 1989.

YOUNG, T. P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, Cambridge, v.92, n.1, p.73-83. 2000.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.842-852, 2004.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Wallingford, v. 84, p. 28-40, 2005.