



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MEC



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA/UFRA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ROSECÉLIA MOREIRA DA SILVA CASTRO

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO CONTEÚDO DE
NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM SISTEMAS FLORESTAIS E
AGROFLORESTAIS NO NORDESTE PARAENSE.**

**BELÉM
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MEC



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA/UFRA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ROSECÉLIA MOREIRA DA SILVA CASTRO

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO CONTEÚDO DE
NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM SISTEMAS FLORESTAIS E
AGROFLORESTAIS NO NORDESTE PARAENSE.**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Manoela Ferreira Fernandes da Silva

**BELÉM
2011**

Castro, Rosecélia Moreira da Silva

Influência da precipitação pluviométrica no conteúdo de nutrientes na serapilheira em sistemas florestais e agroflorestais no Nordeste Paraense/ Rosecélia Moreira da Silva Castro. Belém, 2011.

115 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

1. Sistemas agroflorestais – Bragança, PA. 2. Serapilheira 3. Nutrientes , 4. Sazonalidade 5. Bragança, PA. I. Título

CDD – 634.99098115



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MEC



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA/UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ROSECÉLIA MOREIRA DA SILVA CASTRO

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO CONTEÚDO DE
NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM SISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS
NO NORDESTE PARAENSE.

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa – Amazônia Oriental, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA EM : 22/06/2011

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Manoela Ferreira Fernandes da Silva, Doutora - Orientadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa, Doutor - 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Dr. Jorge Luiz Picininn, Doutor- 2º Examinador
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Profa. Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Doutora - 3ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Profa. Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos, Doutora - 4º Examinadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Dedico

Aos meus pais, meus filhos e meu marido,
que sempre me apoiaram.

Agradecimentos

Á DEUS, por ter me dado forças e saúde para concluir este trabalho.

Aos meus pais, pois sem eles nada seria possível.

Aos meus filhos, por compreender minha ausência e entender o motivo.

Ao meu esposo pelo carinho, amor, compreensão, paciência e pelas inúmeras ajudas.

Á minha co - orientadora Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, pelos ensinamentos, sugestões, amizade e pela orientação não só nesta tese, mas durante todos os anos de orientação, serei eternamente agradecida por acreditar e torcer sempre por mim e também por outros bolsistas que passam sobre sua orientação.

Á minha orientadora Manoela Ferreira Fernandes da Silva, pelos ensinamentos, sugestões, amizade e acompanhamento no campo.

Ao Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa, pela amizade e ao Instituto de Meteorologia/INMET, pela disponibilidade dos dados meteorológicos.

Ao amigo Dr. Jorge Picinnim pelas sugestões e melhoria deste trabalho.

Á Dra. Maria Marly pelas críticas, sugestões e ajuda no melhoramento deste trabalho.

Ao grande amigo de todas as horas, Seidel Santos

Á grande amiga Adalgisa Alvarez pelo apoio e amizade durante o curso de doutorado.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e à Coordenação de Ciências Agrárias.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida durante o curso.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), que foi a instituição de pesquisa que me deu acesso para a base do meu aprendizado desde 1998, e que até hoje tenho oportunidade para poder utilizar suas dependências para minha pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia/INMET, pela concessão dos dados meteorológicos.

À FAPESPA, pelo financiamento do projeto “Avaliação de sistemas de uso do solo por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental, microbiológico e Bioquímico em sistemas florestais e agroflorestal”, Termo de Concessão 126/2008.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela utilização do laboratório de Análises Químicas.

A elaboração de um trabalho só é possível com a ajuda de diversas pessoas. Quero deixar aqui o meu sincero obrigado a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, ajudaram neste trabalho que, mesmo seus nomes não constando na lista, estiveram presentes e foram importantes, como os colegas do Museu Paraense Emílio Goeldi, aos professores do curso de doutorado da UFRA, e a todos que deram suas sugestões e contribuições para melhoria deste trabalho.

Muito Obrigado, meu **DEUS!**

SUMÁRIO

	RESUMO	14
	ABSTRACT	15
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Geral	18
1.1.2	Específicos	19
1.2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.2.1	Sistemas Florestais	22
1.2.2	Sistemas Agroflorestais	22
1.3	MANEJO E USO DA TERRA NA AMAZÔNIA	26
1.4	VARIAÇÃO SAZONAL DOS NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA	28
1.5	PRODUÇÃO, DECOMPOSIÇÃO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA	30
1.6	CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA FLORESTAL E AGROFLORESTAL	33
1.7	NUTRIENTES NO COMPARTIMENTO VEGETAL	35
1.7.1	Nitrogênio	35
1.7.2	Fósforo	36
1.7.3	Potássio	37
1.7.4	Cálcio	37
1.7.5	Magnésio	38
1.7.6	Sódio	38
1.7.7	Cobre	39
1.7.8	Ferro	39
1.7.9	Manganês	40
1.7.10	Zinco	41
	REFERENCIAS	42
2	AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA E SUA RELAÇÃO COM A SAZONALIDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM QUEIMA E SEM QUEIMA, BRAGANÇA - PA	47
	RESUMO	47
	ABSTRACT	48
2.1	INTRODUÇÃO	49
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	52
2.2.1	Caracterização e Localização da Área de Estudo	52
2.2.2	Caracterização do Meio Físico	54
2.2.2.1	Climatologia da região	54
2.2.2.2	Relevo e Solo	55
2.2.2.3	Caracterização da Vegetação	56
2.2.3	Delineamento Experimental	57
2.2.3.1	Sistemas Agroflorestais em áreas de florestas secundária manejada com queima	57
2.2.3.2	Sistemas Agroflorestais em áreas de florestas secundária manejada sem queima	58
2.2.4	Coleta e Preparo das Amostras de serapilheira	59
2.2.5	Determinações Analíticas	60
2.2.6	Análises Químicas de nutrientes na serapilheira	60
2.2.6.1	Macronutrientes	61

2.2.6.2	Micronutrientes	62
2.2.7	Análises Estatísticas	62
2.3	RESULTADOS	62
2.3.1	Concentração de Macronutrientes na Serapilheira	62
2.3.2	Influência da Sazonalidade	67
2.3.3	Interação entre Macronutrientes da serapilheira em sistema agroflorestal com queima e sem queima	68
2.3.4	Concentração de Micronutrientes na Serapilheira	69
2.4	DISCUSSÃO	71
2.4.1	Macronutrientes	71
2.4.2	Micronutrientes	71
2.5	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	78
3	AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM FLORESTA SECUNDÁRIA DE 40 E 10 ANOS DE IDADE VEGETACIONAL, BRAGANÇA – PA.	79
	RESUMO	83
	ABSTRACT	84
3.1	INTRODUÇÃO	85
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	87
3.2.1	Caracterização e Localização da Área de Estudo	87
3.2.1.1	Município de Bragança	87
3.2.1.2	Clima da região	88
3.2.1.3	Relevo e solo	88
3.2.2	Caracterização da Vegetação	89
3.2.3	Delineamento Experimental	94
3.2.3.1	Floresta Secundária Manejada, com 40 anos de idade	89
3.2.3.2	Floresta Secundária Manejada, com 10 anos de idade	91
3.2.4	Coleta e Preparo das Amostras de serapilheira	92
3.2.5	Determinações Analíticas	92
3.2.5.1	Análise Química de nutrientes na serapilheiras	92
3.2.5.2	Macronutrientes.	93
3.2.5.3	Micronutrientes	93
3.3	Análises Estatísticas	93
3.4	RESULTADOS	94
3.4.1	Concentração de Macronutrientes na serapilheira	94
3.4.2	Interação entre Macronutrientes da serapilheira em capoeira	100
3.4.3	Concentração de Micronutrientes na serapilheira	101
3.5	DISCUSSÃO	104
3.5.1	Macronutrientes	104
3.5.2	Micronutrientes	108
3.6	CONCLUSÕES	110
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
	REFERÊNCIAS	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Entrada anual de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em dois sistemas agroflorestais (AS1, baseado em palmeiras e fruteiras perenes e AS2, multi-estrato, com ampla mistura de fruteiras perenes e espécies madeireiras), ambos com 6 anos de idade, e na sucessão secundária natural (CAP), com 10 anos de idade. Os valores entre parênteses representam a proporção (em %) da contribuição da liteira fina e do adubo verde para o fluxo anual total de nutrientes nos SAFS, via matéria orgânica	25
Tabela 2	Estoque de nutrientes na serapilheira em diferentes sistemas, no Brasil	32
Tabela 3	Balanco de nutrientes nos sistemas de derruba e queima, e corte de trituração	50
Tabela 4	Valores médios das frações granulométricas do solo, da área de estudo, realizada antes do preparo da área, 2005	56
Tabela 5	Maiores concentrações de nutrientes da serapilheira em (SAFCQ) e (SAFSQ) em período chuvoso e de estiagem, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano 2009.	66
Tabela 6	Coefficientes de correlação de Pearson entre os macronutrientes da serapilheira em sistemas agroflorestais, comunidade Benjamin Constant, Bragança - PA.	68
Tabela 7	Coefficientes de correlação de Pearson entre os macronutrientes da serapilheira em capoeira na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA.	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da localidade de Benjamin Constant, Bragança – PA.	53
Figura 2	Variação mensal das precipitações e temperaturas no período de estudo (2009) e os últimos 20 anos (1979 a 2009)	55
Figura 3	Croqui da área experimental do sistema agroflorestral com queima (SAF1) e sem queima (SAF2), na comunidade de Benjamin Constant, Bragança-PA.	58
Figura 4	Coletor de serapilheira estocada sobre o solo, coleta e armazenamento das amostras na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA.	60
Figura 5	Extrato vegetal acondicionado em tubos de ensaio para a digestão Nitroperclórica.	61
Figura 6	Concentração de N (a) e P (b) em sistema agroflorestral manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.	63
Figura 7	Concentração de Ca (a) e Mg (b) em sistema agroflorestral manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, para o ano de 2009.	64
Figura 8	Concentração de K (a) e Na (b) em sistema agroflorestral manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.	65
Figura 9	Variação anual da precipitação e temperatura, no município de Tracuateua, distante 17 km de Bragança - PA, durante o período experimental, 2009.	67
Figura 10	Correlação entre os teores de P (a) e K (b) na concentração de nutrientes na serapilheira em istemas agroflorestais com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant Bragança - PA.	68
Figura 11	Concentração de Cu (a) e Mn (b) em sistema agroflorestral manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.	69
Figura 12	Concentração de Fe (a) e Zn (b) em sistema agroflorestral manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.	70
Figura 13	Dimensão de uma PPM e distribuição das subparcelas	90
Figura 14	Croqui da área experimental de uma capoeira de 10 anos, na Comunidade de Benjamin Constant, Bragança – PA.	91
Figura 15	Concentração de N (a) e P (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.	95
Figura 16	Concentração de Ca (a) e Mg (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total	96
Figura 17	Concentração de K (a) e Na (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial;	98

	DT=desbate total.	
Figura 18	Varição anual da precipitação e temperatura, no município de Tracuateua, distante 17 km de Bragança - PA, durante o período experimental, 2009	100
Figura 19	Correlação entre os teores de P (a) e K (b) na concentração de nutrientes na serapilheira em capoeira, na comunidade Benjamin Constant, Bragança - PA.	101
Figura 20	Concentração de Fe (a) e Mn (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança - PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.	102
Figura 21	Concentração Cu (a) e Zn (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.	103

LISTA DE SIGLAS

SAFCQ	Sistema Agroflorestal Com Queima
SAFSQ	Sistema Agroflorestal Sem Queima
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
Na	Sódio
Co	Cobre
Fe	Ferro
Zn	Zinco
Mn	Manganês
SD	Sem Desbate
DP	Desbate Parcial
DT	Desbate Total
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MPEG	Museu Paraense Emílio Goeldi
UFRA	Universidade Federal da Amazônia
FAPESPA	Fundação de Amparo á Pesquisa do Estado do Pará

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
INCT	Instituto Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento
PA	Pará
SAFS	Sistema Agroflorestal
ICRAF	World Agroforestry Center
MOS	Matéria Orgânica do Solo
LAQ	Laboratório de Análises Químicas
SQ	Sem Queima
CQ	Com Queima
UA	Unidade agrária
PPM	Parcela Permanente de Monitoramento
KS	Teste de Aderência
Kg/ha	Kilograma por hectare
mg/Kg	Miligramma por kilograma
t.ha	Tonelada por hectare
g/Kg	Gramma por kilograma

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM SISTEMAS FLORESTAIS E AGROFLORESTAIS NO NORDESTE PARAENSE.

RESUMO: Este estudo avaliou a dinâmica do conteúdo de nutrientes em diferentes sistemas florestais e agroflorestais no município de Bragança, na comunidade Benjamin Constant, no Nordeste do Pará. No experimento realizado em sistema agroflorestal aplicou-se tratamento de corte e queima de vegetação, denominado SAF1 e em outro sistema agroflorestal 2 onde não houve queima da vegetação e apenas raleamento da vegetação. Outro experimento foi realizado em capoeira de 40 e 10 anos de idade, onde foram aplicados desbaste na capoeira de 10 anos (com diferente intensidade de desbaste). Foram realizadas coletas de serapilheira em dois períodos: estiagem (novembro) e chuvoso (março), no ano de 2009. Para as coletas das amostras de serapilheira, utilizou-se coletores medindo (0,25 x 0,25m²), que foram colocados diretamente na superfície do solo. O material coletado foi armazenado em sacos de papel e levados ao laboratório de Análises Químicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde foram determinados as análises de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na) e micronutrientes (Fe, Co, Mn, Zn). As maiores concentrações de macronutrientes foram encontrados para o N nos sistemas agroflorestais com queima e sem queima, nos dois períodos (chuvoso e estiagem), e nas capoeiras de 40 e 10 anos nos tratamentos: sem desbaste (SD), com desbaste parcial (DP) e com desbaste total (DT). A maioria dos macronutrientes apresenta influencia da sazonalidade, que foi verificada pela grande variação de comportamento nutricional. A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi N>Ca>Mg>Na>K>P no (SAFCQ), todos com valores máximos de nutrientes no período chuvoso, sendo N, P, K, Ca, Na em maiores concentrações no (SAFSQ), e somente o Mg apresentou valor máximo em (SAFCQ). As diferenças estatísticas foram apresentadas (Tukey, p <0,05) principalmente entre o (SAFCQ) para os elementos fósforo, potássio, magnésio e sódio, pois apresentaram diferenças no mesmo tratamento durante os diferentes períodos. Dentre os micronutrientes analisados, as maiores concentrações nos sistemas agroflorestais com queima e sem queima, e nas capoeiras de 40 e 10 anos (SD), (DP), (DT) foi no elemento ferro. A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi Fe>Mn>Zn>Cu. A sazonalidade influenciou consideravelmente na concentração de nutrientes da serapilheira na maioria dos elementos. Houve variação significativa estatisticamente entre os tratamentos e períodos analisados na maioria dos sistemas.

Palavras-chave: ciclagem, amazônia, sazonalidade, floresta secundária, corte e queima.

ABSTRACT : This work had as main objectives: to assess the dynamics of nutrient contents in different forest ecosystems and agroforestry in the district of Bragança, Benjamin Constant in the community, in northeastern Pará. Litter were collected in two periods: dry season (November) and rainy (March), in 2009. For the collection of litter samples was used collectors measuring (0.25 x 0.25 m²) were placed directly on the soil surface. The collected material was stored in paper bags and taken to the Chemical Analysis Laboratory of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), where it was determined the analysis of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, Na) and micronutrients (Fe, Co, Mn, Zn). The highest concentrations of nutrients were found in the N to agroforestry systems with slash and burn, in the periods (wet and dry), and the forest at 40 and 10 years in the treatments without desbaste (SD), with partial desbaste (SD) desbaste and total (DP). All the nutrients showed the influence of seasonality, which was verified by the wide variation in nutritional behavior. The decreasing concentration of nutrients presented was N > Ca > Mg > Na > K > P (SAFCQ), all with maximum values of nutrients during the rainy season, and N, P, K, Ca, Na in highest concentrations in the (SAFSQ), and only Mg showed maximum value in (SAFCQ). The statistical differences were shown (Tukey, p < 0.05) mainly between (SAFCQ) for the elements phosphorus, potassium, magnesium and sodium, because they showed differences in the same treatment during different periods Among the micronutrients studied, higher concentrations agroforestry systems with slash and burn, and the forest at 40 and 10 years (SD) (DP) (DT) was the element iron. The decreasing concentration of nutrients was presented Fe > Mn > Zn > Cu. Seasonality significantly influenced nutrient concentrations of litter in most elements. Statistically significant variation between treatments and time periods systems.

Keywords: cycling, amazon, seasonality, forest secondary, burn

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nas últimas décadas, estima-se que o Brasil possui cerca de 172 milhões de áreas de pastagem (IBGE, 2008), provenientes do desmatamento, dos quais mais de 61 milhões encontram-se na Amazônia Legal. Embora o ritmo do desmatamento tenha retrocedido nos últimos 10 anos, alguns países mantêm taxas alarmantes, sobretudo na África e América do Sul, conforme anunciada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Dados publicados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2009), mostram que a área desflorestada na Amazônia Legal Brasileira já ultrapassa 700.000 Km², cerca de 71 milhões de ha. Apenas no ano de 2009, foram desflorestado cerca de 736.000 Km² (INPE, 2010), a derrubada da floresta seguida da queima é o processo usual de preparo da área para formação de pastagem.

Embora na Amazônia se encontre a maior cobertura de floresta tropical do mundo, no Nordeste do Pará a floresta primária foi substituída por uma paisagem fragmentada, onde as florestas secundárias (capoeiras) têm importante papel na biodiversidade e na biomassa florestal. Essas novas formações florestais tem potencial para contribuir no acúmulo de estoques de nutrientes no solo e na vegetação, podendo recuperar algumas das funções que tinham nas florestas primárias.

As florestas secundárias são os tipos mais comuns de ecossistemas alterados na Amazônia. Formada com o abandono de áreas florestais antropizadas, em diferentes estágios sucessionais, conhecida regionalmente como capoeira. No contexto amazônico, pode ser definida como uma vegetação espontânea proveniente do processo de substituição dos ecossistemas florestais naturais por agroecossistemas (PEREIRA; VIEIRA, 2001). As capoeiras surgem quando uma grande parte da floresta primária é substituída por uma vegetação secundária, oriunda principalmente do desmatamento. O estágio de repouso (pousio) da vegetação secundária vai influenciar a quantidade e qualidade da serapilheira sobre o solo e outros atributos, tais como: acúmulo de estoque de nutrientes, a fertilidade do solo e acúmulo de matéria orgânica no solo.

A quantidade de serapilheira que é produzida depende principalmente do quanto maior for este período de pousio e, conseqüentemente, maior for o poder de regeneração do solo e da vegetação. Segundo Vieira et al. (2003), essa nova vegetação acumula estoques de nutrientes e, de certa forma, repõe parte da biodiversidade perdida com o desmatamento.

Vários estudos têm sido realizados para verificar alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em florestas tropicais, quanto à produção e decomposição de serapilheira. LUIZÃO; LUIZÃO, 2007, em seu trabalho sobre uma floresta de platô na Amazônia central, obtiveram resultados de $8,25 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de serapilheira fina: as entradas anuais foram de $3,88 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de carbono e com as seguintes quantidades de nutrientes (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): N=151; P=3; K=15; Ca=37 e Mg=14. Os autores observaram também, que a produção anual em florestas primárias de terra firme na Amazônia situa-se na faixa de $7\text{-}10 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, podendo variar consideravelmente de um ano para outro, dependendo da fenologia das espécies de árvores e, principalmente, dos padrões de precipitação pluviométrica. Esse processo está associado a um forte controle sazonal da produção de serapilheira fina em relação a precipitação. Maiores produções são verificadas nos períodos mais secos do ano, como mostrado nos resultados encontrados por Silva et al.(2009), em estudo realizado em floresta primária, relacionando a produção de serapilheira com variáveis meteorológicas e a influência do estresse hídrico no solo e na serapilheira total produzida no período de um ano, tendo encontrado valores de $(9,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1})$, sendo $(6,58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1})$ somente para fração de folhas.

Pesquisar a relação entre o conteúdo de nutrientes na serapilheira em diferentes sistemas florestais e agroflorestais é importante para se avaliar o comportamento dos diferentes sistemas em diferentes condições ambientais. Isto porque esta nova vegetação que é formada tem a função de repor parte da biodiversidade perdida com o desmatamento e produzir quantidades suficientes de resíduos vegetais para promover a transferência de nutrientes para o solo.

As capoeiras têm grande importância ecológica, em termos de crescimento florestal, acúmulo de biomassa, benefícios hidrológicos e manutenção da biodiversidade. A ação do processo de decomposição sobre a serapilheira proporciona a ciclagem de nutrientes, que exerce importante papel na reabilitação de áreas alteradas (COSTA et al., 2004). Desta maneira, essa transformação ocasiona uma série de alterações na biodiversidade, alterações estruturais e funcionais das florestas.

A região Bragantina apresenta paisagem agrícola caracterizada pela intensa atividade de pequenos agricultores, expansão de áreas de pastagens, plantações perenes e extensa área de vegetação secundária (capoeira) oriunda do desmatamento das florestas tropicais equatoriais, em decorrência do processo de assentamento de colonos na região ocorrido no final do século XIX.

Este trabalho tem o propósito de responder às indagações sobre quais tipos de sistemas de uso da terra apresentam melhor funcionamento do solo e produção de nutrientes,

quando submetidos a diferentes tipos de tratamentos do corte e queima da vegetação, associado a sazonalidade, este trabalho visa associar um estudo que procura relacionar e comparar diferentes sistemas florestais e agroflorestais, dentro do projeto “**Estudo de floresta secundária para fins de manejo e usos diversificados no Nordeste paraense (PA- Brasil)**”, conduzida inicialmente, pela Embrapa Amazônia Oriental em cooperação com a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e com a participação do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG, dentro do **PROJETO FAPESPA/MPEG: “Avaliação de sistemas de uso do solo por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental, microbiológico e bioquímico em sistemas florestais e agroflorestais”, e as facilidades do Projeto INCT/CNPq/MPEG “ Biodiversidade e uso da terra na Amazônia”**.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a dinâmica do conteúdo de nutrientes em diferentes sistemas florestais e agroflorestais no município de Bragança, no Estado do Pará, na tentativa de responder às hipóteses: (1) O conteúdo de nutrientes na serapilheira varia com as condições climáticas da região; (2) o manejo do solo com queima e sem queima ao uso de leguminosas e espécies frutíferas contribui para o fornecimento de nutrientes na serapilheira; (3) A capoeira em estágio sucessional mais avançado apresenta maior concentração de nutrientes na serapilheira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Determinar a variação na taxa de nutrientes na vegetação em floresta secundária e sistema agroflorestal em dois tipos de tratamentos, na estação chuvosa e estiagem, na comunidade de Benjamin Constant, no município de Bragança, no Nordeste do Pará.

1.1.2. Específicos

- 1- Identificar e quantificar o conteúdo de nutrientes na serapilheira, em sistema agroflorestal com queima e sem queima; e em floresta secundária manejada.
- 2- Avaliar a influência sazonal no conteúdo de nutrientes da serapilheira em diferentes sistemas florestais e agroflorestais;
- 3- Avaliar a relação entre o conteúdo de nutrientes na serapilheira em floresta secundária manejada de 40 e 10 anos de idade vegetacional.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 Sistemas florestais

A questão do uso da terra vem se tornando cada vez mais importante para a humanidade, devido à sua influência no aquecimento global e ao funcionamento dos ecossistemas, incluindo os impactos na dinâmica dos ciclos biogeoquímicos e na regeneração de florestas secundárias (LUIZÃO, 2007). O acelerado aumento de desmatamento das florestas tropicais trouxe como consequência o surgimento de enormes áreas de vegetação secundária, ou seja, extratos florestais que substituíram a cobertura original e vegetação primária composta de vários estágios de desenvolvimento, localmente chamada de “capoeira”.

No Pará, a região Bragantina foi uma das primeiras a ser maciçamente colonizada, sendo sua paisagem constituída de uma imensa área de vegetação secundária. Segundo Rios et al. (2001), essa região sofre cortes e queimas, que são procedimentos básicos da agricultura tradicional, aumentando o surgimento das capoeiras. O Pará concentra a maior área absoluta de floresta secundária da Amazônia, sendo as maiores concentrações na microrregião Bragantina, onde as florestas secundárias abrangendo 53% da região, predominantemente ocupada por pequenos produtores.

O Nordeste Paraense, particularmente a zona Bragantina, é um exemplo de fronteira antiga de colonização da Amazônia, onde a agricultura familiar é praticada tradicionalmente

no sistema de “derruba e queima”, ocasionando períodos de pousio que facilitaram o surgimento de capoeiras (denominação regional para a vegetação secundária).

A região Bragantina, localizada no Nordeste do Estado do Pará, se tornou bastante conhecida pelo uso intensivo da terra que levou à completa modificação de sua paisagem. Cerca de 90% da cobertura original foi convertida em capoeiras com vegetação e solos degradados (DENICH; KANASHIRO, 1995) em virtude da atividade agrícola de subsistência, baseada no processo de derruba e queima da floresta. A prática agrícola persiste normalmente por 2 a 3 anos, em seguida o agricultor abandona a área (pousio) por um período médio de 3 a 5 anos para que possa recuperar sua produtividade de forma natural (MELO, 2004).

A vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo e o tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). A camada formada por detritos vegetais que se encontram na superfície do solo é denominada serapilheira e de acordo com (CARPI JÚNIOR, 2001), inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da vegetação, assim como restos de macro e micro da fauna e material fecal.

O conhecimento do aporte de nutrientes através da serapilheira é extremamente importante para avaliar o impacto e implicações das ações de manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e a produtividade futura dos povoamentos florestais (FERREIRA et al., 2007; VITAL et al., 2004). A acumulação de serapilheira intercepta luz, sombreando sementes e plântulas e reduzindo a amplitude térmica do solo. Ao reduzir a temperatura do solo e ao criar uma barreira à difusão do vapor d’água, a serapilheira reduz a evaporação do solo. Pode também reduzir a disponibilidade de água no solo, retendo uma considerável proporção de água da chuva que chegaria ao solo. Pode ainda impedir a chegada de algumas sementes e dificultar o crescimento de plântulas (FACELLI; PICKETT, 1991). No Brasil, destacam-se os trabalhos de (KLINGE; RODRIGUES, 1968) e (LUIZÃO; SCHUBART, 1987) estudando a ciclagem de nutrientes via serapilheira, na Amazônia.

Estudos realizados por (SCHUMACHER, 2001; CALDEIRA, 2001) evidenciaram a variabilidade da concentração de nutrientes nas diferentes frações que compõe a serapilheira. Portanto, a quantidade de nutrientes transferidos ao solo através da decomposição também está condicionada à proporção referente de cada componente, conforme sua produção e sua taxa de decomposição (CURVELO et al., 2009).

Um estudo realizado por Curvelo et al. (2009) quantificou os nutrientes contidos na serapilheira acumulada em espécie de cacau, em floresta secundária, sistema agroflorestal e pastagem, no Nordeste e verificou a concentração de nutrientes na sequência: Ca, N, K, Mg e P nas duas áreas estudadas. No que se refere ao conteúdo de nutrientes na serapilheira acumulada, ser um sistema de produção agrossilvicultural de grande eficiência na conservação de nutrientes, assemelhando-se a uma floresta tropical secundária.

Quando comparou as porcentagens entre os diferentes nutrientes de serapilheira em floresta secundária de 40 e 20 anos, no Rio de Janeiro, (BARBOSA; FARIA, 2006) constatou que o N foi o de maior conteúdo de nutriente nas duas florestas comparados com os outros nutrientes (P, Ca, Mg, k), porém o N apresentou maior aporte na floresta secundária de 40 anos. Provavelmente a floresta secundária de 20 anos aloca os nutrientes na biomassa e minimiza “as perdas” através de seu alto índice de eficiência na exportação dos demais nutrientes via serapilheira.

Vários estudos mostram que as folhas contribuem com a maior fração da produção de serapilheira, quando comparadas com outras frações da planta, conforme (SILVA, 2004) constatou em estudo realizado em floresta primária uma produção de folhas de $6,58 \text{ t.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de um total de produção de serapilheira de $9,78 \text{ t.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em relação a concentração de nutrientes (SELLE, 2007), constatou que a maior concentração de nutrientes nas folhas constitui-se de N, P, K e maior concentração de Ca nas cascas, (aproximadamente 60% do total).

Portanto, dentre os mecanismos utilizados pelas florestas secundárias o mais importante para a sua produtividade, é a ciclagem eficiente dos nutrientes, sendo uma fonte de transferência de nutrientes, da vegetação para o solo, através da queda de detritos vegetais formadores da serapilheira (SANTANA et al. 2003).

Na Amazônia, o sistema de manejo do solo de grande importância, ainda, é o da agricultura de corte e queima também chamado de itinerante, sendo a agricultura tradicional na região, desenvolvida em áreas reduzidas pelos pequenos agricultores.

Este sistema é baseado no preparo da área através do corte e queima da vegetação primária ou secundária para o cultivo de culturas anuais (milho, arroz, feijão, mandioca) sendo que ao final de um cultivo a área é deixada em pousio por um período longo, aproximadamente 5 anos. A sustentabilidade desse sistema está diretamente relacionada à regeneração da vegetação secundária e a recuperação da fertilidade do solo durante a fase de pousio, para diminuição dos impactos que afetam diretamente as condições físico-química e biológica dos solos. Vários estudos mostram que este sistema é utilizado há mais de um

século na agricultura familiar e em contrapartida, sistemas alternativos de conservação (utilizando a vegetação em forma de cobertura morta) vêm sendo aos poucos incorporados como opção à sustentabilidade do sistema de regeneração e pousio da vegetação. Um estudo realizado por (TAVARES, 2010) mostrou as diferentes técnicas de preparo de solo para a produtividade da cana de açúcar, cultivada com e sem queima da palha, onde foram perdidos 14,84 t. t ha⁻¹.ano⁻¹ de folhas. Esta ordem de grandeza de perda também foi observada nos resultados encontrados por Resende et al. (2006) na região de Minas Gerais, que constataram, em estudo de preparo de solo onde houve queima, houve perda de cerca de 10 t ha⁻¹ de palha, contidos em diversos nutrientes, como N (40-60 kg ha⁻¹), S (15-30 kg ha⁻¹) e C (4.500 kg ha⁻¹).

1.2.2 Sistemas agroflorestais (SAFS)

Existe atualmente na literatura uma grande variedade de termos empregados para conceituar práticas que combinam espécies florestais com culturas agrícolas e/ou com a pecuária. O conceito de SAF é amplo por apresentar inúmeras definições ao longo do tempo, desde o início da década de 60 estes conceitos apresentaram modificações de acordo com as aplicações que foram testadas e desenvolvidas no sistema. Segundo Dubois (2008), o conceito adotado para os SAFS é a integração de árvores em paisagens produtivas através do manejo intencional de espécies arbóreas com cultivos anuais; e/ou bi-anuais; e/ou arbustivos perenes; e/ou criação animal em consórcios estáticos e/ou arranjos sucessionais

O conceito de sistema agroflorestal ou agrofloresta é muito debatido no meio acadêmico. A definição mais inclusiva do termo agrofloresta como um nome coletivo de sistemas de uso da terra nos quais espécies lenhosas perenes (árvores e arbustos) estão se desenvolvendo em associação com plantas herbáceas (vegetais, pastagens) ou animais, em um arranjo espacial, uma rotação, ou ambos. Destaca-se a importância da dimensão sistêmica, que se evidencia nas interações de interesse ecológico e econômico entre as árvores e outros componentes do sistema (CARDOSO, 2009).

O mérito dos SAFS em reduzir a degradação o solo é amplamente aceito, pois estes podem, por exemplo, diversificar a produção, aumentando a disponibilidade de produtos na propriedade, melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo, aumentando a

cobertura do solo, a infiltração de água, diminuindo a erosão e melhorando a ciclagem de nutrientes

Com relação ao setor florestal, o Brasil é o segundo país do mundo em cobertura florestal, mas, em seu processo histórico, a industrialização foi concentrada nas regiões Sudeste e Sul, o que contribuiu para exaurir os recursos florestais destas regiões (ALVES, 2009). Uma questão central que se coloca hoje no país diz respeito ao uso adequado dos recursos florestais ainda existentes em um processo de desenvolvimento que beneficie a sociedade e os vários setores nele envolvidos, de forma a preservar o máximo possível da biodiversidade e sociodiversidade no setor e que propicie o maior bem estar para as comunidades que nele atuam, gerando alternativas que possibilitem agricultura de subsistência, preservação da biodiversidade ainda existente na agricultura e sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sócio-econômico no setor rural.

Nas regiões da zona da Mata no Sudeste do Brasil, onde os solos são de baixa fertilidade, elevada acidez e topografia montanhosa, recomenda-se a implantação de sistema agroflorestal, uma vez que estes sistemas podem recuperar e até incrementar a fertilidade dos solos (MENDONÇA; STOTT, 2003). Entre outras vantagens dos SAFS nestes sistemas, se encontram a capacidade de regular o ciclo hídrico (GIRALDO; JARAMILLO, 2004), aumentar a captura de dióxido de carbono e aumentar a biodiversidade local (PERFECTO et al., 2005). Estas diferentes práticas de uso do sistema agroflorestal geram alternativas que favorecem sua possível ampliação e melhores combinações para diferentes ecossistemas e regiões do país,

Um dos benefícios da produção de serapilheira em sistemas agroflorestais é a contribuição da cobertura morta de serapilheira que evita a incidência da radiação solar direta sobre o solo, conserva a sua umidade e contribui com a ciclagem de nutrientes. Várias pesquisas desenvolvidas, apontam as espécies de leguminosas apresentando alto conteúdo de nitrogênio foliar e rápida decomposição (SCHWENDENER et al., 2005), alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (LEBLANC et al., 2005) grande aporte de nitrogênio a partir dos nódulos e da decomposição de biomassa aérea depositada na serapilheira, reduzindo a evaporação do solo. Estas leguminosas quando utilizadas, promovem além do aporte de matéria orgânica, também o incremento do nitrogênio no solo.

A utilização dos sistemas agroflorestais (SAF) como forma de regeneração de áreas desmatadas para beneficiamento produtivo e econômico oferece alternativas menos impactantes e pode auxiliar na reversão de processos de degradação, contribuindo desta maneira para a manutenção da biodiversidade.

Os Sistemas Agroflorestais têm sido aplicados em várias partes do mundo em desenvolvimento (MEAD; 2004; SADIO, 2004), mais especificamente na África (SADIO; DAGAR, 2004) e Ásia (KUMAR; MIAH, 2004). Outros estudos (SCHROTH et al., 2004), chamam a atenção para a quantidade de informação já acumulada recentemente, sobre os efeitos de diferentes práticas agroflorestais na conservação da biodiversidade.

Na África foi criado o Centro Mundial para a Agroflorestas (ICRAF), que é membro do consórcio Iniciativa Amazônica para a conservação e uso sustentável de recursos naturais (IA). Desde 1978 tem sua sede em Nairobi e desenvolve atividades de pesquisa na Ásia, África e América Latina, e busca elaborar e implementar programas de colaboração que identifiquem e promovam sistemas sustentáveis de uso da terra na Amazônia. Como objetivo central, o ICRAF (ICRAF América Latina 2006) busca uma transformação agroflorestal: um aumento massivo no uso de árvores nas propriedades rurais, contribuindo para a segurança alimentar e nutritiva, saúde, construção de casas e energia, geração de renda, conservação e restauração do meio ambiente.

A utilização do uso dos sistemas agroflorestais associa inúmeras vantagens e desvantagens ao ecossistema. Uma das vantagens mais conhecidas do SAF é o seu potencial para conservar o solo e manter sua fertilidade e produtividade. As espécies arbóreas, normalmente por possuírem raízes mais longas que exploram maior volume de solo, são mais capazes de absorverem nutrientes e água do que os cultivos agrícolas tradicionais normalmente conseguem uma vez que, nestes geralmente as raízes absorventes estão concentradas apenas na camada superior do solo até 20 cm de profundidade. Dentre as desvantagens está a falta de tradição em SAFS que gera desconfiança no produtor, dificultando a adoção do sistema. Por fim, a interação de várias espécies numa mesma área torna o manejo mais complexo, exigindo mais conhecimento e habilidade técnica (OLIVEIRA et. al., 2009).

Segundo Nair (1993), os supostos efeitos benéficos das árvores nos sistemas agroflorestais são: manutenção ou aumento da matéria orgânica, fixação de nitrogênio, absorção de nutrientes, deposição atmosférica de nutrientes, exsudação de substâncias promotoras de crescimento na rizosfera, redução de perdas pelo solo, proteção contra erosão, recuperação de nutrientes, modificação de temperaturas extremas do solo, redução da acidez e salinidade do solo, redução da perda de MO (Matéria orgânica) do solo por oxidação. Alguns sistemas são práticas antigas de produção e representam um grande desafio para o campo científico. Na Amazônia, os SAFS vêm sendo utilizados há anos pelos índios, na forma de capoeira enriquecida e por agricultores através da agricultura itinerante.

Os sistemas agroflorestais são mais bem adaptados ao meio ambiente da Amazônia pela sua alta quantidade de biomassa por unidade de superfície, a qual armazena o capital químico de produção; uma rede densa e permanente de raízes, que realça a ciclagem de nutrientes; e uma cobertura vegetal permanente, que protege o solo contra a erosão e as altas temperaturas. Com estas características, os sistemas agroflorestais constituem uma das poucas opções para o uso da terra mais sustentável na Amazônia.

Um estudo realizado por (LUIZÃO, 2007) em sistemas agroflorestais de seis anos de idade, classificados como sistemas agroflorestais 1 (AS1) e sistemas agroflorestais 2 (AS2) produziram melhor qualidade nutricional da serapilheira pelos SAFS. Ressalta-se a adição de adubos verdes incorporados aos solos de tal forma que as entradas anuais de nutrientes para o solo, pelo material vegetal depositado sobre sua superfície, fossem similares, ou até mesmo maiores para alguns dos macro-nutrientes essenciais conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Entrada anual de nutrientes (kg.ha⁻¹) em dois sistemas agroflorestais (AS1, baseado em palmeiras e fruteiras perenes e AS2, multi-estrato, com ampla mistura de fruteiras perenes e espécies madeireiras), ambos com 6 anos de idade, e na sucessão secundária natural (CAP), com 10 anos de idade. Os valores entre parênteses representam a proporção (em %) da contribuição da liteira fina e do adubo verde para o fluxo anual total de nutrientes nos SAFs, via matéria orgânica.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg
AS1					
Liteira fina	36,8 (54%)	2,35 (72%)	5,76 (48%)	32,7 (92%)	8,64 (80%)
Adubo verde	16,8 (46%)	0,94 (28%)	6,23 (52%)	2,87 (8%)	2,11 (20%)
Total	53,6	3,29	12	35,6	10,8
AS2					
Liteira fina	36,3 (60%)	1,90 (59%)	5,01 (37%)	28,7 (84%)	8,58 (45%)
Adubo verde	24,5 (40%)	1,33 (41%)	8,57 (63%)	5,31 (16%)	10,8 (55%)
Total	60,8	3,23	13,6	34	19,4
CAP					
Liteira fina=Total	64,1	3,82	12,6	45,2	13,6

Cada vez mais, os SAFS estão sendo utilizados como alternativa de subsistência para os agricultores e grandes proprietários rurais, com uma contribuição de desenvolvimento sustentável, conservação de biodiversidade e recuperação de fragmentos florestais, sendo uma alternativa sustentável para produção rural, pois atende desde pequenos agricultores, quintais agroflorestais até grandes empresas de plantações florestais. Pesquisas realizadas por (ROSA, 2007), no município de Bragança, em quintais agroflorestais localizadas em áreas de agricultores familiares, (que utilizam sistemas tradicionais resultantes de conhecimentos acumulados e transmitidos através de gerações),

indicaram que os quintais agroflorestais são constituídos principalmente de frutíferas e plantas medicinais, mostrando que dentre as espécies estudadas para saber quais espécies são mais utilizadas pelas famílias, 68% são utilizadas na alimentação, 14,5% são medicinais e 13,2% são madeireiras, do total 53% são frutíferas, sendo o açaí (*Euterpe oleracea*) a espécie mais utilizada na alimentação.

Os sistemas agroflorestais têm sido preconizados como sustentáveis, ou seja, capazes de produzir para o presente momento, mantendo os fatores ambientais, econômicos e sociais, em condições de serem utilizados pelas gerações futuras. Estes sistemas também têm sido divulgados como uma solução alternativa para a recuperação de áreas degradadas, envolvendo não só a reconstituição das características do solo, como também a recuperação da terra, que envolve todos os fatores responsáveis pela produção com o ecossistema: o solo, a água, o ar, o microclima, a paisagem, a flora e a fauna.

1.3 MANEJO E USO DA TERRA NA AMAZÔNIA

De acordo com Sá et al. (2007), os principais focos atuais de queimadas na Amazônia são associados à agricultura, em especial em escala familiar, e à pecuária, correspondendo, respectivamente, à prática de preparo de área para plantio utilizada secularmente pelos agricultores familiares da Amazônia e de várias regiões tropicais, conhecida como agricultura itinerante, migratória ou de corte-e-queima (slash-and-burn agriculture). Uma das principais iniciativas de pesquisa voltada à substituição do uso de fogo na agricultura amazônica é o Projeto Tipitamba, que iniciou suas atividades no âmbito do Programa Shift (Projeto Shift-Capoeira) no início da década de 90, e oferece a oportunidade de substituir o sistema de corte-e-queima pelo de corte-e-trituração. O projeto abrange ações de pesquisa quanto ao monitoramento e modelagem de aspectos biofísicos, biogeoquímicos e socioeconômicos associados a esse tipo de alternativa tecnológica, bem como estudos da valoração dos serviços ambientais a ela associados (KATO et al., 2005; DENICH et al., 2005; BORNER, 2006).

Um dos principais efeitos negativos para a agricultura, da queima da vegetação no preparo de área para o plantio, é, sem dúvida, o representado pelas perdas de nutrientes acumulados na biomassa da vegetação na fase de pousio entre dois períodos de cultivo, na agricultura de derruba e queima, que atingem valores de 96% do nitrogênio, 47% do fósforo,

48% do potássio, 35% do cálcio, 40% do magnésio e 76% do enxofre, além da perda de cerca de 98% do carbono que é liberado para a atmosfera, conforme estudos realizados na região Nordeste do Estado do Pará (DENICH et al., 2005).

A ciclagem natural de nutrientes é fundamental para manter os estoques de nutrientes, evitando a perda da fertilidade natural dos solos. O uso racional dos solos, de modo sustentável, exige um conhecimento prévio de suas características e limitações (EMBRAPA, 2006). O solo é considerado um componente vital para os agroecossistemas no qual ocorrem os processos e ciclos de transformações físicas, biológicas e químicas, que quando mal manejado pode degradar todo o ecossistema (STRECK et al., 2008).

De acordo com Santos et al. (1981), o levantamento do uso da terra tem sua importância, na medida em que os efeitos do uso e ocupação desordenados causam deterioração do meio ambiente. O manejo inadequado que causa a degradação do solo implica em riscos ambientais com impacto negativo para as comunidades rurais e repercussão no meio urbano (STRECK et al., 2008; REICHERDT et al., 2003).

O solo é considerado um componente vital para os agroecossistemas no qual ocorrem os processos e ciclos de transformações físicas, biológicas e químicas, que quando mal manejado pode degradar todo o ecossistema (STRECK et al., 2008). Há uma tendência em favorecer a erosão, pela remoção da cobertura vegetal e da cobertura morta representada pela camada de serapilheira (mulch) e destruição da matéria orgânica que deixa o solo exposto ao impacto das gotas de chuva, à alteração dos agregados do solo, em especial em solos de textura arenosa, levando à compactação próxima à superfície do solo, à redução na porosidade, infiltração, transpiração, deixando o solo vulnerável à erosão pela água, que afeta quantitativa e qualitativamente a taxa de escoamento, particularmente em terrenos inclinados (ZANINI; DINIZ, 2006).

A atividade agrícola realizada na região bragantina é exercida, na maioria, por agricultores familiares, no sistema de derruba-e-queima. Esse sistema é praticado com pouco ou nenhum uso de insumos agrícolas, principalmente calcário. Desta forma, o solo da região encontra-se em elevado estágio de degradação, onde as culturas alcançam baixíssimas produtividades, levando ao esgotamento dos nutrientes dos solos da região. Entretanto, esse processo de manejo não é duradouro, pois os efeitos das cinzas só permitem o cultivo da mesma área por um a dois anos consecutivos (CRAVO; SMYTH, 1997), tendo o agricultor que abandonar a área e praticar o mesmo sistema em outra área.

Diante desse cenário, (CRAVO et al., 2005) desenvolveram um sistema de cultivo denominado “Sistema Bragantino”, visando substituir o atual modelo tecnológico utilizado

pelos agricultores por um modelo mais produtivo e menos danoso ao ambiente. Esse “Sistema Bragantino” é uma tecnologia que dispensa o uso do fogo no preparo de área para plantio e visa o cultivo contínuo da mesma área, com a realização de até três cultivos por ano, em rotação e consórcio, ao invés de um, como no sistema tradicional. O Sistema Bragantino mantém a área ocupada produtivamente e protegida durante o ano todo, podendo ser adaptado à realidade de produtores que trabalham, tanto na agricultura familiar como na empresarial e a qualquer parte da Região Amazônica, desde que sejam respeitadas a distribuição de chuvas e as melhores épocas para plantio das culturas em cada local.

As vantagens desse novo “Sistema” precisam ser difundidas junto aos produtores da região e a sociedade em geral, objetivando-se a demonstração de um manejo mais adequado do solo, com vistas a transformar o sistema itinerante de derruba-e-queima, em um sistema de produção permanente de culturas temporárias (CRAVO et. al, 2008).

Na região Bragantina, a maioria dos agricultores já não planta arroz, sob a alegação de que a “terra está fraca” não se prestando mais para a produção dessa cultura. Contudo, com as melhorias da fertilidade do solo, por meio da adubação de fundação do “Sistema Bragantino” demonstra-se que é possível voltar a produzir esse cereal na região, com grande vantagem em relação ao sistema tradicional de derruba-e-queima. Um estudo realizado por (CRAVO, 2008) demonstrou que a mandioca plantada, neste tipo de sistema utilizado, teve um rendimento produtivo excelente, em comparação com os rendimentos obtidos pelos produtores, no sistema tradicional de derruba-e-queima.

1.4 VARIAÇÃO SAZONAL DOS NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA

A região Amazônica tem grande importância no clima equatorial, onde a floresta é o ecossistema natural da região, e que cada vez mais vem sendo desmatada para se transformar em pastagem e terras agrícolas, ocasionando cobertura de nuvens e precipitação com grande variação sazonal, levando a um aumento da temperatura, diminuição da evapotranspiração e da precipitação na região (FERREIRA et al., 2005). A mudança de uso da terra tem aumentado a queima da biomassa natural e em consequência disto, causando grande impacto sobre a composição da atmosfera afetando a absorção de radiação e alterações climáticas globais (BETTS, et al., 2010).

O clima atual da região Amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. A região Amazônica possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm.ano^{-1} . O balanço hídrico na região Amazônica é difícil de ser calculada, devido à falta de continuidade espacial e temporal das medidas da precipitação, inexistência de medidas simultâneas de vazões fluviais, desconhecimento do armazenamento de água no solo (FISCH et. al., 2005).

Na última década, a Amazônia tem sido foco de atenção mundial devido à sua riqueza mineral, à sua grande biodiversidade de espécies florestais e também pelos efeitos que o desmatamento em grande escala pode provocar no clima regional e global. A grande interação entre o clima e a cobertura vegetal é observada nas modificações da paisagem ao nível de uso da terra e suas inter-relações com a vegetação primária e secundária.

O mecanismo de ciclagem de nutrientes é afetado pelo clima, principalmente pela precipitação, temperatura e radiação solar, pois estes podem favorecer ou limitar o crescimento da planta por interagir entre si. Para que qualquer sistema de exploração agrícola seja sustentável, as retiradas de nutrientes do sistema devem ser compensadas pela reposição de no mínimo quantidades iguais as retiradas.

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos úmidos é diferente do padrão de áreas temperadas. Nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes permanece no solo e sedimentos, enquanto que, nos trópicos, uma porcentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro das estruturas orgânicas do sistema. Além disso, a taxa de ciclagem, ou seja, a velocidade com que os nutrientes se movimentam entre e dentro dos compartimentos, é muito mais rápida numa floresta tropical do que em uma temperada (ODUM, 1988).

Nas florestas, o estoque principal de nutriente encontra-se nos troncos das árvores e os nutrientes podem ser reciclados por diversos caminhos entre os demais componentes do ecossistema. Em função dos processos de decomposição e lixiviação da serapilheira, os nutrientes podem ser carreados para o solo e novamente absorvidos pelo sistema radicular das árvores e das espécies do sub-bosque (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que irão formar a serapilheira, entre eles destacam-se: o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade e a densidade de plantas. Em escala mais ampla, a produtividade vegetal é determinada pela distribuição de chuvas, que exerce forte influência sobre a disponibilidade de água no solo e, por conseguinte, sobre a disponibilidade de nutrientes (CORREA et al. , 2006, COSTA, 2004). A tendência de concentração de nutrientes na serapilheira de sistemas florestais

naturais é bastante similar ao de florestas implantadas, ou seja, o nitrogênio é o nutriente em maior concentração, seguido pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo (HAAG, 1985).

O transporte de substâncias dissolvidas e particuladas pela precipitação é, talvez, a principal forma pela qual os nutrientes são perdidos no ecossistema. As concentrações de chuva são diretamente relacionadas ao intemperismo de minerais do solo e rochas de uma bacia florestal.

1.5 PRODUÇÃO, DECOMPOSIÇÃO E CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA

As florestas tropicais são formadas por várias camadas distintas de vegetação. A camada superior de uma floresta formada pelo dossel é representada por árvores que atingem de 30 até 60 metros de altura; a segunda camada, chamada de subdossel, apresenta árvores que vivem na penumbra das árvores do dossel, e a terceira camada, formada pela camada que atinge o solo da floresta, é caracterizada pela camada de serapilheira.

A Amazônia é formada por diferentes tipos de ecossistemas que ao longo dos anos vem sofrendo grandes pressões ambientais afetando a estrutura e dinâmica da comunidade vegetal. Em um sistema em equilíbrio, a liteira é transformada em matéria orgânica (MO) com ajuda dos microorganismos do solo, que se alimentam dessa matéria orgânica (MO), e pela respiração, produzem dióxido de carbono que retorna para a atmosfera. Devido aos desmatamentos e mau uso da terra e pela utilização de áreas de floresta como área de pastagem, o carbono presente na madeira e nas folhas foi se tornando menos disponível como fonte de alimento para o solo, tendo a quantidade de matéria orgânica sido reduzida com o tempo, e tendo o dióxido de carbono produzido pela respiração dos organismos do solo sido liberado em maior quantidade para a atmosfera.

A qualidade de serapilheira influencia a abundância, composição, atividade do microorganismo e fauna do solo, que participam da decomposição do material e determinam a taxa de decomposição e dinâmica de nutrientes do material e determinam (POLYACOVA; BILLOR, 2007).

A serapilheira, por ser a maior via de retorno de nutrientes ao solo, participa nos processos do ciclo bioquímico, ciclo geoquímico e ciclo biogeoquímico. O mecanismo de

produção de serapilheira depositada no solo, a velocidade de decomposição com a qual se decompõe, e o retorno de elementos minerais que este promove no solo, são informações importantes para o balanço de nutrientes dentro do ecossistema florestal e agroflorestal.

No ciclo geoquímico as principais entradas de nutrientes ocorrem via intemperismo, adições atmosféricas (chuva, poeira e partículas), fixação biológica de nitrogênio e fertilização (orgânica e mineral). A saída de nutrientes ocorre via lixiviação, fixação pela fase mineral do solo, escoamento superficial, erosão, desnitrificação, volatilização (por queima de resíduos) e colheita (produtos ou serapilheira acumulada).

O ciclo biogeoquímico inicia-se com o processo de absorção e acúmulo do nutriente na biomassa, sua alocação nos diferentes componentes da planta, transferência do elemento para o solo via produção de serapilheira e lixiviação de partes da planta e renovação de raízes, incorporação do mesmo no solo mediante a decomposição e lixiviação da serapilheira acumulada e conclui-se com a reabsorção do nutriente pela planta.

O ciclo bioquímico envolve a translocação de nutrientes de tecidos velhos para tecidos novos da planta. Ele é, por conseguinte, importante para nutrientes de maior mobilidade dentro da planta como o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio e de menor significado para cálcio, enxofre e os micronutrientes de modo geral, que têm retranslocação bem menor (REIS; BARROS, 2003). A intensidade do ciclo bioquímico aumenta quando a demanda de nutrientes para a produção de biomassa é maior do que a capacidade de suprimento do solo.

Inúmeros estudos relacionados com produção de serapilheira foram realizados em diversas formações vegetais em todos os cinco continentes. No Brasil, Klinge e Rodrigues (1968) foram os primeiros a realizar estudos de produção de serapilheira, especificamente, na floresta amazônica. Na floresta amazônica, seguiram os trabalhos realizados por (ADIS et al., 1979 ; KLINGE, 1977 ; FRANKEN et al., 1979 ; SILVA; LOBO 1982; LUIZÃO, 1982, 1989 ; SILVA,1984 ; LUIZÃO ; SCHUBART, 1987 ; DANTAS ; PHILIPSON, 1989 ; SCOTT et al., 1992; SIZER et al, 2000).

As metodologias utilizadas nas pesquisas sobre produção de serapilheira são muito variadas. Vários autores estudaram a produção de serapilheira em florestas, como: (LUIZÃO, 1982; RAI, PROCTOR, 1986; DANTAS, 1989; YANO, 2001). utilizaram coletores circulares de 1 m², de 80 cm de diâmetro Luizão (1982) utilizou coletores de forma cônica, com diâmetro de 80 cm, de tela de náilon e suporte lateral em estaca de madeira. Trabalhos realizados por (DANTAS, 1989; KOLM, 2001) utilizaram para coletas de

serapilheira, bandejas de armação de madeira e tela de náilon em formato quadrado de (1 m x 1 m).

Existem alguns estudos, tais como (LUIZÃO, 1989; FERNANDES, 2005), sobre ciclagem de nutrientes, em que a serapilheira foi coletada diretamente do solo da floresta, para posteriormente fazer as análises de laboratório. O conteúdo de nutrientes na serapilheira de diferentes espécies de árvores usadas em sistema agroflorestal, foi estudado por (DUARTE, 2007) e o conteúdo de nutrientes variou entre as espécies e entre estações do ano. Dependendo da interação, houve diferença nos conteúdos de nutrientes e entre as interações de espécies de árvores foram significativas para N, P, K, Ca, Mg, e as interações entre espécies e estações do ano foram significativas para N, Ca, Cu e Zn e não foram significativas para P, K e Mg.

Em estudo realizado em sistema agroflorestal com espécie de cacau, (MULLER, 2003), observou que a quantidade de nutrientes aportados (N, P, K, Ca e Mg) pela serapilheira produzida é sempre maior do que o total de nutrientes removidos pela colheita dos frutos e por lixiviação. A Tabela 2, indica os nutrientes na serapilheira em diferentes sistemas e regiões.

Tabela 2 - Conteúdo de nutrientes na serapilheira sob diferentes tipos de vegetação, no Brasil.

Local	Tipo de Vegetação	Nutrientes Kg.ha ⁻¹ Espécie	Referência
Minas Gerais	Sistema Agroflorestal	N<Mg<P<Ca<K	DUARTE, 2007
Bahia	Sistema Agroflorestal	N<P<K<Ca<Mg	MULLER, 2003
Manaus	Floresta Primária	P<K<Ca<Mg<N	LUIZÃO, 1989
Mato Grosso	Floresta Secundária	Mg<P<K<Ca<N	FERNANDES, 2005
Pará	Floresta Primária	P<K<Ca<Mg<N	HAYASH, 2006
Pará	Floresta Secundária (40 anos)	P<K<Mg<Ca<N	HAYASH, 2006
Pará	Floresta Secundária (10 anos)	P<K<Mg<Ca<N	HAYASH, 2006
Rio de Janeiro	Floresta Secundária Recente	P<Mg<K<Ca<N	TOLEDO, 2002
Rio de Janeiro	Floresta Secundária Tardia	P<Mg<K<Ca<N	TOLEDO, 2002

Muitas pesquisas que foram realizadas sobre produção e decomposição de serapilheira estão relacionadas à ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas. Vários trabalhos evidenciam mudanças sem precedentes no uso da terra em ecossistemas amazônicos com impactos significativos entre a vegetação e a atmosfera e consequentemente na ciclagem de nutrientes. Informações quantitativas sobre a produção e

decomposição de serapilheira poderão contribuir para ampliar a compreensão sobre potencial das mudanças climáticas e de uso da terra em importantes processos ecológicos desses ecossistemas. Na revisão de literatura citada, poucos trabalhos mencionam a influência de variáveis climáticas sobre a dinâmica da ciclagem de nutrientes na floresta amazônica, especialmente relacionada com a queda de serapilheira e a velocidade de decomposição da matéria orgânica e os aspectos fisiológicos.

Os ecossistemas florestais tropicais são auto-sustentáveis e caracterizam-se por ser um sistema eficiente de ciclagem de nutrientes. Estes são sistemas de ciclo “fechado” de nutrientes com pequena perda ou ganho relativo de nutrientes e altas taxas de ciclagem interna no sistema solo-planta. Ao contrário, muitos sistemas agrícolas representam sistemas abertos, comparativamente, com altas perdas de nutrientes. Enquanto a ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais ficaria entre esses “extremos” (NAIR et al., 1999, como mostrado na (Figura 1).

1.6 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA FLORESTAL E AGROFLORESTAL

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via serapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de serapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (PAGANO; DURIGAN, 2000). Os fatores que afetam a forma e a ciclagem de nutrientes estão intimamente ligados às condições climáticas e fenológicas, bem como aos aspectos ambientais e aos poluentes, variando de espécie para espécie (SCHUMACHER, 1992; POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Em geral, observa-se um aumento da deposição da serapilheira até a idade em que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após esse ponto podem ocorrer ligeiro decréscimo ou estabilização (BRAY; GHORAN, 1964).

A cobertura florestal, natural e plantada, e sua estrutura em bosque provêm o solo de um microclima e de um espectro de microrganismos diferentes daqueles associados com a maioria dos solos agrícolas. O aporte das folhas, sua decomposição e a rápida incorporação dos nutrientes fazem parte de um processo dinâmico que confere um caráter distinto aos solos sob cobertura florestal. A sazonalidade da produção de folhas e sua taxa de

decomposição variam entre as espécies (VINHA; PEREIRA, 1983; VINHA et al., 1985; GAMA-RODRIGUES, 1997).

Em sistemas agroflorestais a compreensão das funções ecológicas do sistema solo – planta é parte essencial para se estabelecer o manejo adequado da dinâmica de nutrientes e, por conseguinte, a sua sustentabilidade biofísica. Equacionar a interação árvore–cultivo auxiliaria a quantificar os efeitos da competição versus complementaridade sobre a fertilidade do solo (SANCHEZ, 1995).

Contudo, existem inúmeras interações que podem proporcionar vantagens desde que bem manejadas. A presença de árvores favorece os sistemas de produção em aspectos tais como a manutenção da ciclagem de nutrientes e o aumento na diversidade de espécies. A ciclagem biogeoquímica contribui para manter a produtividade; aumentar o número de espécies pela coexistência de plantas de distintos requerimentos nutricionais; ou espécies que exploram diferentes camadas do solo, o que permite maior uso dos recursos disponíveis. Além disso, devido à estrutura vertical proporcionada pelas árvores e outras espécies lenhosas, podem coexistir plantas com diferentes requerimentos de luz; e também as árvores protegem o solo dos efeitos do sol, do vento e das fortes chuvas que caracterizam os trópicos úmidos (MONTAGNINI, 1992).

Nos estudos sobre o papel da ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais deve-se empregar o conceito de “sistemas”. A presença de árvores introduz novas interações e uma dinâmica diferente em comparação aos sistemas agrícolas. Um sistema agroflorestal é um sistema agropecuário cujos componentes são árvores, cultivos ou animais, e os fatores abióticos; e que apresenta os atributos de qualquer sistema: limites, componentes, entradas e saídas, interações, uma relação hierárquica de subsistemas de complexidade crescente.

Cada tipo de sistema agroflorestal deve ser avaliado como um sistema único, pois sua adoção dependerá da demanda sócio-econômica a nível local ou regional. Em razão da natureza complexa dos sistemas agroflorestais, os métodos convencionais de análise de fertilidade do solo não são sensíveis o bastante para detectar alteração na disponibilidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio e fósforo, em sistemas de baixos insumos. Novos métodos precisam ser desenvolvidos (SANCHEZ, 1995).

Segundo Gama-Rodrigues e De-Polli (2000) para que haja uma eficiente ciclagem de nutrientes nos sistemas agroflorestais é importante à seleção de espécies adequadas a cada situação edafoclimática. Um sistema com vários componentes arbóreos têm, potencialmente, maior capacidade para renovar de maneira mais uniforme ao longo do tempo, sem comprometer a capacidade produtiva do sítio.

1.7 NUTRIENTES NO COMPARTIMENTO VEGETAL

Os nutrientes minerais podem ser classificados em essenciais e benéficos. De acordo com Malavolta (2008), atualmente 19 elementos estão classificados como essenciais para as plantas, que satisfazem os seguintes critérios de essencialidade. O elemento mineral faz parte de um composto ou de uma reação do metabolismo; na ausência do elemento a planta morre antes de concluir o seu ciclo; o elemento não pode ser substituído por nenhum outro. Entre eles estão o Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Ferro (Fe). Já os benéficos, são aqueles minerais que compensam ou eliminam os efeitos tóxicos de outros, substituem um elemento essencial em alguma de suas funções menos específicas e são exigidos por alguns grupos de plantas ou ainda por plantas em circunstâncias peculiares, como o Sódio (Na), Silício (Si) e Cobalto (Co) (SANTOS, 2004).

Com base em Horn et al. (2006), a absorção de nutrientes pelo sistema radicular pode variar conforme sua morfologia e fisiologia e pode acontecer por meio de interceptação radicular, fluxo em massa ou difusão, além de serem absorvidos em taxas diferenciadas de acordo com a necessidade de cada vegetal. Assim os nutrientes podem se classificar em Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) exigidos em maior quantidade ou Micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se e Zn) exigidos em quantidades menores. (CASTRO, 2007). Para este estudo, foram relacionados os seguintes elementos: C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn.

1.7.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento e produção das plantas e, segundo Castro (2007), é o elemento mineral requerido em maior quantidade pelos vegetais (EWEL, 2006). O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas iônicas de nitrato (NO_3) e amônio (NH_4^+), podendo ser adquirido também na forma de H_2 em plantas que realizam a fixação biológica do nitrogênio (NAIFF, 2007),

A escassez ou o excesso de nitrogênio nas plantas pode causar um estresse nutricional afetando o processo metabólico dos vegetais. Estudando teores de nitrogênio em plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio (NAIFF, 2007), relatou que houve uma redução na altura das plantas quando comparado ao tratamento completo. O

papel de N na produtividade das culturas está conectado a fotossíntese, onde a energia física dos fótons é convertida em energia química da adenosina trifosfato (ATP) e reduzida a intermediários metabólicos como nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato-oxidase (NADPH), que é usado na síntese de carbono e assimilados nitrogenados, de diferentes tipos, particularmente carboidratos e aminoácidos. A rápida taxa de assimilação de CO₂ requer grandes quantidades de vários componentes dos cloroplastos, particularmente a luz coletada pelo complexo clorofila - proteína (LHCP), transporte de elétrons e componentes redutores de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADH⁺) dos tilacóides e a enzima ribulose bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco) além de outras enzimas requeridas para a assimilação de CO₂, no estroma (LAWLOR, 2002).

1.7.2 Fósforo (P)

O fósforo é um componente integral de compostos como ésteres de carboidratos, fosfolípidios, coenzimas e ácidos nucleicos (RAGHOTHAMA; KARTHIKEYAN, 2005). Está envolvido em processos de armazenamento e transferência de energia e fixação simbiótica do N. Este nutriente está relacionado com a formação rápida de raízes, maturação acelerada de frutos, aumento da frutificação e do teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas.

A limitação deste nutriente reduz a assimilação de CO₂ na fotossíntese, só então, após um período variável, diminui a produção de biomassa, reduz a fotossíntese e a condutância estomática (FUJITA et al., 2003). A limitação de P diminui a concentração de N e existem várias possibilidades que podem justificar esta diminuição (DE GROOT et al., 2003). Entre as possibilidades destacam-se, a mudança da massa seca de órgãos com alta concentração de N para órgão com baixa concentração de N; inibição da absorção de N como resultado do acúmulo de N nas raízes; decréscimo na disponibilidade de energia, devido a uma diminuição do crescimento radicular e/ou concentração de ATP (DE GROOT et al., 2003).

1.7.3 Potássio (K)

O crescimento da maioria das culturas é significativamente inibido pela deficiência de K, pois este elemento é vital para muitos processos fisiológicos, como osmorregulação (ZHAO et al., 2001; PERVEZ et al., 2004), fotossíntese e transpiração (ASHRAF et al., 2001). A extrema mobilidade do K dentro da planta inteira é uma consequência da permeabilidade da membrana. O transporte e redistribuição são frequentemente, em direção aos tecidos mais jovens, sendo esta característica importante em vários processos fisiológicos influenciados por K, como o crescimento meristemático e o transporte à longa distância (MENGEL et al., 2001).

O K é muito importante para o balanço hídrico da planta, pois a absorção de água nas células e tecidos é consequência da absorção ativa deste elemento. O adequado conteúdo de K em tecidos jovens é indispensável para a obtenção do ponto ótimo das células, que é requerido para expansão da célula. Além disso, a abertura e o fechamento dos estômatos dependem do fluxo de K, segundo MENGEL et al. (2001). A deficiência deste nutriente está associada com o baixo conteúdo de clorofila, restrita translocação de sacarídeos, bem como limitada condutância estomática. Em plantas com deficiência em K, pode ocorrer o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis (EPSTEIN; BLOOM, 2006; ZHAO, 2001). Em algumas espécies, o acúmulo de açúcares nas folhas está relacionado com a reduzida entrada de açúcar no transporte ou decréscimo de carregamento para o floema, ou seja, ocorre inibição da translocação de produtos da fonte para o dreno (ZHAO et al., 2001).

1.7.4 Cálcio (Ca)

O Ca é o constituinte estrutural dos pectatos de cálcio da lamela média das células (BORGES et al., 1997) e está envolvido no funcionamento das membranas e na absorção iônica (MALAVOLTA et al., 1997), por isso é considerado imóvel na planta, o que faz que ele fique armazenado em forma de cristais na folha e permaneça assim, mesmo após a sua senescência (NEVES et al., 2001; DIAS et al., 2002).

Segundo Mengeli et al. (2001) a deficiência de Ca é caracterizada pela redução de crescimento dos tecidos meristemáticos, pois este nutriente está envolvido na manutenção da

integridade e da estabilidade da membrana e da expansão celular. A necessidade de Ca para um ótimo crescimento é muito menor em monocotiledônea do que em dicotiledôneas. Diferenças genotípicas quanto a exigência de cálcio estão associadas com os sítios de ligação nas paredes celulares, ou seja, na capacidade de troca de cátions (LONERAGAN; SNOWBALL, 1969; MARSCHNER, 1995; AMARAL, 2003), em órgãos que possuem baixa taxa transpiratória, sua distribuição depende do desenvolvimento da pressão radicular (BENINNI; TAKAHASHI; NEVES, 2003).

1.7.5 Magnésio (Mg)

Entre as principais funções do magnésio nas plantas destaca-se a sua participação na clorofila, na qual o Mg corresponde a 2,7 % do peso molecular; o Mg é também ativador de um grande número de enzimas. Segundo Malavolta (2006), os sintomas de deficiência de magnésio aparecem, geralmente, primeiro nas folhas mais velhas, porque o magnésio é um elemento facilmente translocável dos tecidos velhos para os novos em crescimento ativo. O Mg é essencial para os cloroplastos, sendo o átomo central da molécula de clorofila e uma ponte de ligação entre as subunidades ribossomais necessárias para síntese protéica, e enzimas do cloroplasto são fortemente influenciadas por variações nos níveis de Mg no citossol e no cloroplasto (DING et al., 2006).

1.7.6 Sódio (Na)

Alguns elementos não são considerados essenciais, mas apenas benéficos para algumas plantas. Esse é o caso do sódio (Na), que é normalmente muito tóxico para os vegetais. Na maioria das espécies, a acumulação de sódio obedece a ordem crescente de se armazenar nas raízes, caule, folhas e não são bem conhecidas a função do sódio, há pelo menos duas frações de sódio nas plantas.

1.7.7 Cobre (Co)

É um importante micronutriente, pois participa de várias reações enzimáticas, estando particularmente envolvido na síntese de proteínas, metabolismo de carboidratos e na fixação simbiótica de Nitrogênio pelas leguminosas. O Cobre aumenta a resistência das plantas a diversas doenças fúngicas e bacterianas e sua deficiência está relacionadas com baixos teores no solo e com problemas de absorção. O cobre está fortemente ligado à matéria orgânica ou a compostos solúveis na solução do solo.

A distribuição do cobre dentro da planta é variável. Nas raízes, o cobre está associado, principalmente, às paredes celulares e é largamente imóvel. Uma grande porção do cobre nos tecidos verdes parece associado à plastocianina e à alguma outra fração protéica, e os órgãos reprodutivos, dependendo da espécie da planta, podem acumular muito cobre (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

Estudos de digestibilidade indicam que o cobre na parte aérea de forrageiras está associado, principalmente, ao conteúdo celular (EMANUELE; STAPLES, 1990; TIFFIN, 197; LONERAGAN, 1981) afirmam que cobre tem afinidade pelo nitrogênio do grupo amino; compostos nitrogenados solúveis, como os aminoácidos, parecem atuar como carregadores desse elemento no xilema e no floema.

O cobre é bem absorvido por ruminantes que consomem alimentos com baixo teor de fibras, como os grãos de cereais, mas sua absorção de forrageiras frescas é bem mais baixa. A disponibilidade do cobre em gramíneas pode ser menor que 10% daquela encontrada em outros alimentos (SUTTLE, 1986).

O cobre não é prontamente móvel na planta, embora possa ser translocado das folhas velhas para as novas, especialmente se o suprimento do elemento para a planta estiver adequado. A mobilidade do cobre nos tecidos vegetais aumenta com o nível de suprimento do elemento. Folhas de plantas com suprimento abundante de cobre perderam mais de 70% de seu cobre durante a formação do grão.

1.7.8 Ferro (Fe)

Consideravam que o ferro ocorria nas células da planta principalmente na forma de porfirinas, atuando como grupos prostéticos ou funcionais para os citocromos, peroxidases,

catalase e nas leguminosas, como leghemoglobina, com a parte do ferro não porfirínico presente em muitas enzimas, como ferredoxinas. (TINKER, 1981), no entanto, avalia que apenas uma pequena porção do mineral normalmente se associa às enzimas. Fitoferritina é a forma de armazenamento do ferro não tóxica na planta, encontrada nos plastídios em formação e nos cloroplastos maduros, assim como nos cotilédones das plantas novas (TIFFIN, 1972). Aparentemente, uma proporção razoável do ferro está associada a constituintes orgânicos grandes, uma vez que não mais de 35% do total do ferro foi solubilizado em água (WHITEHEAD et al., 1985). A maior parte do ferro move-se como citrato (TIFFIN, 1972; TINKER, 1981). Em exsudatos de xilema de várias espécies, ferro está presente como complexo aniônico com citrato, malato e maleato (BUTLER; JONES, 1973). O ferro não é facilmente transportado nos tecidos e as deficiências ocorrem nas partes novas das plantas (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

1.7.9 Manganês (Mn)

Todas as plantas tem uma necessidade específica de manganês e aparentemente sua função mais importante está relacionada com os processos de oxi-redução. A função mais estudada do manganês em plantas refere-se à sua participação no desdobramento da molécula de água e na evolução do O₂ no sistema. O Mn acelera a germinação e aumenta a resistência das plantas à seca, beneficiando o sistema radicular. O manganês tem um papel central na oxidação de duas moléculas de água a oxigênio molecular na planta. Ele ocorre quase sempre na forma livre (Mn⁺⁺) ou como complexos de baixa massa molecular de carga positiva (TIFFIN, 1972; TINKER, 1981; BREMNER; KNIGHT, 1970).

O manganês é, preferencialmente, transportado para tecidos meristemáticos. Então, sua concentração é muitas vezes maior nos tecidos jovens em expansão. O manganês parece ser pouco transportado pelo floema, o que pode explicar sua concentração relativamente baixa em frutos, sementes e órgãos de reserva das raízes. A mobilidade de manganês é menor quando há pouca disponibilidade do elemento para as plantas, reduzindo a translocação de manganês das folhas velhas para as novas nessas condições (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

1.7.10 Zinco (Zn)

A participação mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas, tais como: desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrogenase. Lindsay (1972) e Price et al. (1972) relataram que uma função básica do Zn está relacionada ao metabolismo de carboidratos e proteínas, de fosfatos e também na formação de auxinas. O Zn participa na formação da clorofila ou previne sua destruição. Na deficiência de Zn, normalmente há uma redução na taxa de alongamento do caule, o que se explica por um possível requerimento de Zn para a síntese de auxinas. Alguns autores consideram o zinco altamente móvel; outros atribuem a ele mobilidade intermediária. De fato, quando existe um grande suprimento de zinco, muitas espécies de plantas translocam quantidades apreciáveis do elemento das folhas velhas para órgãos de crescimento, mas quando as mesmas espécies estão em condições de deficiência, apresentam baixa mobilidade do nutriente nas folhas velhas (LONERAGAN, 1975). Geralmente, o zinco se acumula em folhas velhas. As raízes contêm maiores concentrações de zinco que a parte aérea, especialmente quando as plantas são cultivadas em solos ricos no elemento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SABOGAL, C.; BRIENZA-JÚNIOR, S. **Recuperação de Áreas Alteradas na Amazônia Brasileira**: Experiências locais, lições aprendidas e implicações para Políticas Públicas. Belém, PA: CIFOR, 2006. 202 p.

ALVES, A. M. S. Sistemas Agroflorestais, transformações na agricultura e o desenvolvimento local sustentável. **Histórias e Perspectivas**, v.41, p.33-58, 2009.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n.3, p. 461-476, 2006.

BENINNI, E. R. Y; TAKAHASHI, H. W; NEVES, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.4, p. 605-610, 2003.

BETTS, A. K.; DIAS, M. A. Progress in understanding land-surface-atmosphere coupling from LBA research. **Journal of advances surface in modeling earth systems-discussion**. 2010.

CARDOSO, J. H. **Diálogo de vidas**: a ciência dos sistemas agroflorestais complexos, 2009. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/dialogo/index.htm>. Acesso em: 1 abr 2010.

CASTRO, A. C. R. **Deficiência de macronutrientes em helicônia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CORRÊA, F. L. O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES; MULLER, M. W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Ciência Agrotécnica, Lavras**, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, 2006.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, p. 919-927, 2004.

CRAVO, M. S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. **Sistema Bragantino**: agricultura sustentável para a Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).

_____; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um latossolo da Amazônia central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 607-616, 1997.

CURVELO, K.; REGO, N. A. C.; LOBÃO, D. E.; SODRÉ, G. A.; PEREIRA, J. M.; MARROCOS, P. C. L.; BARBOSA, J. W.; VALLE, R. R. Aporte de nutrientes na serapilheira e na água do solo em cacau-cabruca, floresta secundária e pastagem. **Agrotropica**. v.21, p.57-66, 2009.

DENICH, M.; VLEK, P. G.; SÁ, T. D. A.; VIELHAUER, K.; LÜCKE, W. "A Concept for the Development of Fire-free Fallow Management in the Eastern Amazon", in Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 110, 2005, p. 43-58.

_____; KANASHIRO, M. A Vegetação secundária na paisagem agrícola no Nordeste paraense, Brasil. In: **Manejo e Reabilitação de Áreas Degradadas e Florestas Secundária na Amazônia**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1995. P. 14-24.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos de solos**. Rio de Janeiro, 1995. 169 p.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v.57, n.1, p. 1-32, 1991.

FERREIRA, R. L. C.; M. A. JUNIOR, M. S. ROCHA, M. V. SANTOS, M. A. LIRA, L. P. BARRETO. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*mimosa caesalpiniiifolia* benth.) **Revista. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007

FERNANDES, F. C. S. **Produção de liteira, concentração e estoque de nutrientes em floresta nativa e capoeira**. 2005. 92f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonia, 2005

GIRALDO, J.; JARAMILLO, R. Ciclo hodrilógico y transporte de nutrimentos en cafetales bajo diferentes densidades de sombrio de guamo. **Cenicafé**, v.55, n.1, p.52-68, 2004.

HORN, D.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P. C. Parâmetros Cinéticos e Morfológicos da Absorção de Nutrientes em Cultivares de Milho com Variabilidade Genética Contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 77-85, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de Bioma do Brasil e maps da vegetação do Brasil 2004**. Disponível em ibge.gov.br/home/presidência/biomashtml.shtm> Acesso em 20 Out. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. PROJETO PRODES. **Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por satélite**. Levantamento e monitoramento da cobertura da terra nas áreas desmatadas da Amazônia. São José dos Campos, SP, 2010. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes.htm>> .acesso em: 20 out 2010.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian terra-firme forest. Part I. Litterfall, organic Carbon and total Nitrogen contents. **Amazoniana**, v. 1, n. 4, p. 287-302, 1968.

LEBLANC, H. A.; MCGRAW, R. L.; NYGREN, P.; Le ROUX, C. Neotropical legume tree *Inga edulis* forms N₂-fixing symbiosis with fast-growing Bradyrhizobium strains. **Plant and Soil**, v..275, p.123-133, 2005.

LUIZAO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007

LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. **Geological Journal**, v.19, p.407- 417, 1989.

_____; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, v. 43, n. 3, p. 259-64, 1987.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.; PROCTOR, J. "Fine root growth and nutrient release in decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonia." **Plant Ecology**, v.192, p. 225-236, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MEAD, D. ; SADIO. S. Agroforestry & Food Security: Challenges in the Developing Countries. In: BOOK OF ABSTRACTS OF THE WORLD CONGRESS OF AGROFORESTRY: Working Together for Sustentável Land-use Systems. 1., 2004. Orlando, Florida, USA. **Abstracts**.... Orlando, Florida, USA. 2004. Disponível em: <Conference.ifas.ufl.edu/wca/>. Acesso em: 19, fevereiro, 2011.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 57, n.2, p.117-125, 2003.

NAIFF, A. P. M. **Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. *Jungle King***. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

NAIR, P. K. R. **Introduction to Agro forestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499 p.

OLIVEIRA, T. K.; LUZ, S. A.; SANTOS, F. C. B. OLIVEIRA, T. C. LESSA, L. S. Sistemas Agroflorestais: vantagens e desvantagens. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, 2009.

PERFECTO, I. et al. Biodiversity, yield and shade coffee certification. **Ecological Economics**, v.54, n.4, p.435-446, 2005.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Interciência**, v.26, n.8, p. 337- 341, 2001.

REICHERDT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

RIOS, M.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; SABOGAL, C.; MARTINS, J.; SILVA, R. N.; BRITO, R. R.; BRITO, I. M.; BRITO, M. F. C.; SILVA, J. R.; RIBEIRO, R. T. **Benefícios das plantas da capoeira para a comunidade de Benjamin Constant, Pará, Amazônia Brasileira**. CIFOR, 2001. 54p.

ROSA, L. S.; SILVEIRA, E. L.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Os quintais agroflorestais em áreas de agricultores familiares no município de Bragança-PA: composição florística, uso de espécies e divisão de trabalho familiar **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.2, 2007.

SÁ, T. D. A.; KATO, O, R.; CARVALHO, C. J., R.; FIGUEIREDO, R. O. Queimar ou não queimar? Como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**, São Paulo, n. 72, p. 92-97, 2007.

SANTANA, J. A.; S.; SOUSA, L. K. V. S.; ALMEIDA, W. C. Produção Anual de serapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrária**, Belém, v. 40, p. 119-132, 2003.

SANTOS, D. M. M. **Nutrição Mineral**. Apostila de Fisiologia Vegetal. UNESP. Jaboticabal, 13p. 2004.

SHWENDENER, C. M. et al. Nitrogen transfer between high- and low-quality leaves on a nutrient-poor Oxisol determined by ¹⁵N enrichment. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, n.4, p.787-794, 2005.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosciencia.**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. **Acta amazônica**, v. 36, n.4, p.503-512, 2006.

SILVA, R. M.; COSTA, J. M. N.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, A. C. L.; ALMEIDA, S. S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Acta Amazônica**. v. 39, n.3, p. 561-570, 2009.

SILVA, R. M.; COSTA, J. M. N.; ALMEIDA, S. S.; COSTA, A. C. L.; MEIER, P. Relações entre a produção de liteira e os componentes do balanço hídrico na Estação Científica Ferreira Penna, Melgaço-PA. In: CONFERENCIA INTERNATIONAL PROJECT LBA, 3., 2004, Brasília. **Anais....** Brasília, 2004.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, S. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em floresta secundária localizada na região de Pinheiral, Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**. v. 12, n.2, p. 9- 16, 2002.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

ZANINI, A. M.; DINIZ, D. “Efeito da Queima sob o Teor de Umidade, Características Físicas e Químicas, Matéria Orgânica e Temperatura no Solo sob Pastagem”, in **Revista Eletrônica de Veterinária**, Espanha, v. 7, n. 3. 2006.

2 AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA E SUA RELAÇÃO COM A SAZONALIDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS MANEJADOS COM QUEIMA E SEM QUEIMA, BRAGANÇA – PA.

RESUMO: Este estudo, avaliou o conteúdo de nutrientes na serapilheira, testando diferentes tratamentos (corte e queima) e (raleamento) da vegetação, para identificar qual deles apresenta melhor eficácia no funcionamento e produção de nutrientes em diferentes condições sazonais. A área de estudo está localizada em propriedade de agricultor familiar, selecionado inicialmente por um diagnóstico sócio- econômico, na comunidade Benjamin Constant, no Nordeste do Pará. Foram realizadas coletas de serapilheira em dois períodos: estiagem (novembro) e chuvoso (março), no ano de 2009. Para as coletas das amostras de serapilheira, utilizaram-se coletores medindo (0,25 x 0,25m²), que foram colocados diretamente na superfície do solo. O material coletado foi armazenado em sacos de papel e levado ao laboratório de Análises Químicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde foram determinados as análises de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn). As maiores concentrações de macronutrientes foram encontrados no N para os sistemas agroflorestais com queima e sem queima, nos dois períodos (chuvoso e estiagem), Todos os macronutrientes apresentaram influencia da sazonalidade, que foi verificada pela grande variação de comportamento nutricional. A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi N>Ca>Mg>Na>K>P no sistema agroflorestal com queima (SAFCQ), todos com valores máximos de nutrientes no período chuvoso, sendo N, P, K, Ca, Na em maiores concentrações no sistema agroflorestal sem queima (SAFSQ), e somente o Mg apresentou valor máximo em sistema agroflorestal com queima (SAFCQ). No (SAFSQ) o comportamento da concentração de nutrientes foi inverso ao observado no (SAFCQ), pois todos os elementos analisados apresentaram redução nas concentrações de nutrientes no período de estiagem. Houve redução no nitrogênio de 18,95 g.Kg⁻¹ para 17,38 g.Kg⁻¹; o fósforo reduziu de 0,35 g.kg⁻¹ para 0,27 g.Kg⁻¹, o potássio reduziu de 1,96 g.Kg⁻¹ para 0,74 g.Kg⁻¹; o cálcio reduziu de 10,28 g.Kg⁻¹ para 7,34 g.Kg⁻¹; o magnésio reduziu de 5,25g.kg⁻¹ para 2,44g.Kg⁻¹, e o sódio reduziu de 6,91 g.Kg⁻¹ para 2,24 g.Kg⁻¹, com diferenças estatísticas apresentadas (Tukey, p<0,5). A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi Fe>Mn>Zn>Cu. A sazonalidade influenciou consideravelmente na concentração de nutrientes da serapilheira na maioria dos elementos. Houve variação significativa estatisticamente entre alguns tratamentos e períodos analisados em todos os sistemas.

Palavras-chave: serapilheira, nutrientes, sazonalidade, sistema agroflorestal.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the nutrient content in litter, this study tests different treatments of cutting and burning of vegetation, to identify which one has a better efficiency in operation and production of nutrients. The study area is located in the municipality of Bragança, Benjamin Constant in the community, in northeastern Pará litter were collected in two periods: dry season (November) and rainy (March), in 2009. For the collection of litter samples was used collectors measuring (0.25 x 0.25 m²) were placed directly on the soil surface. The collected material was stored in paper bags and taken to the Chemical Analysis Laboratory of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), where it was determined the analysis of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, Na) and micronutrients (Fe, Co, Mn, Zn). The highest concentrations of nutrients were found in the N to agroforestry systems with slash and burn, in the periods (wet and dry), All the nutrients showed the influence of seasonality, which was seen by the wide variation in nutritional behavior. The decreasing concentration of nutrients presented was N > Ca > Mg > Na > K > P (SAFCQ), all with maximum values of nutrients during the rainy season, and N, P, K, Ca, Na in highest concentrations in the (SAFSQ), and only Mg showed maximum value in (SAFCQ). A reduction in nitrogen of 18,95 g.kg⁻¹ to 17,38 g.kg⁻¹; phosphorus decreased from 0,35 g.kg⁻¹ to 0,27 g.kg⁻¹, potassium decreased from 1,96 g.kg⁻¹ for 0,74 g.kg⁻¹; calcium decreased from 10,28 g.kg⁻¹ to 7,34 g.kg⁻¹; magnesium decreased from 5,25 g.kg⁻¹ to 2,44 g.kg⁻¹, and sodium decreased from 6,91 g.kg⁻¹ for 2,24 g.kg⁻¹. The statistical differences were shown (Tukey, p < 0.05) mainly between (SAFCQ) for the elements phosphorus, potassium, magnesium and sodium, because they showed differences in the same treatment during different periods Among the micronutrients studied, higher concentrations agroforestry systems with slash and burn, was the element iron. The decreasing concentration of nutrients was presented Fe > Mn > Zn > Cu. Seasonality significantly influenced nutrient concentrations of litter in most elements. Statistically significant variation between treatments and time periods in all systems.

Keywords: litter, nutrients, seasonality, the agroforestry system.

2.1 INTRODUÇÃO

A utilização dos sistemas agroflorestais (SAFS) tem sido considerada como alternativa de otimização do uso da terra, por conciliar a produção florestal à de alimentos, conservando o solo, diminuindo o impacto causado por práticas agrícolas e favorecendo a ciclagem dos nutrientes por meio do maior aporte de serapilheira.

Os (SAFS), embora às vezes implantados após derruba e queima da floresta, têm sido propostos como alternativas para a recuperação de áreas degradadas e a serapilheira produzida pelos diferentes sistemas é um dos agentes promotores dessa recuperação. Para que essa contribuição seja mais efetiva, a serapilheira produzida pelos (SAFS) deve ser diversificada e de qualidade nutricional suficiente para cumprir os seus principais papéis no ecossistema: manter o solo coberto e protegido contra impactos diretos de chuvas e sol, mantendo assim uma melhor umidade no solo; ativar a biota do solo, fornecendo carbono e nutrientes liberados pela decomposição; e contribuir para a elevação da matéria orgânica do solo.

Os sistemas de produção agrícolas estão em constante transformação, a todo instante, surgem novas formas de exploração agrícola, afetando a base dos recursos naturais e os mecanismos da ciclagem de nutrientes no sistema solo – planta. A prática de corte e queima são as mais utilizadas pelos pequenos, médios e grandes agricultores. Prática caracterizada como principal uso da terra, corresponde ao sistema de manejo utilizando o fogo na vegetação natural para o cultivo agrícola durante um a dois anos, seguido de um período de pousio. O termo pousio significa o período de descanso do solo, entre um plantio e outro, com a finalidade de obter novos nutrientes e fertilidade do solo.

Os resultados obtidos no projeto TIPITAMBA, relatam que o sistema tradicional perde 98% de carbono, 96% de nitrogênio, 76% de enxofre, 48% de potássio, 47% de fósforo, 40% de magnésio e 30% de sódio (MACKENSEN et al., 1996) quando ocorre a queima da vegetação para o preparo de área. Associados a estes efeitos negativos estão à emissão de carbono para a atmosfera, queimas acidentais que provoca grandes prejuízos nas áreas dos agricultores, redução da fertilidade do solo e da produtividade dos cultivos (KATO et al., 2004; HÖLSCHER et al. 1997) .

No sistema sem queima, as vantagens são bastante nítidas, além de um melhor balanço de nutrientes, qualidade do solo, regulação térmica do solo e melhor conservação da água, apresenta também, intensificação do sistema de produção, com redução na incidência de plantas espontâneas e a oferta de serviços ambientais, como, por exemplo, o sequestro de

carbono. Para a agricultura, os principais efeitos negativos da queima da vegetação durante a fase de preparo de área para o plantio nos sistemas de produção são as perdas de nutrientes retidos na biomassa da vegetação que atingem valores de 96% do nitrogênio, 47% do potássio, 35% do cálcio, 40% do magnésio e 76% do enxofre, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção da agricultura familiar (EMBRAPA, 2001).

O balanço negativo do sistema de derruba e queima provocado, principalmente, pelas perdas de nutrientes durante a queima da vegetação no preparo de área para o plantio, segundo Sommer (2000) e Hölscher et al., 1997, impulsionou o melhoramento do sistema de preparo de área sem a utilização do fogo (Tabela 3).

Tabela 3 - Balanço de nutrientes nos sistemas de derruba e queima e corte e trituração

Preparo de área (Fontes de ganho e perdas de nutrientes)	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg/ha-1					
Derruba e queima						
Deposição atmosférica		4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	—	—
Perdas de queima	-246	-8	-58	-151	-29	-35
Perdas por lixiviação	-16	-1	-11	-48	-9	-5
Perdas pela colheita	-127	-22	-78	-16	-14	-7
Balanço	-293	21	-69	-154	-37	-25
Corte e trituração						
Deposição atmosférica	261	4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	—	—
Perdas por lixiviação	-10	-1	-3	-25	-6	-13
Perdas pela colheita	-112	-22	-8	22	-3	2
Balanço	-26	-29	-8	22	-3	2
Ganhos através do corte e trituração	267	8	61	176	34	27

FONTE: Adaptado de Denich et al. (KATO et al., 2006).

Diversos estudos têm sido realizados no Brasil e no mundo com o intuito de contribuir para o melhor conhecimento sobre a ciclagem de nutrientes e a dinâmica dos ecossistemas florestais e até mesmo em plantios homogêneos de espécies florestais e agrícolas (MURBACH et al., 2003; GARAY et al., 2003).

A produção agrícola e florestal depende principalmente do fornecimento adequado de luz, de água e de nutrientes. Os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas e animais passam do solo às plantas, das plantas aos animais e destes ao solo novamente; esta sequência de transferências através de uma série de compartimentos constitui, de maneira bem simples, a ciclagem de nutrientes (NEWBOULD, 1978).

Segundo Haag (1985), a ciclagem de nutrientes é uma sequência de transferências através de uma série de compartimentos, tais como: a) o compartimento orgânico constituído de organismos vivos e seus restos; b) o de nutrientes disponíveis na solução do solo ou adsorvidos ao complexo argila-húmus; c) o de solo inorgânico e rochas; e d) o compartimento atmosférico composto inteiramente de gases, incluindo o ar do solo. Esse consta de várias fases: absorção, assimilação e armazenamento na biomassa em que nutrientes retornam ao solo com a manta orgânica ou pelas chuvas, acumulação e decomposição na superfície do solo e mineralização, ficando assim, disponível no meio edáfico para a vegetação.

A decomposição da serapilheira é o principal meio de transferência dos nutrientes para o solo de forma natural, possibilitando a sua reabsorção pelos vegetais vivos (SCHUMACHER et al., 2004) por meio da ciclagem de nutrientes, responsável pelas trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente que o circunda, centrando-se nas relações entre a vegetação e o solo (BORÉM; RAMOS, 2002).

A importância de fatores microclimáticos na produção e decomposição de serapilheira foi constatada por (FACELLI; PICKETT, 1991), ao mostrar em que a luz, a temperatura, a umidade do solo e a disponibilidade de nutrientes estão sujeitos a alterações em decorrência da quantidade de serapilheira depositada. Pesquisa realizada com a produção de serapilheira em sistema agroflorestal (ARATO et al, 2003), observou que embora a maior produção tenha coincidido com o final da estação seca, não foi encontrada correlação significativa da mesma com as variáveis climáticas analisadas, resultado similar encontrado por Silva et. al. (2004) em seu estudo de influência de variáveis climáticas na serapilheira em floresta primária.

A geração de informações sobre a deposição de serapilheira e análise do seu conteúdo são importantes ferramentas para a compreensão e conservação dessas áreas, bem como suas inter-relações com o meio. À medida que as folhas, galhos e raízes vão sendo incorporados à serapilheira e sofrem o processo de decomposição e mineralização, ocorre liberação desses nutrientes ao solo e, conseqüentemente, disponibilização para as plantas. Dessa forma, a quantificação dos nutrientes da biomassa, bem como o padrão de sua ciclagem, permitem avaliar a magnitude dos reflexos causados pela intervenção antrópica ou por fenômenos naturais ocorridos no ecossistema, tornando possível, por meio de estudos de ciclagem de nutrientes, a quantificação das saídas ou perdas de nutrientes (OKI, 2002).

O acúmulo de biomassa e nutrientes é um dos principais componentes do balanço nutricional em um ecossistema. Representa um dos mais importantes estoques de elementos

minerais depois do solo, além de constituir um dos primeiros compartimentos a ser afetado pelas atividades antrópicas em uma floresta. Essa dinâmica, portanto, indicador de impactos ambientais, bem como do status nutricional do sítio, auxiliando no entendimento da estrutura de um ecossistema (BRUN et al. 2010).

O método tradicional de uso da terra, para práticas agrícolas em nossa região, que consiste no corte da floresta seguido do uso do fogo para limpeza da área, tem levado ao empobrecimento do solo e da vegetação, após sucessivos ciclos de uso. Tal prática desfavorece a ciclagem de nutrientes, em especial, pela diminuição da biomassa vegetal e, conseqüentemente, da serapilheira que é produzida, que é a principal fonte de nutriente ao solo. Com a queima, ocorre o aproveitamento imediato dos nutrientes da biomassa liberados pelas cinzas do material vegetal, beneficiando a agricultura a curto prazo, mas trazendo prejuízo ao agricultor e ao meio ambiente a longo prazo.

Além de promover a degradação do solo, a perda de nutrientes desfavorece a ação decompositora dos microorganismos, ocasionando um desequilíbrio no sistema.

Estudos de ciclagem de nutrientes em áreas experimentais de manejo, visando um melhor aproveitamento de Floresta Secundária, entre os quais a obtenção de dados que permitam a análise do balanço nutricional na vegetação, é de grande importância para o seu entendimento, possibilitando um manejo adequado e, conseqüentemente, a sua perpetuidade. Desta forma o agricultor será favorecido na utilização da área de plantio a longo prazo.

Com o objetivo de avaliar o conteúdo de nutrientes na serapilheira, este estudo testa diferentes tratamentos de corte e queima e raleamento da vegetação, para identificar qual deles apresenta melhor eficácia no funcionamento e produção de nutrientes.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização e Localização da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na localidade de Benjamin Constant, município de Bragança (Figura 1), ocupando os vales dos rios Tijoca e Urumajó, localizando-se a Leste da Região Bragantina e a 25 km a Sudeste da cidade de Bragança (RIOS, 2001) nas

coordenadas geográficas 01°11'22" de latitude Sul e 46°40'41" de longitude Oeste de Greenwich.

O estudo foi conduzido em propriedades de agricultores familiares, denominadas Unidades Agrárias (UA), com área total de 150 ha. Dentro do projeto “Manejo Sustentável de floresta secundária para fins diversificados no Nordeste Paraense (PA - Brasil)”, iniciado em 1998 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, Amazônia Oriental) em parceria com outras instituições, entre elas a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

Essas unidades foram selecionadas previamente através de diagnóstico sócio econômico citado por (RIOS, 1999) em cinco municípios da região. A área em estudo apresenta em seu entorno outras florestas secundárias com diversas idades. São provenientes de sucessivos ciclos de corte e queima, plantio e pousio, com cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum*), arroz (*Oryza sativa*), feijão (*Phaseolus vulgares*), fumo (*Nicotiana tabacum*), mandioca (*Manihot esculento*) e milho (*Zea mays*).

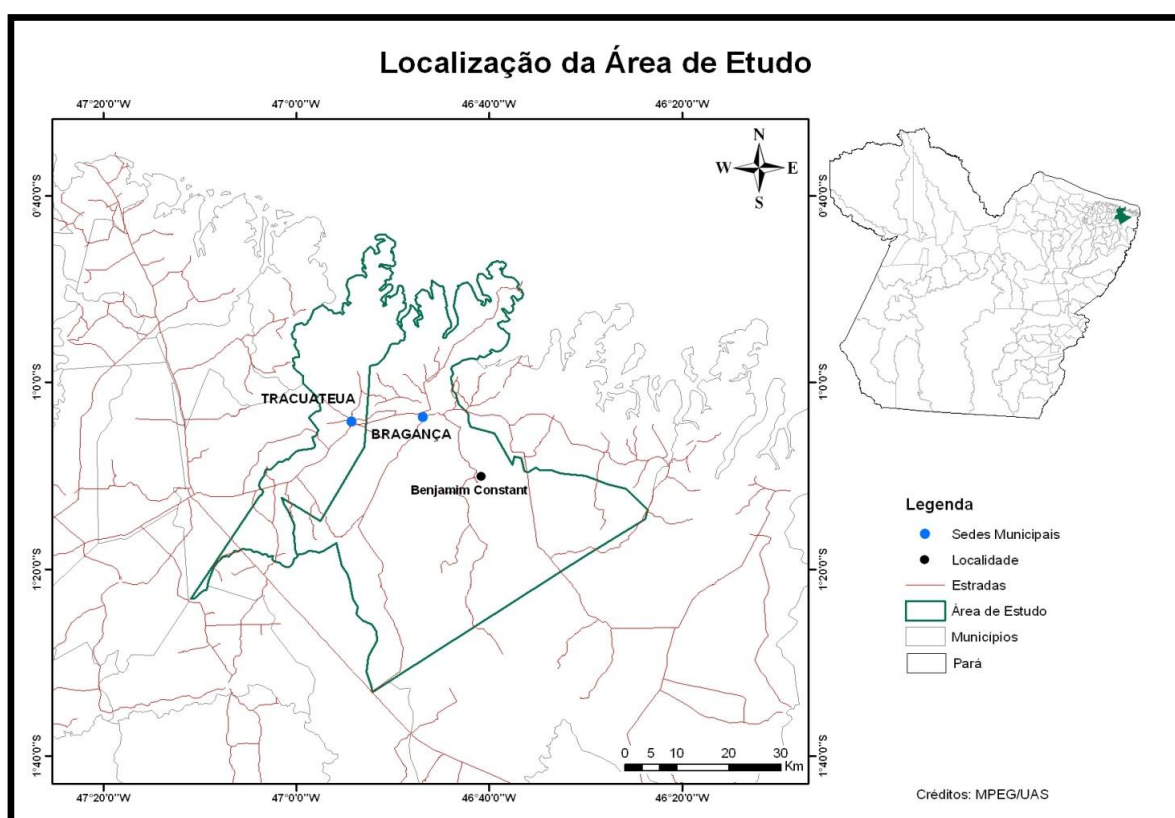


Figura 1 - Mapa da localidade de Benjamin Constant, município de Bragança – PA (Fonte: UAS, Museu Paraense Emílio Goeldi, setembro 2010).

2.2.2 Caracterização do Meio Físico

2.2.2.1 Climatologia da região

Segundo as Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992), a classificação climática segundo Thornthwaite e Mather (1955), para Bragança, caracteriza um clima do tipo AwA'a', ou seja, clima superúmido, megatérmico, com deficiência de água moderada no período de agosto a dezembro. A temperatura do ar apresenta pequena variação anual na microrregião Bragantina. As amplitudes térmicas diárias podem apresentar valores superiores a 10°C, principalmente na época seca da região. Os valores médios mensais de umidade relativa do ar são sempre elevados, variando entre um mínimo de 77% e um máximo de 91%. A precipitação anual varia em torno de 2.200 mm a 3.000 mm. A insolação está entre 2.200 a 2.400 horas/ano.

Observa-se a existência de duas épocas de características distintas quanto à distribuição das chuvas, sendo uma estação chuvosa, que se estende de janeiro a junho, e outra época seca, que vai de julho a dezembro. Neste estudo, os meses de fevereiro a junho representaram a estação chuvosa e os meses de agosto a dezembro a estação de estiagem.

No município de Tracuateua (pertencente à microrregião Bragantina, Nordeste Paraense), às proximidades de Bragança a distância de 17 Km, está localizada uma estação meteorológica convencional pertencente ao INMET/Pará, onde são coletados dados diários de precipitação e temperatura, os quais foram cedidos para este trabalho. Para o ano em estudo, o mês de maio apresentou a precipitação máxima de 849,70 mm, um mês atípico, pois a média registrada nos últimos 20 anos era de 347,62, onde a máxima de precipitação que havia sido observada foi em 1995 com 657,2 mm (Figura 2).

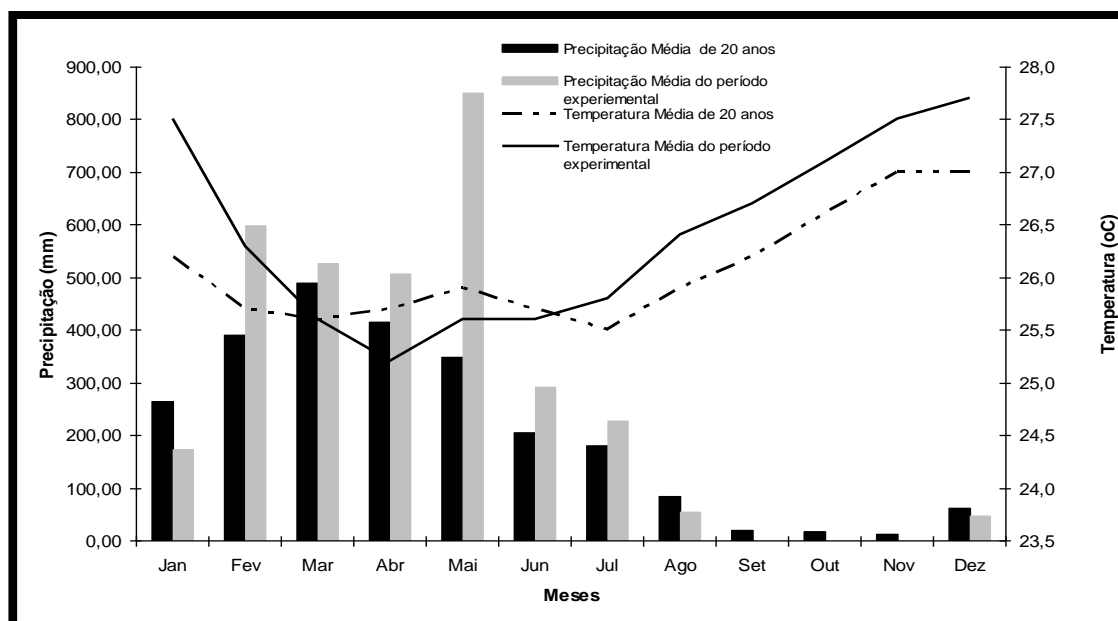


Figura 2- Variação mensal das precipitações e temperaturas no período de estudo (2009) e os últimos 20 anos (1979 a 2009). Dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia/INMET/PARÁ, distante 17 Km da área de estudo.

2.2.2.2 Relevo e solo

Bragança situa-se em uma zona de planície, formada por sedimentos recentes, levemente onduladas, possuindo o declive máximo de 26 metros. O principal rio do município é o Caeté (ROCQUE, 1982). Os solos são ácidos e fortemente ácidos, de boa drenagem por serem permeáveis e de baixa fertilidade natural por serem Latossolo Amarelo Distrófico (LAD) (EMBRAPA, 1999). A predominância é de solos de terra firme, apresentando, também, solos de mangue nas proximidades do litoral, hidromórficos e aluviais (SECTAM, 1999).

Na área experimental do sistema agroflorestal, foram realizadas coletas de solos por (RIBEIRO, 2006) na profundidade de 0- 20 cm, antes de iniciar o preparo da área (0) dia, (30) dias e (70) dias logo após o preparo (SAF 1: corte e queima), SAF2: (retirada da vegetação e implantação com leguminosas).

A caracterização granulométrica dos solos, seguindo metodologia (EMBRAPA, 1997) são apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4 - Valores médios das frações granulométricas do solo, da área de estudo, realizada antes do preparo da área, 2005

Sistemas Agroflorestais	Frações Granulométricas de solo (g/Kg)			
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
SAF1- Com queima	386	333	182	100
SAF2- Sem queima	389	319	183	100

Fonte: Ribeiro, 2006.

2.2.2.3 Caracterização da vegetação

Atualmente os principais tipos de vegetação original da região Bragantina, floresta primária de terra firme, floresta de várzea e igapó, campos de terra firme e mangues, são de ocorrência muito esparsa, limitada a poucos lugares. A paisagem predominante caracteriza-se por uma vegetação secundária em diferentes idades com diferentes graus de sucessão vegetal, culturas agrícolas e áreas de pastagem (DENICH, 1991; VIEIRA et al., 2007), provenientes de sucessivos ciclos de corte e queima, plantio e pousio. De acordo com (IBGE, 2008), o tipo de vegetação da região é floresta ombrófila densa secundária.

A cobertura vegetal da comunidade de Benjamin Constant é similar à vegetação do planalto costeiro do município de Bragança. Nessa localidade, encontram-se capoeiras em diferentes estágios de sucessão, buritizais, açazais e vegetação característica de planícies aluviais inundadas. Para as comunidades agrícolas de Bragança, a capoeira representa 79% do uso da terra para subsistência, enquanto que 6% do igapó, 13% de cultivos (anuais, semi perenes e perenes) e 2% sob pastagem (CARVALHEIRO et al., 2001).

As capoeiras da Comunidade de Benjamin Constant foram classificadas por (RIOS; ALMEIDA et. al., 2001) de acordo com a visão dos pequenos agricultores locais, em três diferentes estágios: capoeirinha (sucessão inicial), capoeira (sucessão intermediária) e capoeirão ou capoeira grossa (sucessão avançada), onde cada um desses estágios de sucessão foi identificado pela sua localização, composição florística, altura das plantas ou da comunidade vegetal, tamanho e diâmetro das árvores, ausência ou presença de certas espécies indicadoras que determinam a estrutura da vegetação e os diferentes estratos, próprios de cada etapa sucessional.

2.2.3 Delineamento Experimental

Foram estudadas duas áreas com sistemas agroflorestais, sendo:

- a) Sistemas Agroflorestais em área de Floresta Secundária Manejada com queima (SAFCQ);
- b) Sistema Agroflorestal em área de Floresta Secundária Manejada Sem Queima (SAFSQ).

2.2.3.1 Sistemas Agroflorestais em áreas de Floresta Secundária Manejadas Com Queima

No Sistema Agroflorestal em área de floresta secundária onde houve corte e queima da vegetação secundária, determinou-se como sendo o (SAF1), no qual foram utilizados os preparos de área tradicional com corte e queima, praticado pelo produtor do local, onde a vegetação secundária foi cortada e queimada para a implantação do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), açaí (*Euterpe oleracea* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).

Os experimentos constituídos de sistemas agroflorestais com corte e queima da vegetação secundária (SAF1) e sem queima (SAF 2) foram implantados sob floresta secundária, através do seguinte deliameamento:

Cada área foi subdividida em 42 parcelas de 81 m² (9m x 9m), no sistema de cultivo com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber), açaí (*Euterpe oleracea* Mart) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).

Foram escolhidas 12 parcelas para as coletas de serapilheira, onde foram realizadas três repetições em cada parcela, constituindo um total de 12 grupos amostrais, totalizando 36 amostras, para estação chuvosa e de estiagem. Amostragem foi aleatória, onde se delimitou quatro quadrantes com 9 parcelas cada, sendo a área experimental constituída de 6804 m² (Figura 2), dividida em subáreas de 3.402 m², denominada de sistema agroflorestal um (SAF 1). As plantas de paricá e de açaí foram implantadas em espaçamento 3 m x 3 m e as de cupuaçu espaçamento 8m x 8m (Figura 3).

2.2.3.2 Sistemas Agroflorestais em áreas de Floresta Secundária Manejadas Sem Queima

No Sistema Agroflorestal, na área de floresta secundária onde não houve queima, determinou-se como sendo (SAF 2), sendo que o preparo de área deu-se no mesmo período do (SAF 1). Cada área foi subdividida em 42 parcelas de 81 m² (9m x 9m) no sistema de cultivo com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber), açaí (*Euterpe oleracea* Mart) e cupuaçú (*Theobroma grandiflorum* Schum).

Foram escolhidas 12 parcela para as coletas de serapilheiras, onde foram realizadas três repetições em cada parcela, constituindo um total de 12 grupos amostrais, totalizando 36 amostras, para estação chuvosa e de estiagem. As plantas de paricá e de açaí foram implantadas em espaçamento igual ao SAF 1 (Figura 3).

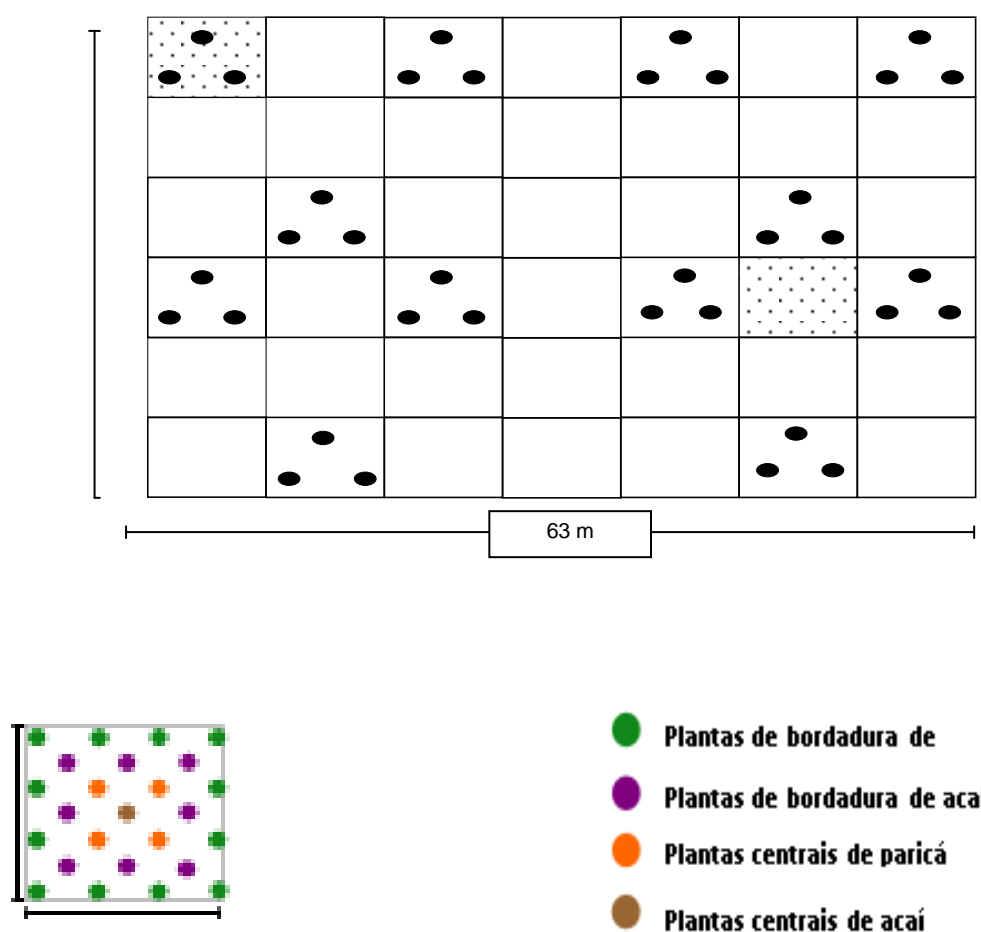


Figura 3 - Croqui da área experimental do sistema agroflorestal com queima (SAF1) e sem queima (SAF2), na comunidade de Benjamin Constant, Bragança-PA.

Fonte: Projeto Manejo Sustentável de floresta secundária para fins diversificados no Nordeste Paraense (Pa-Brasil).

Dentre os ensaios com SAF'S foram realizados: a) estudos de enriquecimento de capoeira com leguminosas arbóreas, de rápido crescimento, b) enriquecimento com leguminosas de cobertura de solo, e c) enriquecimento com espécies frutíferas. Além dessas espécies, foram também utilizadas na composição dos SAFS espécies de ciclo curto, como o milho, a mandioca e feijão, que fazem parte da alimentação básica da população regional. Dentre as leguminosas arbóreas que foram utilizadas na constituição dos SAFS tem-se a *Inga edulis*, que se destaca na produção de biomassa, possui sistema radicular bem desenvolvido e fixa nitrogênio do solo.

2.2.4 Coleta e Preparo das Amostras de Serapilheira

As coletas de serapilheira foram realizadas durante os meses de Março (chuvoso) e Novembro (estiagem) de 2009, utilizando-se coletores quadrados ($0,25 \times 0,25\text{m}^2$) colocados diretamente no solo, (Figura 4a) e armazenados no campo em sacos de papel, (Figura 4b). Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa á temperatura de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante o período de 72hs. Após secagem, este material foi triturado separadamente, em moinho tipo Wiley, acondicionados em frascos plásticos e armazenados em local seco.

Posteriormente, o material foi encaminhado ao Laboratório de Solos e Tecido Vegetal da EMBRAPA/CPATU/PARÁ, e Laboratório de Análises Químicas do Museu Paraense Emílio Goeldi, LAQ/GOELDI, onde as amostras foram analisadas quimicamente para macro e micro nutrientes.



Figura 4 – Coletor de serapilheira estocada sobre o solo, coleta e armazenamento das amostras na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, 2009.

2.2.5 Determinações Analíticas

2.2.5.1 Análises Químicas de nutrientes na serapilheira

As amostras foram levadas aos laboratórios e reunidas em 12 grupos, onde cada grupo de amostras com três repetições foram separadas e homogeneizadas para conter uma amostra. Foram pesadas amostras de 1g do material vegetal para as análises químicas. Para cada parcela, as amostras foram homogeneizadas para o processamento das análises, baseado nos métodos da EMBRAPA (1999).

2.2.5.2 Macronutrientes

A determinação do nitrogênio foi baseada no método de micro- Kjeldahl, descrito em Tedesco et al. (1985), o que consiste, basicamente, na destilação à vapor e na titulação usando-se corante (fixador) ácido bórico e solução de ácido sulfúrico 0,05 N (Figura 5a).

A determinação do fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, cobre, manganês, ferro e zinco foi feita por digestão ácida das amostras, utilizando-se ácido nítrico e ácido perclórico, em temperatura de 180⁰C durante 45 minutos, para obtenção do digerido límpido, após a digestão ácida e as etapas do processo com água destilada, utiliza-se solução de vanadato de amônia e molibdato de amônia.

As leituras de sódio e potássio foram feitas em espectrofotômetro de chama. As leituras de cálcio, magnésio, cobre, manganês, ferro e zinco, foram feitas por absorção atômica (Spectr AA-220- Atomic Absorption Spectrometer) (Figura 5b), seguindo a metodologia (EMBRAPA, 1997).

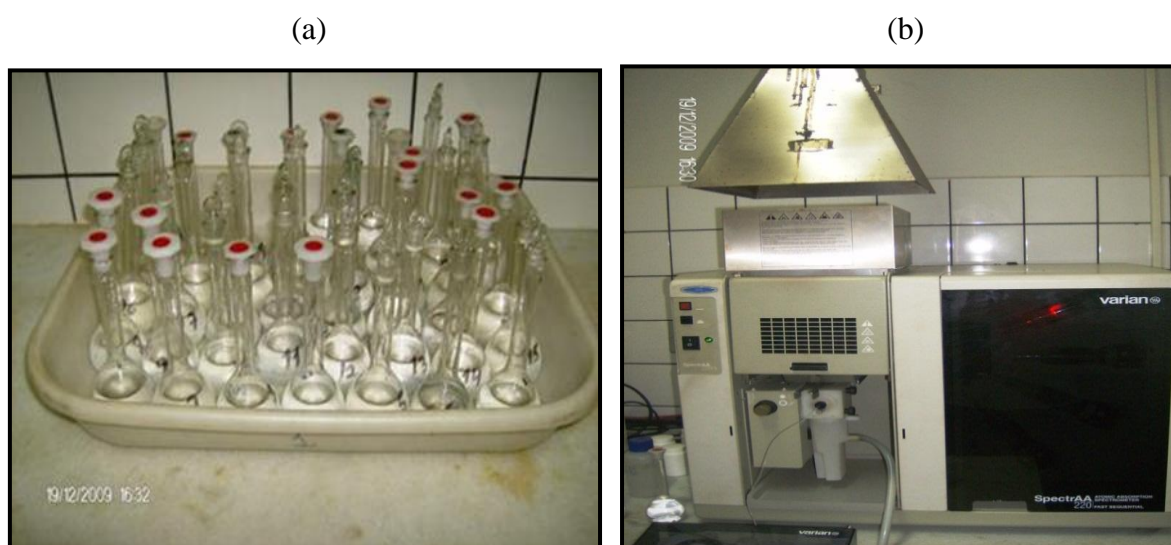


Figura 5 - Extrato vegetal em tubo de ensaio para preparo de solução, e aparelho de absorção atômica utilizado para leitura de cálcio, magnésio, cobre, manganês, ferro e zinco. Laboratório da EMBRAPA, 2009.

2.2.5.2 Micronutrientes

As leituras para ferro, manganês, cobre, e zinco em aparelho de absorção atômica, feita por determinação direta dos elementos no extrato nítrico-perclórico em espectrofotômetro de absorção atômica, sem problemas de interferência ou de ionização usando a lâmpada de cátodo oco do elemento. (MALAVOLTA, 1997)

2.2.7 Análises Estatísticas

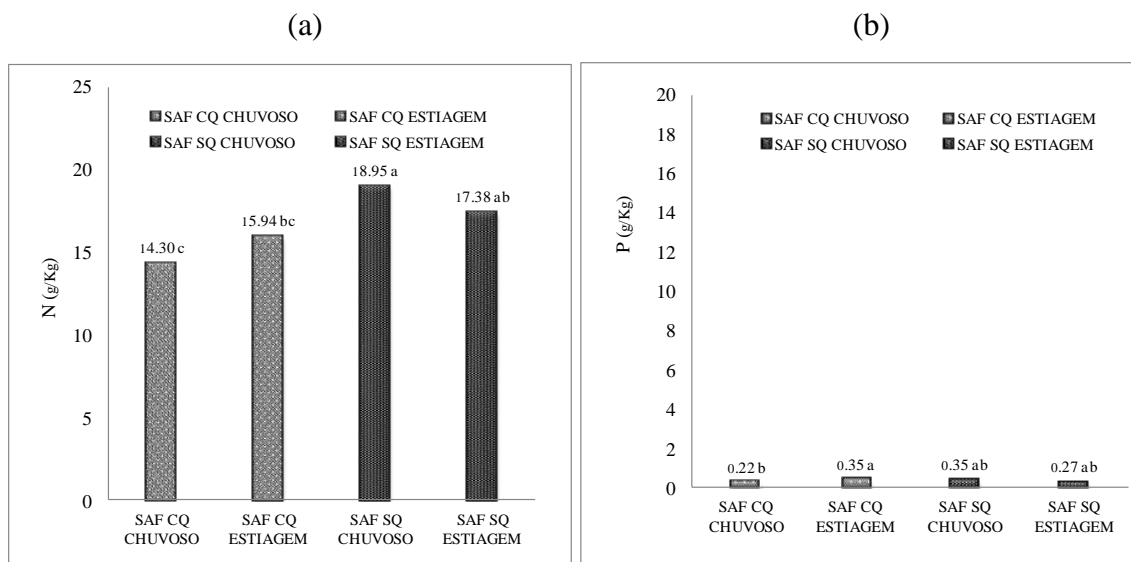
Para maior representatividade das análises, os resultados dos nutrientes contidos na serapilheira foram submetidos aos seguintes tratamentos estatísticos: análise de normalidade à nível de 5% de significância pelo teste de aderência (KS), e para comparação das médias adotou-se análise de variância (ANOVA) com base no Teste de Tukey a nível de 5% de significância. Para os tratamentos utilizou-se o software estatístico versão 7.0. Para a análise estatística foi admitido como tratamento um sistema agroflorestal com queima e sem queima. Para verificar a relação entre o teor. Segundo Costa Neto (2002) o uso de regressão deve ser aplicado, preferencialmente quando o valor da correlação (r) for maior 0,7 ou menor que - 0,7, que indica uma correlação entre a variável independente e dependente um grau forte.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Concentração de Macronutrientes na Serapilheira

As concentrações médias de nutrientes contidos na serapilheira nos tratamentos estudados apresentaram variações significativas nos período chuvoso e de estiagem. As concentrações dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e sódio, nos meses (março e novembro) de 2009 para os dois sistemas de manejo (com queima e sem queima) estão representados nas (Figuras 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b).

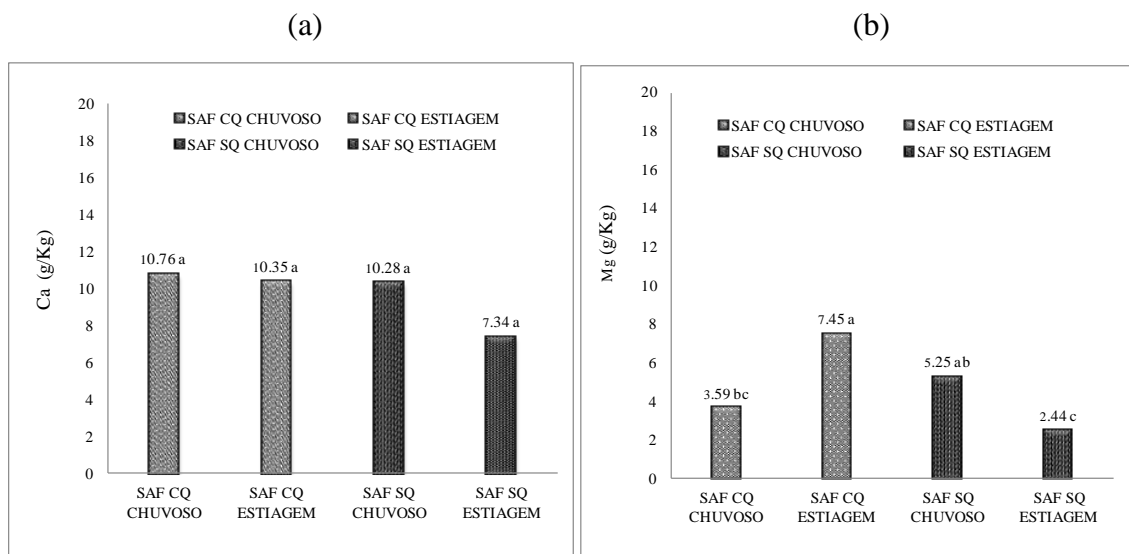
Constatou-se que o sistema agroflorestal sem queima (SAFSQ) apresentaram as maiores concentrações de nutrientes nos dois períodos (chuvoso e estiagem), com os maiores valores apresentados pelo nitrogênio, variando no intervalo de ($15,94 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $18,95 \text{ g.Kg}^{-1}$), contrário aos resultados citados por Arato et. al, (2003) e Silva et. al, (2004).



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. N=nitrogênio, P=fósforo

Figura 6 – Concentração de N (a) e P (b), na serapilhira sob sistemas agroflorestais manejados com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

O nitrogênio (Figura 6a) foi o elemento que apresentou maior concentração dentre todos os nutrientes analisados, com valor máximo de $18,95 \text{ g.Kg}^{-1}$ seguido do cálcio (Figura 7a) que apresentou valor máximo de $10,76 \text{ g.Kg}^{-1}$, no sistema agroflorestal com queima. Nitrogênio e cálcio também foram os únicos elementos que não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos com queima no período chuvoso e estiagem e sem queima nos períodos chuvoso e estiagem. As diferenças estatísticas foram apresentadas (Tukey, $p < 0,05$) principalmente entre o (SAFCQ) para os elementos fósforo (Figura 6b), magnésio (Figura 7b), potássio (Figura 8a), e sódio (Figura 8b), pois apresentaram diferenças no mesmo tratamento durante os diferentes períodos. Considerando os dois sistemas, a concentração de nutrientes observada em ordem decrescente foi: $N > Ca > Mg > Na > K > P$, todos com valores máximos no período chuvoso, com exceção do Mg que apresentou maior concentração no período de estiagem.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Ca=calcio, Mg=magnésio

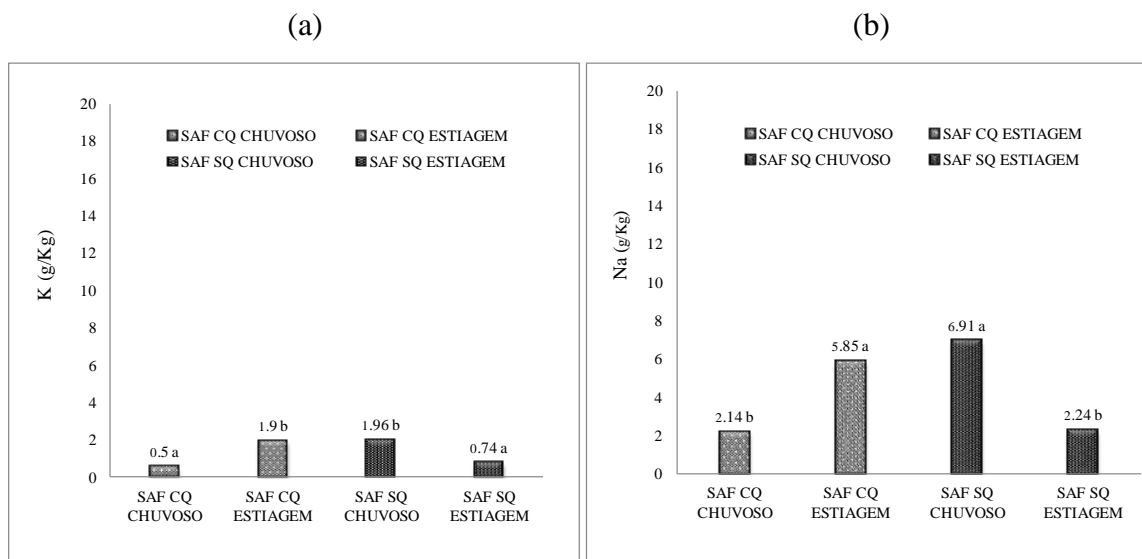
Figura 7 – Concentração de Ca (a) e Mg (b) em sistema agroflorestal manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

Houve diferença significativa no nitrogênio e fósforo (Figura 6a e 6b) entre os tratamentos com queima e sem queima e os períodos de estiagem e chuvoso, com maior valor observado na estação chuvosa no (SAFSQ) e no (SAFCQ), $18,95 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $0,35 \text{ g.Kg}^{-1}$, respectivamente. Entretanto, o magnésio (Figura 7b) foi significativamente superior no (SAFCQ) no período de estiagem ($7,45 \text{ g.Kg}^{-1}$), observou-se redução significativa de 60% na concentração de magnésio. Os elementos fósforo e potássio (Figura 6b e 8a) apresentaram menores concentrações nos dois tratamentos (SAFCQ e SAFSQ) e nos dois períodos (estiagem e chuvoso), com valor máximo de $0,35 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $0,5 \text{ g.Kg}^{-1}$, respectivamente, ambos no período chuvoso.

Foram verificados entre os tratamentos com queima (CQ) e sem queima (SQ) no período de estiagem e chuvoso que não houve diferença estatística significativa nas concentrações de cálcio observado na Figura 7a, com uma variação no intervalo de ($7,34 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $10,76 \text{ g.Kg}^{-1}$). Todos os elementos avaliados apresentaram concentrações diferentes significativamente ($P < 0,05$) com exceção do Ca, que foi o único elemento que não apresentou diferença estatística significativa para todos os tratamentos e períodos, pode-se dizer que este elemento não apresentou variação em função da sazonalidade climática.

Observou-se na Figura 8b, que o sódio apesar de apresentar maior concentração no (SAFCQ) no período de estiagem, e no SAFSQ no período chuvoso, os dois tratamentos apresentaram redução significativamente de 37% e 32%, respectivamente. Entretanto, o

magnésio (Figura 7b), também apresentou o mesmo padrão na concentração de nutriente sendo maior no (SAFCQ) no período de estiagem e no (SAFSQ) no período chuvoso, os dois tratamentos apresentaram redução significativa de 48% e 46% respectivamente. O potássio apresentou maior concentração no (SAFCQ), durante o período de estiagem e no (SAFSQ) durante o período chuvoso, com os valores máximos de $1,90 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $1,96 \text{ g.Kg}^{-1}$ e valores mínimos de $0,5 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $0,74 \text{ g.Kg}^{-1}$, respectivamente.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. K=potássio, Na=sódio

Figura 8 – Concentração de K (a) e Na (b), em sistema agroflorestal manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

Observa-se neste estudo, conforme Tabela 5 que os diferentes tratamentos (CQ e SQ) em mesmo período (chuvoso e estiagem), e que as maiores concentração de nutrientes nos SAFS apresentaram a seguinte distribuição:

Tabela 5 - Maiores concentrações de nutrientes da serapilheira em sistema agroflorestal com queima (SAFCQ) e sistema agroflorestal sem queima (SAFSQ) em período chuvoso e de estiagem, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

Elemento	Tratamento/Período	Maior concentração/Tratamento/Período
Nitrogênio	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	SQ CHUVOSO
Nitrogênio	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	SQ ESTIAGEM
Fósforo	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	SQ CHUVOSO
Fósforo	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	CQ ESTIAGEM
Potássio	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	SQ CHUVOSO
Potássio	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	CQ ESTIAGEM
Cálcio	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	CQ CHUVOSO
Cálcio	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	CQ ESTIAGEM
Magnésio	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	SQ CHUVOSO
Magnésio	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	CQ ESTIAGEM
Sódio	CQ CHUVOSO X SQ CHUVOSO	SQ CHUVOSO
Sódio	CQ ESTIAGEM X SQ ESTIAGEM	CQ ESTIAGEM

CQ=Com queima; SQ= Sem queima

Considerando apenas um tipo de tratamento, (SAFCQ), com exceção do Cálcio, todos os elementos analisados apresentaram redução nas concentrações de nutrientes no período chuvoso, exceto o cálcio. Houve redução do nitrogênio de 18,95 g.Kg⁻¹ para 14,39 g.Kg⁻¹; o fósforo reduziu de 0,35 g.Kg⁻¹ para 0,22 g.Kg⁻¹; o potássio reduziu de 1,9 g.Kg⁻¹ para 0,5 g.Kg⁻¹; o magnésio reduziu de 7,45 g.Kg⁻¹ para 3,59 g.Kg⁻¹ e o sódio de 5,85 g.Kg⁻¹ para 2,14g.Kg⁻¹.

No SAFSQ o comportamento da concentração de nutrientes foi inverso ao observado no SAFCQ, pois todos os elementos analisados apresentaram redução nas concentrações de nutrientes no período de estiagem. Houve redução no nitrogênio de 18,95 g/Kg⁻¹ para 17,38 g/Kg⁻¹; o fósforo reduziu de 0,35 g.kg⁻¹ para 0,27 g.Kg⁻¹, o potássio reduziu de 1,96 g.Kg⁻¹ para 0,74 g.Kg⁻¹; o cálcio reduziu de 10,28 g.Kg⁻¹ para 7,34 g.Kg⁻¹; o magnésio reduziu de 5,25g.kg⁻¹ para 2,44g.Kg⁻¹, e o sódio reduziu de 6,91 g.Kg⁻¹ para 2,24 g.Kg⁻¹, com diferenças estatísticas apresentadas (Tukey, p<0,5).

O tratamento SAFSQ chuvoso e SAFCQ estiagem apresentaram as maiores concentrações de nutrientes da serapilheira (Figura 10), para os elementos: N, P, K, Mg, Na, e o único elemento que apresentou a maior concentração no tratamento SAFCQ chuvoso foi o cálcio.

2.3.2 Influência da Sazonalidade

A precipitação média anual (Figura 9) apresentou maiores valores no mês de maio (849,7 mm) e menores valores em outubro e novembro, meses em que não houve chuva (0 mm), e a média anual foi de (2.323 mm), considerando o ano do experimento e a média dos últimos 20 anos. A precipitação foi uma variável que mostrou ter influenciado na concentração destes nutrientes. No período chuvoso os maiores índices de chuvas observados na região foram nos meses de fevereiro, março, abril e maio, com um pico elevado no mês de maio, diferente dos índices pluviométricos apresentados nos últimos 10 anos, tendo em 1995, apresentado o maior valor registrado na precipitação (657,20 mm), sendo que a média para o mês de maio para os últimos 20 anos é de (347,6 mm).

Embora a precipitação faça a incorporação de nutrientes nas plantas, para o SAFCQ, o observado foi que houve redução da concentração destes nutrientes no período chuvoso. A serapilheira é caracterizada por apresentar uma quantidade de produção maior no período seco, período que a velocidade de decomposição e a concentração de nutrientes são menores. A temperatura média mensal apresentou maiores valores no mês de dezembro (27,7°C) e menores valores em abril (25,2°C), com média anual de 26,42°C.

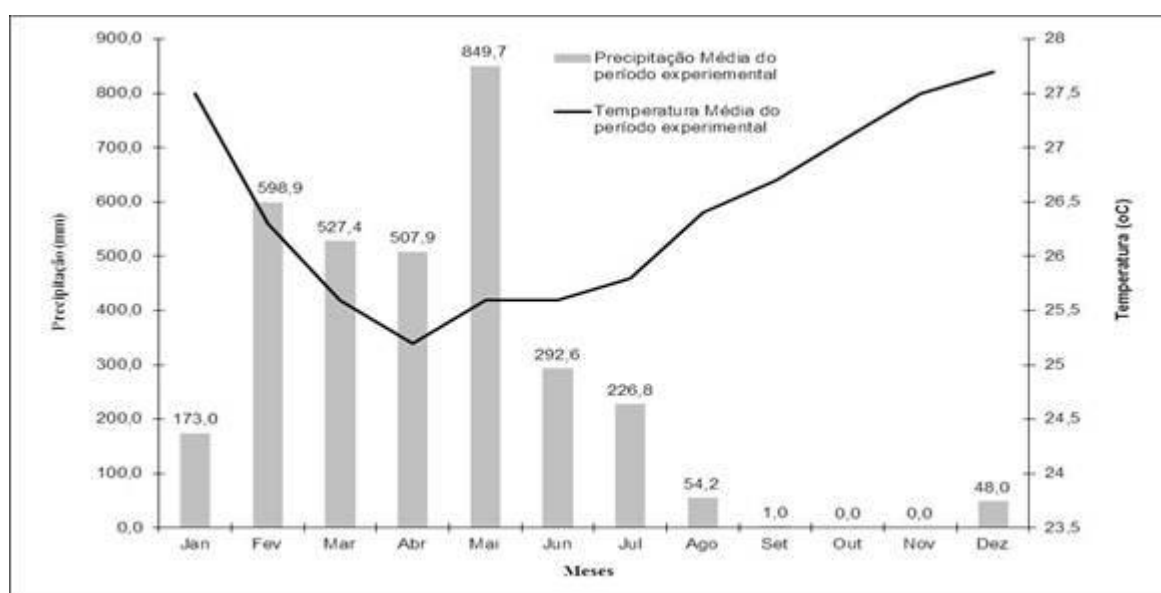


Figura 9 - Variação anual da precipitação e temperatura, no município de Tracuateua, distante 17 Km de Bragança - PA, durante o período experimental, 2009.

2.3.2 Interação entre Macronutrientes da serapilheira em sistema agroflorestal manejado com queima e sem queima.

Em geral, entre todos os elementos analisados, apenas o Fósforo e Potássio apresentaram alta correlação positiva e significativa (Tabela 6) na concentração de nutrientes na serapilheira ($r = 0,80$) no SAFQC. Observa-se que com o aumento na concentração de fósforo houve um aumento na concentração de potássio, (Figura 14), assim como o nitrogênio, estes elementos também são requeridos em maior quantidade pelas plantas.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os macronutrientes da serapilheira em sistemas agroflorestais, comunidade Benjamin Constant, Pará.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Na
	(g/Kg)					
N	1					
P	0,391632	1				
K	0,518017	0,800401*	1			
Ca	-0,25408	-0,21573	-0,06653	1		
Mg	-0,13698	0,131755	0,118806	0,197858	1	
Na	0,310008	0,174853	0,541457	0,237893	0,351254	1

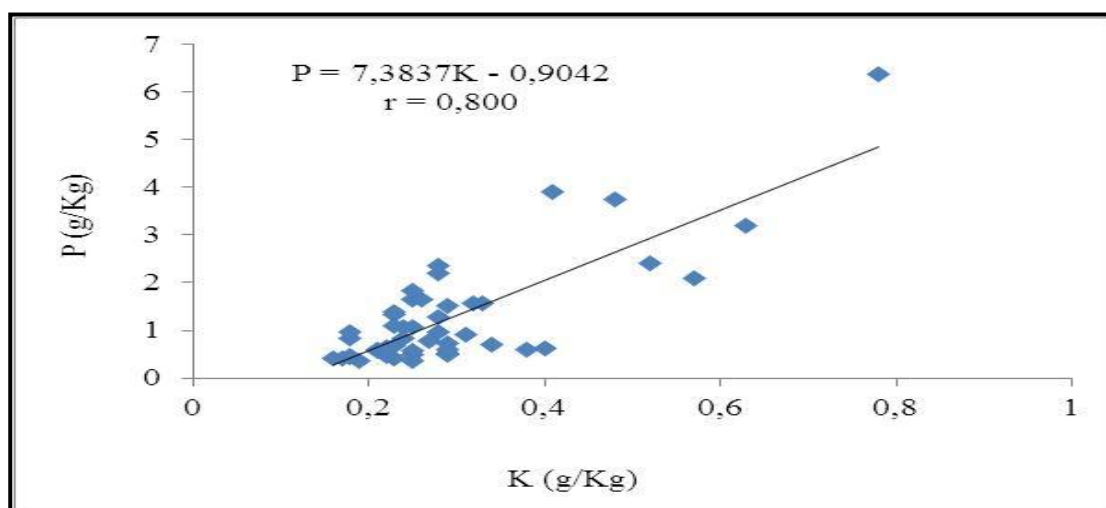
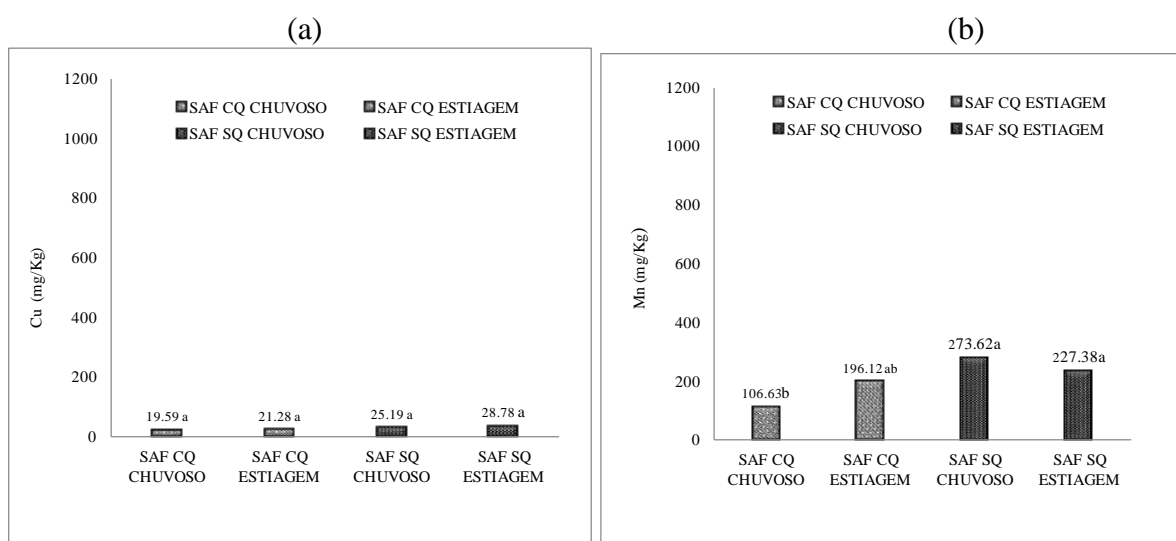


Figura 10 - Correlação entre os teores de P e K na concentração de nutrientes na serapilheira em sistemas agroflorestais com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant Bragança - Pará.

2.3.3 Concentração de Micronutrientes na Serapilheira

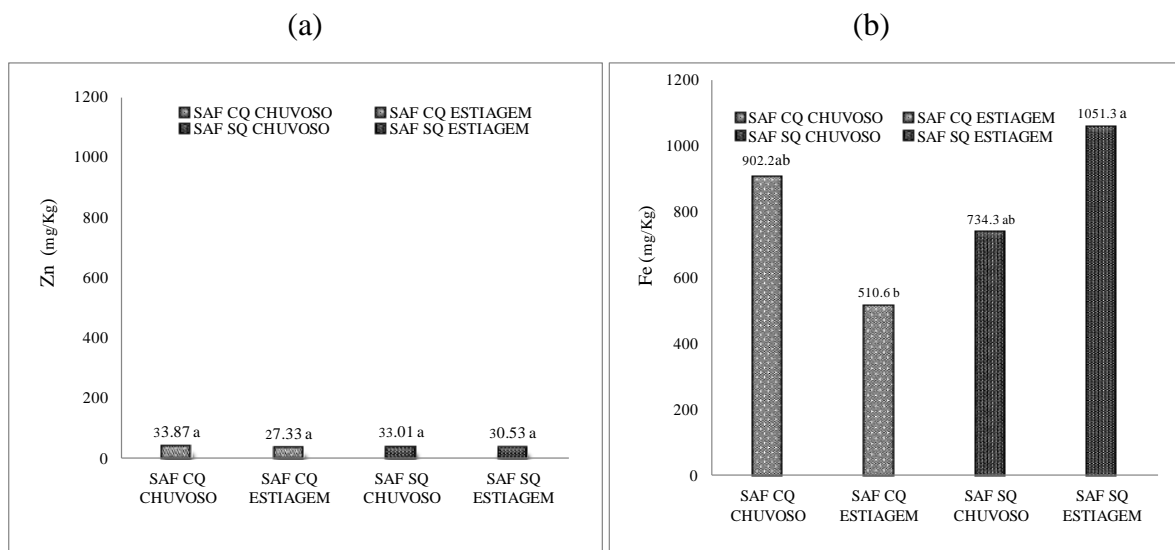
Em relação aos micronutrientes verificaram-se valores bastante distintos durante os diferentes tratamentos e períodos. Dentre os micronutrientes estudados, os maiores valores médios encontrados na serapilheira, foram dos elementos Mn ($106,63 \text{ mg.Kg}^{-1}$ a $273,38 \text{ mg.kg}^{-1}$) e Fe ($510,6 \text{ mg.Kg}^{-1}$ a $1051,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$), todos dois elementos com maior concentração no SAFSQ no período chuvoso e de estiagem, respectivamente 9Figuras 15b e 16a).



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Cu=cobre, Mn=manganês

Figura 11 – Concentração de Cu (a) e Mn (b) em sistema agroflorestal manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

Os elementos Cu e Zn (Figura 11a e 12b) apresentaram as menores concentrações e não apresentaram variação significativa em nenhum tratamento, apresentando a seguinte ordem de concentração: Fe ($1051,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$) > Mn ($273,62 \text{ mg.Kg}^{-1}$) > Zn ($33,87 \text{ mg.Kg}^{-1}$) > Cu ($28,78 \text{ mg.Kg}^{-1}$). Para Cu e Mn o SAF CQ, apresentou maiores concentrações no período estiagem e no SAFSQ apresentou maiores concentrações no período chuvoso. Para os elementos Fe e Zn no SAF CQ apresentaram maiores concentrações no período chuvoso e no SAFSQ apenas o Fe apresentou maiores concentrações no período de estiagem. A grande variação de micronutrientes observada entre a maior e menor quantidade de nutrientes neste estudo foi de ($19,59 \text{ mg.Kg}^{-1}$ a $1051,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$) nos elementos Cu e Fe, respectivamente.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Fe=ferro, Zn=zinco

Figura 12 – Concentração de Fe (a) e Zn (b) em sistema agroflorestal manejado com queima e sem queima, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009.

Dentre os elementos, o cobre apresentou menores concentrações dentre todos os tratamentos nos dois períodos, o que pode ser justificado ao conteúdo ou qualidade da matéria orgânica com maior ou menor estágio de decomposição. Os elementos Mn e Fe (Figura 11b e 12a) foram responsáveis por cerca de 90% do total de nutrientes na serapilheira. Entre os micronutrientes, o Fe apresentou maior aporte, superando a maioria dos outros nutrientes. Os micronutrientes analisados apresentaram variações nas suas concentrações entre os tratamentos, apenas o manganês e ferro apresentaram diferenças estatísticas significativas no SAFCQ no período chuvoso e SAFCQ no período de estiagem. Os teores de Cu e Zn (Figura 15a e 16b) mostraram-se variáveis, mas sem tendência de períodos e tratamento com maior ou menor concentração, sem diferenças significativas. O Cu apresentou maior concentração de nutrientes no SAFSQ no período de estiagem e o Zn no SAFCQ no período chuvoso.

O cobre e zinco apresentaram as menores concentrações em relação ao ferro e manganês em todos os tratamentos, podendo ser explicado pela alta afinidade do zinco com a matéria orgânica no sistema solo-serapilheira.

O manganês apresentou diferenças significativas no SAFCQ e no SAFSQ no período chuvoso, com valores de $106,63 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $273,38 \text{ mg.Kg}^{-1}$ respectivamente. O elemento ferro apresentou diferenças no SAFCQ no período de estiagem e no SAFSQ também para o período de estiagem, com valores de $510,6 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $734,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$. O elemento ferro e manganês apresentaram as maiores concentrações de micronutrientes e também foram os

únicos elementos que apresentaram diferenças estatísticas significativas nos diferentes tipos de tratamentos e períodos. Tendo o manganês apresentado maiores concentrações no SAFSQ no período chuvoso e o ferro no SAFSQ no período de estiagem. Estes elementos (Mn e Fe), porém apresentaram as menores concentrações de nutrientes no mesmo tratamento SAFCQ e mesmo período (Estiagem). Apesar de não ter apresentado diferença significativa nos tratamentos e períodos, o Zinco também apresentou as menores concentrações no SAFSQ no período de estiagem.

Analisando as concentrações de nutrientes em escala geral, observa-se que o cobre e o ferro apresentaram as maiores concentrações no SAFSQ na estiagem, e no SAFCQ apresentaram as maiores concentrações de nutrientes no período chuvoso o elemento cobre e manganês, o zinco não apresentou variação sazonal. Apesar de apresentaram as maiores concentrações, os elementos Mn e Fe apresentaram diferenças significativas somente entre os diferentes tratamentos e não entre os períodos, os elementos cobre e zinco não apresentaram diferenças entre tratamentos e períodos (Figura 11a e 12b).

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1 Macronutrientes

Alguns autores reuniram revisão bibliográfica em diferentes florestas do mundo, sobre o conteúdo de nutrientes na serapilheira e concluíram que a disponibilidade de água no solo aumenta a concentração de nutrientes em floresta, porém em SAFS a precipitação retira os nutrientes. Neste estudo, o período chuvoso apresentou as maiores concentrações de nutrientes na serapilheira. A produção de serapilheira varia entre as frações, talvez isto interfira no conteúdo de nutrientes.

Segundo Luizão (1989), a velocidade de decomposição é maior na parte aérea das plantas e quanto maior for a disponibilidade de água no solo maior a decomposição. Neste estudo, a maior quantidade de serapilheira coletada nos sistemas agroflorestais, foram os gravetos ou ramos, que apresentam menor velocidade de decomposição pela resistência do material vegetal, com isto podendo influenciar na quantidade total de nutrientes produzida pela serapilheira. Em seguida do N, o elemento Ca apresentou a maior quantidade de

nutrientes nos dois tratamentos, como a fração galhos apresentou o maior teor de Ca (VOGEL, 2005) esta grande quantidade de Ca encontrada neste trabalho pode ser em consequência da grande quantidade de galhos que foi coletada neste sistema. A alta mobilidade de N, P e K pode ter contribuído para altas concentrações no período chuvoso, influenciado pela sazonalidade. A maior concentração de K apresentada no período chuvoso no SAFSQ pode ser explicada pelo fato deste elemento ser devolvido principalmente pela precipitação na serapilheira. Este resultado pode ser em função da baixa mobilidade do cálcio, por apresentar redistribuição limitada na planta. Os teores de nutrientes da serapilheira, neste estudo obedeceram à sequência: $N > Ca > K > Mg > P$, similarmente ao observado por Schumacher et al. (2004) e Vital et al. (2004).

Segundo Marengo e Lopes (2007) em um estudo realizado em sistema agroflorestal, as altas concentrações encontradas nas folhas de potássio inibem a concentração de cálcio, para este trabalho a concentração de potássio foi menor do que em cálcio, além de diferir deste resultado, pode-se avaliar que a baixa concentração de potássio pode ser devido a baixa produção de folhas que foram coletadas.

Nos SAFS a utilização de espécies florestais ou frutíferas, contribui para além na ciclagem normal de outros elementos, também para aumentar a quantidade de nitrogênio no solo (MULLER, 2003), isto pode explicar a alta concentração de nitrogênio também encontrada neste estudo, em que houve implantação com espécies frutíferas.

Em geral, neste trabalho ocorreu maior concentração de nutrientes na serapilheira durante o período de maior precipitação. Para Dias et al. (2002) em períodos de maior precipitação, poderia favorecer a absorção de alguns nutrientes, colocando-os plenamente disponíveis em todas as partes das plantas. Para Schumacher et al. (2004) no verão, em parte devido à maior atividade fisiológica das plantas, aumentam-se as taxas de alocação de nutrientes, o que contribui para o crescimento da planta nesse período e, conseqüentemente, aumenta-se a translocação de nutrientes no interior da planta.

O fósforo é considerado um elemento muito móvel na planta e, em algumas espécies com características senescentes, há translocação de 40 a 60 % das folhas para outros órgãos da planta, antes da abscisão foliar (AERTS, 1996), permitindo, assim, que este nutriente seja redistribuído e usado na formação de novos tecidos. Esse mecanismo é fundamental para garantir a manutenção da produtividade em solos deficientes (SANATANA, 2005), como o deste estudo e a grande maioria dos solos tropicais.

A alta concentração de N observada em todos os períodos e tratamentos pode ser resultado da adubação verde a que foi submetido com leguminosas, pois as mesmas

apresentam alta capacidade de fixação de nitrogênio, porém no SAFCQ, houve redução significativa na concentração de nitrogênio somente no período chuvoso.

Na mesma área de estudo, verificou-se comportamento similar na concentração de potássio, foi encontrada por (RIBEIRO, 2006), concentração de potássio no solo, que após 30 dias da queima encontrou valores de potássio maiores, que representou um incremento de 40,15% em relação ao seu conteúdo inicial e após 160 dias teve um decréscimo retornando ao seu conteúdo inicial. Este mesmo comportamento pode ter apresentado na serapilheira, devido à conversão da serapilheira em cinzas com perda de nutrientes.

A precipitação é uma variável que influencia na decomposição da serapilheira, pois segundo (LUIZÃO, 1987) a aceleração da velocidade de decomposição é maior no período chuvoso, e também a fração foliar apresenta velocidade de decomposição mais acelerada, neste estudo a maior quantidade de serapilheira produzida na fração gravetos pode explicar a menor quantidade de alguns nutrientes produzidos, quanto maior a velocidade de decomposição maior será quantidade de nutrientes produzido na serapilheira.

O efeito da queima pode ter impactado na quantidade de nutrientes devido absorção das espécies vegetais e dos nutrientes pelo solo ter sido menos eficiente no SAFCQ, o efeito negativo nos microorganismos e na matéria orgânica pelo uso da queima age diretamente na ciclagem de nutrientes da serapilheira, podendo diminuir a ação de bactérias, fungos e microorganismos no solo.

Segundo Resende et al. (2004) avaliaram os efeitos da queima sobre o estoque de nutrientes e acúmulo de massa seca na serapilheira e nas cinzas. Os autores verificaram que houve redução na quantidade de nutrientes pela queima, com maiores perdas para nitrogênio e potássio, causando um prejuízo aos agricultores. Todavia, para os mesmos, a queima é indispensável para o manejo da derrubada da capoeira, ou seja, os resultados encontrados não foram suficientes para que houvesse uma mudança de manejo por parte dos produtores. Os autores também afirmaram que o tempo de pousio deve ser no mínimo de 5 a 7 anos e não um período de 3 anos, que é o período mais aplicado pelos agricultores.

Na região amazônica, (SAMPAIO et al., 2003) realizaram um balanço parcial de nutrientes, onde observaram que a prática da queima como meio de prática agrícola apresenta baixa eficiência, uma vez que apenas um pequeno percentual da fitomassa inicial é convertido em cinzas e grande parte dessa biomassa permanece na área na forma de resíduos. Mesmo com a reposição de nutrientes pela chuva, como Ca, Mg, K, há uma considerável remoção de N, P, K, Ca, Mg e S, seja pela ação direta do fogo e do vento sobre as cinzas, seja pela remoção pela cultura. No balanço final, a área queimada sem cultivo

apresentou maior perda de nutrientes do que a queimada e cultivada, denotando a importância da cobertura do solo na manutenção de elementos no sistema.

Neste trabalho, entre os macronutrientes, N e Ca foram os que mostraram os maiores conteúdos, em termos médios, na serapilheira, seguidos em ordem decrescente por Mg>Na>K>P. O teor de Ca apresentou pequena variação mas sem tendência de período entre maior e menor concentração. Em seguida do N, o Ca foi o elemento que apresentou a maior concentração. Segundo (BORÉM; RAMOS, 2002), o enriquecimento em cálcio na serapilheira pode ser decorrente de liberação mais lenta desse elemento pelo material recém-caído, da retranslocação de outros elementos antes da abscisão ou, consequência da retenção de Ca contido na transprecipitação (chuva que atravessa o dossel) para a serapilheira.

A perda direta de nutrientes para a atmosfera depende da temperatura, e o N é o elemento mais propício a este tipo de perda. A volatilização inicia a 200°C, e em temperaturas maiores que 500°C, metade do N da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser volatilizado. Altas temperaturas são necessárias para vaporizar potássio (>760°C), fósforo (>774°C), enxofre (>800°C), sódio (880°C), magnésio (1107°C) e cálcio (1240°C) (WEAST, 1988).

A baixa disponibilidade de K e P observada nos dois tratamentos e períodos poderá ser devido a baixa disponibilidade destes nutrientes ao solo em consequência da elevada acidez do solo, o que afeta a disponibilização de nutrientes para as raízes das plantas. Segundo (BOREM; RAMOS, 2002), a quantidade de Ca, Mg, K e P contida na serapilheira é comparável à quantidade disponível desse elemento no solo, principalmente nos primeiros 10 cm. Contudo, K e Mg podem sofrer lixiviação, o que contribui para explicar os baixos teores de K na serapilheira. Com a queima retornam ao solo com as cinzas, substancial quantidade de Ca e Mg demonstra a importância da permanência da serapilheira por mais tempo sobre o solo para a ciclagem de nutrientes.

Segundo LUIZÃO (1982) nas regiões de clima tropical como a Amazônia, a influência exercida pela precipitação é de fundamental importância para o acúmulo, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira. Na estação seca, a velocidade de decomposição da serapilheira é lenta. Em média, são necessários 216 dias nas áreas de floresta de terra firme, sob ação predominantemente dos microorganismos.

A atividade dos macro-artrópodos (cupins) é baixa e a penetração das raízes é limitada, portanto, nesta estação, quando ocorre maior deposição de serapilheira e menor velocidade de decomposição, ocorre o acúmulo temporário de detritos no solo. Na estação chuvosa, é grande a velocidade de decomposição e o tempo necessário para a serapilheira

ser reduzida à metade é muito curto, (apenas 37 dias nas florestas de terra firme). Os fatores que contribuem para essa dinâmica são, principalmente, a rápida e eficiente ação dos macroartrópodos, bem como a intensa penetração das raízes no material em decomposição, além da intensa atividade dos microorganismos.

Na Amazônia central, pesquisa realizada por Picollo et al. (1994), uma comparação de parcelas de floresta intacta com outras submetidas ao desmatamento e queima da vegetação, revelou que as concentrações da maioria dos íons que foram analisados, durante período chuvoso, na superfície do solo (0-20 cm), foram maiores sob floresta queimada do que sob floresta natural; porém, durante e após a estação seca seguinte e o posterior período chuvoso, foram maiores para todos os íons estudados na floresta natural. Esse comportamento foi atribuído à deterioração da estrutura do solo da floresta que sofreu queima e à entrada contínua da serapilheira para o solo da floresta intacta.

2.4.2 Micronutrientes

Em relação aos micronutrientes, identificou-se a seguinte ordem decrescente de concentração: Fe>Mn>Zn>Cu, semelhantes às encontrados por (LUIZÃO; LUIZÃO, 1991; TOLEDO; PEREIRA; MENEZES, 2002; CASTRO, 2010; RAMOS, 2011, SCHUMACHER, 2010; ALMEIDA, 2009). Aqueles autores observaram que a concentração de nutrientes é independente da quantidade de serapilheira e sim dependem de elementos no material vegetal orgânico.

Segundo Neves (2000), as grandes quantidades de ferro e manganês presentes na serapilheira são em parte pela a baixa mobilidade desses elementos nas plantas. Os valores máximos nas concentrações de ferro e manganês e os valores mínimos nas concentrações de zinco e cobre, também foram encontradas por (RAMOS, 2011) em suas análises de micronutrientes em floresta secundária em diferentes sistemas de manejo.

Estudo realizado por Vieira e Schumacher (2010), avaliou a concentração de micronutrientes na serapilheira no período de três anos e observaram que os valores foram bastante distintos durante os diferentes meses do ano, com exceção do Mn, que apresentou diferença significativa somente nos meses de setembro e dezembro, apresentando o manganês o maior aporte de nutrientes, seguido do ferro, zinco e cobre. Como neste trabalho, os autores também observaram que o manganês e o ferro foram responsáveis por

90% do total de nutrientes aportado na serapilheira. A alta concentração do Mn no período de estiagem pode ser porque este elemento acelera a germinação, fazendo com que a planta tenha alta resistência á seca. A baixa concentração apresentada por Cu pode ser pela sua deficiência está relacionada com baixos teores no solo e com problemas de absorção, pois o cobre está fortemente ligado à matéria orgânica ou a compostos solúveis na solução do solo, podendo ser absorvido pela matéria orgânica, tornando-se indisponível para as plantas, tornando a distribuição do C dentro da planta variável.

A relação Fe/Mn é distinta das apresentadas por Zn/Cu, por apresentarem as maiores e menores concentrações de micronutrientes, todos com diferenças nos períodos e tratamentos, respectivamente. As concentrações médias encontradas neste estudo estão dentro dos valores máximos e mínimos encontrados por (SILVEIRA, 2007) em estudo de serapilheira em sistemas agroflorestais. Entretanto, todas as concentrações médias analisadas tenderam ser menores no SACQ. O ferro apresenta um comportamento diferente dos demais elementos, os valores médios são bastante elevados e Zn/Cu não apresentam padrões claros de distribuição na concentração.

Em geral, ocorreram os maiores teores de micronutrientes na serapilheira durante os meses de maior precipitação. Segundo Dias et al. (2002), a reposição hídrica (maior precipitação), poderia favorecer maior absorção de alguns nutrientes, colocando-os plenamente disponíveis para as plantas. Essa maior absorção, que é realizada pelas raízes das plantas, é devido, principalmente, ao fluxo de massa, o qual está diretamente relacionado com o volume de água, que forma a solução líquida do solo, na qual os nutrientes estão disponíveis, segundo Malavolta et al, (1997) aumentando, dessa forma, a concentração desses elementos em todas as partes da planta, sobretudo nas folhas, onde ocorre a maior parte das atividades metabólicas (FERRI, 1985).

A baixa concentração apresentada pelo zinco, em relação ao Fe e Mn que foram elevadas, em todos os tratamentos pode ser explicada pela alta afinidade do Zn com a matéria orgânica no sistema solo-serapilheira. Segundo Kabata-Pendias (2001), em solos pobres, a matéria orgânica é um dos agentes principais na complexação do zinco, tão quanto o manganês na imobilização deste elemento no solo. Fato semelhante foi visto por Castro et al. (2009), que encontrou uma concentração constante ao longo do tempo para o mesmo elemento em serapilheira.

O Cu esteve menos concentrado em todos os tratamentos, o que pode ser justificado ao conteúdo ou qualidade da matéria orgânica com maior ou menor estágio de decomposição, pois o Cu possui alta afinidade pela matéria orgânica do solo e pode ser

adsorvidos por ela, formando quelados, tornando-se indisponível para as plantas, comprometendo sua ciclagem (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001)

Poucos trabalhos relatam o conteúdo de micronutrientes na serapilheira total, a maioria está relacionado ao conteúdo de macronutrientes em espécies vegetais, principalmente nas folhas, devido a alta produção da serapilheira ser neste compartimento da planta. Estudos realizados por Dickow (2010) encontraram resultados na concentração: Mn > Fe > Zn > Cu que diferiram deste trabalho para os dois primeiros elementos analisados.

Estudo realizado por Souza (2009) em sistema agroflorestal nos tratamentos com e sem plantio de leguminosas, observou que os teores de micronutrientes apresentados foram na ordem decrescente: Mn > Fe > Zn para os dois tratamentos, sendo que no tratamento onde foi aplicado o uso de leguminosas, a concentração de micronutrientes foi maior, sendo que os tores de micronutrientes analisados apresentaram maior concentração no período chuvoso. Segundo Haag (1985), na estação de estiagem ocorre aumento no aporte de nutrientes, neste estudo também a maior concentração foi observada no período de estiagem apenas pelos elementos cobre e manganês para o tratamento com queima e para o tratamento sem queima foram os elementos cobre e ferro. Esta alta concentração de cobre e ferro neste período pode ter sido influenciada pela ausência de precipitação (0 mm) nos meses de setembro a novembro, sendo este evento climático facilmente observado no campo com a presença de muita serapilheira seca e em grande proporção produzida.

Segundo Correa et al. (2006) afirmaram que, no sistema solo-planta, os nutrientes estão em estado de transferência contínuo e dinâmico, em que as plantas retiram os nutrientes do solo e os usam nos seus processos metabólicos, retornando-os para o solo naturalmente como serapilheira, em sistema sem manejo, ou através de poda em alguns sistemas agroflorestais, ou através da senescência das raízes.

As altas concentrações de ferro e manganês encontradas neste estudo, também foram encontradas na maioria dos estudos de micronutrientes na serapilheira, em diferentes espécies, (HIREMATH, 2002) em diferentes tipos de solo (MELO; RESK, 2002) e em diferentes compartimentos da serapilheira (VOGEL, 2005).

2.4 CONCLUSÕES

- 1- A quantidade total de macronutrientes avaliados, é maior no sistema agroflorestal sem queima,
- 2- No período chuvoso a concentração de macronutrientes é maior, apresentando variação sazonal entre os sistemas.
- 3- O sistema onde houve a queima parece não ter sido favorecido quanto ao aumento na concentração de nutrientes, porém as maiores concentrações neste sistema foram apresentadas no período de estiagem.
- 4- A concentração de micronutrientes não apresenta influencia sazonal.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.99, p.15-27, 2003.

ANDREAE, M. O.; JONES, P. M. Strong present-day aerosol cooling implies a hot future, *Nature*, v.435, p.1187–1190, 2005.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. Produção e decomposição de serapilheira em sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em viçosa, MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; PEREIRA, M. G. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis* *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.6, p.597-601, 2004.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. *Cerne*, v. 8, n.2, p.42-059.2002.

BRUN, E. J. ; BRUN, F. G. K. ; CORREA, R. S.; VACCARO, S.; SCHUMACHER, M. V. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. *Ciência Florestal.*, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 307-318, 2010.

CARVALHEIRO, K. O.; GONÇALVES, D. A.; MATTOS, M. M.; FERREIRA, M. S. G. **Agricultura Familiar no Nordeste Paraense**: informações preliminares como contribuição ao manejo sustentável da capoeira. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, CIFOR, 2001. p. 19-61. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 78).

CORRÊA, F. L. O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MULLER, M. W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. *Ciênc. Agrotec.* v.30, n.6, p.1099-1105, 2006.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2002.

DENICH, M. **Estudos da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 1991. 284f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Eschborn, Alemanha, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa Amazônia Oriental.Documentos, 1).

FACCELI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, p.1-32. 1991.

HÖLSCHER, D.; SÁ, T. D. A.; BASTOS, T. X.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Evaporation from Young secondary vegetation in estern Amazonian. **Jounal of Hydrology**. n.193. p. 293-305, 1997.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, Ministerio da Agricultura e Reforma Agraria, **Normais Climatológicas (1961 – 1990)**. Brasilia, DF, 1992.

KATO, O. R.; KATO, M. S.; SÁ, T. A. FIGUEIREDO, R. Plantio direto na Capoeira. In: Ciência e meio Ambiente: **Práticas agroecológicas**. v. 29. p. 99- 111, 2004.

_____; _____. VIELHAUER, K.; BLOCK, A.; DE JESUS, C. C. **Cultivo do milho em sistema de corte e trituração da capoeira na região Nordeste do Pará**: efeito da época do preparo de área. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. (Boletim de Pesquisa).

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, v.59, p. 31-36, 2007.

_____; TAPIA-CORAL, S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C., LUIZÃO, R. C.; T RUIJILLO-CABRERA, L.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas da Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; BARROS, N. F. D.; GAMARODRIGUES, E. F. D.; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P., JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. D. A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 87-100.

_____ et al., **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 87-100.

LUIZÃO, R. C., F. J. LUIZÃO. **Bases científicas para estratégias de desenvolvimento e preservação da Amazônia**: fatos e perspectivas. Manaus: INPA, 1991.v.1, p. 65-75.

MACKENSEN, J.; HÖLSCHER, D.; KLINGE, R.; FÖLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazônia. **Forest Ecology and Management**, v. 86. p.121-128, 1996.

MARQUES, L., C., T.; YARED, J.; A., G. SIVIERO, M., A. **A Evolução do Conhecimento sobre o Paricá para Reflorestamento no Estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2006. (Embrapa. Comunicado Técnico, 158).

NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2000.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água em microbacias**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

RAMOS, H. M. N. **Concentração de metais na serrapilheira em um ecossistema sucessional de castanhal-Pará, Belém** : 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia./UFRA, PA, 2011.

RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, G. T. A.; FRANCO, A. A. Avaliação do estoque de nutrientes nas cinzas e na serrapilheira em um sistema de agricultura migratória. In: CAMPELLO, E. F. C. **Agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA-Agrobiologia, 2004. p. 76.

SAMPAIO, C. A. **Corte e Trituração da Capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade Florestal: O Caso Tipitamba Em Igarapé-Açu-Pará**.2007. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazonia/UFRA, Pa.2007.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucária angustifolia* (bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SILVA, R. M. **Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, PA**. 2004. 75f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa/UFV, MG, 2004.

SILVEIRA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO; J. C.; S. R. TAVARES; R. B. MELO. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em paraty (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 129-136, 2007.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VOGEL, H. L. M. **Quantificação da biomassa e nutrientes em uma floresta estacional decidual em Itaara - RS, Brasil**. 2005. 94f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, RS, 2005.

3 AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA EM FLORESTA SECUNDÁRIA DE 40 E 10 ANOS DE IDADE VEGETACIONAL E SUA RELAÇÃO COM A SAZONALIDADE, BRAGANÇA - PA.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de nutrientes, para identificar qual o tratamento aplicado que sofreu maior deficiência de nutrientes com a remoção total e parcial da serapilheira e avaliar qual idade vegetacional tem melhor funcionamento na concentração de nutrientes. A área de estudo está localizada no município de Bragança, na comunidade Benjamin Constant, no Nordeste do Pará, em floresta secundária de 10 e 40 anos de idade. Foram realizadas coletas de serapilheira em dois períodos: estiagem (novembro) e chuvoso (março), no ano de 2009. Para as coletas das amostras de serapilheira, utilizou-se coletores medindo (0,25 x 0,25m²), que foram colocados diretamente na superfície do solo. O material coletado foi armazenado em sacos de papel e levados ao laboratório de Análises Químicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde foram determinados as análises de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na) e micronutrientes (Fe, Co, Mn, Zn). As maiores concentrações de macronutrientes foram encontrados no N para os tratamentos sem desbaste (SD), com desbaste parcial (DP) e com desbaste parcial (DP). Todos os macronutrientes apresentaram influencia da sazonalidade, que foi verificada pela grande variação de comportamento nutricional. A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi N>Ca>Mg>Na>K>P, todos com valores máximos de nutrientes no período chuvoso. As diferenças estatísticas foram apresentadas (Tukey, p <0,05) pois apresentaram diferenças no mesmo tratamento durante os diferentes períodos. Dentre os micronutrientes analisados, as maiores concentrações nas capoeiras de 40 e 10 anos (SD), (DP), (DT) foram no elemento ferro. A ordem decrescente de concentração de nutrientes apresentada foi Fe>Mn>Zn>Cu. Houve variação significativa estatisticamente entre alguns tratamentos e períodos analisados em todos os sistemas.

Palavras-chave: ciclagem, amazonia, nordeste paraense, capoeira, desbaste

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the concentration of nutrients, to identify which treatment is applied that suffered the greatest nutrient deficiency with total and partial removal of litter and vegetation to assess what age is best run on the concentration of nutrients. The study area is located in the municipality of Bragança, Benjamin Constant in the community, in northeastern Pará litter were collected in two periods: dry season (November) and rainy (March), in 2009. For the collection of litter samples was used collectors measuring (0.25 x 0.25 m²) were placed directly on the soil surface. The collected material was stored in paper bags and taken to the Chemical Analysis Laboratory of the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA), where it was determined the analysis of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, Na) and micronutrients (Fe, Co, Mn, Zn). The highest concentrations of nutrients were found in the treatments without N desbata (SD), with partial desbata (SD) and partial desbata (SD). All the nutrients showed the influence of seasonality, which was verified by the wide variation in nutritional behavior. The decreasing concentration of nutrients presented was N > Ca > Mg > Na > K > P, with maximum values of all nutrients during the rainy season. The statistical differences were shown (Tukey, p < 0.05) differences because they had the same treatment during different periods Among the micronutrients studied, higher concentrations of the forest at 40 and 10 years (SD) (SD) (SD) was the element iron. The decreasing concentration of nutrients was presented Fe > Mn > Zn > Cu. Seasonality significantly influenced nutrient concentrations of litter in most elements. Statistically significant variation between treatments and time periods in all systems.

Keywords: cycling, amazon, northeastern Pará, caponier, desbata, slash.

3.1 INTRODUÇÃO

Floresta Secundária é uma vegetação formada com o abandono de áreas florestais antropizadas, em diferentes estágios sucessionais, conhecida regionalmente como capoeira. No contexto amazônico pode ser definida como uma vegetação espontânea proveniente do processo de substituição dos ecossistemas florestais naturais por outro tipo de ecossistemas (ALMEIDA, 2006).

O aumento do abandono de terra após o uso agrícola e a abertura de novas áreas de floresta leva à formação de um mosaico em diversos estágios sucessionais na paisagem. Dada a importância e extensão deste tipo vegetacional, é necessária a realização de pesquisas de ciclagem de nutrientes, uma vez que a limitada disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores a influenciar a dinâmica de recuperação das diferentes fases sucessionais, após abandono de uso agrícola.

Estima-se que na América Latina 40% da cobertura florestal são de vegetação secundária, das quais 70% foram originadas do processo de colonização (agricultura e pecuária) com a abertura de novas fronteiras agrícolas (TEIXEIRA; OLIVEIRA, 2001). Segundo (PROCTOR, 1983), a serapilheira é classificada em fina e grossa, para este autor, a serapilheira fina é o material vegetal composto por folhas, material reprodutivo (flores, frutos) e galhos com diâmetro inferior a 2 cm, mais os resíduos finos que são os componentes não identificáveis. A serapilheira grossa, seria o material vegetal que não se enquadra nas características anteriores, galhos com diâmetros superiores a 2 cm. Esta classificação foi realizada com o intuito de melhorar e ampliar os estudos feitos com serapilheira e é seguida até os dias atuais.

Do total das áreas de capoeira no Brasil, 80% pertencem aos estados do Pará (43%) e Tocantins (37%). Os demais estados por ordem de importância são Amazonas e Rondônia, ambos com 7%, seguidos de Roraima (3%), Acre (2%) e Amapá (1%). A área total de capoeira corresponde a 8% do total das terras apropriadas e 17% das terras com atividade agropecuária e silvicultura na região amazônica (COSTA, 2006). O fato de a floresta secundária ser considerada uma vegetação parcialmente degradada, não significa dizer que é inadequada para atividades agrícolas ou florestais, pois ela possui valores socioeconômicos e ambientais.

Existem poucos estudos de produção e decomposição de serapilheira ou ciclagem de nutrientes na Zona Bragantina. Apesar da importância do estudo de transferência de

nutrientes pela serapilheira, a maioria dos estudos é direcionada ao manejo de floresta secundária, fitossociologia, tratamentos silviculturais e estudos do manejo do bacuri, açai, cupuaçu, paricá e outras espécies frutíferas ou produtos madeiráveis (RIBEIRO, 2006, BOTH, 2009; BRIENZA, 2009; FERREIRA, 2008).

A transferência total de macronutrientes ao solo, por meio da deposição da serapilheira em floresta foi estudada por Schumacher et al.(2008), e encontrou os valores de: 86,14 de Ca; 81,81 de N; 14,42 de Mg; 13,71 de K; 7,16 de S e 5,54 de P, em kg ha⁻¹ e a transferência de micronutrientes, foi de: 20069,10 de Mn; 3278,83 de Fe; 428,30 de Zn; 180,12 de B e 49,98 de Cu, em g ha⁻¹. O cálcio, entre os macronutrientes, e o manganês, entre os micronutrientes, apresentaram as maiores concentrações entre os nutrientes que retornam ao solo via deposição de serapilheira.

Nas florestas tropicais, a produção e a decomposição da serapilheira seguem padrões sazonais em função das condições climáticas ao longo do ano (LUIZÃO, 1982; KOLM, 2001). Os maiores valores da produção de serapilheira geralmente ocorrem na estação seca (GOLLEY, 1983), devido à resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a perda das folhas reduz a perda de água por transpiração (MARTINS; RODRIGUES, 1999). A concentração de nutrientes também varia com a sazonalidade climática, dependendo do nutrientes. A velocidade da decomposição decai no período de estiagem, retornando aos maiores valores com a chegada do período chuvoso (LUIZÃO; LUIZÃO, 1991). A maior velocidade de decomposição da serapilheira no período mais úmido ocorre em virtude da maior atividade dos organismos que participam da quebra, decomposição e remoção dessa matéria orgânica acumulada sobre o solo (LUIZÃO, 1982).

Por meio de estudos realizados em florestas do mundo inteiro, verifica-se que o estoque de nutrientes na vegetação acima do solo aumenta das florestas de clima frio, para as florestas de clima quente (LEMO FILHO; DE PAULA, 2001). Por outro lado, segundo Waring e Schlesinger (1985), a massa de nutrientes acumulados na serapilheira e depositados sobre o solo aumenta de forma contrária, ou seja, das florestas tropicais para as boreais, principalmente devido à baixa atividade dos organismos decompositores, que são inibidos a baixas temperaturas.

A concentração de nutrientes nas plantas varia de acordo com a idade, época de amostragem, interação entre os nutrientes e disponibilidade de nutrientes no solo (SCHÖNAU, 1983), neste estudo a sazonalidade climática (período chuvoso e de estiagem) e a idade vegetacional (capoeira de 10 e 40 anos de idade) foram avaliadas como importantes variáveis que irão interferir na concentração de nutrientes da serapilheira.

Para Reissmann e Wisnewski (2000) a absorção de nutrientes diretamente da serapilheira representa um fluxo importante para atender à demanda nutricional das árvores. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que mais influem na quantidade e qualidade do material que cai no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), sendo a serapilheira, em um ecossistema florestal responsável pela retenção de grandes quantidades de nutrientes, sendo uma fonte importante de devolução de nutrientes para o solo (ANDRADE; KRAPFENBAUER, 1983; REIS; BARROS, 1990; BRUN et al., 1999; ALBERTI et al. 2000; SCHUMACHER et al., 2008; TOLEDO et al., 2002; VOGEL et al., 2003; BRUN, 2004; CALDEIRA, 2003).

Para Brun et al. (2001), a influência do clima é determinante na quantidade de serapilheira depositada em uma floresta, bem como na variação da concentração de nutrientes, pois todos interagem no sistema solo-planta-atmosfera.

Os estudos de ciclagem de nutrientes são importantes tanto para preservação dos sistemas naturais e sua sustentabilidade, quanto para avaliação de impactos causados ao ambiente pela remoção da perda de nutrientes da serapilheira. A fragilidade do ecossistema pode ser entendida como o balanço de nutrientes e sua quantidade, destacando-se a eficiência da ciclagem. Este estudo tem como objetivo avaliar a concentração de nutrientes, para identificar qual o tratamento aplicado que sofreu maior deficiência de nutrientes com a remoção total e parcial da serapilheira e avaliar qual idade vegetacional tem melhor funcionamento na concentração de nutrientes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização e Localização da Área de Estudo

3.2.1.1 Município de Bragança

A pesquisa foi desenvolvida na localidade de Benjamin Constant, município de Bragança (Figura 2), ocupando os vales dos rios Tijoca e Urumajó, localizando-se a leste da Região Bragantina e a 25 km a sudeste da cidade de Bragança (RIOS, 2001) nas

coordenadas geográficas 01°11'22" de latitude Sul e 46°40'41" de longitude Oeste de Greenwich.

O estudo foi conduzido em propriedades de agricultores familiares, denominadas Unidades Agrárias (UA), com área total de 150 ha. Dentro do projeto “Manejo Sustentável de floresta secundária para fins diversificados no Nordeste paraense (PA - Brasil)”, iniciado em 1998 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, Amazônia Oriental) em parceria com outras instituições, entre elas a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

Essas unidades foram selecionadas previamente através de diagnóstico sócio econômico citado por (RIOS, 1999) em cinco municípios da região. A área em estudo apresenta em seu entorno outras florestas secundárias com diversas idades.

Foram selecionadas duas capoeiras com idade de 40 e 10 anos, na Unidade Agrária pertencente à família Ferreira. As duas distam entre si 400 metros aproximadamente, e apresentam o mesmo histórico de uso e mesmas condições fisiográficas. São provenientes de sucessivos ciclos de corte e queima, plantio e pousio, com cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum*), arroz (*Oryza sativa*), feijão (*Phaseolus vulgares*), fumo (*Nicotiana tabacum*), mandioca (*Manihot esculento*) e milho (*Zea mays*).

3.2.1.2 Clima da região

O clima da região é classificado como Aw de acordo com Köppen (ROCQUE, 1982). A temperatura média anual é de 25°C a 26°C, com uma umidade relativa do ar em torno de 80% a 91%. A precipitação anual varia em torno de 2.200 mm a 3.000 mm. A insolação está entre 2.200 a 2.400 horas/ano.

3.2.1.3 Relevo e solo

Bragança situa-se em uma zona de planície, formada por sedimentos recentes, levemente onduladas, possuindo o declive máximo de 26 m. O principal rio do município é o Caeté (ROCQUE, 1982). O solo na região Bragantina é predominantemente o Latossolo

Amarelo Distrófico (LAD), textura média, caracterizado como profundo e de evolução avançada, bastante intemperizado, com concentrações relativas de argilo-minerais resistentes (EMBRAPA, 1999).

3.2.2 Caracterização da vegetação

A vegetação predominante da região Bragantina, considerando a cobertura original, é a Floresta Pluvial Equatorial (MELO, 2004). Segundo Rizzini (1963), pertence ao conjunto vegetacional homogêneo da grande Floresta Amazônica e fica numa zona de transição entre Amazônia e Brasil Central (PIRES, 1973).

Atualmente os principais tipos de vegetação original da região Bragantina – floresta primária de terra firme, floresta de várzea e igapó, campos de terra firme e mangues, são de ocorrência muito esparsa, limitada a poucos lugares. A paisagem predominante caracteriza-se por uma vegetação secundária em diferentes idades com diferentes graus de sucessão vegetal, culturas agrícolas e áreas de pastagem (DENICH, 1991; VIEIRA et al., 2007), provenientes de sucessivos ciclos de corte e queima, plantio e pousio. De acordo com IBGE (2008), o tipo de vegetação da região é floresta ombrófila densa secundária.

3.2.3 Delineamento Experimental

O estudo foi conduzido em duas áreas submetidas a manejo, sendo: a) Floresta Secundária Manejada, com 40 anos de idade; b) Floresta Secundária Manejada, com 10 anos de idade.

3.2.3.1 Floresta Secundária Manejada, com 40 anos de idade

Para o presente estudo foi utilizado o delineamento experimental pela equipe que estuda o manejo da vegetação.

Foram instaladas de maneira sistemática seis Parcela Permanente de Monitoramento (PPM) com formato quadrangular com dimensão 50 x 50m (0,25 ha), sendo subdivididas em 25 subparcelas de 10x10m (0,01 ha) (Figura 18), onde é feito o monitoramento do estrato arbóreo. As duas áreas monitoradas pertencem a agricultores familiares da região, denominadas de UA (Unidades Agrárias) com dimensões de 310x325m (10 ha) e não sofreu nenhum tipo de intervenção silvicultural.

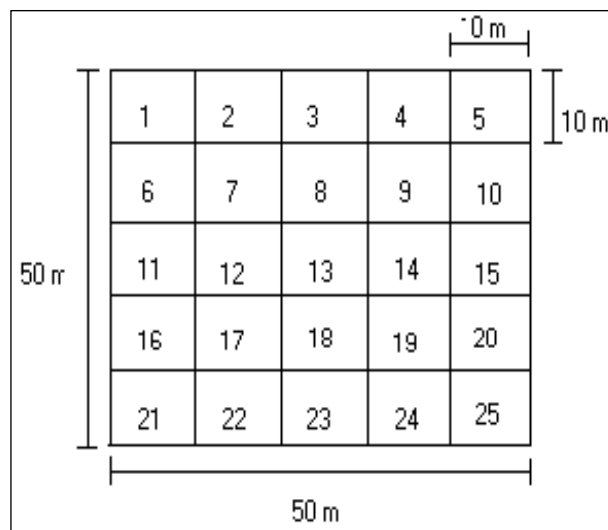
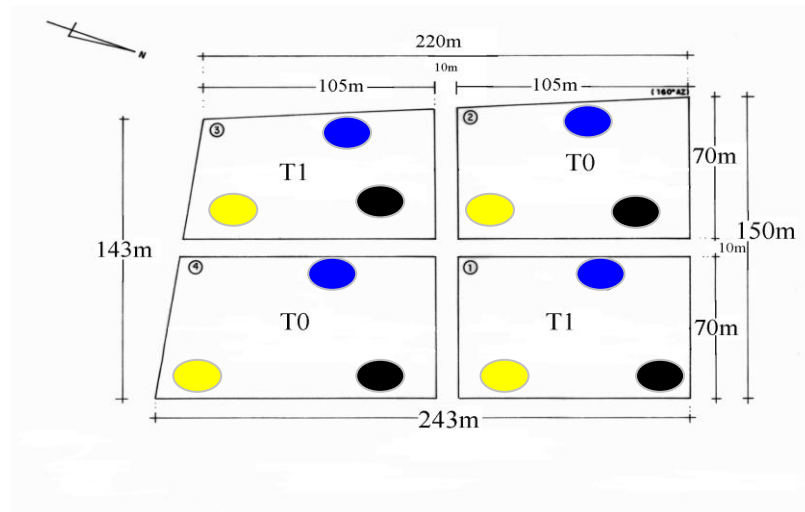


Figura 13 Dimensão de uma PPM e distribuição das 25 subparcelas.

Fonte : Projeto “Manejo Sustentável de floresta secundária para fins diversificados no Nordeste paraense (Pa-Brasil)”.

3.2.3.2 Floresta Secundária Manejada, com 10 anos de idade

O estudo foi desenvolvido em uma capoeira de aproximadamente 10 anos, definida como UA (Unidade Agrária), onde foram instalados os experimentos nas áreas ocupadas pela Família Ferreira, localizada na Comunidade Benjamin Constant. O delineamento experimental (Figura 14) foi feito em blocos e dividido em parcelas medindo 20x40 (800 m²), com espaçamento 5x5.

Foi considerada como tratamento silvicultural a aplicação de desbaste em duas intensidades, conforme descrito:

Tratamento 0 (T0): parcela controle, sem nenhum desbaste, esta parcela foi utilizada como testemunha,

Tratamento 1 (T1): desbaste com intensidade moderada, nesta parcela foi feito corte parcial da vegetação; foram eliminados, por meio de corte, aqueles indivíduos que estavam sob a projeção da copa ou cuja copa estava tocando a da planta selecionada, de modo a liberá-la totalmente.

Tratamento 2 (T2): desbaste com intensidade radical, nesta parcela foi cortada toda a vegetação da área. Eliminação de toda vegetação lenhosa (altura \geq 50 cm) cortando à altura de 30 cm do solo.

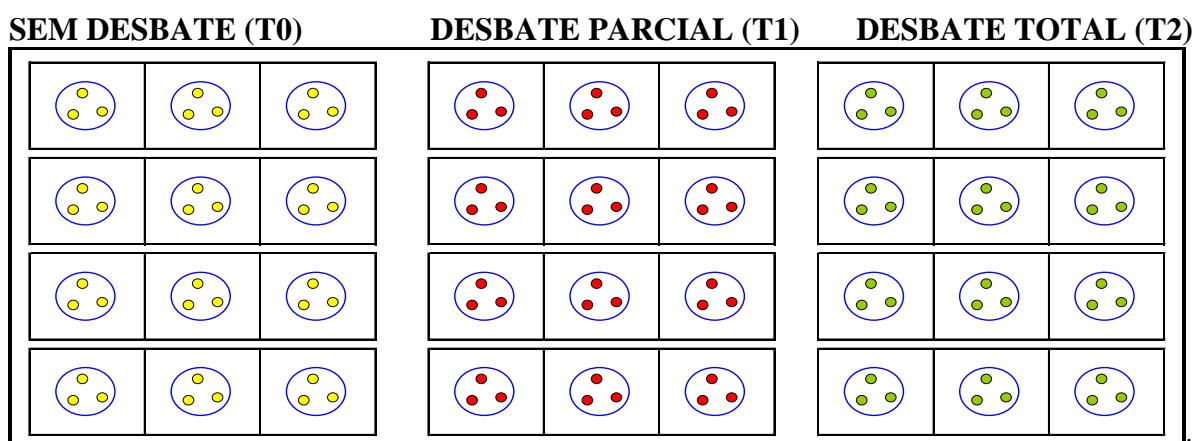


Figura 14 - Croqui da área experimental, de uma capoeira de 10 anos, na Comunidade de Benjamin Constant, Bragança - PA.

3.2.4 Coleta e Preparo das Amostras de serapilheira

As coletas de serapilheira foram realizadas durante os meses de Março (chuvoso) e Novembro (estiagem) de 2009, utilizando-se coletores quadrados (0,25 x 0,25m²) colocados diretamente no solo, e armazenados no campo em sacos de papel. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa á temperatura de 80 °C durante o período de 72hs. Após secagem, este material foi triturado separadamente, em moinho tipo Wiley, acondicionados em frascos plásticos e armazenados em local seco.

Posteriormente, o material foi encaminhado ao Laboratório de Solos e Tecido Vegetal da EMBRAPA/CPATU/PARÁ, e Laboratório de Análises Químicas do Museu Paraense Emílio Goeldi, LAQ/GOELDI, onde as amostras foram analisadas quimicamente para macro e micro nutrientes.

As amostras foram levadas aos laboratórios e reunidas em 12 grupos, onde cada grupo de amostras com três repetições foram separadas e homogeneizadas para conter uma amostra. Foram pesadas amostras de 1g do material vegetal para as análises químicas.

3.2.5 Determinações Analíticas

3.2.5.1 Análises Químicas de nutrientes na serapilheira

As amostras foram levadas aos laboratórios e reunidas em 12 grupos, onde cada grupo de amostras com três repetições foram separadas e homogeneizadas para conter uma amostra. Foram pesadas amostras de 1g do material vegetal para as análises químicas. Para cada parcela, as amostras foram homogeneizadas para o processamento das análises, baseado nos métodos da EMBRAPA (1999).

3.2.5.2 Macronutrientes

A determinação do nitrogênio foi baseada no método de micro- Kjeldahl, descrito em Tedesco et al. (1985), o que consiste, basicamente, na destilação à vapor e na titulação usando-se corante (fixador) ácido bórico e solução de ácido sulfúrico 0,05 N.

A determinação do fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, cobre, manganês, ferro e zinco foi feita por digestão ácida das amostras, utilizando-se ácido nítrico e ácido perclórico, em temperatura de 180⁰C durante 45 minutos, para obtenção do digerido límpido, após a digestão ácida e as etapas do processo com água destilada, utiliza-se solução de vanadato de amônia e molibdato de amônia. As leituras de sódio e potássio foram feitas em espectrofotômetro de chama. As leituras de cálcio, magnésio, cobre, manganês, ferro e zinco, foram feitas por absorção atômica (Spectr AA-220- Atomic Absortion Spectrometer), seguindo a metodologia (EMBRAPA, 1997).

3.2.5.3 Micronutrientes

As leituras para ferro manganês, cobre, e zinco em aparelho de absorção atômica, feita por determinação direta dos elementos no extrato nítrico-perclórico em espectrofotômetro de absorção atômica, sem problemas de interferência ou de ionização usando a lâmpada de cátodo oco do elemento (MALAVOLTA, 1997)

3.3 Análises Estatísticas

Para maior representatividade das análises dos resultados, o teor de conteúdo de nutrientes na serapilheira foi submetido aos seguintes tratamentos estatísticos: análise de normalidade à nível de 5% de significância pelo teste de aderência (KS), e para comparação das médias adotou-se análise de variância (ANOVA) com base no Teste de Tukey a nível de

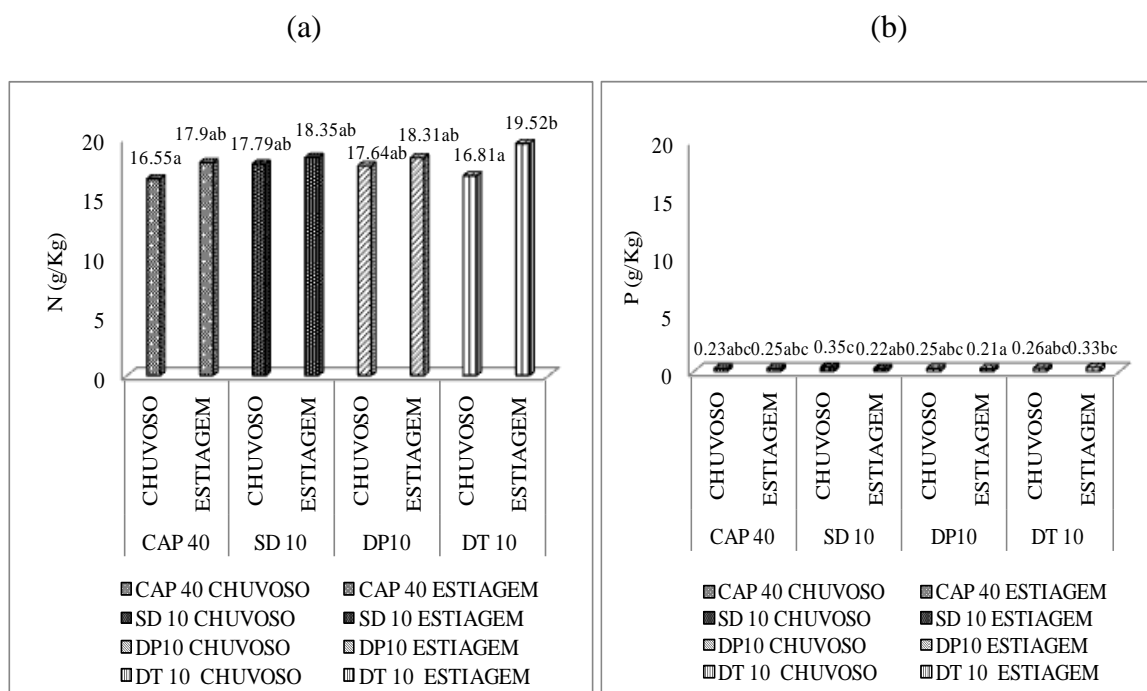
5% de significância. Para os tratamentos utilizou-se o software estatístico versão 7.0. Para a análise estatística foram admitidos como tratamentos um sistema agroflorestal com queima e sem queima. Segundo Costa Neto (2002) o uso de regressão deve ser aplicado, preferencialmente quando o valor da correlação (r) for maior que (0,7) ou menor que (-0,7) o que indica uma correlação entre a variável independente e dependente um grau forte.

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Concentração de Macronutrientes na Serapilheira

As concentrações dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e sódio, nos meses de março e novembro de 2009 para as capoeiras de 40 e 10 anos de idade estão representados nas (Figuras 15a, 15b, 16a, 16b, 17a, 17b).

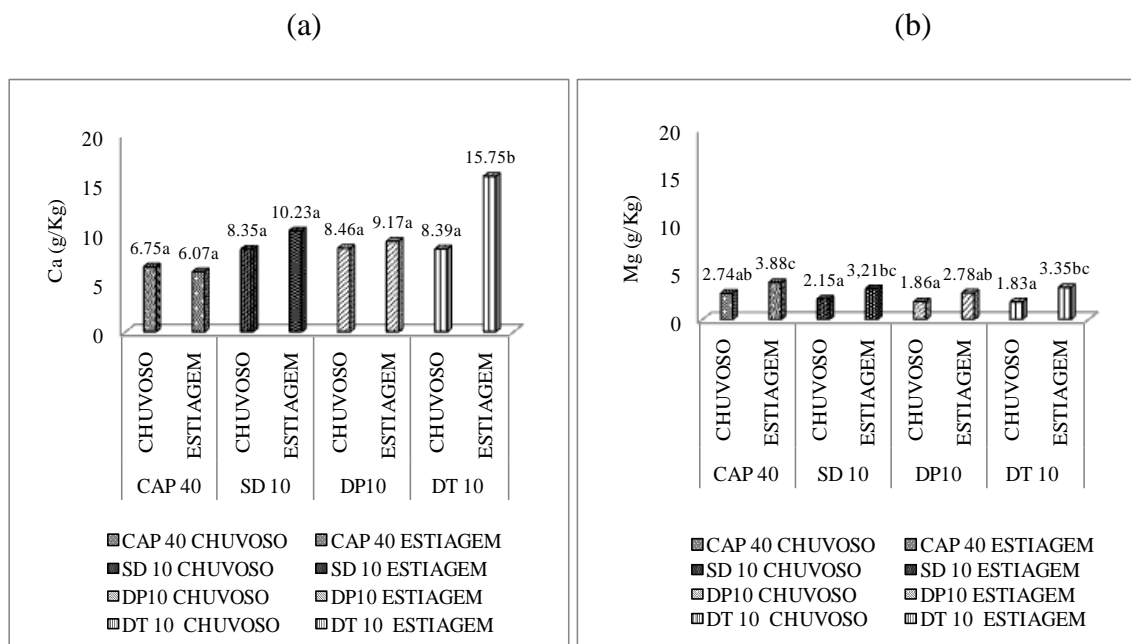
As concentrações médias de nutrientes contidos na serapilheira na capoeira de 40 anos de idade para os elementos nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio não apresentaram variações significativas a (Tukey, $p < 0,05$), nos período chuvoso e de estiagem, somente magnésio e sódio apresentaram estas diferenças. Estes elementos apresentaram as seguintes concentrações em ordem decrescente: $N > Ca > Na > Mg > K > P$, todos apresentaram as maiores concentrações na estiagem, com exceção do cálcio que apresentou maior concentração no período chuvoso, porém esta diferença de concentração não foi significativa, em capoeira de 40 anos, a média variou em ($6,07 \text{ g.kg}^{-1}$ e $6,57 \text{ g.Kg}^{-1}$) no período estiagem e chuvoso, respectivamente. O nitrogênio (Figura 15a) foi o elemento que apresentou maior concentração dentre todos os nutrientes analisados para a capoeira de 40 anos de idade, com valor máximo de ($17,9 \text{ g.Kg}^{-1}$), no período de estiagem.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. N=nitrogênio, P=fósforo

Figura 15– Concentração de N (a) e P (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem debate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.

O elemento cálcio (Figura 16a) apresentou valor máximo de 6,57 g/Kg, no período chuvoso. A elevada concentração apresentada pelo nitrogênio diferiu mais de 3 vezes o valor máximo da concentração de cálcio. O valor mínimo de concentração de nitrogênio foi de (16,55 g.Kg⁻¹) e para o cálcio foi de (6,07 g.Kg⁻¹). O elemento sódio (Figura 17b) apresentou o valor máximo e mínimo variando entre (5,29 g.Kg⁻¹ e 2,50 g.Kg⁻¹). O magnésio apresentou valor máximo e mínimo variando entre 3,99 g.Kg⁻¹ e 2,74 g.Kg⁻¹. O potássio com valor máximo entre (0,99 g.Kg⁻¹ e 0,67 g.Kg⁻¹), o fósforo (Figura 15b) apresentou o valor máximo e mínimo variando entre (0,25 g.Kg⁻¹ e 0,23 g.Kg⁻¹), todos com valor máximo no período de estiagem e mínimo no período chuvoso.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Ca=cálcio, Mg=magnésio

Figura 16 – Concentração de Ca (a) e Mg (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.

As concentrações de nutrientes na capoeira de 10 anos de idade sem desbate (SD) obtiveram a seguinte ordem decrescente de concentração de nutrientes para a capoeira sem desbate: $N > Ca > Na > Mg > K > P$, com exceção do fósforo, que apresentou maiores concentrações no período chuvoso, todos os outros elementos apresentaram as maiores concentrações no período de estiagem. Dentre todos os elementos analisados para a capoeira de 10 anos (SD), o nitrogênio apresentou valores de concentração de nutrientes variando entre (18,35 $g.Kg^{-1}$ e 17,79 $g.Kg^{-1}$). Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre (10,23 $g.Kg^{-1}$ e 8,35 $g.Kg^{-1}$) para o cálcio, (5,86 $g.Kg^{-1}$ e 2,710 $g.Kg^{-1}$) para o sódio, (3,21 $g.Kg^{-1}$ e 2,15 $g.Kg^{-1}$) para o magnésio (1,43 $g.Kg^{-1}$ e 0,68 $g.Kg^{-1}$) para o potássio, e (0,35 $g.Kg^{-1}$ e 0,22 $g.Kg^{-1}$) para o fósforo.

Na capoeira de 10 anos de idade (SD), houve diferença estatística significativa a (Tukey, $p < 0,05$), para os elementos fósforo, magnésio e sódio, com as maiores concentrações nos período chuvoso, estiagem e estiagem, respectivamente, os outros tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

A capoeira de 10 anos onde houve (DP) apresentou os maiores valores nas concentrações de nutrientes para o nitrogênio durante o período de estiagem com valores

médios máximos e mínimos entre (18,31 g.Kg⁻¹ e 17,64 g.Kg⁻¹), onde os elementos analisados apresentaram concentração de nutrientes na ordem decrescente de: N>Ca>Na>Mg>K>P, todos com as maiores concentrações no período de estiagem com exceção do fósforo que apresentou maiores concentrações no período chuvoso. Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre (9,17 g.Kg⁻¹ e 8,46 g.Kg⁻¹) para o cálcio, (5,87 g.Kg⁻¹ e 2,26 g.Kg⁻¹) para o sódio, (2,78 g.Kg⁻¹ e 1,86 g.Kg⁻¹) para o magnésio (1,47 g.Kg⁻¹ e 0,48 g.Kg⁻¹) para o potássio, e (0,25 g.Kg⁻¹ e 0,21 g.Kg⁻¹) para o fósforo.

Na capoeira de 10 anos de idade (DP), apresentou diferença estatística significativa a (Tukey, p <0,05), para o elemento sódio, com as maiores concentrações nos períodos de estiagem. Na capoeira de 10 anos onde houve (DT), apresentou os maiores valores nas concentrações de nutrientes para o nitrogênio durante o período de estiagem com valores médios máximos e mínimos entre (19,52 g.Kg⁻¹ e 16,81 g.Kg⁻¹), onde os elementos analisados apresentaram concentração de nutrientes na ordem decrescente de: N>Ca>Na>Mg>K>P, todos com as maiores concentrações no período de estiagem com exceção do fósforo que apresentou maiores concentrações no período chuvoso. Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre (15,75 g.Kg⁻¹ e 8,39 g.Kg⁻¹) para o cálcio, (7,76 g.Kg⁻¹ e 2,21 g.Kg⁻¹) para o sódio, (3,35 g.Kg⁻¹ e 1,83 g.Kg⁻¹) para o magnésio (2,74 g.Kg⁻¹ e 0,64 g.Kg⁻¹) para o potássio, e (0,33 g.Kg⁻¹ e 0,26 g.Kg⁻¹) para o fósforo.

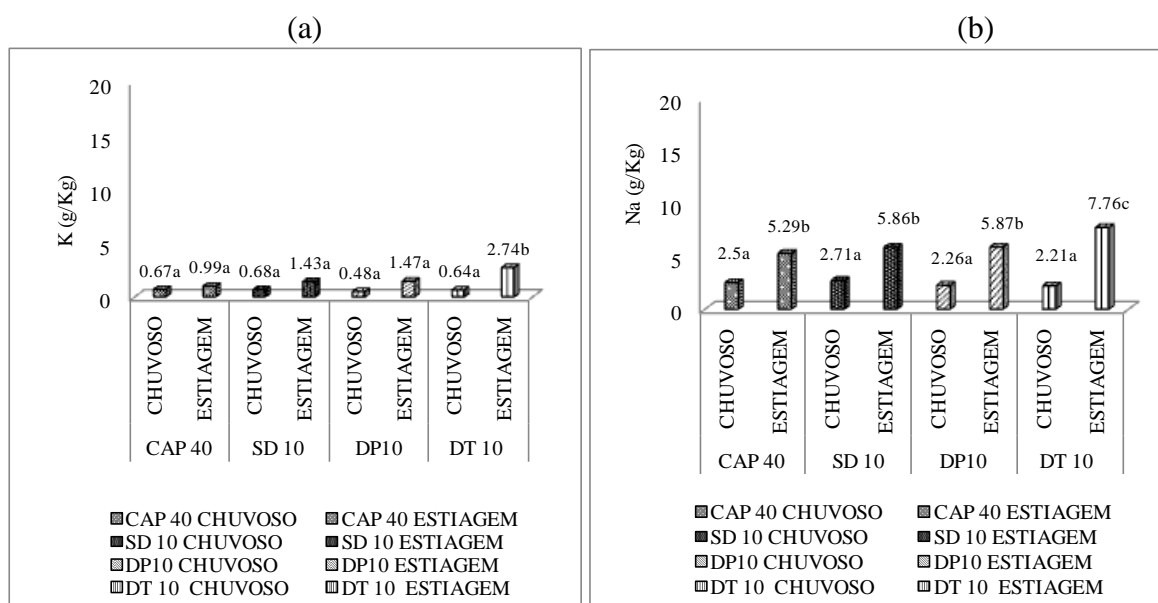
Na capoeira de 10 anos de idade (DT), houve diferença estatística significativa a (Tukey, p <0,05), para os elementos nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e sódio, com as maiores concentrações nos períodos de estiagem para todos os elementos analisados.

Considerando a capoeira de 40 anos de idade e os tratamentos aplicados na capoeira de 10 anos de idade (SD, DP, DT), podemos considerar que: as maiores concentrações, em geral, de todos os elementos analisados apresentaram a mesma ordem decrescente de concentração de nutrientes N>Ca>Na>Mg>K>P. A concentração de nitrogênio foi maior que todos os outros elementos analisados para todos os tratamentos aplicados.

Considerando apenas os tratamentos nas capoeiras de 10 anos (SD, DP, DT), podemos avaliar que a maior concentração de nitrogênio foi apresentada na capoeira de 10 anos onde foi realizado o desbaste total da vegetação, para os dois períodos (estiagem e chuvoso). O nitrogênio também apresentou a maior concentração em todos os tratamentos

para todos os outros elementos analisados, com os menores valores no (DT), mesmo assim não foi a menor concentração em geral de todos os elementos analisados.

O elemento fósforo apresentou os maiores e menores concentrações de nutrientes na área (SD) no período chuvoso e de estiagem, respectivamente. O potássio (Figura 17a) apresentou maior concentração no desbaste total no período de estiagem e menor concentração na área sem desbaste no período chuvoso. O elemento cálcio apresentou a maior concentração no desbaste total no período de estiagem e menor concentração na área sem desbaste no período chuvoso. Para o magnésio, os maiores e menores valores nas concentrações foram verificadas no (DT) no período estiagem e chuvoso, respectivamente. O elemento sódio (Figura 17b) apresentou maiores e menores valores nas concentrações do (DT) nos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. K=potássio, Na=sódio

Figura 17 – Concentração de K (a) e Na (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbaste; DP=desbaste parcial; DT=desbaste total.

Considerando a capoeira de 40 anos com a capoeira de 10 anos (testemunha e os dois tratamentos de desbaste), podemos observar (Figura 15a, 15b, 16a, 16b, 17a, 17b), que os elementos apresentam os seguintes comportamentos e diferenças nutricionais: O nitrogênio na capoeira de 40 anos apresentou diferença estatística significativa apenas no período chuvoso com o desbaste total no período de estiagem. O elemento fósforo apresentou

diferença significativa na área (SD) no período chuvoso, com (DP) no período de estiagem e com (DT) no período de estiagem.

Os elementos potássio e cálcio apresentaram o mesmo comportamento nutricional em relação aos outros tratamentos, apenas o desbaste total no período de estiagem apresentou diferença significativa. O magnésio não apresentou diferença significativa com nenhuma capoeira de 10 anos e em nenhum período. A capoeira de 40 anos apresentou diferença estatística significativa com a capoeira de 10 anos sem desbaste, com desbaste parcial e com desbaste total no período de estiagem.

O elemento que apresentou a maior e menor concentração de nutrientes foi o nitrogênio ($19,52 \text{ g.Kg}^{-1}$), no desbaste total e o fósforo ($0,21 \text{ g.Kg}^{-1}$) no desbaste parcial, respectivamente, ambos no período de estiagem.

Em geral, a concentração de nutrientes apresentada em ordem decrescente para cada elemento em cada tratamento foi: Nitrogênio: DT>SD>DP>CAP40; Fósforo: SD>DT>CAP40>DP; Potássio: DT>SD>DP>CAP40; Cálcio: DT>SD>DP>CAP40; Magnésio: CAP40>DT>SD>DP; Sódio: DT>SD>DP>CAP40. O nitrogênio, potássio, cálcio e sódio foram os elementos que apresentaram a mesma ordem de concentração de nutrientes. A capoeira de 40 anos apresentou as menores concentrações para os elementos: nitrogênio, potássio, sódio, e cálcio, a maior concentração de nutriente apresentada foi para o magnésio.

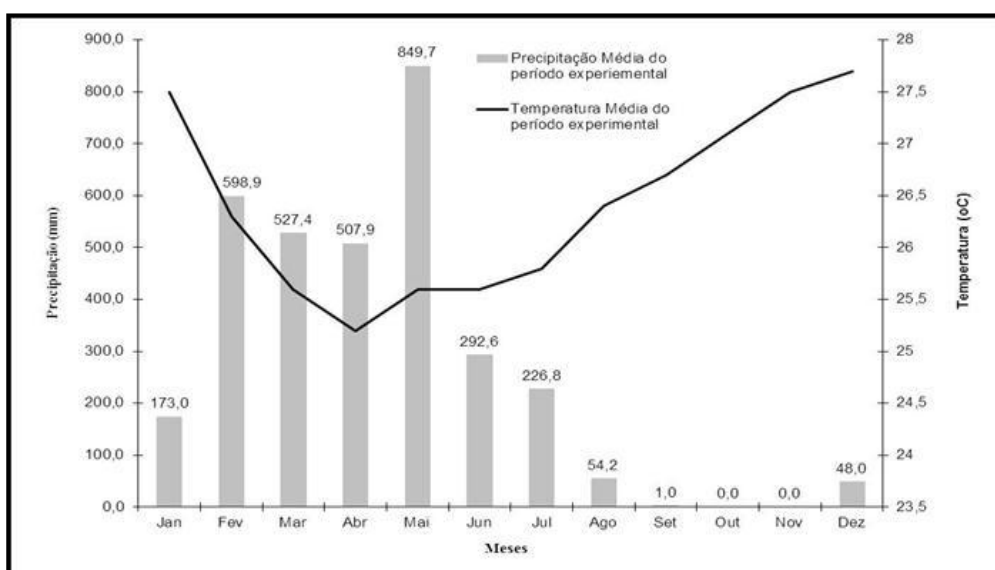


Figura 18 - Variação anual da precipitação e temperatura, no município de Tracuateua, distante 17 Km de Bragança - PA, durante o período experimental, 2009.

3.4.2 Interação entre Macronutrientes da serapilheira em capoeira.

Em geral, entre todos os elementos analisados (Tabela 8), apenas o sódio e potássio apresentaram correlação positiva significativa na concentração de nutrientes na serapilheira ($r = 0,74$). Observa-se que com o aumento na concentração de sódio houve também um aumento na concentração de potássio, (Figura 17).

Tabela 8 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os macronutrientes da serapilheira em capoeira na comunidade Benjamin Constant, Pará.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Na
	(gKg)					
N	1					
P	-0.03581	1				
K	0.125917	0.420106	1			
Ca	0.126147	0.220688	0.304853	1		
Mg	0.185586	0.01484	0.318174	0.26717	1	
Na	0.271569	0.216278	0.748328*	0.482074	0.621632	1

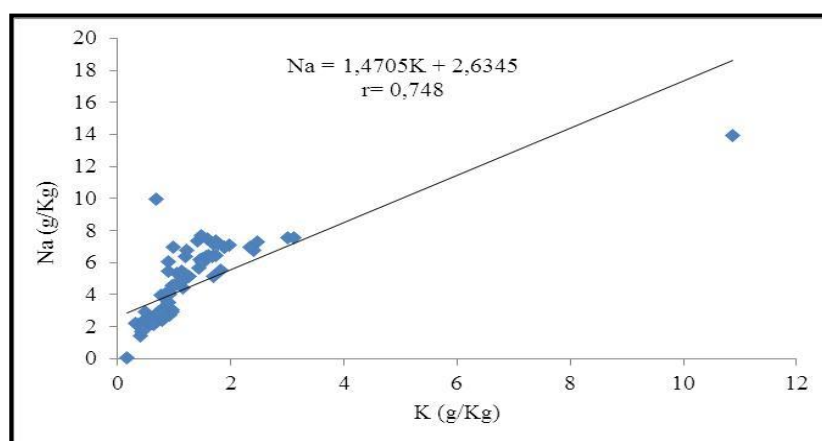


Figura 19 - Correlação entre os teores de Na e K na concentração de nutrientes na serapilheira, em capoeira, na comunidade Benjamin Constant, Bragança - PA.

3.4.3 Concentração de Micronutrientes na Serapilheira

A concentração dos elementos ferro, manganês, cobre e zinco nos meses de março e novembro de 2009 para as capoeiras de 40 e 10 anos de idade estão representadas nas (Figuras 20a, 20b, 21a, 21b).

As concentrações médias de nutrientes contidos na serapilheira na capoeira de 40 anos de idade não apresentaram variações significativas a (Tukey, $p < 0,05$), nos período chuvoso e de estiagem. Os elementos ferro, manganês, zinco e cobre, apresentaram as seguintes concentrações em ordem decrescente: $Fe > Mn > Zn > Cu$, as maiores concentrações nos elementos ferro e zinco foram apresentados no período de estiagem e para os elementos manganês e cobre as maiores concentrações foram apresentadas no período chuvoso.

O ferro (Figura 20a) foi o elemento que apresentou maior concentração dentre todos os nutrientes analisados para a capoeira de 40 anos de idade, com valor máximo de ($1419,61 \text{ mg.Kg}^{-1}$), no período de estiagem, seguido do manganês (Figura 20b) que apresentou valor máximo de ($368,49 \text{ mg.Kg}^{-1}$) no período chuvoso. A elevada concentração apresentada pelo ferro diferiu o dobro da concentração de manganês. O valor mínimo de concentração de ferro foi de ($1015,77 \text{ mg.Kg}^{-1}$) e para o manganês foi de ($339,01 \text{ mg.Kg}^{-1}$).

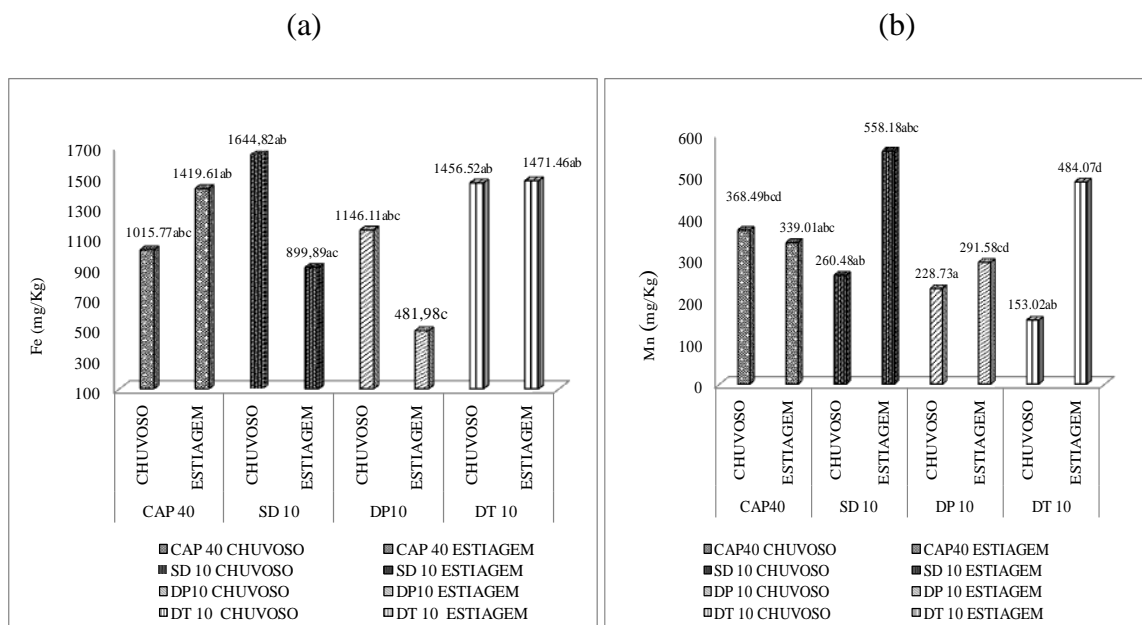
Nas capoeiras de 40 anos, o elemento cobre (21a) apresentou o valor máximo e mínimo variando entre ($26,74 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $25,22 \text{ mg.Kg}^{-1}$), o zinco apresentou valor máximo e mínimo variando entre ($28,47 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $26,01 \text{ mg.Kg}^{-1}$).

As concentrações de nutrientes na capoeira de 10 anos de idade (SD) obtiveram a seguinte ordem decrescente de concentração de nutrientes: $Fe > Mn > Zn > Cu$. Os elementos ferro e zinco apresentaram as maiores concentrações no período chuvoso, cobre e manganês, apresentaram as maiores concentrações no período de estiagem.

Dentre todos os elementos analisados para a capoeira de 10 anos (SD), o ferro apresentou os maiores valores de concentração de nutrientes variando entre ($1644,82 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $1899,89 \text{ mg.Kg}^{-1}$). Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre ($291,58 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $228,73 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o manganês, ($13,05 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $12,71 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o cobre, ($24,38 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $21,1 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o zinco.

Na capoeira de 10 anos de idade (SD), apresentaram diferença estatística significativa a (Tukey, $p < 0,05$), para o elemento ferro e manganês (Figura 20a e 20b), com

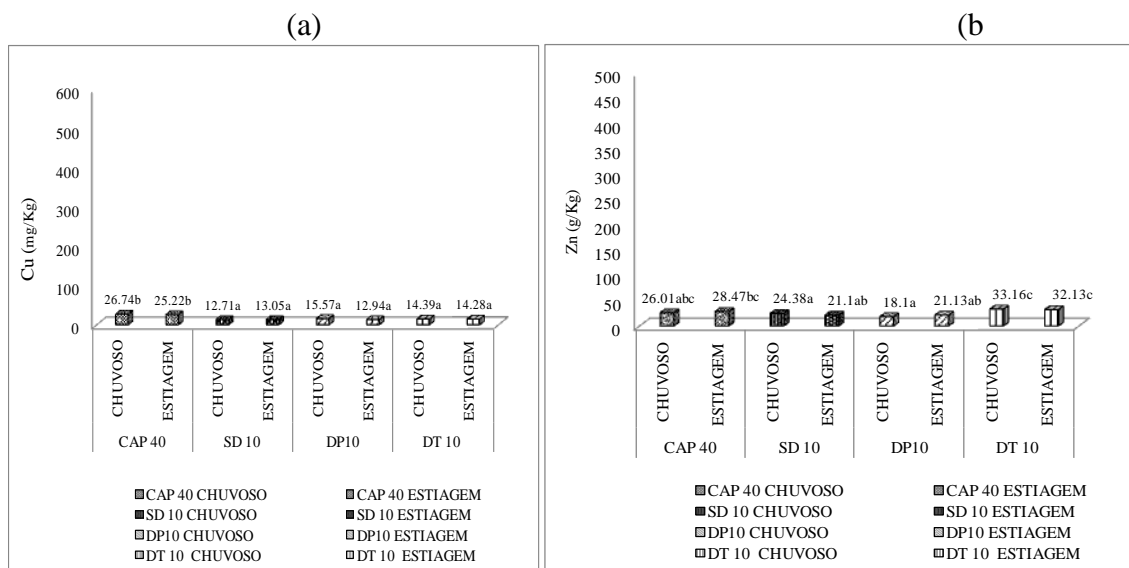
as maiores concentrações no período chuvoso e estiagem, respectivamente e os outros elementos não apresentaram diferenças significativas.



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Fe=ferro, Mn=manganês

Figura 20 – Concentração de Fe (a) e Mn (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA, para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem debate; DP=debate parcial; DT=debate total.

A capoeira de 10 anos de idade com (DP) apresentou os maiores valores nas concentrações de nutrientes para o ferro durante o período chuvoso com valores médios máximos e mínimos entre (1146,11 mg.Kg⁻¹ e 481,98 mg.Kg⁻¹), onde os elementos analisados apresentaram concentração de nutrientes na ordem decrescente de: Fe>Mn>Zn>Cu, todos com as maiores concentrações no período chuvoso para o ferro (Figura 25a) e cobre (Figura 26a) e no período de estiagem para manganês (Figura 20b) e zinco (Figura 21b). Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre (291,58 mg.Kg⁻¹ e 228,73 mg.Kg⁻¹) para o manganês, (15,57 mg.Kg⁻¹ e 12,94 mg.Kg⁻¹) para o cobre, (21,13 mg.Kg⁻¹ e 18,1 mg.Kg⁻¹) para o zinco. Na capoeira de 10 anos de idade com (DP), apresentou diferença estatística significativa a (Tukey, p <0,05), para o elemento ferro, com as maiores concentrações no período chuvoso (11,46 mg.Kg⁻¹).



Médias seguidas de letra minúscula nas linhas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste F e Tukey, a 5% de probabilidade. Zn=zinco, Cu=cobre

Figura 21 – Concentração Cu (a) e Zn (b) em capoeira de 10 e 40 anos de idade, na comunidade Benjamin Constant, Bragança – PA para o ano de 2009. CAP=capoeira; SD=sem desbate; DP=desbate parcial; DT=desbate total.

A capoeira de 10 anos de idade, com (DT), apresentou os maiores valores nas concentrações de nutrientes para o ferro durante o período de estiagem com valores médios máximos e mínimos entre ($1471,46 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $1456,52 \text{ mg.Kg}^{-1}$), onde os elementos analisados apresentaram concentração de nutrientes na ordem decrescente de: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$, com as maiores concentrações no período de estiagem nos elementos ferro e manganês e no período chuvoso os elementos cobre e zinco.

Os elementos analisados apresentaram os valores máximos e mínimos de nutrientes variando entre ($448,07 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $153,02 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o manganês, ($14,39 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $14,28 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o cobre, ($33,16 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $32,13 \text{ mg.Kg}^{-1}$) para o zinco.

Na capoeira de 10 anos de idade, com (DT), apresentou diferença estatística significativa a (Tukey, $p < 0,05$), para os elementos manganês e zinco, com as maiores concentrações nos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente.

Considerando a capoeira de 40 anos de idade e os tratamentos aplicados na capoeira de 10 anos de idade (SD, DP, DT), podemos considerar que as maiores concentrações, em geral, de todos os elementos analisados apresentaram a mesma ordem decrescente de concentração de nutrientes $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$. A concentração de ferro foi maior que todos os outros elementos analisados e para todos os tratamentos aplicados.

Considerando apenas os tratamentos nas capoeiras de 10 anos (SD, DP, DT), podemos avaliar que a maior concentração de nutrientes no ferro foi apresentada na capoeira de 10 anos (SD) no período chuvoso. O ferro também apresentou a maior concentração em todos os tratamentos, com os menores valores no (DP) no período de estiagem.

O elemento manganês apresentou os maiores e menores concentrações de nutrientes na área (SD) nos período de estiagem e em (DT) no período chuvoso, respectivamente. O cobre apresentou maior concentração no (DP) no período chuvoso e menor concentração na área (SD) no período chuvoso. O elemento zinco apresentou a maior concentração no (DT) no período chuvoso e menor concentração no (DP) no período chuvoso.

Considerando a capoeira de 40 anos com a capoeira de 10 anos testemunha e os dois tratamentos de desbaste, podemos observar que o elemento ferro apresentou diferença estatística significativa da capoeira de 40 anos no período de estiagem com a capoeira de 10 anos com (DP) no período de estiagem. O elemento manganês no tratamento (SD) no período de estiagem apresentou diferença estatística significativa na capoeira de 40 anos, e nos tratamentos (SD) e com (DT) em todos os períodos. O cobre apresentou diferença significativa nos tratamentos com (SD, DP, DT) em relação à capoeira de 40 anos nos dois períodos. O elemento zinco apresentou diferença estatística do tratamento com (DT) em relação ao (DP) e (SD) para todos os períodos.

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1 Macronutrientes

Foram verificados nos resultados obtidos que a concentração de nitrogênio e magnésio apresentaram maiores valores na capoeira mais antiga (40 anos) em todos os períodos chuvoso e estiagem, semelhantes resultados foram encontrados por (HAYASHI, 2006), quando comparou capoeira jovens e antigas de (6,10, 30 e 40 anos).

Brun et al. (1999) encontraram em diferentes fases sucessionais em floresta, no decorrer de um ano, que foram devolvidos ao solo via serapilheira no Capoeirão (27 anos)

89,6 Kg ha⁻¹ de N, 4,7 kg ha⁻¹ de P, 30,9 Kg ha⁻¹ de K, 102,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 21,4 Kg ha⁻¹ de Mg; na floresta Secundária (entre 45 e 50 anos), foram devolvidos 110,3 Kg ha⁻¹ de N, 6,1 Kg ha⁻¹ de P, 36,5 Kg ha⁻¹ de K, 94 Kg ha⁻¹ de Ca e 18,2 Kg ha⁻¹ de Mg; já para uma Floresta Madura (mais de 100 anos), foram devolvidos via serapilheira 153 Kg ha⁻¹ de N, 6,3 Kg ha⁻¹ de P, 63,7 Kg ha⁻¹ de K, 185,7 Kg ha⁻¹ de Ca e 23,5 Kg ha⁻¹ de Mg.

Segundo Cunha (1997), na Floresta Estacional Decidua em São João do Polesine-RS, verificou que as concentrações de fósforo na serapilheira diminuíram com a idade, mas as concentrações de potássio, cálcio e magnésio não se alteraram com a idade. A serapilheira derrubada no capoeirão foi a mais rica em nitrogênio. As quantidades totais de nutrientes transferidos ao solo por meio da serapilheira na capoeira (13 anos de idade), capoeirão (19 anos) e mata secundária (30 anos) foram, respectivamente, (kg ha⁻¹ ano⁻¹): 98,4, 156 e 163,7 de N, 11,2, 15,4 e 11,5 de P, 28,5, 46,7 e 51,2 de K, 147,5, 206,7, e 271 de Ca e 10,8, 18,2 e 21,8 de Mg. Estes resultados encontrados por BRUN et al., (1999) e (CUNHA, 1997) indicam um aumento da deposição de nutrientes via serapilheira, com o desenvolvimento da floresta.

Villela e Lacerda (1992) mencionam que a variação sazonal na concentração dos elementos minerais nas folhas parece estar fortemente relacionada aos mecanismos de absorção e de retranslocação destes nutrientes.

A serapilheira fina produzida cada ano (8,25 t ha⁻¹), proporciona uma entrada de 3880 kg de carbono, 151 kg de nitrogênio, 3 kg de fósforo, 16 kg de enxofre, 15 kg de potássio, 37 kg de cálcio, 14 kg de magnésio e 9 kg de sódio, para o solo de uma floresta de platô sobre Latossolo Amarelo na região de Manaus (LUIZÃO, 1989). Além destes elementos químicos, geralmente, considerados como nutrientes para as plantas, a floresta cicla uma quantidade significativa de outros elementos da serapilheira, mostrando, então, uma forte relação entre a atividade biológica e a composição mineral dos solos da floresta de terra firme foram encontradas por LUCAS et al. (1993).

Segundo Cantarella (2007), o solo de terra firme (especificamente o Latossolo Amarelo) sob floresta primária de terra firme, devido a sua pobreza em nutrientes, bem como sua baixa capacidade de troca catiônica, atua apenas promovendo uma resistência a lixiviação dos nutrientes, suficiente para que os mesmos sejam eficientemente assimilados pela vegetação.

A concentração de nutrientes encontrada por Vogel (2005) em floresta secundária apresentou a mesma ordem decrescente de concentração de nutrientes: N >> Ca > K > Mg > P, que diferiu deste estudo, pois a alta concentração de nitrogênio apresentada neste estudo

indica que as espécies são grandes fixadoras de nitrogênio e a floresta ainda está em desenvolvimento.

A alta concentração de cálcio que foi encontrada neste estudo, pode ser pela quantidade de galhos produzida que foi coletada em grande quantidade, segundo (VOGEL, 2005) nos galhos, está o maior teor de cálcio, e nas folhas, estão os maiores conteúdos de Mg. Por ser um elemento pouco móvel na planta, o cálcio está mais concentrado nas partes lignificadas, como galhos e casca. O maior teor de Mg nas folhas é atribuído provavelmente por esse elemento fazer parte da clorofila na proporção de 2,7% desta, sendo assim mais abundante nesses tecidos (MALAVOLTA, 1985).

Segundo Toledo et al. (2002) verificaram que a serapilheira depositada ao longo de um ano, em uma floresta secundária tardia no Rio de Janeiro, apresentou teores médios de 16,9 g/kg de N, 0,5 g/kg de P, 5,2 g/kg de K, 8,3 g/kg de Ca e 2,9 g/kg de Mg. Em vários estudos, a análises de concentração de nutrientes são realizadas nas frações de serapilheira e os resultados das maiores concentrações são encontrados na serapilheira total.

Nos trabalhos realizados na Amazônia foram observados que as variações existentes nas concentrações de nutrientes nas plantas variaram bastante em função do elemento, do tecido da planta, do tipo de solo, vegetação e da família das espécies monitoradas. Também, foram afetadas por fatores como idade das plantas e o estágio fisiológico das folhas. Resultados que foram confirmados por (FERNANDES, 2005; RIBEIRO, 2006), quando ressaltou que os tecidos vegetais apresentam diferentes concentrações de nutrientes em função da idade da planta.

Embora alguns trabalhos (LIMA, 2010) mostrem que nas capoeiras mais antigas a concentração de nutrientes seja maior, neste estudo a concentração de nitrogênio, potássio, cálcio e sódio foram maiores na capoeira mais jovem (10 anos). Embora tenha apresentado as maiores concentrações de fósforo e magnésio na área sem debate e na capoeira de 40 anos, respectivamente, estas concentrações apresentadas não foram significativas estatisticamente a (Tukey <0,05%). Os valores médios para fósforo onde não houve debate foi de (0,23 g.Kg⁻¹ e 0,25 g.Kg⁻¹) e no debate total foi de (0,26 g.Kg⁻¹ e 0,33 g.Kg⁻¹) e para o magnésio na capoeira de 40 anos foi de (2,74 g.Kg⁻¹ e 3,88 g.Kg⁻¹).

Observa-se que a área desbatada totalmente, manteve uma tendência de ritmo de maior concentração de nutrientes, em relação à parcela testemunha, talvez devido à menor competição das espécies pelos nutrientes, enquanto que na capoeira de 40 anos a concentração da maioria dos elementos está quase estagnada.

De acordo com Vesterdal et al. (1995), os desbastes modificam o microclima florestal, reduzindo a transpiração na área, aumentando a incidência da radiação solar dentro da floresta e temperatura do solo, o que favorece os microorganismos decompositores. Eles sugerem, também, que a redução na competição entre as árvores remanescentes aumentaria a disponibilidade de nutrientes por planta, possibilitando a regeneração das espécies, dando origem a uma serapilheira mais diversificada, mais rica em nutrientes e mais facilmente decomposta.

No debate total a maior concentração de todos os nutrientes foi no período de estiagem, e apresentou uma diferença significativa em mais de 50%, neste período a precipitação nos últimos três meses da coleta foi de (0 mm) Como na estação menos chuvosa os microorganismos apresentam atividade decompositora mais lenta, então era de se esperar que a concentração de nutrientes apresentasse menores valores, talvez o efeito de debate tenha afetado o número de indivíduos de microorganismo decompositores. As áreas com maiores concentrações foram: DT> SD>DP, verificou-se que a alta concentração apresentada no período de estiagem pode também ter afetado o número de microorganismos decompositores, nos elementos potássio, nitrogênio, cálcio e sódio. A maior concentração de nutrientes observadas no período de estiagem para todos os elementos é um aspecto que se apresenta estatisticamente significativo para todos os tratamentos, evidenciando variação sazonal.

O comportamento apresentado no tratamento onde foi realizado debate total, não houve perda na concentração de nutrientes também podem ser explicadas pela capacidade de reserva de nutrientes. Segundo Backes (2005), as florestas apresentam alta capacidade de conservação de nutrientes, pois concentram e transferem no seu interior, ao longo do tempo, estoques consideráveis tanto na biomassa, quanto incorporados no solo.

A menor concentração de nutrientes apresentada na capoeira de 40 anos pode ser em função provavelmente pelo tempo de exposição desta serapilheira sobre o solo ser maior, proporcionando um estado adiantado de decomposição, portanto apresentando menores teores de nutrientes.

Em estudos realizados por Hayashi (2006) em capoeira de diferentes idades, o maior número de espécies foi encontrada nas capoeiras mais velhas de 20 e 40 anos, em relação a capoeira de 6 anos. Isto provavelmente está relacionado com o maior tempo de sucessão das florestas, ou seja, aproximação do seu estágio maduro, além de conter espécies tanto pioneiras quanto espécies com característica de estágio mais tardio.

3.5.2 Micronutrientes

As concentrações de nutrientes encontradas neste estudo também foram encontradas por Moraes (2008) em diferentes estágios sucessionais de floresta, onde obteve-se $Fe > Mn > Zn > Cu$. As maiores concentrações apresentadas no elemento ferro na serapilheira acumulada podem ser justificados pela sua mobilidade. Pois, segundo Dechen e Nachtigal, (2006), Malavolta (2006), em relação ao metabolismo do Fe na planta, deve-se levar em conta que este apresenta baixa mobilidade nos tecidos vegetais. Essa mobilidade é afetada, negativamente, por vários fatores, como elevado conteúdo de P, deficiência de K, quantidade elevada de Mn e baixa intensidade luminosa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Neste estudo, as altas concentrações de ferro encontradas na capoeira mais antiga (40 anos) podem ser justificadas em função dos maiores teores nas folhas velhas de algumas espécies, bem como teores médios maiores nas folhas da floresta em relação às outras frações (galhos, reprodutivas, cascas) de serapilheira total (CALDEIRA, 2003).

A contaminação com o solo, ou seja, amostra de serapilheira com solo pode ser considerada como uma justificativa. Os conteúdos de argila e matéria orgânica no solo (MOS) influenciam também na disponibilidade do Fe, já que solos argilosos existem tendência de reter o Fe, ao passo que os teores adequados de matéria orgânica do solo, proporcionam melhor aproveitamento do Fe pelas plantas, devido às suas características acidificantes e redutoras, bem como com a capacidade de determinadas substâncias húmicas em condições adversas de pH (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O conteúdo de Fe no solo é influenciado pelo pH, pois o Fe aumenta com o aumento da acidez, atingindo grandes teores em solos muito ácidos, com pH menores que 3, e em solos ricos em ácidos húmicos e colóides capazes de formar complexos solúveis com Fe (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; MALAVOLTA, 2006), segundo Malavolta (2006), o teor de Fe no solo é consequência do conteúdo no material de origem.

O segundo micronutriente com maior conteúdo na serapilheira acumulada foi o manganês, este fato pode ser também em função da contaminação com o solo, ou seja, amostra de serapilheira com solo, pois o Mn no solo é proveniente de óxidos, carbonatos, silicatos e sulfetos. Os óxidos e sulfetos de Mn são as formas encontradas com mais frequência nos solos, sendo comum a sua ocorrência em associação com Fe (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Cabe ressaltar também que os maiores teores e conteúdos de Mn na serapilheira acumulada podem ser justificados pelos seus maiores teores nas folhas de

algumas espécies. Conforme Heenan e Campbell (1980), na condição de bom suprimento de Mn, as folhas acumulam altas concentrações conforme avança a idade da planta, sendo uma pequena parcela do elemento translocada das folhas velhas para as novas em crescimento, onde o elemento se encontra em menor concentração. Entretanto, deve-se considerar que a concentração de Mn na planta varia grandemente entre partes da planta e da espécie (CALDEIRA, 2003; DECHEN; NACHTIGALL, 2006), bem como durante o período vegetativo (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Observou-se que a concentração de nutrientes depositada na serapilheira, sofreu influência da sazonalidade, pois o período de estiagem apresentou as maiores concentrações de micronutrientes em todos os elementos analisados. Estudos realizados em floresta por (SILVA, 2009; LUIZÃO, 1987, SILVA, 1982) demonstram que a produção de serapilheira é maior no período de estiagem, então se há maior produção de serapilheira neste período, espera-se que tenha maior concentração de nutrientes no mesmo período.

Estudo realizado por Brun (2010), em floresta secundária de 35 e 55 anos de idade, verificou a mesma ordem de concentração de micronutriente na serapilheira que foi encontrada neste estudo (Fe>Mn>ZN, Cu), porém diferenciando que as concentrações foram maiores na floresta mais antiga, para todos os elementos analisados, e neste estudo as maiores concentrações de micronutrientes foram na capoeira jovem de 10 anos de idade, com exceção apenas no cobre, que foi maior na capoeira mais antiga de 40 anos.

A fisiologia da planta é outro fator que pode justificar a concentração na quantidade de determinado elemento, pois neste estudo, a espécie predominante na área foi (*Myrciaria tenella*), e Carvalho (2009) concluiu que esta espécie não necessita de solo fértil para seu desenvolvimento, isto pode beneficiar esta espécie em relação as outras que não apresentam esta mesma característica, pois cada espécie necessita de determinada quantidade de nutriente.

De acordo com Marengo (2007), as práticas de manejo da vegetação e do solo que, de alguma forma, alterem o estado de equilíbrio alcançado pelos ecossistemas florestais, seja pelo aumento da velocidade de decomposição, pelo acúmulo ou mesmo pela destruição da serapilheira, devem ser evitadas.

3.6 CONCLUSÕES

- 1- Não há influência sazonal onde foi aplicado desbaste total, pois não há redução em nenhum nutriente da serapilheira analisado.
- 2- A capoeira em idade vegetacional mais avançado (40 anos) apresenta menores concentrações de macro e micronutrientes em relação à capoeira mais recente (10 anos)
- 3- A capoeira de 40 e 10 anos apresenta a mesma ordem decrescente de concentração de macro e micronutrientes analisados.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou que nem todos os nutrientes foram influenciados pela sazonalidade climática, independente do tipo de tratamento aplicado, da idade da vegetação e da espécie florestal.

Apesar da queima não ter favorecido a maioria dos elementos analisados no sistema agroflorestal, o nitrogênio e cálcio foram os únicos elementos que apresentaram as maiores concentrações de nutrientes no período chuvoso, no sistema com queima e sem queima.

Em geral, as concentrações de macro e micronutriente foram maiores em sistema florestal do que em sistema agroflorestal. A capoeira em idade vegetacional mais avançada (40 anos), apresentou menores concentrações de macro e micronutrientes em relação a capoeira mais recente (10 anos).

Todos os nutrientes analisados em todos os sistemas florestais e agroflorestais apresentaram mesma ordem decrescente de concentrações para os macro e micronutrientes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SABOGAL, C.; BRIENZA, S. J. **Recuperação de Áreas Alteradas na Amazônia Brasileira: Experiências locais, lições aprendidas e implicações para políticas públicas.** Belém: CIFOR, Embrapa, MMA, MDA, 2006. 202 p.

_____; _____. **Iniciativas de produção agrícola e silvicultural em áreas alteradas na Amazônia Brasileira.** CIFOR, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S. Produção de serapilheira e devolução de nutrientes em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza (RS). In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1999. p. 348- 364.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CANTERELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística** 3 ed. São Paulo: Blücher, 2002.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In. FERNANDES, M. S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedades Brasileiras de Ciência do Solo, 2006. p. 327-374.

FERNANDES, E. M. C., **International Symposium Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops, Turrialba,** Costa Rica, 1999. p.24-26.

FERREIRA, M. S. **Bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) em florestas secundárias: possibilidades para o desenvolvimento sustentável no Nordeste Paraense.** 253f. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Brasília/UNB, 2008.

FONSECA, S. **Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho- Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagem.** 1984. 78f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

HEENAN, J. L.; CAMPBELL, L. C. Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Australian journal of agricultural research**, Melbourne, v. 31, n. 5, p. 943-949, 1980.

HAYASHI, S., N. **Dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas no município de Capitão Poço-Pa.** 2006. Dissertação (Mestrado) - UFRA/Universidade Federal Rural da Amazonia, Belém 2006.

HIREMATH, A. J.; EWEL, J. J.; COLE, T. G. Nutrient use efficiency in three fastgrowing tropical trees. **Forest Science**, v.48, n. 4, p. 662-672, 2002.

KATO, O. R. Corte e trituração da capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo à sustentabilidade florestal: o caso Tipitamba em Igarapé-Açu-pará. ENGEMA - ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE.9., 2007. Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2007.

_____; KATO, M. S. A.; VIELHAUER, K.; BLOCK, A.; DE JESUS, C. C. **Cultivo do milho em sistema de corte e trituração da capoeira na região Nordeste do Pará: efeito da época do preparo de área.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. (Boletim de Pesquisa).

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejada através de Desbastes progressivos.** 2001. 88 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LEMOS FILHO, J. P.; DE PAULA, S. A. Dinâmica do dossel em mata semidecídua no perímetro urbano de Belo Horizonte, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24 , n. 4, 2001.

LIMA, S. S. LEITE, L. F. AQUINO, A. M. OLIVEIRA, F. C., CASTRO, A. J. F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no Norte do Piauí. **Resvista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.75-84, 2010.

LUIZÃO, F. J. **Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira.** 1982. 107 f. Dissertação (Mestrado) – INPA/Fundação Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1987.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J. **Bases científicas para estratégias de desenvolvimento e preservação da Amazônia: fatos e perspectivas.** Manaus: INPA, 1991. v.1. p. 65-75.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia central. In: VAL, A. L.; FIGLIVOLO, R.; FEDBERG, E. (Ed.) **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia.** Manaus: Secretaria de Ciência e Tecnologia, INPA, 1991. v. 1, p.65-75.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARENCO, R. A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa: UFV, 2007. 469p

MARTINS, S.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, 1999.

NETO, T. A. C.; PEREIRA, M. G.; CORREA, M. E. F.; ANJOS, L.H.C. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 8, p. 70-75, 2001.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água em microbacias.** 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

PEREIRA, C. A., VIEIRA, I. C. G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Interciência**, v.26, n. 8, p. 337- 341, 2001.

PROCTOR, J. Tropical forest litterfall: problems of data comparison. In: SUTTON, S.L. et al (Ed). **Tropical rain forest: Ecology and management.** London: British Ecological Society, 1983. p. 267-273.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. (Ed). **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302

RIBEIRO, M. S. **Manejo de sistemas agroflorestais com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber) e Caupi, (*Vigna unguiculata*) em área de vegetação secundária, Bragança, Pará.** 92 f. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul- RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 471-480, 2008

_____; HOPPE, J. M.; WITSCHORECK, R.; SALVADEGO, M. Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto de diferentes idades. Santa Maria-RS: UFSM/CCR/DCF/FATEC, 2003. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v. 6., 2003.

SCHÖNAU, A. P. G. Seasonal changes in foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.32, p.683-685, 1983.

SILVA, R. M., ALMEIDA, S. S. Fine litterfall and the contribution of tree community to the biomass dynamic in a Amazonia rain forest. Caxiuanã, Pa. In: CONFERENCIA INTERNATIONAL PROJECT LBA, 2., 2002, Manaus. **Anais...** Manaus, 2002.

_____; _____. Dinamica de Queda e Decomposição de Litter em uma Floresta Densa de Terra Firme, ECFPn, Caxiuanã, Melgaço, Pará. In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA, 10., 2002, Belém. **Resumo...** Belém, 2002

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. ; MARTINS, P. F. S. Ciclagem de nutrientes através da littera em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Ciências Agrárias**, Belém, v.36, p. 19-27, 2001

TOLEDO, L. O.; PREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em floresta secundária, localizada na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v 12, n.2. p. 9-16, 2002.

VESTERDAL, L.; DALSGAARD, M.; FELBY, C.; RAULUNDRASMUSSEN, K.; JORGENSEN, B.B. Effects of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. **Forest ecology and management**, v.77, n.1/ 3, p.1-10, 1995.

VOGEL, H. L. M. **Quantificação da biomassa e nutrientes em uma floresta estacional decidual em Itaara-RS, Brasil**. 2005. 94f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Forest ecosystems concept and management**. Califórnia: Academic Press, 1985. 340 p.