



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**



SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO AMARELO
SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E FLORESTA SECUNDÁRIA EM
BRAGANÇA, PARÁ.**

**BELÉM
2011**



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



SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO AMARELO
SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E FLORESTA SECUNDÁRIA EM
BRAGANÇA, PARÁ.**

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 Doutora.

**Orientador: Prof. Dr. George Rodrigues da Silva.
Co-orientadora: Pesq. Dra. Manoela F. da Silva.
Pesq. Dra. Maria de L. P. Ruivo**

**BELÉM
2011**

Silva, Sandra Andréa Santos da

Atributos químicos e microbiológicos em Latossolo Amarelo sob sistemas agroflorestais e floresta secundária em Bragança, Pará. / Sandra Andréa Santos da Silva. Belém, 2011.

97f.; il.

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

1. Sistema de uso do solo 2. Propriedades químicas 3. Biomassa microbiana. 4. Solo tropical. I. Título.

CDD – XXX-XX



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



SANDRA ANDRÉA SANTOS DA SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO AMARELO
SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E FLORESTA SECUNDÁRIA EM
BRAGANÇA, PARÁ.**

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 Doutora.

Aprovado em 28 junho 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Rodrigues da Silva - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Pesq. Dr. Jorge Piccinni – 1^o Examinador
MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI - MPEG

Pesq. Dr. Welliton de Lima Sena – 2^o Examinador
INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ - IFPA

Prof. Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos – 3^o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Prof. Dr. Vânia da Silva Melo – 4^o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

DEDICATÓRIA

À **DEUS** pela vida,

Ao meu **FILHO** (João Augusto),

Aos meus **PAIS** (Sandra e Edilson),

Ao meu **IRMÃO** (Sidney),

Aos meus **AVÓS** (Nazaré e Abelardo)

Por toda a dedicação, carinho, respeito, compreensão e paciência à mim destinada, durante o período desde estudo para que eu pudesse realizar mais uma conquista em minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos de que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo, em especial:

- Primeiramente, à **DEUS**, pai de infinita bondade, agradeço por não ter deixado-me fracassar durante esta caminhada, conduzindo-me a mais esta vitória;
- À **Universidade Federal Rural da Amazônia**, pelo curso oferecido;
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia – **CNPq**, pela bolsa concedida;
- Ao projeto “**Estudo de Floresta Secundária para fins de Manejo e usos Diversificados no Nordeste Paraense (PA-Brasil)**” – pela concessão da área para execução do estudo.
- À FAPESPA, pelo financiamento do projeto – “**Avaliação de sistema de uso do solo por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental, microbiológicos e bioquímicos em sistemas florestais e agroflorestais**”, no qual a tese encontra-se inserida.
- Ao meu orientador **Prof. Dr. George Rodrigues da Silva** – pela dedicação, apoio, compreensão, paciência, amizade, companheirismo e orientação constante durante todas as etapas desta pesquisa;
- À co-orientação da **Pesquisadora Dra. Manoela Ferreira F. da Silva** – pela oportunidade do estudo inserido no projeto sob sua coordenação, confiança e amizade, em todos os momentos necessários;
- À **Pesquisadora Dra. Maria de Lourdes Ruivo** – pela dedicação nos auxílios constantes e orientação;
- À **Professora Dra. Maria Marly de L. Silva Santos** – pela confiança e amizade e pelos auxílios constantes durante a análise microbiológica;
- Ao **Professor Dr. Mário Lopes da Silva Júnior** – pela orientação durante todos os momentos os quais foi solicitado;
- Aos **Laboratoristas do Setor de Solos da UFRA, em especial: Iza Dias, Júlio Costa, Samoel Oliveira, Joana Almeida e Demócrito Júnior** – pelo apoio durante as análises químicas;
- À Equipe técnica da EMBRAPA, especialmente à **Dra. Sônia Botelho e Sr. Orivan** - pelo auxílio durante as análises de solos realizadas na Embrapa Amazônia Oriental;
- Aos **Laboratoristas de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, em especial ao Srs. Eder, Francisco, Antonio, Isaias e Anderson** – pelo apoio durante as análises químicas;
- À **Profª Dra. Vânia Melo** – pela contribuição do conhecimento e experiência durante as análises microbiológicas;

- Ao Químico **Max Sarrazin** – pela paciência e empréstimo de sua competência em auxílio às análises químicas efetuadas;
- Ao **Corpo Docente do Curso do Doutorado em Ciências Agrárias** - pela contribuição na ampliação dos meus conhecimentos profissionais;
- A ex-secretária do Curso de Doutorado, **Sra. Shirley Barros** – pela atenção e cordialidade dedicada no decorrer do curso;
- Aos Amigos do Doutorado – pelo apoio e companheirismo, em especial: **Sérgio Tabosa (in memoriam), Núbia Santos, Márcia Aviz, Edwana Monteiro, Manoel Sebastião Carvalho, Luiz Gonzaga da Silva Costa, Luís Freitas, Luis Augusto Souza, Antonio Moreira, Jessivaldo Galvão, Gustavo Huffeil, Ana Silva e Lívia Gabrig.**
- Aos amigos da Comunidade Benjamin Constant, **Sr. José Santiago, Sra. Maria do Carmo Brito, Sr. Isaque Brito**, pela hospitalidade e importante colaboração nas atividades de campo;
- Aos Bolsistas do CCTE/MPEG: **Carlos Alberto Júnior, Diego Nascimento, Quêzia Moura, Uibirá Silva e Rosana Nascimento**, pelo apoio durante as coletas e análises, o meu eterno agradecimento;
- Aos amigos de trabalho da Universidade Federal do Pará – UFPA, em especial: **Marlon Menezes, Iselino Jardim, Miquéias Calvi, Alisson Reis, Fábio Leão, Alessandra Doce, Jaime Barros, Gisele Pompeu, Elisana Santos; Luiz Carlos Santos; Rainério Silva; Juliete Miranda e Silvia Olimpio** – pelo apoio sempre dedicado nas horas determinantes para a finalização desta pesquisa.
- Aos amigos **Mônica Santos, Camila Nobre, Bernardo Maués, Amanda Ferreira** pelo companheirismo durante todos os momentos que estive em Altamira-PA.
- Em especial ao **Herculano Marçal** pela atenção e companheirismo sempre dedicado.
- À amiga **Ana Elvira**, pelas difíceis horas longe de casa e a constante ajuda com uma palavra amiga para a conclusão de mais uma etapa decisiva em minha vida.
- Aos meus familiares, avós e tios, **em especial aos meus pais (Sandra e Fonseca)** e ao meu irmão (**Sidney**) pela paciência, compreensão, incentivo, confiança e apoio durante todos os momentos decisivos para a conclusão desta pesquisa, pois sem sua ajuda, não conseguiria sozinha - o meu eterno agradecimento.
- Minha querida mãezinha, **Sandra**, sem sua ajuda seria impossível o término dessa jornada, o meu muito obrigada.
- Ao meu filho **João Augusto**, o meu maior incentivo, na fase conclusiva desta tese.

EPIGRAFE

“Pesquisar é dialogar, produzir conhecimento, método de comunicação. Quem não pesquisa, apenas reproduz, escuta ou assiste à comunicação dos outros”

Pedro Demo

BIOGRAFIA DA AUTORA

Sandra Andréa Santos da Silva, filha de Sandra Lizete Marques dos Santos e Heródoto Alves da Silva (in memorian), nasceu em Belém-PA, em 05 de Janeiro de 1981.

Em Março de 1999, iniciou o curso de Agronomia na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – FCAP, em Belém-PA, atualmente Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

Em Agosto de 1999 a Junho de 2000, foi orientada pela Engenheira Agrônoma MSc. Carla Calzavara, onde desenvolveu estágio em “Produção de Mudanças de Plantas Ornamentais”.

Em Junho de 2000 a Julho de 2003, foi bolsista Pibic/CNPq no Setor de Ciências de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia, realizando trabalhos relacionados à Microbiologia do Solo e Nutrição de Plantas, sob a orientação da Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos.

Em Novembro de 2003, concluiu a graduação em agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, em Belém-PA.

Em Março de 2004, iniciou o curso de Pós-graduação, em nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre, sob a orientação da Prof.^a Dra. Maria Marly de Lourdes Silva Santos e Co-orientação do Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior, concluindo em Março de 2006, pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, em Belém-PA.

Em Maio de 2006, iniciou como professora na Pós-graduação em nível Lato Sensu, para os cursos de especialização em: Metodologia do Ensino Superior e Educação Ambiental. Ministrou as disciplinas: Metodologia Científica; Ensino, Pesquisa e Extensão; e Educação e os Impactos Ambientais para os referidos cursos, pela EDUCA em parceria com: Faculdade Integrada Brasil Amazônia – FIBRA, de Belém-PA, e Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas - Facisa/Celer, de Xaxim-SC;

Em Agosto de 2006 a Fevereiro de 2007, desenvolveu pesquisa no Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG, como Bolsista DTI/CNPq, inserida no Projeto PPBio (Programa de Pesquisa da Biodiversidade), atuando no protocolo de Solos (Levantamento e Classificação de Solos), sob a orientação da Prof.^a Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, na Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, CCTE-MPEG.

Em Agosto de 2006, iniciou como professora horista no curso de Graduação em Agronomia, onde ministrou a disciplina Fundamentos da Ciência do Solo, pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, em Belém-PA.

Em Março de 2007, foi aprovada no curso de Pós-graduação, a nível de Doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração Agroecossistemas Amazônicos, atuando na linha de pesquisa em Sistemas Agropecuários e Agroflorestais, para obtenção do título de Doutora, pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, em Belém-PA.

Em Janeiro de 2008, foi aprovada no concurso público para professora substituta da disciplina Agricultura e Fitossanidade do curso de Graduação em Agronomia, pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Campus de Capitão-Poço, Pará.

Em maio de 2009 a julho de 2009, ministrou as disciplinas Ciclos e fontes de energias alternativas para o Instituto Tecnológico da Amazônia – ITAM, em Belém-PA. Assim como as disciplinas Matérias-Primas e Ciências Ambientais Aplicadas à Agroindústria, para o Curso Técnico de Agroindústria na Escola Agrotécnica Juscelino Kubitschek, em Marituba-PA.

Em junho de 2009, foi aprovada no concurso público para o cargo de professora efetiva da Disciplina com eixo temático Pedologia do curso de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal Pará – UFPA, para o Campus de Altamira, Pará. Atualmente, é docente da referida instituição, na qual ministra as disciplinas Metodologia Científica, Pedologia & Fertilidade e Nutrição de Plantas, para o curso de Engenharia Florestal e contribui com a disciplina Agropedologia II, para o curso de Engenharia Agrônômica.

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.1.1 Sistemas Agroflorestais	17
1.1.2 Culturas Empregadas nos Sistemas Agroflorestais	19
1.1.2.1 Açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart).....	19
1.1.2.2 Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>).....	20
1.1.2.3 Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber).....	21
1.1.2.4 Ingá (<i>Inga edulis</i> , Martius).....	21
1.1.3 Vegetação Secundária	21
1.1.4 Sistema Tradicional (corte e queima)	22
1.1.5 Atributos químicos do solo	23
1.1.5.1 Nitrogênio.....	23
1.1.5.2 Fósforo.....	24
1.1.5.3 Potássio.....	24
1.1.5.4 Cálcio.....	25
1.1.5.5 Magnésio.....	26
1.1.5.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)	26
1.1.5.7 Capacidade de Troca Catiônica (CTC).....	27
1.1.5.8 Matéria Orgânica.....	28
1.1.6 Atributos microbiológico do solo	30
1.1.6.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)	30
1.1.6.2 Atividade da Biomassa Microbiana (ABM)	32
2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E FLORESTA SECUNDÁRIA EM BRAGANÇA, PARÁ.	34
2.1 INTRODUÇÃO.....	34
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.2.1 Caracterização da área experimental	35
2.2.2 Características edafo-climáticas	36
2.2.3 Histórico da Área e Cobertura Vegetal	37
2.2.4 Tratamentos e delineamento experimental	38
2.2.5 Coleta das amostras de Solo	39
2.2.6 Análises dos atributos químicos e microbiológicos do Solo	43
2.2.7 Variáveis Analisadas	46
2.2.8 Análise Estatística	46
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
2.3.1. Nitrogênio (N)	47
2.3.2 Fósforo (P)	49
2.3.3 Potássio (K)	51
2.3.4 Cálcio	54
2.3.5 Magnésio	56
2.3.6 Acidez potencial (H + Al)	57
2.3.7 Alumínio trocável (Al)	58
2.3.8 pH em água	60
2.3.9 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	61

2.3.10	Matéria Orgânica (MO)	63
2.3.11	Carbono Orgânico (C)	65
2.3.12	Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)	68
2.3.13	Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)	71
2.3.14	Relação Carbono da Biomassa Microbiana:Carbono Orgânico (CBM:C)	74
2.3.15	Relação Nitrogênio da Biomassa Microbiana:N_{total} (NBM:N)	75
2.3.16	Respiração Basal (CO₂)	78
3	CONCLUSÃO	79
4	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO	96

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos e biológicos de um Latossolo Amarelo distrófico, sob arranjos de sistemas agroflorestais envolvendo açaí, cupuaçu, paricá e ingá, com queima e não queima no preparo da área, em três diferentes profundidades e em dois períodos de amostragens, comparando-os com as mesmas variáveis em condições de mesmo solo sob vegetação secundária, a fim de determinar se os SAF se apresentam como uma alternativa viável de recuperação de áreas exauridas pelo uso inadequado. Os estudos foram realizados na Comunidade de Benjamin Constant, no município de Bragança, PA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, sendo a área experimental constituída de 6804 m², dividida em duas subáreas de 3.402 m², sendo uma submetida a queima, denominada de sistema agroflorestal 1 (SAF1) e outra sem queima representada pelo sistema agroflorestal 2 (SAF2). Foram avaliados os atributos químicos: K, Ca, Mg e Al trocáveis, P disponível, acidez potencial (H + Al), pH em água e capacidade de troca catiônica (CTC), e biológicos: carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico (C), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), relação CBM:C e NBM:N e a respiração basal (CO₂). Amostras do solo foram coletadas em mini-trincheiras nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em cada sítio correspondente aos sistemas de uso, nos meses de fevereiro (época chuvosa) e outubro (época seca) de 2008. De modo geral, o maior teor de umidade do solo coletado na época chuvosa, influenciou positivamente proporcionando valores mais elevados para as variáveis estudadas, à exceção do Al trocável e do pH, em relação à época menos chuvosa. O Al trocável aumentou com a profundidade, quando o solo foi coletado na época menos chuvosa. O CBM e respiração basal foram eficientes em detectar alterações na matéria orgânica do solo. O sistema agroflorestal sem queima foi tão eficiente quanto a floresta secundária na ciclagem de nutrientes e aporte de matéria orgânica, sendo recomendado como uma alternativa de uso do solo em bases sustentáveis.

Palavras-chave: SAF com e sem queima; Propriedades químicas; Biomassa microbiana; Variação sazonal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical and biological attributes in different depths of a Yellow Latosol, established with agroforestry arrangements involving acai (*Euterpe oleraceae* Mart), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber) and inga (*Inga edulis* Martius), in areas under management using born and not born of vegetation, under influence of seasonal variation. Through this research, we intend to determine if the SAF are presented as an alternative of use of soil, in sustainable bases. The experiment was installed in the Community of Benjamin Constant, Bragança, PA. The experimental design was completely randomized design with split plots, and the experimental area consists of 6804 m², divided into two sub-areas of 3402 m², being a burning subject, called an agroforestry system (SAF1) and one without burning represented by agroforestry 2 (SAF2). Were evaluated the chemical and biological attributes [exchangeable K, Ca, Mg, Al, available P, potential acidity (H + Al), pH in water, cation exchange capacity (CEC), microbial biomass carbon (CBM), organic carbon in soil (C), microbial biomass nitrogen (NBM), total nitrogen (N), organic matter (OM), the rate Cmicrobial/Corganic (CBM:C), Nmicrobial/total N (MBN:N) and basal respiration (CO₂)]. Soil samples were collected in mini-trenches at the depths 0-5, 5-10 and 10-20 cm at each site corresponding to the systems in use, in February (rainy season) and October (dry season) 2008. During the rainy season (February), the values obtained for the studied variable, in general way, with except for exchangeable Al and pH in relation to the less rainy season. The exchangeable Al increased with depth when the soil was collected in the less rainy season. The MBC and basal respiration were efficient in detecting changes in field soil organisms. The agroforestry system without burning was as efficient as the secondary forest in nutrient cycling and input of organic matter and is recommended as an alternative land use on a sustainable basis .

Palavras-chave: Burn and non burn vegetation; System of land use; Chemical properties; Microbial biomass; Seasonal variation.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na floresta amazônica, o sistema tradicional de uso das terras é a agricultura itinerante. Esse sistema inicia-se pela derrubada e queima de toda a vegetação, após a remoção das árvores economicamente interessantes. Os troncos não totalmente consumidos pelo fogo são amontoados (coivara) e queimados novamente. O solo geralmente utilizado por um período curto, aproximadamente de dois anos com culturas de subsistência, como o milho e a mandioca. Após esse período, ele se torna improdutivo e é abandonado pelo agricultor, que busca novas áreas para cultivar. No local nasce uma vegetação secundária chamada capoeira. Após 30-40 anos de pousio essa vegetação dificilmente se distinguirá por sua fisionomia, da floresta primária (CERRI et al., 1985).

A derrubada dessas florestas provoca alterações nos ciclos biogeoquímicos levando à perda da biodiversidade, aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE), diminuição da quantidade e da qualidade da matéria orgânica do solo, do estoque de água, da disponibilidade de nutrientes e das reservas de carbono imobilizado no solo, nas plantas e nas árvores vivas (NEILL et al., 1997). A liberação do carbono da biomassa florestal, através do desmatamento nos trópicos, é a segunda mais importante fonte de emissão de gases de efeito estufa no mundo. O Brasil produz entre 4% e 5% das emissões globais de gases de efeito estufa, sendo dois terços desse número proveniente da queima de florestas (FAO, 2003).

O manejo de derruba e queima, em longo prazo promovem no solo alterações que os levam a degradação e, conseqüentemente, à impossibilidade de cultivos produtivos. Desta forma, o sistema agroflorestal (SAF), pode ser usado permanentemente, minimizando a necessidade de derruba e queima de novas áreas e aumentando as chances de fixação do homem no campo, sendo uma alternativa para aproveitamento de áreas já alteradas ou degradadas.

Além da agricultura itinerante, a agricultura intensiva praticada com a exploração de monocultivos tem contribuído para a degradação do meio ambiente, originando ecossistemas pouco estáveis, pelo manejo inadequado do recurso solo, o que afetará o aspecto sócio-econômico da população rural (LEITE; VIRGENS, 2002 citados por SENA; SILVA; SILVA Jr., 2007). Além disso, a agricultura intensiva envolve elevado uso de insumos externos, que promovem alterações importantes nos atributos do solo (MARCHÃO et al., 2009) e sobrepõem-se a processos biológicos do solo na definição da produtividade agrícola (ANDERSON, 2009).

O manejo dos sistemas agroflorestais, como uma alternativa, favorece uma melhor cobertura do solo, com aporte de restos das culturas. De acordo com Silva et al. (2007), a presença de cobertura vegetal no solo contribui para o aumento da disponibilidade de energia e promove a criação de novos habitats favoráveis aos microorganismos, o que pode beneficiar a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção (LIMA et al., 2010)

Na Amazônia, os solos predominantes são do tipo Latossolo e Argissolo, cobrindo aproximadamente 75% da região, sendo os Latossolos classificados como profundos, bastante intemperizados, apresentando baixa fertilidade natural, devido ao material de origem, ou seja, à rocha matriz sobre os quais foram originados (VIEIRA; SANTOS, 1987). A sustentabilidade dos ecossistemas naturais, por sua vez, depende principalmente da ciclagem de nutrientes contidos na matéria orgânica do solo, onde as perdas de nutrientes são mínimas. O processo fundamental de ciclagem é a decomposição da matéria orgânica realizada pelas bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas que compõem a biomassa microbiana do solo (BMS).

Silveira et al. (2010) ratifica que a adoção de sistemas conservacionistas, tem se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente dos Latossolos. O sucesso do sistema consiste no fato do acúmulo da matéria orgânica fornecido pelas culturas, o que proporciona um ambiente favorável à recuperação ou à manutenção da qualidade do solo (SILVA et al. 2000, MENEZES, 2002) e reduzindo a necessidade de utilização de fertilizantes.

A biomassa microbiana se apresenta como um indicador biológico, bastante sensível da qualidade do solo, auxiliando na avaliação e no estabelecimento de um novo equilíbrio biodinâmico do solo (DORAN; PARKIN, 1994; FEIGL; CERRI; BERNOUX, 1998), respondendo mais rapidamente do que a matéria orgânica (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

Entretanto, a determinação da biomassa microbiana (quantificando o C (CBM) e o N (NBM) dessa biomassa), possibilitando avaliar as mudanças iniciais no conteúdo de matéria orgânica do solo oriundas do manejo agrícola, não fornece indicações sobre os níveis da atividade das populações microbianas do solo, sendo importante, também, avaliar parâmetros que estimem a atividade microbiana. Assim, associando os resultados da BMS (CBM e NBM) a outras variáveis, como a respiração basal do solo (CO_2), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), teores de carbono orgânico (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}) e relação $\text{CBM}:\text{C}_{\text{org}}$, é possível avaliar a dinâmica, tanto da matéria orgânica como do C e do N do solo (CERRI et al., 1985; GAMA-RODRIGUEZ, 1997; FEIGL; CERRI; BERNOUX, 1998).

O uso intenso das terras exploradas com culturas perenes ressalta a necessidade de se manter uma exploração racional, a fim de preservar o potencial produtivo dos solos; assim, o conhecimento das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo é uma ferramenta fundamental para direcionar práticas que reduzam o depauperamento em níveis toleráveis (THEODORO, 1999).

- Hipótese

O Sistema Agroflorestal intensifica a adição de nutrientes ao solo, pelo maior aporte de fitomassa, e isso ocasionaria a manutenção da reserva de nutrientes e matéria orgânica do solo.

- Objetivo

Avaliar os atributos químicos e microbiológicos de um Latossolo Amarelo distrófico sob arranjos de sistemas agroflorestais envolvendo açaí, cupuaçu, paricá e ingá, com queima e não queima no preparo da área, em diferentes profundidades e em períodos de amostragem (seco e chuvoso) e compará-los entre si e com as mesmas variáveis em condições de mesmo solo sob vegetação secundária, a fim de determinar se os SAF apresentam-se como uma alternativa viável de recuperação de áreas exauridas pelo uso inadequado.

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são considerados alternativas de uso sustentável do solo e do ambiente, capazes de alavancar os níveis de produtividade das lavouras de pequenos agricultores, com conseqüentes melhorias na qualidade do solo (CARDOSO; SOUZA; MENDONÇA, 2005).

O uso de sistemas agroflorestais (SAF's) tem sido considerado como uma das formas mais adequada para o desenvolvimento sustentável da agricultura de pequeno porte na região amazônica, apresentando-se como uma alternativa de uso da terra, onde tenta-se proporcionar um rendimento sustentável ao longo do tempo, introduzindo espécies anuais nos primeiros anos, seguidas de frutíferas semi-perenes e perenes e, por fim as madeiráveis, as quais podem ainda, ser consorciadas com animais em uma mesma área. Tais ações visam proporcionar melhorias sócio-econômicas-ambientais para os produtores que trabalham com essa

tecnologia contribuindo, assim, para uma melhor adequação das atividades antrópicas nos ecossistemas.

Nesses sistemas, as peculiaridades e potencialidades, demonstram uma ampla possibilidade de aplicações, e transformam os mesmos em uma oportunidade e um campo promissor para pesquisa e experimentação (ALVIM, 1989; NAIR, 1993). No que se refere a abrangência e flexibilidade, os SAFs podem atender desde a agricultura de subsistência, até plantios em grande escala (BUDOWKI, 1986; ALVIM, 1989).

A inclusão de componentes arbóreos pode manter ou aumentar a produtividade de determinado local, devido a processos que aumentam a entrada ou reduzem perdas no solo, como matéria orgânica, nutrientes e água, além de melhorar as propriedades físicas e químicas e beneficiar processos microbiológicos do solo (YOUNG, 1994).

O cultivo, além de afetar a química e a estrutura do solo, diminui a atividade biológica devido à redução de macroagregados, que fornecem importantes microhabitats para a atividade microbiana (DICK, 1992).

Na prática, os SAF atendem a diversos objetivos, tais como: aumentar o teor de matéria orgânica no solo e proporcionar grande quantidade de biomassa protegendo o solo contra efeitos erosivos e elevação da temperatura (FERREIRA; KATO; COSTA, 2004); aumentar a diversificação da microbiota do solo, fixando mais nitrogênio atmosférico e possibilitando o seqüestro de mais carbono atmosférico (GAMA-RODRIGUES et al., 2004); promover o estabelecimento de ciclagem eficiente de nutrientes, com conseqüente diversificação e aumento da produção por unidade de área (LUIZÃO et al., 2000).

Os sistemas agroflorestais são considerados modelos de exploração de solos que mais se aproximam ecologicamente da floresta natural e, por isso, considerados como importante alternativa de uso sustentável do ecossistema tropical úmido (HUXLEY, 1983; CANTO; SILVA; NEVES, 1992; NAIR, 1993; BANDY; GARRATY; SANCHES, 1994; ALMEIDA et al., 1995; SENA GOMES et al., 2000).

Segundo Ots e Catie (1986), citados por Peneireiro (1999), os SAFs podem ser classificados de acordo com sua estrutura no espaço, seu desenho ao longo do tempo, a importância relativa e função dos diferentes componentes, com os objetivos de produção e com as características sociais e econômicas que prevalecem.

Para Peneireiro (1999) os tipos de sistemas agroflorestais mais utilizados são:

* **Sistemas Agroflorestais Seqüenciais** - Esses modelos compreendem formas de agricultura migratória com intervenção ou manejo de parcelas de cultivos e uma etapa de descanso. A agricultura migratória, também chamada de itinerante, ou ainda de corte e queima,

compreende sistemas de subsistência orientados para satisfazer as necessidades básicas de alimentos, combustíveis e habitação e, só ocasionalmente, chegam a constituir uma fonte de recursos através da venda de excedentes de alguns produtos. Esse sistema consiste no corte e queima da mata e cultivo da terra por poucos anos. Após um período de cultivo, segue-se uma fase de descanso e manutenção o que permite o restabelecimento da vegetação de forma espontânea e a recuperação da fertilidade dos solos por um período bem mais longo. A característica essencial deste uso transitório da terra é a rotação de parcelas.

* **Sistemas Agroflorestais Simultâneos** - Consistem na integração simultânea e contínua de culturas agrícolas anuais e/ou perenes, espécies florestais para produção de madeira, frutíferas, espécies de uso múltiplo, ou ainda pecuária.

* **Sistemas Agroflorestais de Cercas Vivas e Cortinas Quebra-Vento** - Consistem em fileiras de árvores que podem delimitar uma propriedade ou servir ainda de proteção (contra o vento, o fogo, o gado) para outros componentes ou outros sistemas. Podem ser considerados como sistemas complementares aos citados anteriormente. O uso de árvores para a construção de cercas, como mourões vivos, é uma técnica de ampla difusão no setor rural latino americano.

1.1.2 Culturas Empregadas nos Sistemas Agroflorestais.

1.1.2.1 Açáí (*Euterpe oleracea* Mart)

O cultivo de palmeiras na Amazônia, entre elas o açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart) apresenta grande perspectivas de estabelecimento, uma vez que são originária da região. Trata-se de uma palmeira de distribuição restrita na América do Sul, sendo encontrada em estado natural na região amazônica e nordestina do Brasil, encontrando-se em particular nos Estados do Pará, Amapá e Maranhão, ocorrendo também na Colômbia, Venezuela, Equador e Guianas, segundo Lorenzi et al. (1996).

O açazeiro é uma espécie nativa da Amazônia oriental, predominante ao longo dos igarapés, terrenos de baixada e áreas com umidade permanente. Possuindo farto perfilhamento desde 2 a 3 anos de idade possibilita, uma exploração sustentada de suas populações nativas para palmito. A exploração do palmito açazeiro no estuário amazônico teve início a partir dos anos 60 devido à escassez de palmito na Região Sudeste do País, gerada pela extração indiscriminada e predatória. Atualmente esta espécie é responsável por cerca de 90% da produção nacional (OLIVEIRA et al., 2000)

No Brasil, predomina no Estado do Pará, ocorrendo em zonas de estuário, várzea, igapó e terra firme, muitas vezes dominado a fitofisionomia da paisagem através de grandes e densos maciços açazais (CAVALCANTE, 1974). É uma planta que requer ambiente quente e úmido para o seu desenvolvimento e não tolera condições de secas prolongadas (NOGUEIRA et al., 2006)

O açaí, que juntamente com a mandioca, constitui-se como base de alimentação local, encontra-se como vegetação principal natural em grande parte do estuário amazônico, dando preferência a solos de várzeas, podendo, também, ser cultivado em solos de terra firme.

É uma cultura de múltiplos usos (NOGUEIRA et al., 1995) de importante valor alimentar e comercial e muito apreciada pela produção de palmitos e frutos. Dos frutos, obtêm-se o vinho-de-açaí (suco arroxeadado com alto teor calórico) de grande importância social, que é consumido em larga escala pela população paraense (CALZAVARA, 1987). Atualmente, a cultura vem conquistando e ganhando novos mercados no cenário brasileiro e mundial.

1.1.2.2 Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) reúne boas características no aspecto edáfico, pois contribui para a quantidade de biomassa, favorecendo o aumento do teor de matéria orgânica do solo, além de ser uma cultura que, naturalmente, requer consórcio com outras culturas, no intuito de lhe fornecerem sombra, quer seja como sombreamento temporário, quer seja como sombreamento definitivo, requisitos inerentes as características adotadas pelos sistemas agroflorestais.

O cultivo do cupuaçu permite ser utilizado em diferentes tamanho de áreas, podendo inclusive ser cultivados por pequenos agricultores que não disponibilizam de capital, mão-de-obra e áreas para grandes projetos agrícolas. Por ser uma espécie de boa adaptação à sombra, o cupuaçu propicia a formação de consórcios com outras plantas de porte florestal, permitindo bons resultados econômicos e ecológicos (FERREIRA; NOGUEIRA; DAMIÃO FILHO, 2006). A espécie encontra-se atualmente disseminada por toda Bacia Amazônica, sendo esporadicamente encontrada em outros países como a Colômbia, Venezuela, Equador e Costa Rica (VENTURIERI; ALVES; NOGUEIRA, 1985).

1.1.2.3 Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber)

O *Schizolobium amazonicum* Huber, vulgarmente conhecido como paricá, é uma das espécies de madeira da região Amazônica consideradas como de grande potencial para plantios em áreas degradadas, reflorestamento e em sistemas agroflorestais, segundo Costa et al. (1998). Para garantir o pleno sucesso da sua utilização em plantios comerciais, vêm sendo desenvolvidas pesquisas em diversas linhas com vistas a propiciar maior produtividade de sua madeira (CORDEIRO et al., 2002).

1.1.2.4 Ingá (*Inga edulis*, Martius)

O Ingá cipó (*Inga edulis* Martius) é uma leguminosa, nativa da América tropical amplamente cultivada pela população local por seu fruto comestível, produz uma boa lenha e sombra, atualmente está sendo bastante utilizada como componente agroflorestal (SALAZAR et al., 1993 citado por FALCÃO; CLEMENT, 2000). Salazar afirma que uma das principais funções do ingá como componente agroflorestal é sombrear cultivos econômicos como café, cacau, cupuaçu e outros, a biomassa pode ser aproveitada como forragem e adubo verde.

1.1.3 Vegetação Secundária

No Pará, a região Bragantina foi uma das primeiras a ser maciçamente colonizada, sendo sua paisagem constituída, atualmente, de uma imensa área de vegetação secundária, conhecida como capoeira. Segundo Melo (2004) a capoeira consiste na vegetação secundária em diferentes idades, as quais foram formadas após contínuos ciclos de corte-queima-cultivo-pousio e deram um aspecto de mosaico de manchas dessa vegetação. Isto é devido a vegetação original (Floresta Pluvial Equatorial) da região Bragantina ter sido totalmente removida durante o início do processo de colonização, acarretando no aparecimento de uma imensa área de vegetação secundária em diversos estágios de desenvolvimento (EGLER, 1961).

Observa-se que nesta região as tecnologias empregadas de cortes e queimas, são procedimentos básicos da agricultura tradicional, aumentando o surgimento das capoeiras. Geralmente, aproveitam-se várias funções e produtos que a capoeira pode oferecer como frutos, plantas medicinais, materiais para construção, forragem para animais e madeira de alto valor. Assim, estas vegetações apresentam diferentes potenciais para o manejo, que pode ser

uma alternativa para o estabelecimento de sistemas agroflorestais com fins sócio-econômicos ou a restauração ambiental da floresta.

1.1.4 Sistema Tradicional (corte e queima)

O grande desafio da agricultura moderna está na busca da sustentabilidade socioeconômica da exploração agrícola, ou de uma nova condição de equilíbrio do sistema de produção, o que envolve, dentre outros, o manejo adequado do solo (SOARES et al., 2005).

O sistema de agricultura utilizado no nordeste do estado do Pará sempre foi o itinerante, baseado no processo de derruba e queima da vegetação, responsável pela substituição quase que total da floresta primária, pela atual vegetação secundária de capoeira. Por ser uma tecnologia de baixo custo para a limpeza da área, o agricultor familiar muitas das vezes não detém alternativas tecnológicas que possam substituir a queima.

A atividade agrícola praticada nessa região é quase exclusivamente à exploração de culturas alimentares, destacando-se a mandioca, o milho e o feijão-caupi, como de maior expressão socioeconômica. Esse sistema é praticado com pouco ou nenhum uso de insumos agrícolas, principalmente calcário e fertilizantes, levando ao esgotamento dos nutrientes dos solos da região (CONTO et al., 1996). Desta forma, o solo da região encontra-se em elevado estágio de degradação, onde as culturas alcançam baixíssimas produtividades. 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), forçando seu abandono e a derruba de nova área para plantio, devido ao baixo rendimento que as culturas passam a apresentar.

Para agricultura, os principais efeitos negativos da queima da vegetação durante a fase de preparo da 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 sistemas de produção da agricultura familiar (EMBRAPA, 2001).

Diante desse cenário, os sistemas agroflorestais surgem como alternativas, pois se assemelham a sistemas naturais como os de florestas, visando substituir o atual modelo de corte e queima utilizado pelos agricultores por um modelo mais produtivo e menos impactante ao meio ambiente.

Os SAFs é uma tecnologia que dispensa o uso do fogo no preparo de área para o plantio e visa o cultivo contínuo da mesma área, com a combinação de espécies agrícolas e

florestais com ou sem a presença de animais consorciados, ao invés de um, como no sistema tradicional, mantendo a área com o solo coberto e protegido, 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 observados as exigências nutricionais e arranjos espaciais das culturas de modo a reduzir a competição entre as mesmas e alelopatias.

1.1.5 Atributos químicos do solo

1.1.5.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para que se complete o ciclo da vida, seja em ambientes aquáticos ou terrestres, uma vez que é indispensável para a maioria dos seres vivos, estando presente em diversas estruturas fisiológicas de animais e vegetais e, também, nas proteínas, aminoácidos, RNA e DNA, além de ser um dos nutrientes fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais (RHODEN, 2005).

A maior parte do nitrogênio do solo encontra-se em formas orgânicas que podem ser mineralizadas durante os cultivos por meio da hidrólise enzimática produzida pela atividade da microbiota do solo (CAMARGO, 1996; CAMARGO et al., 1997). A mineralização dos constituintes nitrogenados libera para a solução do solo íons inorgânicos do nitrogênio, principalmente NH_4^+ e NO_3^- . A quantificação da taxa de mineralização do nitrogênio serve para prever a disponibilidade potencial desse nutriente durante os cultivos e, com isso, implementar a recomendação da adubação nitrogenada (CAMARGO et al., 1997).

Na natureza o nitrogênio sofre uma série de transformações com o objetivo de promover e manter a disponibilidade deste elemento no solo, geralmente através de combinações químicas e reações de oxidação e redução, além da transformação biológica, gerando compostos amoniacais (NH_4^+), nítricos (NO_3^-) e orgânicos (R-NH_2) que serão utilizados na formação da biomassa vegetal (CASSINI, 2005).

1.1.5.2 Fósforo

O fósforo é um nutriente considerado de baixa mobilidade no solo, com isto plantas que apresentam maior sistema radicular apresentam vantagem na captura deste elemento (SANTOS et al., 1998). Sendo considerado também, o elemento que mais limita a produtividade das maiorias das culturas nos solos fortemente intemperizados (TIESSSEN; MOIR, 1993).

Embora o fósforo seja pouco exigido pela planta, é um dos nutrientes mais utilizados na adubação dos solos brasileiros. A falta deste nutriente é o que mais restringe a produção agrícola no Brasil. A maioria das análises de solo no Brasil registra menos de 10 mg kg^{-1} de solo, o que é considerado baixo. Em solos sob o cerrado, os teores encontrados são freqüentemente 1 mg kg^{-1} de solo, ou menos. Além da baixa disponibilidade deste elemento no solo, o fósforo tem outro agravante que é a grande interação com os elementos no solo (P-Fe, P-Al em solos ácidos e P-Ca em solos alcalinos), o que torna uma grande proporção do fósforo indisponível à planta.

Diferentes manejos do solo alteram a biodisponibilidade do P, tornando necessário o entendimento de sua dinâmica associada à produção e à decomposição de resíduos orgânicos (RHEINHEIMER et al., 1999).

1.1.5.3 Potássio

O potássio é um dos dez elementos mais abundantes na crosta terrestre, contudo somente na natureza ocorre sob a forma de compostos. Além dos típicos minerais de minério, formados por cloretos e sulfatos, o potássio encontra-se na composição de inúmeros outros; com teores acima de 10% de K_2O , em nove dezenas; entre 2% e 10% de K_2O , em mais duas centenas, em particular nos do grupo dos feldspatos alcalinos e das micas (NASCIMENTO; LAPIDO-LOUREIRO, 2004).

O potássio no solo é absorvido em grandes quantidades pelas plantas, sendo que apenas o nitrogênio é absorvido em quantidade superiores a ele. Em solos cultivados, é encontrado em quantidades de 7 a 15.000 kg/ha , mas desse total, só 1 a 2% (70 a 300 kg), encontra-se em forma trocável ou solúvel, isto é, em forma assimilável pelas plantas.

A disponibilidade de K às plantas depende muito de sua difusão no solo (ROSOLEM et al., 2003), uma vez que a quantidade que chega até as raízes por fluxo de massa é muito menor do que a taxa de absorção. A difusão de um íon no solo depende de alguns atributos

inerentes a cada solo, a exemplo do teor de água e do tamanho e da distribuição dos poros, assim como de atributos bastante variáveis, como a concentração iônica da solução do solo, o pH e o poder tampão de cada nutriente (DIEROLF et al., 1997 citados por NEVES, ERNANI; SIMONETE, 2009).

1.1.5.4 Cálcio

O cálcio é absorvido do meio (solução do solo) na forma divalente (Ca^{2+}), e a maior parte dos solos possuem quantidade adequadas deste elemento (maiores que as de K). O cálcio possui baixa mobilidade no solo e, na planta, sua exigência pelo nutriente varia grandemente nas diferentes espécies, e pode variar de 10 até 200 kg ha⁻¹.

A principal função do cálcio está diretamente relacionada com a composição estrutural de macromoléculas, com a capacidade de coordenação, que estabelece ligações intermoleculares estáveis mais reversíveis, na parede celular e na membrana plasmática. Por isto, os baixos níveis de Ca no floema e a baixa ou nula redistribuição do Ca na planta, fazem com que os sintomas de carência do elemento apareçam em órgãos e partes mais jovens como gemas (meristemas) e pontas de raízes (MALAVOLTA, 1980).

Estudos realizados por Wastowski et al. (2010) mostram que não há diferença entre os teores de cálcio nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Os autores relatam, ainda, que para os sistemas de manejo e uso do solo estudados houve uma significativa variação na camada superficial de 0-10 cm, com maiores teores de cálcio nos tratamentos de mata nativa e sistema de plantio direto, respectivamente; pode-se, assim, presumir que são sistemas que, provavelmente, apresentam maiores teores de matéria orgânica, devido ao acúmulo desta na superfície do solo, oriundo principalmente das árvores no sistema de mata nativa, e dos restos culturais (palhada) no sistema de plantio direto, acarretando maior retenção do Ca^{2+} trocável nas superfícies negativas das argilas e da matéria orgânica (SOUZA; SOUZA, 1981). Expõe ainda que o sistema agroflorestal proporcionou menor teor de cálcio, podendo isto ser explicado pela considerável extração do nutriente existente neste sistema, pela exigência das espécies de rápido crescimento (WASTOWSKI et al., 2010).

1.1.5.5 Magnésio

Conforme Vitti et al. (2006), a absorção do magnésio da solução do solo é feita na forma de Mg^{2+} e a sua função na planta está relacionada com a sua capacidade para interagir com ligantes nucleofílicos, através de ligações iônicas, e atuar como um elemento de ligação e ou formar complexos de diferente estabilidade; está envolvido na regulação do pH celular, faz parte da molécula de clorofila (cerca de 10% do magnésio total) e na ativação de enzimas (mais do que qualquer outro elemento).

1.1.5.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH, é definido como a acidez ou alcalinidade relativa de uma solução, variando na amplitude de 0 a 14, sendo o valor 7,0 definido como neutro, valores abaixo são classificados como ácidos e os acima de 7,0 são alcalinos. Os solos variam de pH 3,0 à 9,0. O alumínio pode agir como elemento acidificante e ativa o H^+ . Os íons básicos Ca^{+2} e Mg^{+2} tornam o solo menos ácidos, ou quando em excesso, mais alcalinos. Para a grande maioria das plantas a faixa de pH de 6,0 à 6,5 é a ideal, porque ocorre um ponto de equilíbrio no qual a maioria dos nutrientes permanece disponível às raízes (MALAVOLTA, 1981).

A acidez ativa é desenvolvida pela concentração dos íons H^+ na solução do solo, com isto, o pH constitui-se em um importante regulador da fertilidade do solo, por manter uma estreita relação com a disponibilidade de cátions e influência nos diferentes processos e atividades no solo, tais como, adsorção, precipitação, solubilidade, formação de agregados, infiltração de água, atividade microbiana, entre outros (PAVAN; MIYAZAWA, 1996).

O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica. Em valor de pH próximo a neutralidade, a maioria dos microorganismos do solo trabalham mais eficientemente. As alterações do pH podem influenciar o acúmulo de carbono no solo, pelos microorganismos, ou de maneira direta, afetando os processo microbianos, ou indiretamente, através da disponibilidade de nutrientes (MELLO et al., 1985).

O ácido carbônico, produto derivado da respiração dos decompositores microbianos e raízes de plantas superiores (JOHNSON et al., 1991), eleva o potencial de lixiviação das florestas tropicais (JORDAN, 1985), e segundo este autor a dissociação do ácido carbônico em H^+ e HCO_3^- causa substituição de cátions e ânions como H^+ e OH^+ , sem nenhum valor nutricional para as plantas. Dessa maneira, os nutrientes são removidos facilmente dos horizontes superficiais pela água de drenagem.

As características de interface que melhor explicam a reatividade do solo são, a superfície específica e as cargas elétricas dos colóides, que compreendem principalmente os minerais de argila, matéria orgânica e os minerais de ferro e alumínio (BOHN et. al, 1979).

Para Malavolta (1993), a origem da acidez dos solos pode ser explicada por quatro processos mais importantes: (a) lixiviação de bases ao longo dos anos (Ca, Mg e, em menor grau, K), que são substituídas por íons H^+ e, principalmente, íons Al^{+3} , os quais, em parte, passam para a solução do solo; (b) processos de troca de cátions da solução do solo (K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , principalmente), durante a absorção radicular, por íons H^+ ; (c) adubos nitrogenados não nítricos, ao serem nitrificados no solo, geram H^+ ; e (d) utilização do cloreto de potássio durante a adubação aumenta os teores de Al e Mn, componentes da acidez do solo.

1.1.5.7 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A capacidade de troca catiônica (CTC) é afetada pela condição de acidez, a qual é responsável pelo equilíbrio de íons na interface sólido-líquido. A magnitude da CTC de um solo resulta da natureza dos colóides minerais e orgânicos e do pH do solo. A fração argila dos Latossolos e Argissolos, predominantes na região Amazônica, é usualmente determinada por gibsitita, caulinita e óxidos de ferro e alumínio. Esses elementos têm baixa quantidade de cargas negativas e, portanto, a maioria da CTC (85% - 95%) desses solos é dependente do pH, oriunda da matéria orgânica. Portanto, a matéria orgânica é um fator essencial para a conservação das propriedades físico-químicas do solo e para a produção de plantas tropicais (SILVA; SOUZA, 2005 citados por SENA, 2006).

A soma de bases (SB) é dada pelos teores de Ca, Mg e K (e eventualmente o Na, se esse elemento for determinado), sendo calculada pela expressão: **SB = Ca + Mg + K + (Na)**. A porcentagem dessas bases dentro da CTC (V%) é um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo. As porcentagens de saturação por base (V%) e por alumínio (m%) na CTC, são utilizadas como complemento na nomenclatura dos solos, que de acordo com esses parâmetros podem ser divididos em três grupos: Eutróficos $\rightarrow V\% > 50\%$; Distróficos $\rightarrow V \leq 50\%$; e Álicos, com Al trocável $\geq 0,3 \text{ cmol/cm}^3$ e $m\% \geq 50\%$ (TOMÉ JR., 1997)

A capacidade de troca de cátions (CTC) é utilizada tanto para a caracterização pedológica como para a avaliação da fertilidade do solo. Os métodos adotados para a obtenção do valor da CTC envolvem preparação de diversas soluções, lixiviações, titulações e outras operações que tornam a sua determinação relativamente lenta. A CTC pode ser

determinada direta ou indiretamente. O processo direto baseia-se na saturação do complexo de troca com um cátion, seguida por sua extração e determinação. Indiretamente, pode-se determinar a CTC pela soma de bases trocáveis, extraídas com um extrator apropriado, com a acidez titulável, extraída por soluções tamponadas.

Pode-se, então, considerar a CTC de um solo como a soma de bases trocáveis e da acidez titulável. Em nossas condições, os valores de soma de bases obtidos por diferentes extratores, são semelhantes. Deduz-se que o valor da CTC será afetado, principalmente, pelo valor da acidez titulável, que é função do extrator utilizado e do pH de extração. Assim sendo, com os valores da CTC obtidos com os métodos do acetato de cálcio a pH 7,0, acetato de amônio a pH 7,0 e cloreto de bário tamponado pela trietanolamina pH 8,2 e os estimados pelo tampão SMP, mais a soma de bases, deve ser possível obter equações que relacionem essas variáveis (CAMARGO et al., 1982).

1.1.5.8 Matéria Orgânica

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta influência reconhecida no comportamento dos solos, nos aspectos físicos, químicos e biológicos. Seus teores e características, resultados da taxa de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, são dependentes de uma série de fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, muitos deles condicionados pelo uso e manejo do solo (NASCIMENTO et al., 2010).

O teor de MOS, expresso pelo C orgânico total (COT) e as suas características, como os teores de seus diferentes compartimentos, são considerados indicadores úteis na avaliação da qualidade do solo (CHAIN; DALAL, 2001).

No solo, o efeito mais expressivo ocorre sobre a matéria orgânica (MO). O efeito pode ser direto, pela queima em si da MO, ou indireto atuando sobre os organismos responsáveis pelo seu ciclo. Estes dois processos são regulados pela intensidade e temperatura que o fogo alcançará na superfície do solo. Estas características do fogo variam com o tipo de vegetação, textura e umidade do solo, conteúdo de matéria orgânica, topografia, tempo da última queima e área queimada.

O grau do distúrbio na MO determinará uma série de transformações qualitativas e quantitativas na sua natureza e composição, que segundo Almendros et al. (1984), são atribuídas a três processos principais: a) destruição por mineralização e carbonização de parte dos constituintes orgânicos; b) alteração em sua natureza química das distintas frações

húmicas e c) o aporte de diversas formas de carbono orgânico ao solo. Portanto, a forma inerte do carbono (C) queimado (carvão) permanecerá no solo livre da ação da atividade microbiana, ou seja, não será efetivamente utilizada como fonte de energia e, conseqüentemente, formação de matéria orgânica (ALBRECHT et al., 1995).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008); por isso, tem sido crescente o interesse nos aspectos relacionados ao funcionamento biológico do solo sob sistemas naturais e agrícolas (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003). Como a atividade da microbiota do solo é responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e a sua atividade tem sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (TRAMINN; SIQUEIRA; MOREIRA, 2007).

Várias são as ênfases e as formas de quantificar o efeito de sistemas de manejo sobre os fluxos de C no sistema solo-planta-atmosfera citadas na literatura (PAUSTIAN et al., 1997; JANZEN et al., 1998). O balanço de C no solo é dependente da relação entre as adições de C fotossintetizado pelas plantas (parte aérea e raízes) e as perdas de C para a atmosfera resultantes da oxidação microbiana do C orgânico a CO₂. A magnitude desses processos pode ser avaliada em experimentos de longa duração, pela quantificação dos estoques de C orgânico no solo, em comparação ao estoque inicial de C-solo (COSTA et al., 2006).

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta em sua constituição resíduos de plantas, animais e microrganismos em diversos estádios de decomposição, em íntima associação com os minerais do solo. O estoque de MOS depende da intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e da decomposição destes compostos orgânicos, sendo vários os fatores biológicos, químicos e físicos que conferem às frações orgânicas proteção ao ataque de microrganismos (MALAVOLTA, 1981).

A cobertura vegetal, além de favorecer a atividade da biota do solo, é responsável, também, pelo aporte de matéria orgânica do solo, e esta por sua vez ao ser mineralizada disponibiliza nutrientes para as plantas (RUIVO, 1998). Com isto a serrapilheira constitui um mecanismo de retorno do carbono ao solo, que é função de fatores que vão desde a composição do material que compõe aquela camada orgânica, até as condições climáticas do ambiente.

A estabilização da matéria orgânica pela interação com minerais do solo é considerada a mais importante em solos tropicais, do que em temperados, devido às condições climáticas prevalentes na primeira região favorecerem a rápida decomposição dos componentes orgânicos. As barreiras físicas à decomposição resultam da oclusão de compostos orgânicos pelos minerais de argila e pela exclusão de organismos decompositores de determinados poros do solo. As frações orgânicas lábeis (polissacarídeos e proteínas), mais sujeitas à rápida decomposição, são protegidas no interior dos agregados, o que resulta em maior perenização dessas substâncias no solo.

Em solos sob vegetação natural, a preservação da matéria orgânica tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo mais elevado o aporte de carbono nas florestas mais elevado do que em áreas cultivadas. Em áreas cultivadas, os teores de matéria orgânica, em via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo (BALESDENT; BALABANE, 1992).

Durante o processo de ciclagem de nutrientes no solo, tem-se a decomposição da matéria orgânica através dos microorganismos, como a fase mais relevante deste processo, no qual a biomassa microbiana do solo (BMS) é a principal decompositora da matéria orgânica, sendo de fundamental importância a sua quantificação para os estudos da dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica.

1.1.6 Atributos microbiológico do solo

1.1.6.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)

A biomassa microbiana é um compartimento da matéria orgânica do solo diretamente influenciado por fatores bióticos e abióticos, sendo, portanto, sensível às mudanças ocorridas no sistema. Parton et al. (1989), em estudos sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo, consideraram três frações principais, com diferentes tempos de ciclagem: a ativa (0 a 14 anos), a lenta (cinco anos) e a passiva (150 anos). Em razão dessas diferenças temporais, a variação no teor de matéria orgânica do solo, baseada apenas no teor de C orgânico do solo, decorrente de mudanças do uso da terra e de técnicas de manejo, pode não ser detectável, enquanto a resposta da fração ativa, que contém a biomassa microbiana e seus metabólitos, ocorre muito mais rapidamente (GAMA-RODRIGUES et al., 2005). Então o CBM, a

respiração do solo e o quociente metabólico (qCO_2) podem ser empregados como indicadores para avaliar mudanças no ambiente e no monitoramento da mudança do uso da terra.

Vale ressaltar que a biomassa microbiana do solo é considerada uma potencial fonte de carbono, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes para os vegetais, logo pode ser utilizada como um importante indicador ecológico da qualidade do solo (POWSON; BROOKES; CHRISTENSEN, 1987; GAMA-RODRIGUES et al., 1994; FAUCI; DICK, 1994).

Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008) relatam que as estimativas da biomassa microbiana tem sido utilizadas em estudos do fluxo de carbono e nitrogênio, ciclagem de nutrientes e produtividades das plantas em diferentes ecossistemas terrestres, possibilitando ainda a associação da quantidade de nutrientes imobilizados e a atividade da biomassa microbiana, com a fertilidade e o potencial de produtividade do solo.

A quantidade e composição da biomassa microbiana podem ser influenciadas por diversos fatores, entre os quais o sistema de cultivo, a rotação de culturas e a textura do solo (ROSS, 1997). A influência das plantas sobre a biomassa microbiana pode ser direta, como no caso do efeito seletivo da rizosfera (NEAL et al., 1973 citado por SILVA et al., 2010), ou indireta, por meio das fontes de C provenientes dos resíduos culturais, que podem ser mais ou menos biodisponível à decomposição enzimática pelos microorganismos (RAHN; LILLYWHITE, 2001). Por outro lado, muitas vezes o crescimento microbiano pode ser limitado pela escassez de nutrientes encontrados no solo, mas a adição de fontes de C ou N pode aumentar a biomassa e com isso, imobilizá-los na sua constituição celular (GRAHAM; HAYNES; MEYER, 2002).

Estudo feito por Gama-Rodrigues et al. (2005) relata que o carbono relacionou-se linearmente com o NBM, indicando que o C e N estão sendo quantificados no mesmo compartimento do solo: o aumento na quantidade de C e N, indispensáveis ao metabolismo microbiano, favoreceu aos processos de imobilização (C e N) e mineralização (N). Para o autor, de acordo com estes resultados, a biomassa microbiana funcionaria como compartimento de reserva para a mineralização de N e a inter-relação do estoque de C e N com a biomassa microbiana seria refletida na disponibilidade de N.

1.1.6.2 Atividade da Biomassa Microbiana (ABM)

A respiração do solo é a oxidação biológica da matéria orgânica a CO_2 pelos microrganismos aeróbios. Ocupa uma posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres. A avaliação da respiração do solo é a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF, 1995).

A respiração microbiana representa a soma total da atividade metabólica do solo e os processos biológicos responsáveis por esse fenômeno são: a respiração microbiana, a respiração da fauna do solo e a respiração das raízes do solo (SANTRUCKOVA, 1992). Da totalidade de carbono fixado pelas plantas, a emissão de CO_2 do solo é o principal fluxo de carbono de volta para a atmosfera, por isso as modificações na magnitude desse fluxo, provocadas pelo uso da terra, podem acarretar grandes alterações nas concentrações de CO_2 atmosférico (SCHLESINGER; ANDREWS, 2000).

A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e representa menos que 10 % da matéria orgânica. Este componente biológico consiste, principalmente, de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo. Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (KENNEDY; DORAN, 2002).

Em solos tropicais, as perdas de carbono observadas após a retirada da vegetação natural e cultivo do solo, são mais elevadas do que em regiões temperadas. Em geral, a decomposição da matéria orgânica é bastante acelerada nestes solos, havendo situações em que os estoques de carbono são reduzidos em mais de 50%, em menos de 10 anos de cultivo. A atividade basal e a emissão de C-CO_2 decorrente da ação decompositora dos microrganismos heterotróficos são dependentes das condições de solo, principalmente, do conteúdo de MOS e da disponibilidade de resíduos vegetais, os quais se constituem nas principais fontes de C à microbiota e têm influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (COSTA et al., 2003; CIOTTA et al., 2004).

Nesse contexto, a emissão basal de C-CO_2 será diferente em sistemas de manejo que apresentem distintas adições de resíduos vegetais e estoques de C-solo, determinando que o uso isolado das emissões de C-CO_2 não seja indicador adequado do potencial de sistemas de manejo na conservação de C no solo, devendo-se considerar para isso, as emissões de C-CO_2

por unidade de C orgânico na MOS e em resíduos vegetais. Dessa forma, sistemas de manejo com menor emissão de C-CO₂ por unidade de C na MOS e em resíduos vegetais, apresentam maior potencial de conservação de C no solo, em comparação com sistemas de maior emissão de C-CO₂ por unidade de C potencialmente disponível para oxidação microbiana.

A medida da respiração do solo é bastante variável e dependente, principalmente, da disponibilidade do substrato, umidade e temperatura. Os microrganismos respondem rapidamente a mudanças nas condições do solo após longos períodos de baixa atividade. Por exemplo, após poucos minutos em seguida ao reumedecimento do solo ocorre aumento na respiração e mineralização do C e do N da matéria orgânica do solo. Existe grande variabilidade nas medidas da respiração e desta forma, torna difícil a interpretação dos resultados quando somente é utilizado este indicador (BROOKES, 1995).

Uma vez que a respiração microbiana é influenciada pela temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes do solo, o pré-tratamento e a padronização das amostras devem ser realizados antes da avaliação da respiração. A respiração microbiana diminui com a profundidade do solo e correlaciona-se significativamente com o conteúdo de matéria orgânica e os outros indicadores biológicos. Existe variação na respiração microbiana nos diferentes sistemas de manejo do solo, sendo este indicador altamente sensível aos efeitos de pesticidas e metais pesados (ARAÚJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003; ARAÚJO; MONTEIRO, 2006).

As avaliações da respiração microbiana em laboratório têm a vantagem de eliminar organismos da mesofauna e partes da planta que poderiam mascarar as avaliações (KELTING et al., 1998).

O gás carbônico que evolui do solo possui duas origens distintas: a respiração pelas raízes e pelos microrganismos da rizosfera, e a respiração associada à decomposição da matéria orgânica do solo, promovida por microrganismos decompositores e pela fauna edáfica (HORWATH et al., 1994).

Os microrganismos do solo são os principais componentes do sistema de decomposição da matéria orgânica, sendo os principais contribuintes para a respiração basal do solo, atuando como reguladores do ciclo de nutrientes e, conseqüentemente, da produção primária e do fluxo de energia (JENKINSON; LADD, 1981).

2. ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM LATOSSOLO AMARELO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS E FLORESTA SECUNDÁRIA EM BRAGANÇA, PARÁ.

2.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são uma combinação integrada de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e/ou animais na mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial, que buscam a otimização da agregação de valores socioeconômico-culturais e ambientais, apresentando-se como uma alternativa viável ao modelo de agricultura tradicional de corte e queima utilizado na Amazônia. Embora esses sistemas tenham merecido destaque como modalidade sustentável de uso e manejo dos recursos naturais, com várias vantagens em relação aos monocultivos (MACDICKEN; VERGARA, 1990), poucos são os trabalhos que as comprovam, especialmente no campo.

O estudo dos SAFs produtivos torna-se de suma importância pela inclusão de uma nova variável a ser entendida, ou seja, a interação/relação que ocorre entre os cultivos agrícolas e as árvores presentes nos sistemas agroflorestais. Questões como a erosão e perdas de solo, o comprometimento da produtividade esperada, a competição entre as espécies consorciadas e suas relações abrem um campo atraente na pesquisa, envolvendo a agricultura e a silvicultura conjuntamente (SALGADO, 2004).

A utilização do recurso solo na agricultura, após retirada da vegetação natural tem, freqüentemente, mostrado alterações nas suas propriedades químicas e biológicas, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. A interação destas condições estabelece uma nova condição de equilíbrio no sistema solo.

Os sistemas conservacionistas, como os sistemas agroflorestais (SAFs), em virtude da semelhança com sistemas naturais (BARROS et al., 2008), podem representar a combinação ideal para a atuação da microbiologia do solo, pela oferta de refúgio e a alta disponibilidade de matéria orgânica, sem que haja grandes perturbações advindas de manejo intensivo (LUIZÃO; SCHUBART, 1987), podendo até mesmo favorecer o restabelecimento da biologia do solo e dos diversos benefícios decorrentes da atividade desses organismos ao sistema.

O uso do SAF pode diminuir a demanda de fertilizantes em razão da potencialização do processo de ciclagem de nutrientes e da entrada de matéria orgânica no sistema,

melhorando as propriedades químicas e biológicas do solo, permitindo a preservação da biodiversidade. Esse sistema pode fornecer, anualmente, cerca de 6,43 t há⁻¹ de liteira (TEIXEIRA; OLIVEIRA; MARTINS, 2001), que se constitui no principal reservatório de matéria orgânica do solo conciliando, assim, a produção de alimentos, a manutenção da capacidade produtiva do solo e a conservação dos recursos naturais (MAFRA et al., 1998). Ferreira, Kato e Costa (2004) ratificam que os SAF têm como objetivo aumentar o teor de matéria orgânica e adicionar grande quantidade de biomassa, protegendo o solo contra efeitos erosivos e elevação da temperatura.

A região do Nordeste Paraense se caracteriza por ser submetida à grandes intervenções antrópicas, e o sistema tradicional de uso da terra praticado causa alterações ambientais que reduzem a biomassa e a atividade microbiana, proporcionando a perda da qualidade do solo. Por isto, tornam-se indispensáveis resultados de pesquisas voltadas para a dinâmica dos atributos do solo, que permitam indicar ao agricultor familiar a escolha de um manejo com intervenções racionais, de modo a promover o aumento da fertilidade do solo, possibilitando o incremento da produção agrícola, com base na sustentabilidade econômica e ambiental.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

As áreas de estudos estão localizadas na Comunidade de Benjamin Constant (Figura 1), distante 25 km da sede do município de Bragança – PA (01°11'22"S e 46°40'41"W) fundada em 1824 para abrigar imigrantes espanhóis.

O município de Bragança situa-se na Meso-região do nordeste paraense, com a sede do município localizada geograficamente nas coordenadas 01°03'15" de Latitude Sul e 46°46'10" de Longitude Oeste de Greenwich (IDESP, 1998).

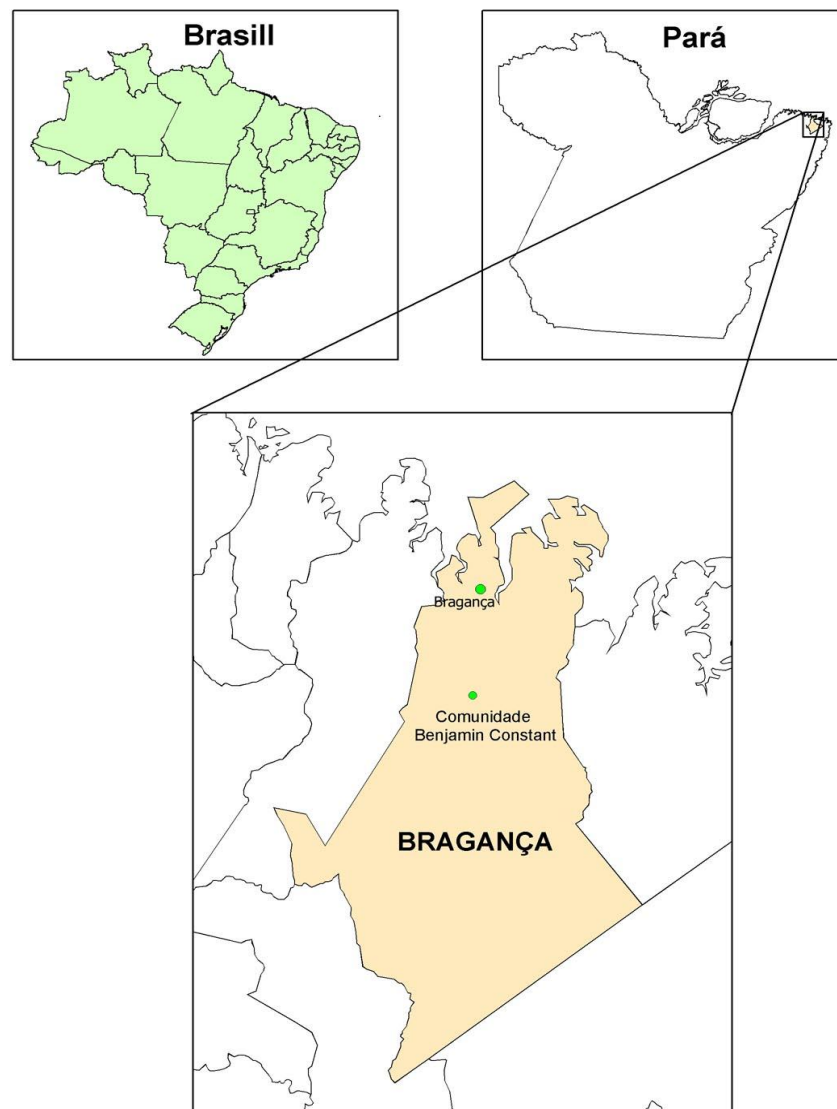


Figura 1: Croqui da Comunidade de Benjamin Constant, município de Bragança – PA (Fonte: UAS, Museu Paraense Emílio Goeldi, Janeiro, 2006).

2.2.2 Características edafo-climáticas

As características climáticas do Município de Bragança, em geral, correspondem às da região Bragantina, do tipo Ami – Clima tropical chuvoso, com pequeno período seco, de acordo com a classificação de Köppen (BASTOS; PACHECO, 1999), apresentando temperatura média anual de 25-26°C (variando entre 18 e 33°C), umidade relativa do ar de 80 a 91% e pluviosidade anual de 2200 a 3000 mm (IBGE, 1983).

O ano de 2008 foi caracterizado pelo período de maior intensidade pluviométrica no mês de março e de menor índice no mês de novembro na região, conforme ilustra a Figura 2.

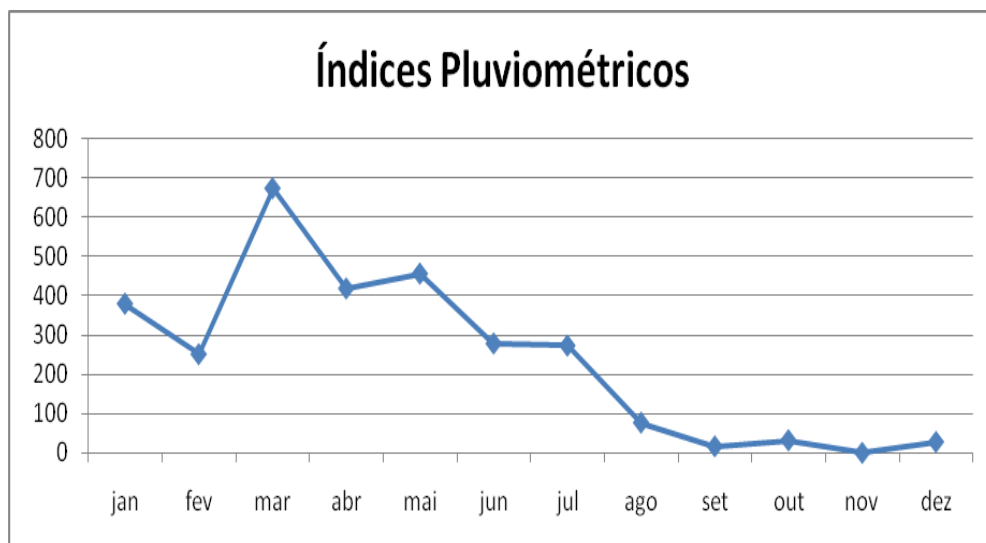


Figura 2: Índices pluviométricos do ano de 2008.

(Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2º distrito, Estação de Tracuateua, 2008).

O solo das áreas estudadas é típico das regiões tropicais, caracterizado como profundo e de evolução avançada, bastante intemperizado, com concentrações relativas de argilo-minerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, sendo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico – LAD, textura arenosa (EMBRAPA, 1999).

2.2.3 Histórico da Área e Cobertura Vegetal

O histórico da área remete à atividades agrícolas de subsistência com as culturas de milho (*Zea mays*), feijão-caupi (*Vigna umguiculata*) e ênfase à mandioca (*Manihot esculenta*), que obedeciam a ciclos de corte-queima-cultivo-pousio, de aproximadamente 30 anos. Durante o período de cultivo, não houve adubação. Vale ressaltar, que a cultura da mandioca ainda é até hoje, uma das principais fontes de renda para os produtores dessa região.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) foram instalados em fevereiro de 2006 em área de agricultores familiares da comunidade Benjamin Constant, em Bragança-PA, compostos pelas culturas de Paricá (*Schizolobium Paraíba*, var. *amazonicus*), Ingá (*Inga edulis*), Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e Açaí (*Euterpe oleracea*). A escolha das culturas foi feita de acordo com os interesses do agricultor e, posteriormente, analisou-se os espaçamentos entre as mesmas obedecendo às recomendações técnicas para cada uma das espécies.

2.2.4 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, sendo a área experimental constituída de 6804 m², dividida em duas subáreas de 3.402 m², sendo uma submetida a queima, denominada de sistema agroflorestal 1 (SAF1) e outra sem queima representada pelo sistema agroflorestal 2 (SAF2). O preparo das áreas (queima e roçagem) e a instalação do experimento foram realizados no ano de 2006, os SAFs foram constituídos por paricá, açaí, ingá e cupuaçu instalados separados entre si por uma faixa de vegetação de capoeira de 10 m de largura. Cada subárea foi subdividida em 42 parcelas de 81 m² (9m x 9m). Os sistemas agroflorestais são compostos pelas mesmas espécies e arranjo espacial, obedecendo ao espaçamento das culturas de 3 x 3m (Figura 3).

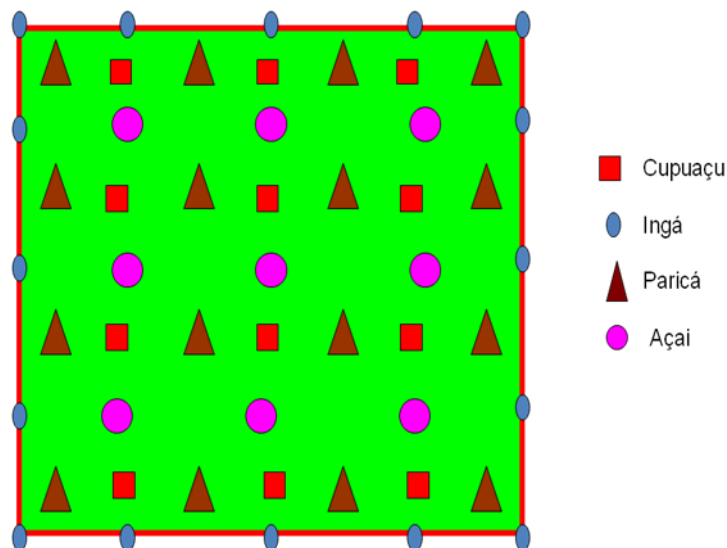


Figura 3. Arranjo espacial das espécies constituintes dos sistemas agroflorestais.

Cada tratamento foi composto de quatro parcelas, onde foram realizadas as coletas de amostra de solo em três repetições; as áreas demarcadas estão representadas no croqui constante da Figura 4, identificadas com a coloração azul. Na área de vegetação secundária (40 anos), foram delimitadas quatro áreas de 27 x 27 m cada, representando 4 repetições do tratamento testemunha.

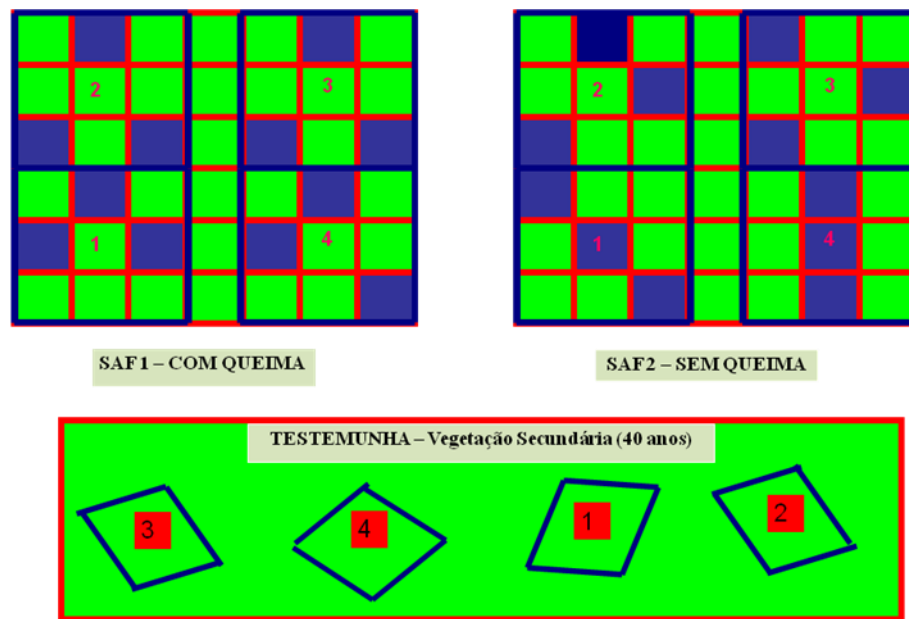


Figura 4. Croqui representativo dos pontos de coletas nos tratamentos.

2.2.5 Coleta das amostras de Solo

As amostras de solo foram coletadas em três profundidades: 0-5; 5-10, 10-20cm, através de aberturas de mini-trincheiras (Figura 5), acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, e mantidas em isopor com gelo. Posteriormente, foram protocoladas e enviadas aos laboratórios de: Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, de Solos da EMBRAPA/CPATU e da Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia – CCTE do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG, para a realização das análises químicas e microbiológicas do solo.



Figura 5. Coleta de solos nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm (A), realizadas através de aberturas de trincheiras.

As coletas foram realizadas em duas épocas diferentes, em função da maior ou menor intensidade de chuvas. A 1ª coleta foi realizada em fevereiro de 2008, durante período chuvoso, enquanto a 2ª coleta ocorreu em outubro de 2008, no período seco. Em 2008, os SAFs apresentavam dois anos de idade. A pesquisa foi composta por três áreas diferentes, denominadas de Tratamento 1 (T1) – denominada de Testemunha, formada por uma floresta de vegetação secundária com aproximadamente 40 anos (Figura 6), Tratamento 2 (T2) – Sistema Agroflorestal – SAF1 (Figura 7) e o Tratamento 3 (T3) – Sistema Agroflorestal – SAF 2 (Figura 8), sendo T2 e T3 constituídos com o mesmo sistemas agroflorestais, composto pelas espécies: paricá, açai, ingá e cupuaçu, apenas diferenciando o manejo, sendo o SAF 1 submetido a manejo com queima e o SAF 2 sem queima, neste o material vegetal foi roçado, permanecendo a sua biomassa no solo.



Figura 6. Testemunha (A) – área de floresta de vegetação secundária (com aproximadamente 40 anos).

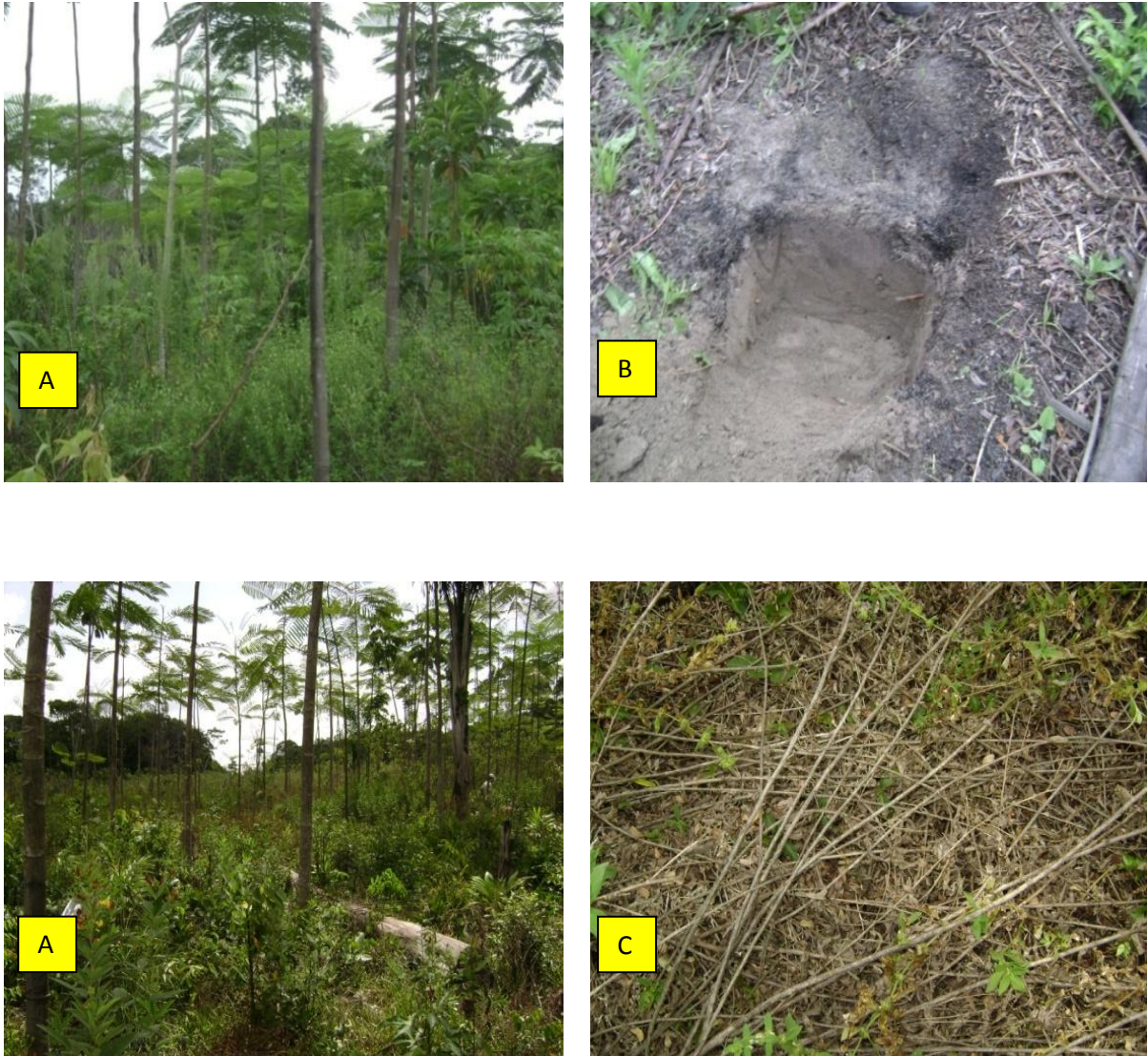


Figura 7. SAF1 submetido ao manejo com queima (A), abertura da trincheira(B) e a visualização da cobertura do solo (C).

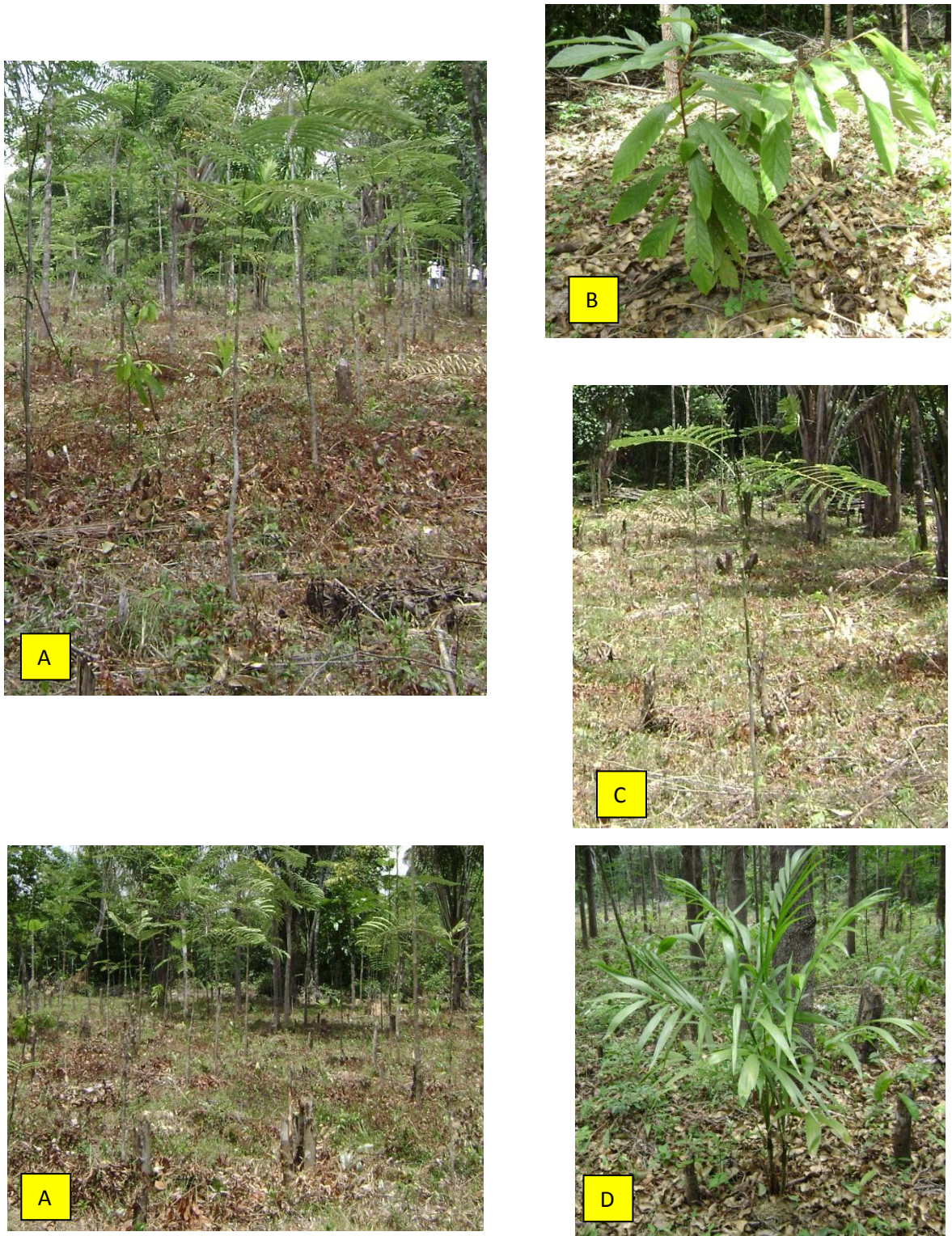


Figura 8. SAF2 submetido ao manejo sem queima (A). E visualização das culturas nos SAFs: Cupuaçu (B), Paricá (C) e o Açai (D).

2.2.6 Análises dos atributos químicos e microbiológicos do Solo

As amostras coletadas do solo foram enviadas aos laboratórios, onde se realizaram as análises químicas. A preparação das amostras consistiu na secagem do solo feita ao ar, destorroamento, e em seguida as amostras foram peneiradas em malhas de 2mm.

As análises de fertilidade foram determinadas pelos seguintes métodos: Carbono orgânico – pelo método de Walkley-Black (EMBRAPA, 1979); Nitrogênio total – por meio da técnica padrão de Kjeldahl; pH – em potenciômetro (água e cloreto de cálcio) na relação solo:água de 1:2,5, conforme EMBRAPA (1997). O cálculo da matéria orgânica do solo, considerou o carbono orgânico representando, em média, 56% da MO, com fator de equivalência igual a 1,724, entre esses dois atributos.

Os teores de P, K, Ca e Mg foram determinados pelo extrator Mehlich-1.

As amostras do solo destinadas à avaliação da biomassa microbiana, foram destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm e efetuada a retirada de resíduos visíveis de plantas e raízes presentes no substrato. No período compreendido entre a coleta e a análise as amostras foram armazenadas em geladeira, de modo a imobilizar a atividade dos microorganismos.

Foi utilizado a técnica da Fumigação-incubação (Figura 08) permitindo determinar a atividade microbiana do solo, quantificada a partir da evolução de CO₂ produzido na respiração dos microorganismos, seguindo a metodologia proposta por Gregorich; Voroney; kachanoski (1990), com adaptações, tendo a vantagem de determinar após 10 dias de incubação, a respiração dos microorganismos (JENKINSON; POWLSON, 1976).

A respiração basal do solo foi determinada fazendo-se a incubação do solo durante 10 dias, sendo quantificada a partir da evolução de CO₂ produzido pela respiração dos microrganismos, seguindo a metodologia proposta por Gregorich; Voroney; kachanoski (1990), com adaptações na metodologia proposta por Jenkinson e Ladd (1981). O ensaio constou de um kit formado por um frasco plástico com capacidade de 2L, fechado hermeticamente, contendo um copo com 30g de solo na umidade de campo, juntamente com um becker contendo 10 mL de NaOH 0,5M, sem entrar em contato direto com a amostra de solo (Figura 9). Fez-se necessária, também, uma unidade deste kit sem a adição de solo, para ser utilizada como prova em branco. O CO₂ capturado pelo hidróxido de sódio foi determinado por titulação, com solução de HCl 0,5M. Para isto, colocou-se uma alíquota de 4mL de solução de BaCl₂ 1M e 5 gotas de fenolftaleína, como indicador.

As determinações da respiração basal do solo foram feitas em duplicatas e o resultado expresso com base no peso seco.



Figura 9. Atividade microbiana durante o processo de incubação.

Utilizou-se o método da fumigação-extração para estimar o C microbiano e o N microbiano (VANCE et al., 1987; TATE et al., 1988). Amostras de aproximadamente 12,5g (peso úmido), em dessecador, foram submetidas à fumigação com clorofórmio, livre de álcool, por 24 horas. Em mesa agitadora horizontal, as amostras foram agitadas por 30' em solução de (K_2SO_4 0,5M) e filtradas em papel de filtro Whatman n°42 (Figura 10). Amostras não-fumigadas foram também submetidas à extração com K_2SO_4 0,5M. Os extratos foram armazenados em frascos plásticos em geladeira.

O método da fumigação-extração se diferencia da fumigação-incubação, pelo fato de o material celular liberado pelo rompimento da parede celular ser extraído com um extrator fraco (K_2SO_4 0,5 M relação solo:extrator de 1:4) logo após a fumigação, eliminando-se os 10 dias de incubação

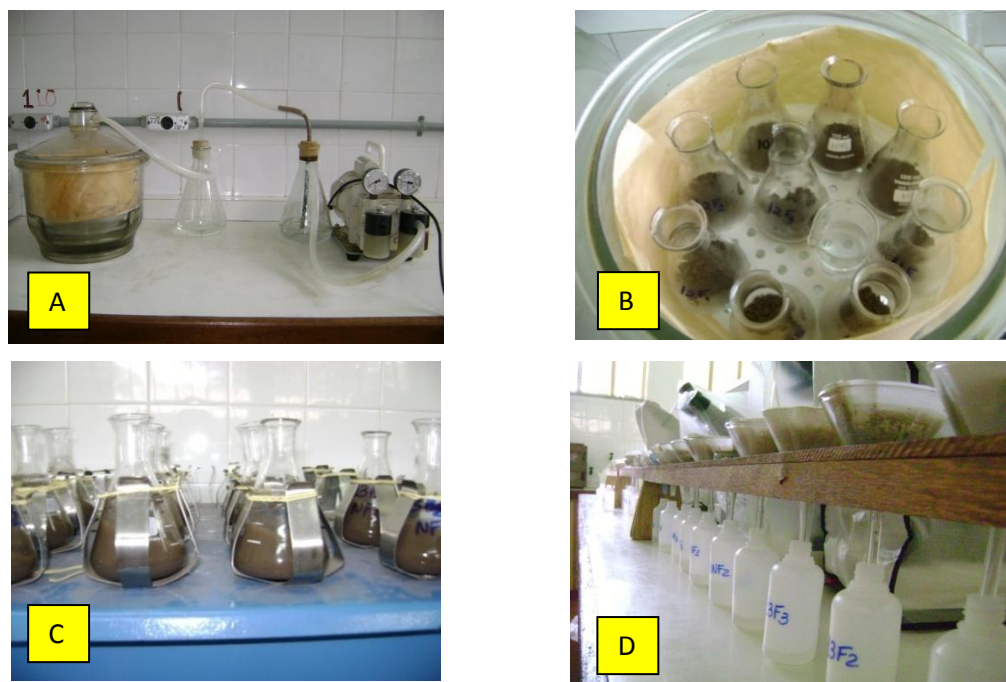


Figura 10. Processo de fumigação-extração. Amostras no dessecador durante o processo de fumigação (A), amostras e o clorofórmio (B), agitação com extrator (C), filtragem do material (D)

O C microbiano foi determinado pelo método de Walkley-Black, modificado, e titulado a partir de uma alíquota do extrato com dicromato de potássio a 1M. Para cálculo do C microbiano, foi utilizado o fator $K_c = 0,26$ (FEIGL et al., 1995), determinado especificamente para solos da Amazônia. Estes autores o calcularam como a quantidade de ^{14}C adicionado (como glicose), menos o respirado, menos o extraído da antes da fumigação, e a partir destes dados calculados a diferença entre o ^{14}C extraído após e antes da fumigação, para finalmente ser obtido o K_c por meio da relação entre o fluxo de ^{14}C extraível e ^{14}C microbiano. Usando a seguinte equação:

$$\text{CBM} = (\text{CF} - \text{CNF}) / K_c$$

Onde:

CBM = C da biomassa microbiana em μg de C por g de solo seco;

CF = quantidade de C extraído na amostra fumigada em μg de C/g de solo seco;

CNF = quantidade de C extraído na amostra não fumigada em μg de C/g de solo seco;

K_c = eficiência de extração de C.

O N microbiano foi determinado pelo método de Kjeldahl, a partir do mesmo extrato. Para o cálculo do N microbiano, foi utilizado o fator $K_n = 0,54$ (BROOKES et al., 1985; JOERGENSEN; MUELER, 1996), este traduz a fração do nutriente recuperado pelo extrator após a fumigação. Usou-se a seguinte equação:

$$NBM = (NF - NNF) / K_n$$

Onde:

NBM = N da biomassa microbiana em μg de N por g de solo seco;

F = quantidade de N extraído na amostra fumigada em μg de C/g de solo seco;

NF = quantidade de N extraído na amostra não fumigada em μg de C/g de solo seco;

K_n = fator de eficiência de extração de N.

2.2.7 Variáveis Analisadas

As variáveis analisadas como indicadores dos atributos químicos do solo foram os macronutrientes, CTC e pH. Para os indicadores das propriedades microbiológicas do solo foram avaliados os parâmetros de respiração do solo (respiração basal), carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM).

2.2.8 Análise Estatística

Os dados obtidos foram analisados pelo Programa NTIA 4.2.1. de outubro de 1995 desenvolvido pela Embrapa - Campinas-SP. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Onde houve interação, realizou-se a comparação entre as médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância dos atributos químicos e biológicos do Latossolo Amarelo estudado, em função dos tratamentos constantes de diferentes sistemas de uso, profundidades e épocas de amostragem, encontra-se na Tabela 1A, em Apêndice.

2.3.1. Nitrogênio (N)

A Tabela 1 mostra os teores de N total do solo, em função de diferentes profundidades e sistemas de uso. Observa-se que os tratamentos na profundidade de 0-5 cm não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos SAF sem queima e Floresta Secundária, porém, ambos diferiram estatisticamente do tratamento SAF com queima, o qual apresentou o maior teor de N ($1,50 \text{ g kg}^{-1}$). Em todos os sistemas, o teor de N reduziu com a profundidade.

É possível que o maior valor de N obtido no SAF com queima, seja devido ao fato deste sistema exibir fitomassa mais exuberante que os demais, promovendo maior incorporação de resíduos vegetais, o que poderia proporcionar maior acúmulo de matéria orgânica. A intensificação dos processos de mineralização, pela ação da biota favorecida pelas condições pós-queima, levaria ao aumento do teor de N do solo, justificando os resultados obtidos.

Os resultados encontrados estão de acordo com aqueles obtidos por D' Andrea et al. (2004), estudando solos sob diferentes sistemas de manejo, onde as maiores concentrações de nitrogênio nos primeiros 10 cm do solo, segundo os autores, deveu-se ao maior acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais, decorrente do da incorporação de detritos vegetais, conforme descrito em trabalho de Cerri et al. (1985), citado por Sena (2006).

Melo (2007) ratifica que sob o sistema de floresta, o teor de nitrogênio é maior na camada superficial e decresce significativamente com a profundidade, corroborando os resultados encontrados neste estudo.

TABELA 1 – Média dos teores de nitrogênio (g kg^{-1}) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e profundidade, Benjamin Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	PROFUNDIDADE		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
SAF com Queima (CQ)	1,50 a A	1,10 b A	0,99 b AB
SAF sem Queima (SQ)	1,28 a B	1,13 a A	0,82 b B
Floresta Secundária (FS)	1,31 a B	1,21 ab A	1,13 b A

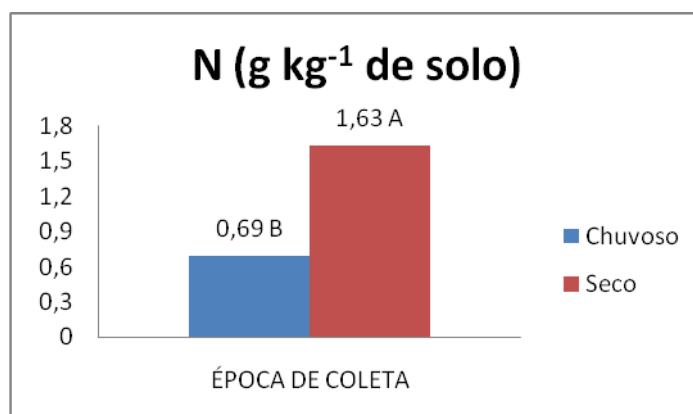
Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para Almendros et al. (1990), as queimadas têm efeito sobre os atributos do solo, como a matéria orgânica, influenciando a disponibilidade dos nutrientes, como o nitrogênio e o carbono, que são liberados da vegetação queimada transformada em cinzas: como a maior

parte do N no solo faz parte dos compostos orgânicos, alterações na matéria orgânica do solo alteram, também, os teores deste elemento no solo. Contrapondo a este fato, estudos sob campo natural têm demonstrado que a queima reduz a quantidade de nutrientes presentes na sua fitomassa (HERINGER, 2000).

Os valores apresentados na Figura 11 mostram o comportamento do nitrogênio em função dos diferentes períodos de coletas do solo, evidenciando uma tendência de superioridade no período seco, em relação ao período chuvoso, respectivamente, 1,63 e 0,69 g kg⁻¹ solo.

A baixa concentração de N durante a época chuvosa, pode indicar maior demanda do nutriente pela microbiota do solo e/ou pelas raízes das plantas (PARRON; BUSTAMANTE; PRADO, 2003), ou então, pode ter havido rápida lixiviação do íon nitrato, devido a sua carga negativa, que impede a sua agregação aos colóides do solo, ou ainda, baixa produção de nitrogênio na forma nitrato, pois em solos de ecossistemas tropicais tem sido registradas altas amonificações e baixa nitrificação (PICCOLO; NEILL; CERRI, 1994; NEILL et al., 1997; VENZKE FILHO et al., 2004).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 11 – Média dos teores de nitrogênio (N) de Latossolo Amarelo em diferentes épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

De acordo com Carmo, et al. (2005) e Verchot et al. (1999), as baixas concentrações de nitrato em solos podem ocorrer em virtude da existência de poucos microrganismos nitrificadores. Além disso, outros fatores podem limitar o processo de nitrificação em solos, como por exemplo, a existência de microssítios anaeróbicos.

Os valores elevados de nitrogênio na estação chuvosa, em todos os ecossistemas estudados por Luizão; Bonde; Rosswall (1992), indicam que o enriquecimento da solução do solo pode ser proveniente da lixiviação dos produtos resultantes da mineralização da matéria

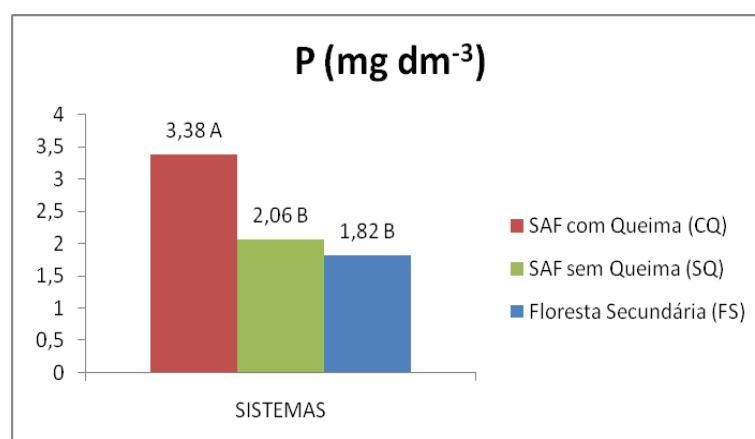
orgânica do solo na estação seca, pois segundo o autor, uma maior produção de liteira ocorre na época seca, mas a sua decomposição é acelerada na época chuvosa devido a atividade de microrganismos.

Segundo Neill et al. (1997) a umidade do solo pode ser um importante controlador de reservas de N-inorgânicos no solo, principalmente, nas taxas de transformações e disponibilidade de nitrato; essas relações são complexas e mediadas pelo balanço entre a mineralização e imobilização no solo e os microrganismos, dependendo das taxas de umidade e dos processos de secagem do solo.

Marumoto; Anderson; Domsch (1982) sugeriram que, aproximadamente, 76% do N nativo do solo é derivado da morte da microbiota do solo e que ciclos de umedecimento e secagem aumentam a mineralização deste elemento. Portanto, a estação seca parece desencadear maior mineralização do nitrogênio do solo.

2.3.2 Fósforo (P)

Os teores de fósforo nos diferentes sistemas estudados foi superior estatisticamente no sistema agroflorestal submetido à queima, com $3,38 \text{ mg dm}^{-3}$ (Figura 12). Tal resultado pode estar relacionado ao processo de queima que aumenta a disponibilidade do nutriente para as plantas; com a queimada ocorre aumento do pH do solo e, conseqüentemente, redução da fixação do P.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 12 – Média dos teores de fósforo (P) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Segundo Malavolta (1976) o fósforo é especialmente afetado pela variação do pH. Este elemento tem a sua maior solubilidade a um pH em torno de 5,5 – 6,0. A medida que o pH vai atingindo valores menores que 5,0, o fósforo vai se insolubilizando na forma de fosfato de ferro e de alumínio, no processo conhecido como “adsorção específica”. Em pH muito elevado (igual ou maior que 7,0), há formação de fosfato cálcicos [CaHPO₄ e Ca₃(PO₄)₂], insolúveis.

Estudos realizados por Fernandes e Fernandes (2002), relatam que a queima ocasionou inicialmente aumento significativo no conteúdo de fósforo, independente da época amostrada, ressaltando, ainda, que o aumento foi superior na camada 0-5cm.

O P é um elemento pouco móvel, permanecendo no local onde foi depositado (FALLEIRO et al., 2003). Outro motivo para baixos valores de fósforo disponível no solo sob os SAF, pode estar relacionado à ausência de adubação fosfatada. De acordo com Addiscott e Thomas (2000), a ausência de revolvimento e manutenção de resíduos culturais na superfície (serapilheira) contribuem para o aumento dos teores desse nutriente no solo.

A Tabela 2 ilustra o teor de fósforo em diferentes períodos de coleta e diferentes profundidades do solo. Observa-se que houve diferença significativa nas profundidades estudadas no período chuvoso, o mesmo não ocorrendo no período seco. Os valores encontrados na época chuvosa foram superiores aos ocorridos na época seca, em todas as profundidades.

TABELA 2 – Média dos teores de fósforo (mg dm⁻³) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

PROFUNDIDADE	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
0-5 cm	4,92 a A	1,62 b A
5-10 cm	3,39 a B	1,27 b A
10-20 cm	2,29 a C	1,02 b A

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando o período chuvoso, na profundidade de 0-5 cm o teor de fósforo de 4,92 mg dm⁻³ foi superior estatisticamente aos valores das demais profundidades. Relatos de resultados semelhantes são encontrados na literatura sobre o assunto (DUDA, 2000), creditando a maior disponibilidade de fósforo nos primeiros cinco centímetros de profundidade, na época chuvosa, como determinada pela mineralização de seus constituintes, através da intensificação da atividade microbiana sobre a matéria orgânica acumulada na superfície do solo, favorecida pelo aumento da umidade.

Estudos realizados por Sena, Silva e Silva Jr. (2006) confirmam valores obtidos na camada mais superficial do solo, onde encontrou valores de 5,05 e 2,12 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm, respectivamente. Isto se deve a atividade microbiana que sobre a matéria orgânica promove a mineralização de seus constituintes proporcionando a maior disponibilidade de P nas camadas mais superficiais. Moraes (1973) afirma que o aumento da umidade do solo, aumenta a quantidade de fósforo disponível.

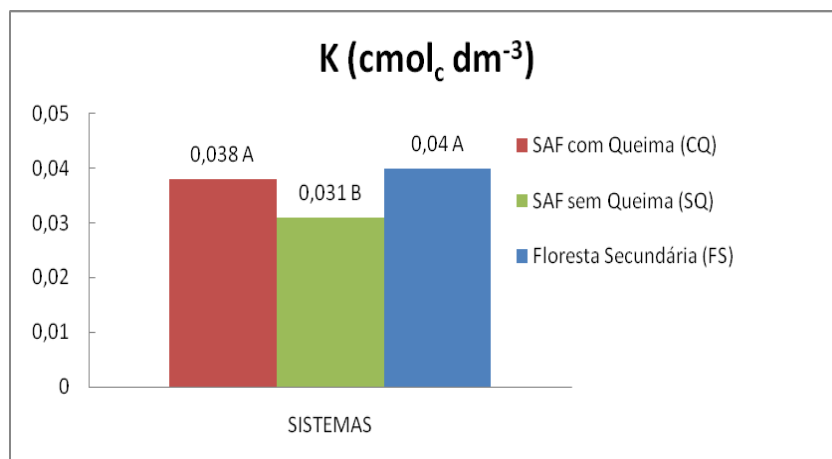
Fernandes e Fernandes (2002) afirmam que em estudos realizados em pastagens recém-queimadas, o conteúdo de fósforo assimilável somente sofreu aumento significativo na camada 0-5 cm do solo. Esses aumentos foram atribuídos ao efeito fertilizador das cinzas depositadas na superfície do solo, após a queima.

Pesquisa realizada por Cavalcanti (1978) mostrou, também, aumentos nos conteúdos de cátions e de fósforo nas camadas mais superficiais (5cm), por efeito da deposição das cinzas (COUTINHO, 1982; PIVELLO; COUTINHO, 1992) e esses nutrientes podem ser reabsorvidos pelas raízes superficiais da vegetação (COUTINHO, 1990). Vale ressaltar que o maior aporte de material orgânico, bem como sua conseqüente mineralização, pode diminuir a capacidade de adsorção de P e a energia ligação do fosfato aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo (RHEINHEIMER et al., 2003).

Os valores obtidos de fósforo, em todas as situações, são considerados baixos (TOMÉ JR, 1997), mostrando a escassez do nutriente nos solos da Amazônia, os quais são geralmente intemperizados, os teores obtidos situam-se próximos aos encontrados nos Latossolos da região, que variam de 1 a 3 mg dm^{-3} , segundo Souza (2002) citado por Vasconcelos (2010).

2.3.3 Potássio (K)

Os dados da Figura 13 mostram o comportamento do teor de potássio no solo, sob diferentes sistemas de uso. Observa-se que não houve diferença significativa entre o sistema agroflorestal submetido a queima e a floresta secundária, que apresentaram 0,038 e 0,040 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. Ambos os valores são superiores estatisticamente ao encontrado no sistema agroflorestal sem queima (0,031 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 13 – Médias dos teores de potássio (K) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Fica visível que os SAFs do estudo se mostraram tão eficientes quanto a floresta secundária, na ciclagem do K no solo.

Na prática, os SAFs atendem a diversos objetivos, entre os quais, aumentar o teor de matéria orgânica e a diversificação da microbiota do solo, e promover o estabelecimento de ciclagem eficiente de nutrientes (LUIZÃO; COSTA; LUIZÃO, 1999; FERREIRA; KATO; COSTA, 2004; GAMA-RODRIGUES et al., 2004).

Centurion, Cardoso e Natale (2001) estudando o manejo do solo em diferentes ecossistemas, verificaram que o teor de potássio na mata secundária foi superior estatisticamente ao teor nos demais tratamentos, evidenciando que o manejo do solo, independente da cultura utilizada, provocou um decréscimo no nível deste nutriente. Portanto, ressalta-se o importante papel da lavagem do dossel pelas chuvas, adicionando ao solo nutrientes como cálcio, magnésio e potássio (SERRÃO; HOMMA, 1982).

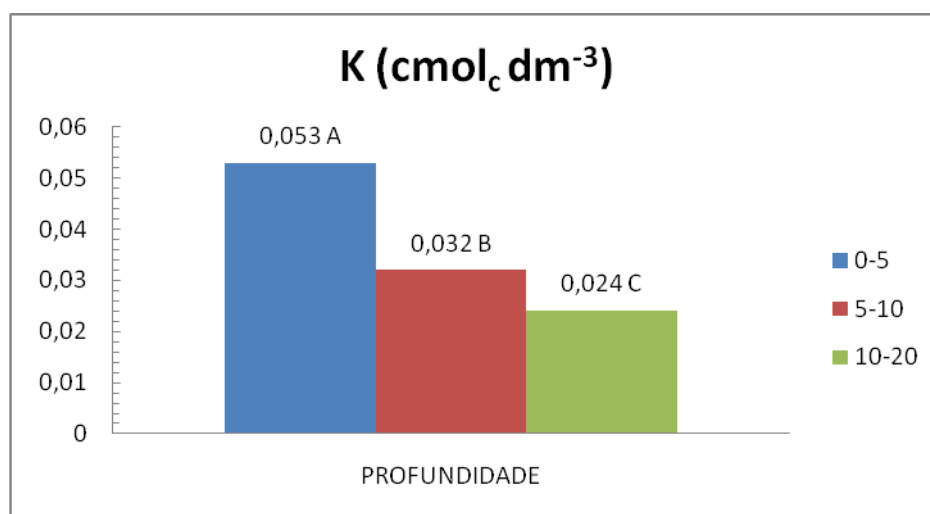
Relato de Smyth (1996) e Holscher et al. (1997) dão conta de que a derruba e queima ocasionam um incremento dos teores de K no solo, pois a maior quantidade deste nutriente no sistema encontra-se na biomassa vegetal, que é liberada como constituinte das cinzas, no momento da queima.

A elevada quantidade e diversificação de biomassa e a eficiente ciclagem de nutrientes na floresta secundária, podem explicar a maior concentração do potássio. Maior valor de K no solo sob sistema de vegetação secundária foi confirmado em estudos realizados por Wastowski et al. (2010). Esses autores afirmam que o menor valor de K obtido no sistema agroflorestal, é atribuído ao fato do sistema proporcionar uma grande exportação do elemento pelas plantas em desenvolvimento.

A maior concentração de potássio no sistema de floresta secundária, foi semelhante aos resultados obtidos por Sena (2006), onde o autor explica que o maior teor de potássio é devido a eficiente ciclagem de nutriente neste tipo de sistema de uso do solo. Proporcionado pela maior diversidade de espécies.

Os dados da Figura 14 indicam o comportamento do teor de potássio nas diferentes profundidades do solo, observando-se que houve diferença significativa entre os valores obtidos, em todas as profundidades estudadas, 0,053; 0,032 e 0,024 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente, mostrando um decréscimo com aumento da profundidade. Pesquisa realizada por Vasconcelos (2010) encontrou teores de K variando de 0,04 a 0,01 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em sistemas de plantio com queima, sem queima e SAF com queima. Esses dados são corroborados pelos resultados encontrados por Sena, Silva e Silva Jr. (2007) estudando a variação dos teores de K em Latossolo Amarelo de Marituba-PA, sob diferentes SAFs e floresta secundária, mostrando o decréscimo deste nutriente com a profundidade.

A maior presença de resíduos culturais na superfície do solo pode ter propiciado o acúmulo de K na camada de 0-5 cm de profundidade do solo, em pesquisa de Silveira et al. (2010) com diferentes culturas de cobertura.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 14 – Média dos teores de potássio (K) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades, Benjamin Constant, Bragança-PA.

De modo geral, os teores de K encontrados nesse estudo foram considerados de níveis baixos (TOMÉ Jr., 1997).

Para Nogueira et al. (2006) os solos expostos ao cultivo podem, inicialmente, ter uma grande capacidade de suprimento de K, mas, em cultivos sucessivos, ao longo do tempo, este nutriente é exaurido pelas colheitas, lixiviação e erosão. Portanto, os baixos valores

encontrados nos tratamentos estudados podem ser explicado pelo fato de ser um SAF jovem, onde os mesmos não apresentam ainda uma elevada quantidade e diversificação de biomassa e a eficiente ciclagem de nutrientes.

2.3.4 Cálcio

A Tabela 3 mostra a influência do sistema de uso, profundidade e época de amostragens, sobre o teor de Ca do Latossolo Amarelo estudado. Na coleta em época chuvosa, nota-se que os sistemas SAF sem queima e Floresta Secundária não diferiram significativamente entre si, nas profundidades estudadas, em relação aos teores de Ca do solo. O SAF com queima foi significativamente superior aos outros sistemas, na camada de 0-5 cm, mostrando o maior teor de Ca encontrado, de $2,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nos sistemas estudados não houve diferença significativa nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, para os teores de Ca.

TABELA 3– Média dos teores de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem, Benjamin Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	PROFUNDIDADE		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
ÉPOCA CHUVOSA			
SAF com Queima (CQ)	2,70 a A ⁽¹⁾	4,33. e-002 b A ⁽²⁾	4.e-002 b A ⁽²⁾
SAF sem Queima (SQ)	0,38 a B ⁽²⁾	4. e-002 a A ⁽²⁾	3. e-002 a A ⁽²⁾
Floresta Secundária (FS)	0,22 a B ⁽²⁾	3. e-002 a A ⁽²⁾	4. e-002 a A ⁽¹⁾
ÉPOCA SECA			
SAF com Queima (CQ)	1,96 a A ⁽²⁾	0,53 b A ⁽¹⁾	0,33 b A ⁽¹⁾
SAF sem Queima (SQ)	1,10 a B ⁽¹⁾	0,40 b A ⁽¹⁾	0,33 b A ⁽¹⁾
Floresta Secundária (FS)	0,60 a B ⁽¹⁾	0,33 a A ⁽¹⁾	0,33 a A ⁽¹⁾

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, e índice numérico, em diferentes épocas de coleta, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na época seca, os teores de Ca reduziram com a profundidade, em todos os sistemas de uso. Nas camadas 0-5 e 5-10 cm, os SAFs mostraram maiores teores de Ca que na floresta secundária. Aos 10-20 cm, os sistemas não diferiram significativamente quanto aos teores de Ca. Em trabalho conduzido com diferentes sistemas agroflorestais, Araújo; Monteiro (2006) encontraram maiores teores de Ca sempre nos primeiros centímetros do solo, decrescendo com a profundidade.

Na camada superficial (0-5 cm), os teores de cálcio foram maiores quando o solo foi amostrado na época chuvosa, enquanto nas camadas mais profundas, maiores teores foram observados na época seca. Provavelmente, os maiores teores de Ca encontrados na época chuvosa, deveu-se a maior atividade dos microrganismos na decomposição da matéria

orgânica e na solubilização de compostos minerais que contém cálcio, em função do maior teor de umidade do solo existente no período de maior precipitação pluvial (SANCHES; VILLACHICA; BANDY, 1983; BESSHO; BELL, 1992).

Estudos realizados por Sena, Silva e Silva Jr. (2007), mostraram que os teores de Ca encontrados no solo sob diferentes sistemas agroflorestais e floresta secundária, coletado no período chuvoso (fevereiro/2004), foram superiores àqueles existentes no período seco (outubro/2004).

Independente da época de amostragem, os maiores teores de cálcio foram encontrados nos SAFs com queima e sem queima, na camada superficial, sendo observado, também, tendência de redução dos teores de Ca, com a profundidade, em todos os sistemas de uso. Vasconcelos (2010) obteve valores de cálcio variando de 2,48 a 2,25 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente, para SAFs sem queima e plantio com queima da vegetação.

Conforme Sanches (1976) e Fassbender (1984), solos tropicais, geralmente apresentam uma grande variação no conteúdo de cátions trocáveis, encontrando-se para os solos da Amazônia, nos horizontes superficiais, a média de 0,17 e 0,56 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, enfatizando que altos e médios teores de cálcio, juntamente com ferro e alumínio, podem contribuir para a fixação (conversão para formas não disponíveis) de um outro elemento fundamental para as culturas, que é o fósforo.

Na época chuvosa, para todos os sistemas de uso, ocorreu uma drástica redução dos teores de Ca, com a profundidade. Os Latossolos de textura arenosa são submetidos à grande percolação de água no perfil, devido a elevados índices pluviométricos característicos da região de estudo. Esse fator associado à baixa CTC, pode promover severa lixiviação de nutrientes, como o cálcio, para horizontes sub-superficial, pressuposto que também é confirmado por Sousa e Lobato (2004) citado por Sena (2006).

Em todas as situações estudadas, os teores de cálcio se apresentam em níveis baixos (TOMÉ Jr, 1997), com exceção da camada superficial do solo sob SAF com queima, na época chuvosa, com teores considerados altos.

2.3.5 Magnésio

Observa-se na Tabela 4, que em todos os sistemas de uso, independente da época de amostragem do solo, ocorreu redução dos teores de Mg com a profundidade. Na camada superficial, foram encontrados maiores teores de Mg na época chuvosa. Nessa mesma

profundidade, em ambas as épocas de amostragem, o solo sob SAF com queima apresentou os maiores valores para Mg, seguido do SAF sem queima e da Floresta Secundária. Nas camadas mais profundas, também, nas duas épocas de amostragem, os teores de Mg não diferiram significativamente, para as duas camadas, entre os sistemas de uso do solo.

TABELA 4 – Média dos teores de Magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, profundidades e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	PROFUNDIDADE		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
ÉPOCA CHUVOSA			
SAF com Queima (CQ)	1,32 a A ⁽¹⁾	0,18 b A ⁽²⁾	0,10 b A ⁽²⁾
SAF sem Queima (SQ)	0,62 a B ⁽¹⁾	0,31 b A ⁽¹⁾	0,19 b A ⁽¹⁾
Floresta Secundária (FS)	0,58 a B ⁽¹⁾	0,34 ab A ⁽¹⁾	0,10 b A ⁽¹⁾
ÉPOCA SECA			
SAF com Queima (CQ)	0,67 a A ⁽²⁾	0,37 b A ⁽¹⁾	0,23 b A ⁽¹⁾
SAF sem Queima (SQ)	0,43 a AB ⁽²⁾	0,33 a A ⁽¹⁾	0,20 a A ⁽¹⁾
Floresta Secundária (FS)	0,40 a B ⁽²⁾	0,30 a A ⁽¹⁾	0,20 a A ⁽¹⁾

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, e índice numérico, em diferentes épocas de coleta, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Segundo Pavinato e Rosolem (2008), o maior teor de Mg na camada superficial do solo, pode ser devido ao fato de que a adição de resíduos vegetais pode promover, antes do processo de humificação, a elevação do pH, em razão da complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando os cátions trocáveis Ca, Mg e K mais livres em solução.

Vasconcelos (2010) em seus estudos em áreas preparadas com queima e não queima, obteve maiores teores de magnésio na profundidade 0-5 cm, em relação à profundidade 5-10 cm, com valores para SAF com queima e não queima e floresta secundária variando de 0,45 a 0,88 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, sem diferenças significativas entre os sistemas.

Sena, Silva e Silva Jr. (2007) encontraram maiores teores de Mg no solo sob diferentes SAFs no período chuvoso, em relação ao período seco, sem entretanto, mostrar diferença significativa entre os valores apresentados, que variaram entre 0,54 e 0,64 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Os baixos teores de Mg apresentado no solo sob SAFs envolvendo açazeiro, segundo os autores, possivelmente, podem ser explicados pela grande absorção do nutriente em razão da característica da planta em ocupar e explorar maior volume de solo, e elevada exportação do elemento pela produção de frutos e palmitos.

2.3.6 Acidez potencial (H + Al)

Os resultados apresentados na Tabela 5 mostram a variação da concentração do íon hidrogênio associado ao íon alumínio, que configura a acidez potencial do solo, em diferentes profundidades e épocas de amostragem.

Na profundidade 0-5 cm, em amostra coletada na época chuvosa, foi encontrado o maior valor significativo para acidez potencial ($5,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), em relação às maiores profundidades, que alcançaram valores de $4,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (5-10 cm) e $4,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (10-20 cm), que não diferiram significativamente entre si. Na camada superficial (0-5 cm) o valor da acidez potencial observado na época chuvosa foi superior significativamente ao obtido na amostra coletada na época seca. Nas camadas seguintes (5-10 e 10-20 cm), os valores observados nas duas épocas de amostragem não diferiram significativamente entre si.

TABELA 5 – Média dos teores de acidez potencial ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

PROFUNDIDADE	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
0-5	5,54 a A	4,27 b A
5-10	4,68 a B	4,38 a A
10-20	4,23 a B	4,24 a A

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

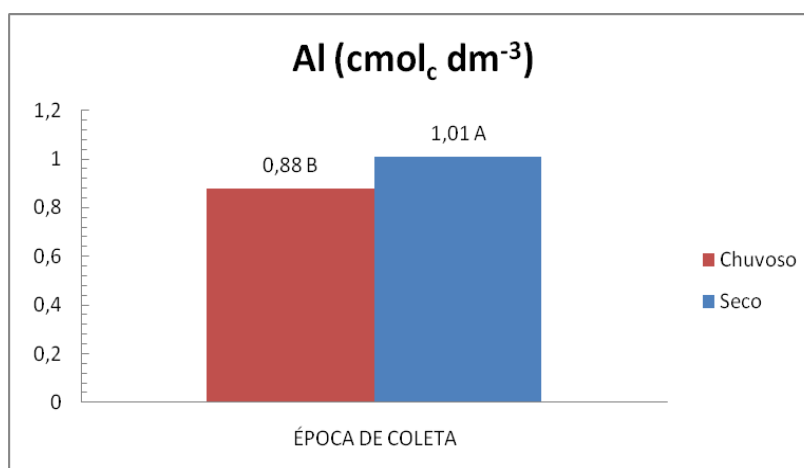
A maior acidez potencial na camada superficial do solo amostrado na época chuvosa pode ser explicada pela maior atividade microbiana sobre a matéria orgânica, devido às condições favoráveis de umidade, com o conseqüente aumento da dissociação do H ligado por covalência à hidroxila de radicais orgânicos (MALAVOLTA, 1976; MELLO et al., 1985).

Em pesquisa conduzida por Salgado et al. (2006), encontrou em solo sob diferentes sistemas agroflorestais, valores de acidez potencial classificados como “médios”, que variaram entre $2,51$ a $5,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sem diferenças significativas.

Trabalhando com diferentes sistemas de uso do solo, inclusive SAFs, Sena, Silva e Silva Jr. (2006), encontraram valores significativamente maiores de acidez potencial em amostras do solo coletado na época chuvosa. Para esses autores, a tolerância às concentrações nocivas do alumínio do solo, pelas plantas que compõem os sistemas agroflorestais, pode ser explicada pela exsudação de ácidos orgânicos.

2.3.7 Alumínio trocável (Al)

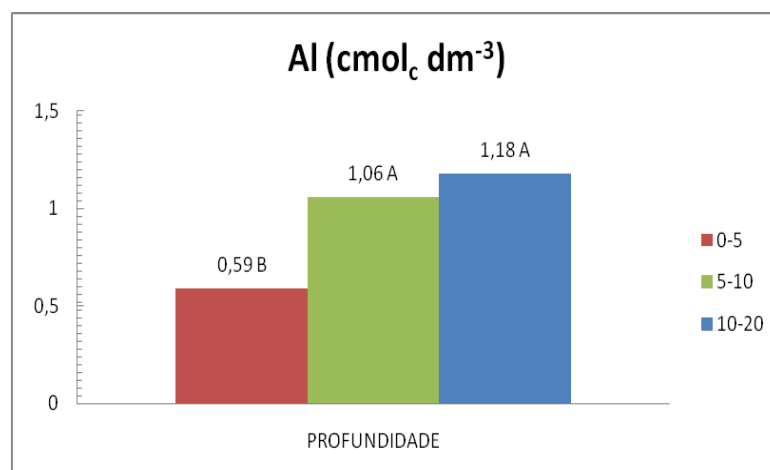
A Figura 15 ilustra que o maior teor de alumínio trocável foi obtido no período seco, com $1,01 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Os dados obtidos se assemelham aos encontrados por Sena, Silva e Silva Jr. (2007), onde teores de alumínio trocável encontrados na época seca foram superiores significativamente àqueles obtidos na época chuvosa. Malavolta (1976) ratifica que no período mais chuvoso, as águas podem percolar o perfil, removendo grandes quantidades de cátions básicos, provocando o aumento da acidez ativa do solo. Solubilizando os constituintes de Al, liberando Al^{+3} que ocuparão as cargas negativas do complexo coloidal, aumentando a concentração do alumínio trocável.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 15- Médias dos teores de alumínio (Al) de Latossolo Amarelo sob diferentes épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

A Figura 16 mostra que houve uma tendência incremento dos teores de Al trocável, com o aumento da profundidade. Os maiores valores obtidos foram nas profundidades de 5-10 e 10-20, sendo de $1,06$ e $1,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, que não diferiram significativamente.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FIGURA 16- Médias dos teores de alumínio (Al) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Em seus estudos com diferentes manejos do solo, Vasconcelos (2010) também observou que os valores de Al trocável eram menores na camada superficial e aumentaram com a profundidade. O autor justifica este comportamento, pela maior presença da matéria orgânica em superfície, que possuem radicais carboxílicos e hidroxílicos, que formam complexos com alumínio e impedem que este possa atingir teores trocáveis elevados e tóxicos aos vegetais (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2001).

Sena, Silva e Silva Jr. (2007), trabalhando com diferentes sistemas agroflorestais e floresta secundária, encontraram aumento dos teores de Al trocável, com a profundidade, independente da época da amostragem do solo.

2.3.8 pH em água

Por meio da Tabela 6, observa-se que não ocorreram diferenças significativas entre os valores de pH obtidos nos diferentes sistemas de uso do solo, que variaram de 4,36 a 4,44, quando analisados na época chuvosa. Porém, na época seca houve diferença estatística para todos os sistemas, sendo o valor de pH = 5,08 encontrado no SAF com queima, superior aos encontrados nos demais sistemas, iguais a 4,86 no SAF sem queima e 4,69 na floresta secundária.

TABELA 6 – Média dos valores de pH em água de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
SAF com Queima (CQ)	4,36 b A	5,08 a A
SAF sem Queima (SQ)	4,44 b A	4,86 a B
Floresta Secundária (FS)	4,36 b A	4,69 a C

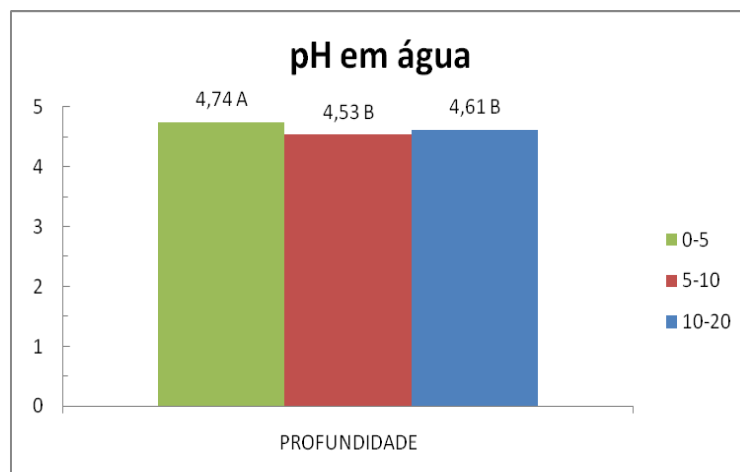
Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Maiores valores de pH no SAF com queima, pode ser explicado pelo efeito das cinzas de alta alcalinidade, resultante da queima dos resíduos vegetais, que proporciona aumento do pH e dos teores de Ca, Mg e K na camada superficial do solo, fato constatado em diversos estudos (CAVALCANTE, 1978). Reis (2005), estudando as características química de um Latossolo Amarelo, de Marabá-PA, utilizado no sistema de agricultura familiar, concluiu que os maiores valores de pH (até 5,8), observados em superfície (0-10 cm) estavam diretamente ligados à presença de cátions básicos provenientes da deposição de cinzas nessa camada, após o processo de queima da vegetação.

No solo coletado na época seca, os valores de pH foram superiores aos observados na época chuvosa, para todos os sistemas, correspondentes a 5,08 no SAF com queima, 4,86 no SAF sem queima e 4,69 na floresta secundária. Sena, Silva e Silva Jr. (2007) constataram que no solo coletado no período seco, os diferentes SAFs estudados apresentaram valores de pH superiores aos obtidos no período chuvoso.

Sob a influência da profundidade, os valores de pH encontrados variaram entre 4,74 e 4,53 (Figura 17), com o maior valor na profundidade de 0-5 cm. Nas demais profundidades, os menores valores encontrados não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Vasconcelos (2010), com pH variando de 4,8 a 5,28, em sistemas submetidos à queima e não queima. Esses valores foram considerados como acidez elevada, segundo as classificações de Osaki (1991) e Rajj et al. (1996).

Em todas as situações analisadas, o pH do solo é considerado de nível de acidez elevada (TOMÉ Jr., 1997).

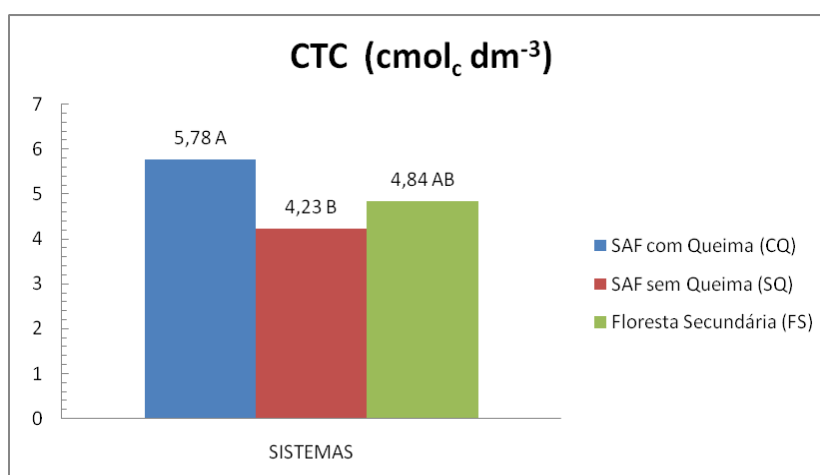


Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 17- Valores de pH em água sob diferentes profundidades (0-5, 5-10 e 10-20cm), em Benjamim Constante, Bragança-PA.

2.3.9 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

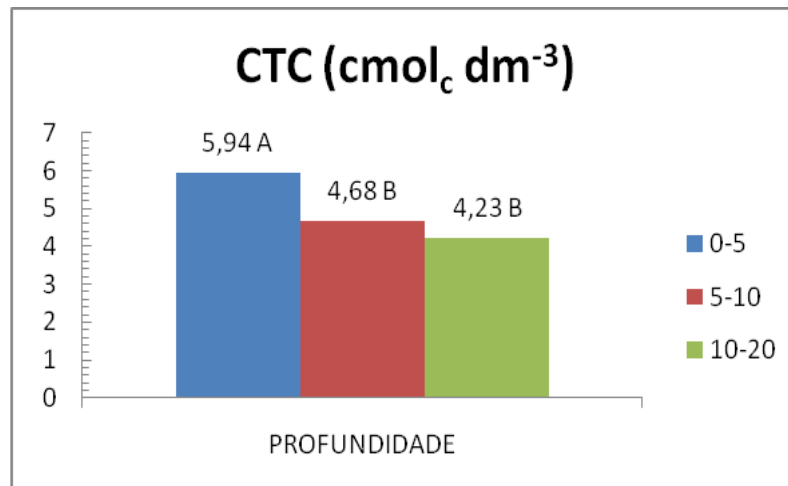
Os dados ilustrados na Figura 18 mostram que o solo sob o sistema SAF (CQ) apresentou a maior CTC ($5,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), que no entanto, não diferiu significativamente da Floresta Secundária, com valor de $4,84 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para Silveira et al. (2010), a adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH, por promover a complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC, por estes cátions de reação básica.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 18- Média dos valores da capacidade de troca catiônica (CTC) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Os valores de CTC reduziram com a profundidade do solo, com a camada de 0-5 cm apresentando o maior valor (5,94 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), que diferiu significativamente dos valores existentes nas demais profundidades (Figura 19). Segundo Lopes e Guilherme (1992), os solos com CTC entre 1 a 5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ são compostos por alta percentagem de areia e, ou baixo teor de matéria orgânica, e apresentam alta lixiviação de N e P e menor capacidade de retenção de umidade.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 19- Média dos valores da capacidade de troca catiônica (CTC) de Latossolo Amarelo, em diferentes profundidades, Benjamim Constant, Bragança-PA.

2.3.10 Matéria Orgânica (MO)

A Tabela 7 mostra as médias de MO obtidas em função da interação entre diferentes profundidades e períodos de amostragem do solo. Independente do período de amostragem, os valores encontrados para a MO decresceram significativamente com a profundidade. Os maiores teores ocorreram na superfície, nas duas épocas. Maiores teores de MO na superfície, decrescendo com a profundidade, também foram constatados por Sena, Silva e Silva Jr. (2007), trabalhando em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo.

De acordo com Ruivo et al. (2005), a distribuição da matéria orgânica no perfil do solo depende, entre outros fatores, da forma de disposição do material orgânico do solo. Em florestas, a maior quantidade encontra-se na superfície porque a contribuição da serapilheira é maior que a das raízes, ficando uma proporção razoável destas localizadas superficialmente.

O maior conteúdo de matéria orgânica nos horizontes superficiais do solo sob diferentes sistemas de manejo, dentre eles os SAF, também foram encontrados por Woods et al. (2000) e Falesi e Galeão (2002). De acordo com esses autores, as práticas de manejo do solo que favorecem a adição de material orgânico ao solo, como os SAFs, favorecem o incremento de MO nos horizontes superficiais.

TABELA 7 – Média dos teores de matéria orgânica (g kg^{-1}) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

PROFUNDIDADE	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
0-5 cm	25,40 a A	18,50 b A
5-10 cm	17,30 a B	14,52 b B
10-20 cm	14,44 a C	12,56 b C

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se, também, na Tabela 7, que no solo amostrado na época chuvosa ocorreram teores significativamente maiores de MO, em comparação com a época seca, em todas as profundidades. A precipitação pluvial é um componente que controla, em escala regional, o processo de decomposição da matéria orgânica do solo (LAVELLE et al., 1993; BERG, 2000) e, conseqüentemente, a atividade dos microrganismos.

Duarte (2003) trabalhando em Argissolo de Igarapé Açu, Pará, sob diferentes sistemas agroflorestais encontrou na época chuvosa teores de matéria orgânica significativamente maiores, que os obtidos na amostragem em época seca.

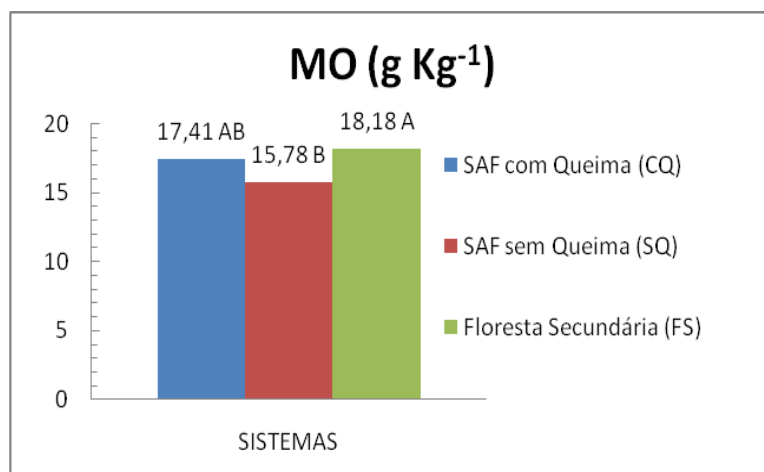
Estudos realizados por Pereira, Veloso e Gama (2000) relatam que houve acréscimo substancial de matéria orgânica como o aumento da umidade no solo, referindo-se ao período chuvoso, justificando tal fato pela razão de certos componentes que constituem o material orgânico apresentarem resistência à decomposição, ocasionando acúmulo destes ao solo.

O processo de decomposição da matéria orgânica no solo ocorre com maior intensidade nos períodos em que a temperatura do solo é maior, pois temperaturas relativamente altas favorecem o processo de decomposição, ocorrendo uma redução no acúmulo de matéria orgânica no solo. Em geral, a decomposição da matéria orgânica é mais acelerada em climas quentes enquanto a regra é sequência mais lenta em regiões frias (BRADY, 1989).

A conversão de ecossistemas naturais em áreas de exploração agrícola pode trazer sensíveis modificações nos processos de decomposição e síntese da matéria orgânica, C e N, decorrentes de alterações de fornecimento de material para incorporação ao solo (LONGO;

ESPÍNDOLA, 2000; FRAGA; SALCEDO, 2004). O método mais comum usado nessa conversão é o corte seguido de queima, o qual ocasiona quebra dos ciclos biogeoquímicos, com liberação de nutrientes imobilizados na biomassa florestal e emissão de partículas e gases para a atmosfera (BONILLA, 2005).

Os valores obtidos de MO em função dos diferentes sistemas de uso do solo (Figura 20), mostram que os SAFs, com e sem queima, apresentaram teores estatisticamente semelhantes aos encontrados na Floresta Secundária. Mesmo em solo de baixa fertilidade, florestas exuberantes não apresentam sintomas de deficiência nutricional, uma vez que o ciclo de nutrientes é praticamente fechado, verificando-se, ao longo do ano, contínua decomposição do material orgânico, associada a pequena perda por lixiviação e absorção de elementos (SILVA et al., 2007).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 20 – Médias dos teores de matéria orgânica (MO) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Para Silveira et al. (2010) a adoção de sistemas conservacionistas, como o plantio direto e os sistemas agroflorestais, tem se apresentado como alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, principalmente dos Latossolos. Isto deve-se ao acúmulo de material orgânico que proporciona um ambiente favorável à recuperação ou à manutenção da qualidade do solo (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000; MENEZES, 2002).

Lima et al. (1999) trabalhando em diferentes ecossistemas, constataram redução significativa dos teores de C e N no solo das áreas submetidas à queima anual, em relação aos outros manejos sem queima. Estes resultados comprovam que a queima dos resíduos superficiais, consiste em uma prática severamente danosa a MO, afetando conseqüentemente, as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Os autores citam que outro efeito

negativo da queima dos resíduos culturais, está nas emissões de C na forma de CO₂ e outros gases para a atmosfera, que causam o efeito estufa.

2.3.11 Carbono Orgânico (C)

Os dados na Tabela 8 representam os valores para carbono orgânico encontrados em diferentes profundidades e períodos de amostragem do solo. Observa-se redução do C com a profundidade, em ambas as épocas de amostragem. Na camada superficial, ocorreram valores de 14,73 e 10,73 g kg⁻¹ de solo, nos períodos de coleta chuvoso e seco, respectivamente. Os valores obtidos são superiores aos encontrados por Vasconcelos (2010) que variaram de 5,33 a 13,03 g kg⁻¹ e aos de Rodrigues (2006) em estudos com SAFs em Aurora do Pará, variando em torno de 8 g kg⁻¹.

Segundo Luizão et al. (1999) a atividade microbiana se concentra nos primeiros centímetros superficiais do solo, pois nessa camada a fonte/reservatório de nutrientes é mais elevado devido aos processos de decomposição.

Pode-se avaliar que a maior concentração de CO nas camadas mais superficiais do solo, em todas as frações da matéria orgânica do solo, deve-se à deposição de resíduos vegetais sobre o solo, maior presença de raízes e liberação de exudatos e ao processo de decomposição destes resíduos e sua conversão em CO nas diversas frações da matéria orgânica (NICOLOSO, 2005).

Na época chuvosa, em todas as profundidades, foram encontrados maiores teores de C, do que na época seca. Luizão (1989), afirma que a diminuição da precipitação pluviométrica provocou redução do carbono do solo, já que este, comumente, possui uma correlação positiva com o aumento da disponibilidade de água, que, acredita-se proporcionar melhores condições à microbiota do solo, aumentando a sua atividade.

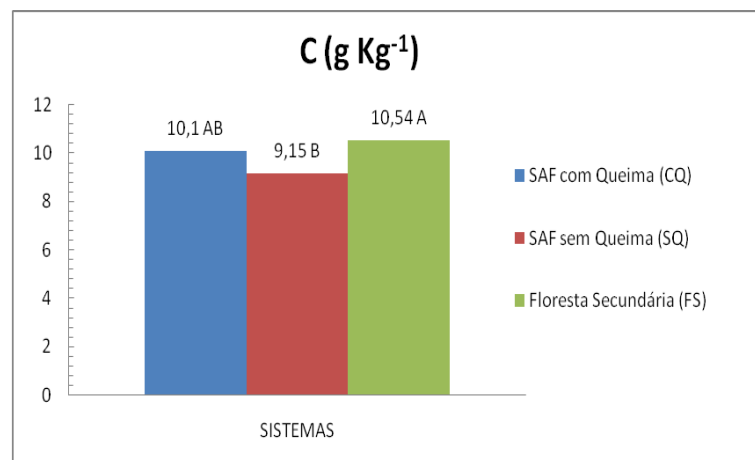
TABELA 8 – Médias dos teores de carbono orgânico (g kg⁻¹) de Latossolo Amarelo em diferentes profundidades e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

PROFUNDIDADE	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
0-5 cm	14,73 a A	10,73 b A
5-10 cm	10,03 a B	8,42 b B
10-20 cm	8,38 a C	7,29 b C

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores de carbono orgânico para os SAFs, com queima, na Figura 21, não diferiram significativamente daquele ocorrido na Floresta secundária. Em relação ao SAF com queima, tal resultado, deve-se ao incremento da disponibilidade do carbono através da queima da matéria orgânica, uma vez que esses dois atributos químicos mantêm uma relação positiva.

Segundo Cerri et al. (1996), as florestas apresentam como sua principal e mais relevante fonte de carbono, a serrapilheira, tendo o aporte desse elemento em solos amazônicos na ordem de 0,35 e 0,45 kg m⁻³, o qual é regulado pelos microrganismos que sofrem influencia direta do pH, drenagem e textura do solo.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 21 – Médias dos teores de carbono orgânico (C) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Greeland e Nye (1959) afirmam que na maioria das regiões florestadas, os teores de C orgânico não sofrem alterações significativas depois da retirada da floresta, não provocando distúrbio ao solo. No entanto, alguns autores como Sanches (1976) e Veldkamp (1994) observaram que a substituição da vegetação nativa por sistemas cultivados provoca diminuição nos teores de C do solo.

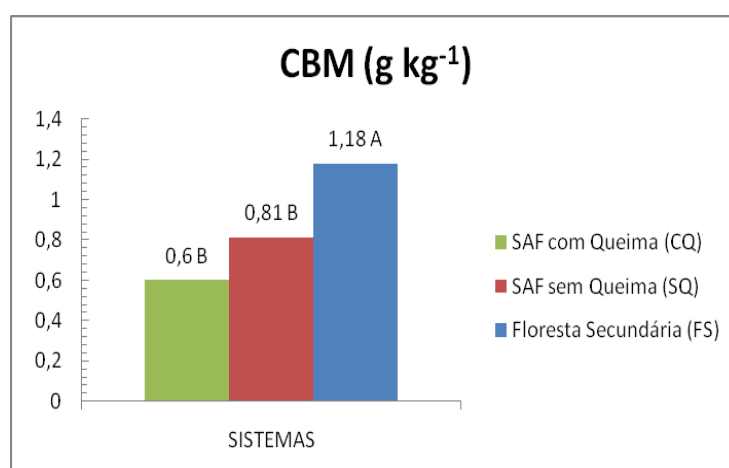
Luizão et al. (2000) verificaram variações na Biomassa Microbiana do Solo (BMS) entre solos sob sistemas agroflorestais oriundos a partir de floresta e capoeira, verificaram ainda que estas variações estavam mais fortemente relacionadas com as concentrações de hidrogênio, do que com as concentrações de nitrogênio e carbono do solo. De modo geral, os sistemas agroflorestais amazônicos encontram-se em solos de baixa fertilidade, elevada saturação e alumínio e em pH ácido, aliado ao fato dos produtores não terem tradição de usar corretivos para a redução de acidez do solo, o que constitui como fator limitante para elevar a produtividade nesses sistemas.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006) para todos os sistemas estudados, foi observado que nas primeiras camadas de solo (0-10 cm) tanto para a estação seca quanto para a chuvosa, ocorreu maior disponibilidade de nitrogênio inorgânico, o que induz ao maior consumo de carbono (liberação de CO₂) pelos microrganismos, acelerando todo o processo através do aumento da atividade da população decompositora que acumula mais nitrogênio na biomassa em resposta à rápida absorção de nitrogênio fornecido.

Os valores encontrados para matéria orgânica seguiram o mesmo comportamento do carbono orgânico, uma vez que foram obtidos por meio de uma relação direta entre esses dois atributos químicos. Os teores desses dois atributos em todas as situações avaliadas, foram considerados de níveis médios (SILVA, 2003).

2.3.12 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

Os dados da Figura 22 expressam o comportamento do Carbono da Biomassa microbiana (CBM) no solo sob diferentes sistemas de uso. Observa-se que os teores encontrados nos SAFs com queima e sem queima, não diferiram significativamente, porém, foram inferiores estatisticamente aos da Floresta Secundária. Tal comportamento pode ser devido à maior eficiência da floresta na ciclagem de nutrientes, ressaltando que os SAFs estudados caracterizam-se como SAFs jovens, que ainda não mostraram toda a sua potencialidade no aporte de matéria orgânica, o que pode ter refletido um baixo teor carbono na forma de CBM.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 22 – Média dos teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamin Constant, Bragança-PA.

Ainda que os SAFs apresentassem inferioridade em relação à Floresta Secundária, mesmo assim, os valores de CBM encontrados em todos os sistemas de uso, são indicativos de condição mais favorável à microbiota do solo, atribuída, possivelmente, ao maior aporte contínuo, e variado de substratos orgânicos, provenientes da maior diversidade de espécies na vegetação nativa e com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição (SILVA et al., 2010; CARDOSO et al., 2009). Tal inferência tem suporte na discussão apresentada por Rodrigues (2006), que trabalhando com diferentes SAFs, encontrou maior valor de CBM igual a $0,45 \text{ g kg}^{-1}$, valor bem menor à média apresentada pelos SAFs deste estudo ($0,7 \text{ g kg}^{-1}$), relacionando o fato aos maiores teores de MO obtidos na camada superficial do solo, na estação seca, com média de $16,05 \text{ g kg}^{-1}$, semelhante à média de $16,59 \text{ g kg}^{-1}$ encontrada na presente pesquisa.

De acordo com Perez; Ramos; McManus (2004), nas condições de mata nativa, a deposição de resíduos orgânicos, a grande quantidade de raízes e a maior quantidade de água retida no solo estimulam a manutenção da microbiota do solo, enquanto solos submetidos à atividade agrícola costumam a apresentar condições adversas, que normalmente, determinam decréscimo da população microbiana.

Vasconcelos (2002) quantificou maiores valores de CBM em vegetação secundária, obtendo valores semelhantes ao observados neste estudo. Pesquisas realizadas por Matsuoka; Mendes; Loureiro (2003) afirmam que a alteração mais sensível dos teores de CBM foi detectada ao compararem diferentes sistemas de cultivos e vegetação nativa do cerrado.

Analisando os SAF com e sem queima observa-se que não houve diferença estatística entre si, porém houve uma tendência de redução do CBM no SAF submetido à queima. Trabalhos realizados por Luizão et al. (1999) afirmam que as queimadas proporcionam redução da biomassa microbiana do solo.

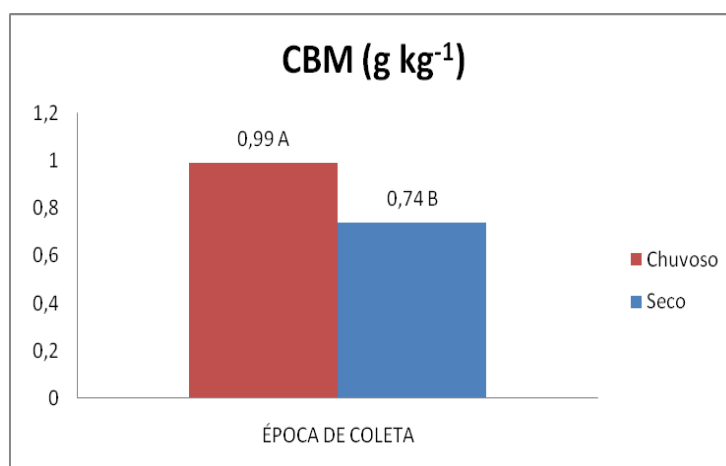
É possível afirmar que, com base nas características dos próprios sistemas, que a menor quantidade de cobertura vegetal no SAF com queima, pode ter contribuído para menores teores de CBM, seja por apresentar menor cobertura do solo e, conseqüentemente, favorecer maiores variações de temperatura e umidade, seja por disponibilizar menor quantidade de substrato orgânico para decomposição e mineralização, fatores esses que exercem destacada influência na atividade e na biomassa microbiana (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Vasconcelos (2002) ratifica que o CBM aumenta com a idade da capoeira. Para Melo (2007) o CBM sob floresta e capoeira com 8 anos foram iguais estatisticamente, tal fato explicado pelo acúmulo do aporte de resíduos orgânicos. Pode-se interpretar que os SAFs

estudados não mostram similaridade com a floresta secundária, por se tratar de SAFs jovens, que ainda não acumularam quantidade representativa de matéria orgânica.

Estudos realizados por Gama-Rodrigues (1997) mostrou que o C da biomassa microbiana foi o que mais contribuiu (27,73%) para a distinção entre as coberturas florestais, enquanto que o C orgânico contribuiu com apenas 6,06%.

A Figura 23 mostra que o CBM foi influenciado significativamente pelas épocas de amostragem do solo, sendo superior no período chuvoso. O carbono possui uma relação positiva com o aumento da disponibilidade da água no solo, o que proporciona melhor desenvolvimento da microbiota, favorecendo a sua atividade na decomposição da matéria orgânica, e assim, proporcionando aumento de carbono na forma de CBM (LUIZÃO, 1989).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 23 – Médias dos teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) de Latossolo Amarelo sob diferentes épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

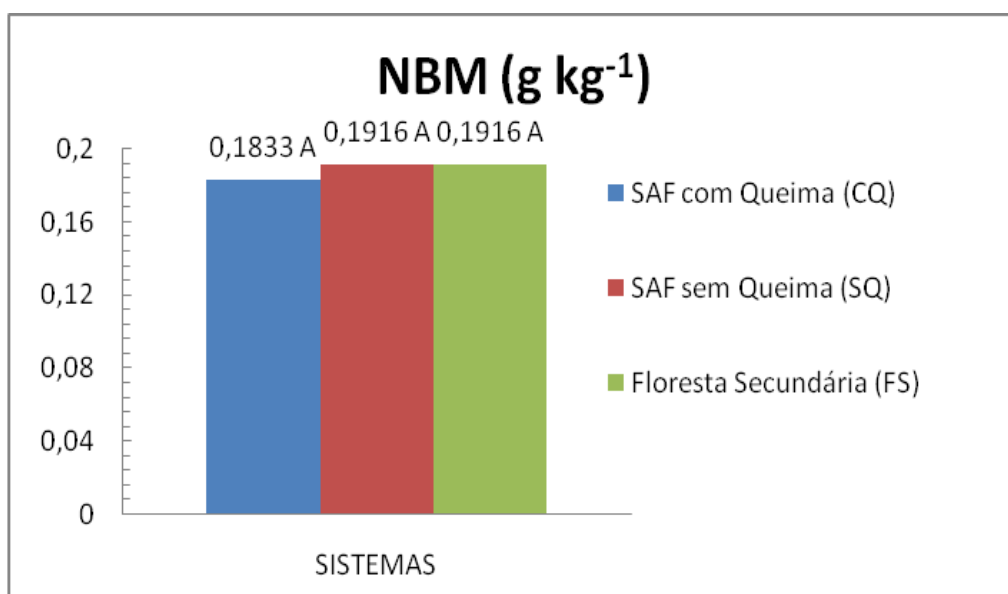
Solos com maiores teores de C orgânico e N total apresentaram maiores reservas de CBM e NBM, as quais foram mais rapidamente mineralizadas nos períodos chuvosos (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Em estudos realizados no sudoeste do Pará, em Argissolo sob diferentes sistemas de manejo, Duarte (2003) obteve menores valores médios de CBM na estação seca, variando de 1,09 a 0,95 g kg⁻¹, para as profundidade de 0-5 e 5-10cm, respectivamente, em comparação aos obtidos no período de maior umidade, de 2,51 e 1,21 g kg⁻¹, nas camadas de 0-5 e 5-10cm, respectivamente. Do mesmo modo, Bittencourt (2003) e Silva, Sena e Silva Jr. (2007), estudando solos de Redenção e Marituba, respectivamente, sob diferentes sistemas de manejo, também encontraram valores maiores de CBM na estação chuvosa, em relação a estação seca.

Pesquisa realizada por Vasconcelos (2010) encontrou valores maiores de CBM no período chuvoso, analisando sistemas com queima, sem queima e capoeira. Os elevados teores de CBM implicam maior imobilização temporária de nutrientes, e conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (MERCANTE, 2004).

2.3.13 Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM)

As médias de NBM não foram influenciadas significativamente por nenhum dos tratamentos. Os valores apresentados nos diferentes sistemas de uso do solo, variaram de 0,1833 a 0,1916 g kg⁻¹ de solo (Figura 24), com tendência de superioridade do SAF sem queima e da Floresta Secundária sobre o SAF com queima. Esta semelhança pode ser atribuída ao efeito acumulativo dos vários anos de deposição de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo, provocando aumento no estoque de carbono e nitrogênio em sistemas conservacionista ou preservados, os quais proporcionam aumento da microbiota do solo (VARGAS; SCHOLLES, 1998).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

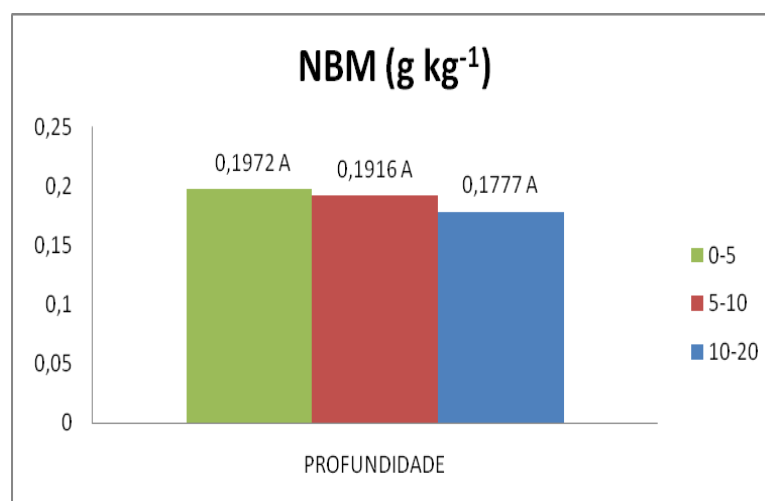
FIGURA 24 – Média dos teores de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamin Constant, Bragança-PA.

Salinas-Garcia; Hons; Matocha (1997) afirmam que em sistemas com menor revolvimento do solo, com manutenção de resíduos vegetais na superfície, aumenta a disponibilidade de substratos nos primeiros centímetros do solo, possibilitando maior concentração de nutrientes na biomassa microbiana.

Para Gosz (1987) citado por Gama-Rodrigues et al. (2005) a biomassa microbiana é proporcionalmente a menor fração do C orgânico do solo e constitui uma parte significativa e potencialmente mineralizável do N disponível para as plantas. Apresenta rápida ciclagem, responde intensamente as flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos.

Bittencourt et al. (2006), verificaram diferenças significativas nos teores de NBM no solo sob três tipos de cobertura vegetal analisados, sendo a maior média dos teores encontrada em de área Mata de Cerrado (0,067 g kg⁻¹ de solo), seguida das obtidas em Campo Natural (0,049 g kg⁻¹ de solo) e Cultivo de Grãos (0,015 g kg⁻¹ de solo).

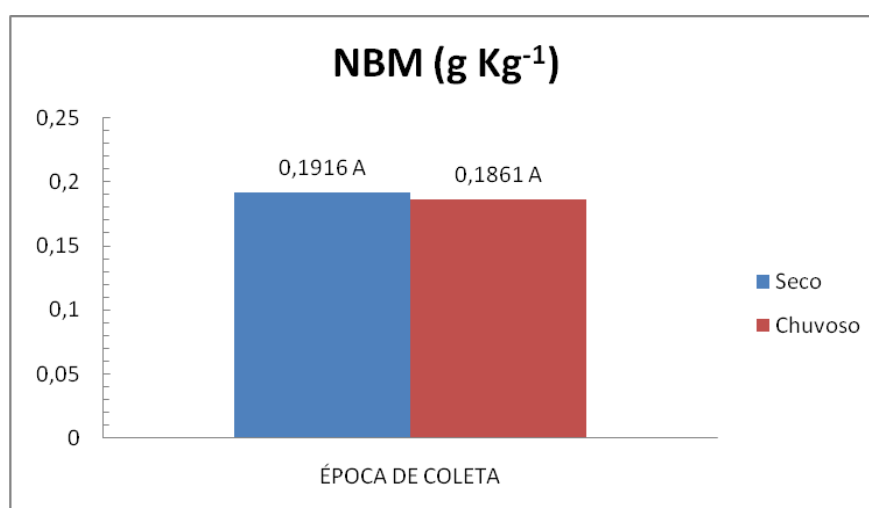
Observando-se a Figura 25, verifica-se que as profundidades estudadas não influenciaram significativamente os teores de NBM do solo, que variaram de 0,1777 a 0,1972 g kg⁻¹, embora se evidencie tendência de redução desses valores, com a profundidade. Estes valores são maiores que os encontrados por Bittencourt et al. (2006), que obteve maior média de NBM na camada superficial de solo sob diferentes sistemas de uso, na estação chuvosa, que decresceu com a profundidade. Os teores corresponderam a 0,053 e 0,033 g kg⁻¹, nas profundidades de 0-5cm e 5-10cm, respectivamente.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 25 – Média dos teores de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) de Latossolo Amarelo sob diferentes profundidades, em Benjamin Constant, Bragança-PA.

As médias de NBM em função das épocas de amostragem do solo são mostradas na Figura 26. O valor encontrado para a época seca ($0,1916 \text{ g kg}^{-1}$) não diferiu significativamente daquele obtido na época chuvosa ($0,1861 \text{ g kg}^{-1}$). Estudando a influência da época seca e chuvosa, sobre os teores de NBM de Argissolo Vermelho Amarelo sob mata de cerrado, área de cultivo de grãos e pastagem natural, em Redenção-PA, Bittencourt et al. (2006) constatou que o período chuvoso foi superior com valor de $0,04 \text{ g kg}^{-1}$, valor inferior aos encontrados na presente pesquisa. Isto pode ser explicado pelo fato de os SAFs acumularem maiores teores de matéria orgânica que os sistemas estudados por aquele autor, favorecendo a atividade da microbiota do solo, fazendo com que sejam encontrados maiores valores de NBM.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 26 – Média dos teores de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) de Latossolo Amarelo sob diferentes épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Estudos realizados por Gama-Rodrigues et al. (2005) mostram que o C e o N da biomassa microbiana (CBM e NBM, respectivamente) foram significativamente influenciados pela época de amostragem, sendo que o período de aumento da precipitação pluviométrica levou ao aumento nos teores de NBM e CBM, ao contrário dos teores de C orgânico e N total. Esses resultados apontam para a influência das condições ambientais na atividade microbiana e no NBM e CBM. Aparentemente, os valores totais de N e C são mais estáticos ao longo do ano nos ambientes.

Resultados de pesquisa realizada por Marumoto; Anderson; Domsch (1982), sugeriram que aproximadamente 76% do N nativo do solo é derivado da morte da microbiota do solo e que ciclos de umedecimento e secagem aumentam a mineralização. Desta forma, é possível utilizar a estimativa da biomassa microbiana como um indicador biológico dos níveis de matéria orgânica do solo, ou como índice da qualidade do solo (MELE; CARTER, 1993; GAMA-RODRIGUES, 1999). Pode-se concluir, por meio dessas informações, que a estação seca favorece maior mineralização do nitrogênio do solo

Deste modo, vale ressaltar que os resultados obtidos no presente trabalho, mostram que os sistemas agroflorestais estudados, no que diz respeito ao NBM, tiveram desempenho semelhante ao da floresta secundária, independente da profundidade e da época de amostragem do solo.

Os altos valores encontrados nesta pesquisa para o NBM, independente da cobertura vegetal, profundidade e época de amostragem, indica que os sistemas de uso estudados mostram-se eficientes no aporte de matéria orgânica, favorecendo maior imobilização de N na biomassa microbiana, conforme exposto por Salinas-Garcia; Hons; Matocha (1997).

2.3.14 Relação Carbono da Biomassa Microbiana:Carbono Orgânico (CBM:C)

Os sistemas de uso e a época de amostragem influenciaram significativamente a relação CBM:C, o mesmo não ocorrendo com a profundidade de amostragem do solo. Em todos os sistemas, os maiores valores percentuais foram encontrados na época seca, com superioridade para os sistemas Floresta Secundária e SAF sem queima, com valores de 11,59% e 8,83%, que não diferiram entre si (Tabela 10).

Esses valores mostram-se bastante elevados sugerindo uma maior imobilização de carbono orgânico pela biomassa microbiana do solo, significando uma acelerada dinâmica da matéria orgânica, como fonte prontamente disponível de nutrientes para as plantas; para isso, supõe-se que a microbiota tenha utilizado o carbono orgânico do solo para fornecimento de energia para o seu organismo, fixando-o, temporariamente, como carbono microbiano. Tal explicação foi usada, também, por Silva Jr. et al. (2000), para justificar variações do carbono da biomassa microbiana em Latossolo Amarelo do sudeste paraense, sob diferentes sistemas de uso do solo.

Os resultados apresentados na Tabela 10, são semelhantes, também, aos obtidos por Duarte (2003), estudando sistemas agroflorestais em Igarapé-Açu, Pará, que relata valores

significativos de CBM:C para as estações de coleta do solo, com a estação seca apresentando um valor mais elevado (13,41%) quando comparado ao período chuvoso (8,33%), independente do sistema de uso do solo.

TABELA 9 – Relação CBM:C (%) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem, Benjamim Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
SAF com Queima (CQ)	1,17 b A	5,38 a B
SAF sem Queima (SQ)	0,79 b A	8,83 a A
Floresta Secundária (FS)	0,95 b A	11,59 a A

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A relação CBM:C, que expressa quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana, apresentou valores que obedeceram a seguinte ordem: Floresta Secundária > SAF sem queima > SAF com queima, notadamente no período seco. Essa observação evidencia a eficiência dos microorganismos na imobilização do carbono, que apresentou tendência inversamente proporcional à intensidade de manejo do solo (Tabela 10). Baixos valores da relação podem ser ocasionados por circunstância em que a microbiota se encontra sob algum fator de estresse (WARDLE, 1994), ou devido à baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o carbono orgânico (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008).

De acordo com Colozzi Filho et al. (1999), sugere-se que os valores da relação do carbono microbiano que expressam uma condição de equilíbrio do C no solo seriam de 2,3 para monoculturas e 4,4 para rotação de culturas (ANDERSON; DOMSCH, 1993). Sendo assim, em solos nos quais esses valores são maiores ou menores estaria ocorrendo, respectivamente, acúmulo ou perdas de C (SILVA et al., 2010).

Ferreira et al. (2002), estudando a dinâmica do carbono da biomassa de um Latossolo de cerrado, encontrou relação entre o carbono do solo e a biomassa microbiana, e que a forma deste carbono seria mais disponível como substrato para decomposição microbiana, em áreas que apresentem maiores teores de matéria orgânica.

2.3.15 Relação Nitrogênio da Biomassa Microbiana: N_{total} (NBM:N)

A relação NBM:N foi influenciada pela interação entre diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem do solo (Tabela 10). Na época chuvosa, os valores percentuais encontrados foram maiores significativamente que aqueles da época seca, com superioridade para os SAFs com queima (4,28%) e sem queima (3,47), que não diferiram significativamente entre si, indicando maior imobilização do N naqueles sistemas.

Os menores valores apresentados na época seca, variando de 1,04% e 1,22%, não mostraram diferença significativa entre os sistemas de uso (Tabela 10). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Bittencourt al. (2006) que verificou relação NBM:N significativamente maior na estação chuvosa, em relação à estação seca, para todos os diferentes tipos de cobertura vegetal estudados. O autor ainda ressalta, que os maiores valores da relação encontrados na estação chuvosa indicam que a mineralização da matéria orgânica é bastante acelerada, uma vez que um percentual elevado do conteúdo total de nitrogênio está na forma de biomassa microbiana, o que a torna uma fonte prontamente disponível desse nutriente para as plantas.

TABELA 10 – Relação do NBM (%) de Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e épocas de amostragens, Benjamim Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
SAF com Queima (CQ)	4,28 a A	1,10 b A
SAF sem Queima (SQ)	3,47 a AB	1,22 b A
Floresta Secundária (FS)	2,52 a B	1,04 b A

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Rodrigues (2006), encontrou variação na relação NBM:N do solo sob capoeira e diferentes SAFs em interação com épocas de coleta do solo, com os maiores valores percentuais entre 2,21% e 4,18%, encontrados no período chuvoso.

Os menores valores da relação obtidos na estação seca nos diferentes tipos de cobertura vegetal indicam menor imobilização do nitrogênio total pela BMS, durante esta estação.

A relação do NBM maior no período de maior precipitação pluviométrica pode ser explicada pela necessidade das bactérias por uma maior umidade do solo (PRIMAVESI, 1990).

2.3.16 Respiração Basal (CO₂)

A Tabela 11 apresenta dados de respiração basal do solo sob a influência dos sistemas de uso e épocas de amostragem, em interação. Os SAFs sem queima e com queima mostraram maiores valores na época seca, 117,93 e 99,98 $\mu\text{gC-CO}_2$, que diferiram significativamente entre si. A floresta secundária foi superior aos SAFs nas duas épocas de amostragem, com valores de 128,25 e 138,70 $\mu\text{gC-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo, para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Vale ressaltar, que o sistema agroflorestal sem queima e a floresta secundária, apresentaram-se superiores ao SAF com queima, independente da época de amostragem.

TABELA 11 – Respiração Basal ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo) em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem, Benjamin Constant, Bragança-PA.

SISTEMAS	ÉPOCA	
	CHUVOSA	SECA
SAF com Queima (CQ)	81,21 a C	99,98 b B
SAF sem Queima (SQ)	109,09 a B	117,93 a A
Floresta Secundária (FS)	138,70 a A	128,25 a A

Médias de um mesmo sistema, seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

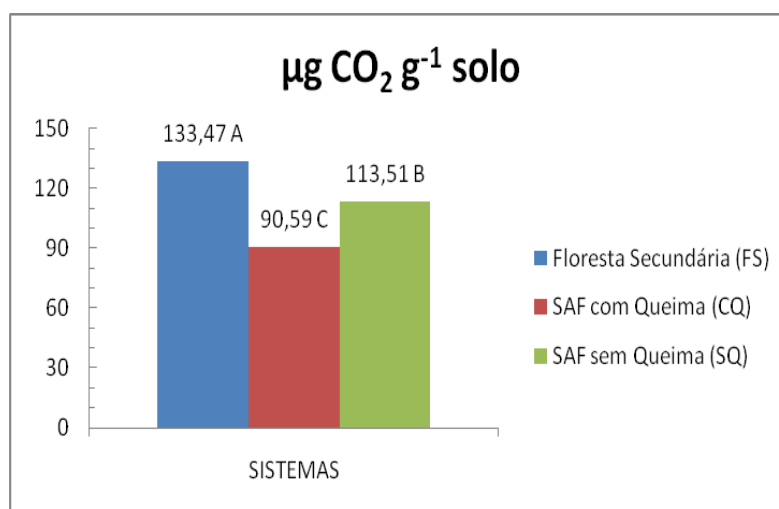
Luizão; Bonde, Rosswall (1992) encontraram valores superiores para a respiração basal na estação climática mais úmida, indicando que houve aumento da atividade microbiana ocasionada pela maior disponibilidade de água no solo. Duarte (2003) obteve, também, maiores valores de respiração basal na época chuvosa, em relação à época seca, respectivamente, de 269,71 e 220,77 $\mu\text{gC-CO}_2 \text{ g}^{-1}$ solo.

Rodrigues (2006) observou em sistemas de uso do solo na Amazônia oriental, maiores valores para a respiração basal na época chuvosa, justificando que os maiores aportes de matéria orgânica e nutrientes se encontram nas camadas superficiais, os quais são necessários para o desenvolvimento da biologia do solo. Nogueira et al. (2006) e Vasconcelos et al. (2005) corroboram resultados de maior atividade microbiana, em épocas com maiores teores de umidade. Vasconcelos et al. (2005) afirmam que a menor atividade microbiana e elevada BMS no período seco, analisando ecossistemas florestais, indica que neste período, a BMS imobiliza mais nutrientes em seu tecido, do que mineraliza.

Para Andrade et. al. (1995) a maior atividade microbiana proporciona o aumento da taxa de mineralização e a velocidade de ciclagem de nutrientes, sem uma correspondente imobilização de nutrientes pela biomassa microbiana. E a maior produção de CO₂ ocorre na fase avançada de sucessão (PEÑA et al., 2005).

Considerando-se que a maior intensidade de atividade biológica ocorre na camada superficial do solo, a sua exposição aos processos erosivos, com a remoção do material do solo devido ao uso ou manejo inadequados, provoca redução na qualidade do solo (ALVARENGA; SIQUEIRA; DAVIDE, 1999).

A Figura 27 mostra a influência dos sistemas de uso estudados, isoladamente, sobre a respiração basal. Os valores apresentaram a sequência crescente: FS > SAF sem queima > SAF com queima, com valores respectivos de 133,47, 113,51 e 90,59 µg CO₂ g⁻¹ solo, que diferiram entre si. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Vasconcelos (2010), onde valores de maiores perdas de C-CO₂ por atividade microbiana ocorreram, também, em sistemas de floresta secundária, explicado pelo maior acúmulo de material orgânico que é depositado pelas plantas e animais neste sistema.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FIGURA 27 – Respiração basal em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso, Benjamim Constant, Bragança-PA.

Monteiro e Gama-Rodrigues (2000) estudando diferentes ecossistemas florestais observaram que a menor atividade microbiana nos sistemas de uso do solo, provavelmente, deve-se a menor quantidade de substrato disponível para ação dos microorganismos.

Nunes; Araújo-Filho; Menezes (2009), ao estudarem o impacto da queima tradicional para o preparo do solo em áreas de Caatinga, verificou que a redução do aporte de resíduos culturais pela queima, reduz a disponibilidade de alimentos proporcionando uma redução na biodiversidade microbiana.

Barros et al. (2008) ressaltam que os sistemas conservacionistas, como os sistemas agroflorestais, em virtude da semelhança com sistemas naturais, podem representar a combinação ideal para a biologia do solo, pela oferta de refúgio e a alta disponibilidade de matéria orgânica, para a ciclagem de nutrientes, sem que haja grandes perturbações advindas de manejo intensivo (LUIZÃO; SCHUBART, 1987), e podem até mesmo favorecer o restabelecimento da fauna do solo e dos diversos benefícios decorrentes da atividade desses organismos ao sistema (LIMA et al., 2010).

Analisando os sistemas estudados, infere-se que o decréscimo da atividade da biomassa microbiana, na ordem floresta secundária, SAF sem queima e SAF com queima, indica que a quantidade de matéria orgânica, se manejada de forma eficiente, proporcionando a cobertura do solo, favorece a manutenção da umidade, passando a ser considerado fator importante para o bom equilíbrio do ecossistema. Então, os sistemas de manejo que conservem a matéria orgânica do solo, como os sistemas agroflorestais, devem ser recomendados para a sustentabilidade dos solos tropicais.

Para Wardle (1992), atributos químicos e variáveis macroclimáticas, considerados em conjunto, são quase sempre capazes de explicar a variação global da atividade e dos teores de C e N da biomassa microbiana, especialmente em solos florestais.

3 CONCLUSÃO

- O SAF estabelecido em área queimada, mostra-se tão eficiente quanto a Floresta Secundária e superior ao SAF sem queima, no aporte de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, mostrando os maiores valores para N, P, Ca, Mg e MO na época chuvosa e na camada superficial do solo;
- A época chuvosa reduz o Al trocável e aumenta a acidez potencial na camada de 0-5 cm, independente do sistema de uso do solo;
- A redução da umidade aumenta o pH na camada superficial do solo sob SAF, em área manejada com queima;
- O CBM e a Respiração Basal, diferentemente do NBM, se mostraram índices biológicos sensíveis em detectar alterações provocadas no solo pelos diferentes sistemas de uso, nas diferentes épocas de estudo;
- Dos sistemas de manejo e cobertura vegetal estudados, o SAF sem queima apresentou maior atividade microbiana, semelhante à da Floresta Secundária, independente da estação climática, indicando que esse modelo de SAF conserva mais eficientemente a matéria orgânica no solo, que sofre maior intensidade de mineralização, aumentando a ciclagem de nutrientes, sendo por isso, recomendado para a sustentabilidade de solos tropicais;

4 REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT, T. M.; THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: phosphate. **Soil Till. Res.**, 53:255-273, 2000.
- ALBRECHT, S. L.; RASMUSSEN, P. E.; SKIRVIN, K. W. e GOLLER, R. H. Is burning an effective management practice for the Pacific Northwest cereal region? In: **Albrecht S.L** (ed.), 1995. p. 105-109.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Londres: Academic Press, 1995. 576p.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de et al. **Sistemas Agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o Estado de Rondônia**; 1 – Histórico, aspectos econômicos e perspectivas de mercado. Secretária de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Porto Velho:PLANAFLORO; PNUD, 1995. 59p.
- ALMENDROS, G.; POLO, A.; LOBO, M. C. e IBAÑEZ, J. J. Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia organica del suelo. **Rev. Ecol. Biol. Sol**, n. 21, p.145-160, 1984.
- ALMENDROS, G.; GONZALEZ-VILA, F. J.; MARTIN, F. Fire-induced transformation of soil organic matter form na oak forest: na experimental approach to the effects of fire on humic substances. **Soil Science**, Baltimore, v.149, p.158-168, 1990.
- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciênc. Agrotec.**, v. 23, n.3, p. 617-625, jul./set. 1999.
- ALVIM, P. de T. Tecnologias apropriadas para a agricultura nos trópicos úmidos. **Agrotropica**, Ilhéus, ano 1, n.1, p. 5-23, 1989.
- ANDERSON, J. M. Why should we care about soil fauna? **Pesq. Agrop. Bras.**, v. 44, p. 835-842, 2009.
- ANDERSON, J. P. E; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v. 10, p. 215-221, 1978.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Rations of microbial biomass carbon to total organic in arable soil. **Soil Biol. Biochem.**, v. 21; p. 474-479, 1989.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI-FILHO, A.; PAVAN, M. A.; BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Atividade microbiana em função da calagem de um solo cultivado com cafeeiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 19, p. 191-196, 1995.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere**, Oxford, v. 64, p. 1043-1046, 2006.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 52, p. 799-804, 2003.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural ¹³C abundance. **Soil Biol. Biochem.**, v. 24; p. 97-101, 1992.

BANDY, D.; GARRATY, D. P.; SANCHES, P. El problema mundial de la agricultura de tala y queima. **Agroforesteria em las Americas**, v. 1(3), p. 14-20. 1994.

BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A .R. L.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, p. 171-191; 2008.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. Características agroclimatológicas do Município de Igarapé-Açu. In: Seminário Sobre Manejo da Vegetação Secundária Para a Sustentabilidade da Agricultura Familiar da Amazônia Oriental, Belém, 1999. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/CNPq, p.51-58, 1999.

BERG, B. Litter decomposition and an organic matter turnover in northern forest soils. **For. Ecol. Manag.**, v. 133, p. 13-22, 2000.

BESSHO; T.; BELL, L. C. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. **Plant and Soil.**, v. 140, n. 2, p. 183-196, 1992.

BITTENCOURT, K. S. Q. Q. **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em um argissolo vermelho amarelo sob vegetação de cerrado e cultivo de grãos em Redenção, Pará**. 2003. 119 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.

BITTENCOURT, K. do S. Q. de Q.; SANTOS, M. M. de L. S.; MORAIS, F. I. de O.; SILVA JÚNIOR, M. L. da; MELO, V. S. de; SOARES, N. T. Nitrogênio da biomassa microbiana em Argissolo Vermelho Amarelo sob mata de cerrado, área de cultivo de grãos e pastagem natural de Redenção – Pará. **Rev. ciênc. agrár.**, Belém, n. 45, p. 187-203, jan./jun. 2006

BOHN, H. L.; O´CONNOR, G. A. **Soil Chemistry**. New York, John Wiley and Sons, 1979, 329 p.

BONILLA, A. L. C. **Balanco de nitrogênio em microbacias pareadas (floresta vs pastagem) no estado de Rondônia**. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2005.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen; a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, p. 837-842, 1985.

BUDOWKI, G. Aplicabilidad de los sistemas agroflorestales, In: **Sistemas agroflorestales: Principios y aplicaciones en los tropicos**. San José: OTS Y CATIE, p. 653-659. 1986

CAMARGO, F. A. O. **Fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. 1996. 151p. Tese (Doutorado). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Comparative study of five hydrolytic methods in the determination of soil organic nitrogen compounds. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 28; p. 1303-1309. 1997.

CAMARGO, O. A. de; RAIJ, B. V.; VALADARES, J. M. A. da S. Avaliação da capacidade de troca de cátions em solos utilizando o método do tampão SMP. **Bragantia**, v. 41, art. 12, Jun. 1982.

CANTO, A. do C.; SILVA, S. E. L. da; NEVES, E. J. M. Sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental: aspectos técnicos e econômicos. In: Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal, 2, 1991, Curitiba **Anais...** EMBRAPA-CNPQ, v.1, p. 23-36, 1992.

CARDOSO, I. M.; SOUZA, H. N.; MENDONÇA, E. S. **Biodiversidade**, recurso genético e cuidados fitossanitários. **R. Ação Ambiental**, v.31, p.18-20, 2005.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L.N; MOREIRA, F. M.S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, p. 631-637, 2009.

CARMO, J. B. do; NEILL, C.; MONTIEL, D. C. G.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; STEUDLER, P. A.; ANDRADE, C. A.; PASSIANOTO, C. C.; FEIGL, B. J.; MELILLO, J. M. Nitrogen dynamics during till and no-till pasture restoration sequences in Rondônia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, **Kluwer Academic Publishers**, v. 71, p. 213-225, 2005.

CASSINI, S. T. **Ciclo do Nitrogênio**. Livro-Texto. Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2005.

CAVALCANTI, L. H. **Efeito das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo subarborescente do Cerrado de Emas**. 1978. 219 p., Tese (Doutorado). 1978.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. N. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes

agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 9; p. 1-14, 1985.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J. L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: **O Solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado**. ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds), Viçosa: SBCS, UFV, DPS, 1996, 930p.

CHAIN, K. Y.; DALAL, R. C. Soil organic matter in rainfed cropping system of the Australian cereal belt. **Austr. J. Soil Res.**, v. 39, p. 435-465, 2001.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. & ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e seu efeito sobre componentes da acidez de um Oxisol sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 527-535, 2004.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A. **Fundamentals of soil ecology**. Academic Press, London, 1996. 201p.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. S. Microorganismos e processos biológicos no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. Eds. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa, MG, SBCS; Lavras, UFLA/DCS, p. 487-508. 1999.

CONTO, A. J.; HOMMA, A. K. O.; GALVÃO, E. U. P.; FERREIRA, C. A. P.; AMORIM, R. A. A modernização da pequena propriedade na região nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., 1996, Aracaju. **Anais...** Brasília, DF: SOBER, 1996. p. 385-410.

CORDEIRO, I. M. C. C.; LAMEIRA, O. A.; LOPES S. da C.; RIOS M. S. **Germinação in vitro de Paricá** (*Schizolobium amazonicum* Huber). **Biotechn. Ci. & Desenvol.**, n. 27, julho, 2002.

COSTA, D. H. M.; REBELO, F. K.; DAVILA, J. L.; SANTOS, M. A. S. dos; LOPES, M. L. B., **Alguns aspectos silviculturais sobre o paricá**. Belém, BASA - Série rural 2, 1998. 23p.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27; p. 527-535, 2003.

COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ci. Rural**, v. 36, p. 693-700, 2006.

COUTINHO, L. M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley, B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, p. 273-291. 1982.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (Ed.) **Fire in the Tropical Biota**. Berlin: Spring-Verlag, p. 82-105, 1990.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um latossolo da Amazônia central sob cultivos sucessivos. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 607-616, 1997.

DICK, R. P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. **Agricultural Ecosystems Environmental**, v. 40, p. 25-36, 1992.

DUARTE, A. N. **Avaliação da biomassa microbiana de um Argissolo sob diferentes Sistemas Agroflorestais instalados no município de Igarapé-Açu-Pará**. 2003. p.86, Dissertação, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.

DUDA, G. P. **Conteúdo de fósforo microbiano, orgânico e biodisponível em diferentes classes de solo**. 2000. 150p. Tese (Doutorado). 2000.

EGLER, C. A. G. Zona Bragantina no Estado do Pará. **Rev. Bras. de Geog.**, v. 23; p. 527-555, 1961.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 247p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. CNPS.-2. ed. atual.- Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, Produção de Informações, 1999. 412p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – CPATU. Produzir sem queimar – Projeto Tipitamba. **Folder**. Belém-Pa, 2001.

FALCÃO, M. de A.; CLEMENT, C. R. Fenologia e produtividade do Ingá (*Inga edulis* Martius) na Amazônia central. **Acta Amazônica**. v. 30, p. 173-180. 2000.

FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. **Recuperação de Áreas Antropizadas da Mesorregião do Nordeste Paraense através de Sistemas Agroflorestais**. n. 1, EMATER-PA. Belém, 2002. 25p.

FALLEIRO, R. M.; SOUSA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades físicas e químicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FAO. **State of the world's Forest**. Roma: FAO, 2003.

FASSBENDER, H. W. Intercâmbios cationico y anionico. In: **Química de Suelos com ênfasis em Suelos da America Latina**. San Jose: IICA, 1984. 238p.

FAUCI, M. F.; DICK, R. P. Microbial biomass as an indicator of soil quality: effects of long-term management and recent soil amendments. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. B. (Eds) **Defining soil quality soil for sustainable environment**, Madison: SSSA/ASA, p. 229-234, 1994 (SSSA Special Publication Number, 35).

FEIGL, B. J.; SPARLING, G. P.; ROSS, D. J.; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazon soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 11, p.1467-1472, 1995.

FEIGL, B. L.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Balanço de carbon e biomassa microbiana em solos da Amazônia, In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de (Ed) **Ecologia microbiana**, Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, Cap.17, p 423-441. 1998.

FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Características químicas do solo em área de pastagem nativa recém queimada no Pantanal arenoso, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 18p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 36).

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana (BM) em 5 profundidades de um Latossolo no Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2002, Rio de Janeiro. *Resumos expandidos...Anais*. Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM

FERREIRA, C. P.; KATO, O. R.; COSTA, C. A. C. Carbono orgânico, nitrogênio e a razão C/N em solo sob sistemas agroflorestais no nordeste paraense, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5, 2004, Curitiba. **CD-Rom** Curitiba: EMBRAPA, 2004.

FERREIRA, M. das G. R.; NOGUEIRA, A. E.; DAMIÃO FILHO, C. F. **Estudo morfológico de folhas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Embrapa Rondônia, Porto Velho,(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 33, 2006. 12 p.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, L. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi arid soils under subsistence farming. **Soil Soc. Am. J.**, v. 68, p. 215-224, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamento puros e mistos em solos de tabuleiro na Bahia, Brasil.** 1997. 107p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre, **Genesis**, 1999. 491p.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. de A. Nitrogênio, Carbono e Atividade da Biomassa Microbiana do Solo em Plantações de Eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O., Eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2 ed. Porto Alegre, Metropole, p. 159-170, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R.R.C.; MULLER, M.W. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de cultivo de cacau no sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5, 2004, Curitiba. **CD-Rom.** Curitiba: EMBRAPA, 2004.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbon em solos de Itaguaí (RJ): comparação entre métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Campinas, v. 18, p. 427-432, 1994.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biol. Biochem.**, v. 34, p. 93-102, 2002.

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

GREGORICH, E. G.; VORONEY, R. P.; KACHANOSKI. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures, toxicity in subsoils. **Soil Sci. Soc. Am. J. Madisom**, v. 50, p. 28-34, 1990.

HERINGER, I. **Efeito do fogo por longo período e de alternativas de manejo sobre o solo e a vegetação de uma pastagem natural.** 2000. 208p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

HOLSCHER, D.; LUDWIG, B.; MOLLER, M. R. F.; FOLSTER, H. Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. **Agric. Ecosyst. Environ**, v.66, p.153-163, 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bragança, Norte, Pará.** Coleção de Monografias Municipais, Nova Série, v. 17, p. 1-16, 1983.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ – IDESP. **Diagnóstico do Município de Bragança**. Belém: Coordenadoria de Documentação e Informação, 1998.

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A.; IZAURRALDE, R. C.; ELLERT, B. H.; JUMA, N.; MCGILL, W. B. & ZENTNER, R. P. Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. **Soil Till. Res.**, v. 47, p. 181-195, 1998.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and Turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., ed. New York: Marcel Dekker, **Soil Biochemistry**, v.5. p. 415-471. 1981.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. Residual effects of soil fumigation on soil respiration and mineralization. **Soil Biology and Biochem.**, Oxford, v. 2, p. 99-108, 1976.

JOERGENSEN, R. G.; MULLER, T. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the K_{EN} value. **Soil Biology and Biochem.**, v. 28, p. 33-37, 1996.

JOHNSON, C. E.; JOHNSON, A. H.; HUNTINGTON, T. G. Whole – tree clear – cutting effects on soil horizons and organic matter pools. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 55, p. 497-502, 1991.

JORDAN, C. F. Ciclagem de nutrientes e silvicultura de plantações na bacia amazônica. In: XVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Ilhéus – BA, **Anais...** 1985.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.) **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, p. 3116-3126, 2002.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, S.; MARTIN, A.; BAROIS, S.; TOUTAIN, F.; SPAIN, A.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystem. Application to soils in the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, p.130-150, 1993.

LIMA, S. S. de; AQUINO, A. M. de; LEITE; L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesq. agropec. bras.**, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

LIMA, M.; LIGO, M.^a; CABRAL, M. R.; BOEIRA, R. C.; PESSOA, M. P. Y; NEVES, M. C. **Emissão de gases de efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 1999. 60p. (Documento, 07)

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 723-729, 2000.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de Análise de Solo: conceitos e aplicações**. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 2).

LUIZÃO, R. C. C. **Variações temporais da biomassa microbiana e aspectos da ciclagem do Nitrogênio em solos de floresta natural e de sistemas manejados na Amazônia central.** 1989. 67 p. Dissertação (Mestrado) – PPG INPA/FUA, Manaus, 1989.

LUIZÃO, R. C. C.; BONDE, T. A.; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass – the effects of clear-felling a tropical rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. **Soil Biology and Biochem.**, Exeter, v. 24, n. 8, p. 805-813. 1992.

LUIZÃO, R. C. C.; COSTA, E. S. LUIZÃO, F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades e pastagens após derrubada e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta amazônica**, v. 29, p. 43-56. 1999.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.; SILVA, G. C. da; SOUZA, L. de S. Manipulação da liteira em vegetação secundária e seu efeito sobre a biomassa microbiana do solo. In: Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 6, Fertbio 2000, Santa Maria, RS, **Anais...** 2000.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of central Amazonia. **Experientia**, v. 43, p. 259-265, 1987.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. A. A matéria orgânica nos solos. In: **Fundamentos da química no solo.** Rio de Janeiro, p. 36-45, 2001.

MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N. T. (Eds.). **Agroforestry: classification and management.** New York: John Wiley & Sons, 1990. 382 p.

MAFRA, A. L. et al. Adição de nutrientes ao solo em sistemas Agroflorestais do tipo “cultivo em aléias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Sciencia Florestalis**, v. 54, p. 41-54, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo.** 3ª Edição, São Paulo, Ceres, 1976. 528p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação.** Ed. Agronômica Ceres. 1981.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 44, p. 1011-1020, 2009.

MARCHIORI JÚNIOR, M. **Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana e atividade enzimática num solo sob mata natural ou cultivado com pastagem ou algodoeiro.** 1998. 70p. Dissertação (Mestrado). UNESP-FCAV, Jaboticabal, 1998.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, 2000, p.1177-1182.

MARUMOTO, T.; ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochem.**, v.14, p. 469-475, 1982.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais na região de Primavera do Leste (MT). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.

MELE, P. M.; CARTES, M. R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as na indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R. **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. Chichester, John Wiley, 1993. 392p.

MELO, M. S. **Florística, Fito-sociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no nordeste do Pará – Brasil**. 2004. 116p. Dissertação (Mestrado), ESALQ / USP, Piracicaba, 2004.

MELO, V. S. de. **Avaliação da qualidade do solo em sistemas de floresta primária-capoeira-pastagem na Amazônia oriental por meio de indicadores de sustentabilidade microbiológicos e bioquímicos do solo**. 2007. 120p. Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa - Amazônia Oriental, Belém-PA, 2007.

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

MENEZES, L. A. S. **Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado). 2002.

MERCANTE, F. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20, 2004.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana do solo sob diferentes ecossistemas florestais da região Norte Fluminense**, e-mail: emanuela@uenf.br. 2000

MORAES, J. F. V., Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de oxido redução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.8, n.7, p.93-101, 1973.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras. Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

NAIR, P. K. R. An Introduction do Agroforestry. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht. 1993, 499p.

NASCIMENTO, P. C. do; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. de Sá; ZOFOLLI, H. J. de O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hifomórficos do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, n. 2, p. 339-348, 2010.

NASCIMENTO, M. E.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. (2004). **Fertilizantes e Sustentabilidade. O potássio na Agricultura brasileira**. Série estudos e documentos, 64p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicações/Séries>. Acessado em 12/01/2011.

NEILL, C.; MELLILO, J.M.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks followings Forest clearing for pasture in the southern Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, Washington, v. 7, p. 1216-1225. 1997.

NEVES, C. M. N. N.; SILVA, M. L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G., FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S.. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas agrossilvopastoris o noroeste do estado de Minas Gerais. **Sci For.**, v. 74, p. 45-53, 2007.

NEVES, L. S. das; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33, p. 25-32, 2009.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica no solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto**. 2005. 149f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; DUARTE, R. T. D.; GIOPPO, N. M. R.; MENNA, P.; ORLANDI, J. M.; RAIMAN, M. P.; RAMPAZO, L. G. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, M. E. Z.; VIEIRA, F. P.; TOREZAN, J. M. D.; HUGRIA, M.; ANDRADE, G. Promising indicators for assesment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agric., Ecosyst. and Environment**, v. 115, p. 237-247, 2006.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. I. de Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Sci. Agr.**, v. 10, p. 43-49, 2009.

OLIVEIRA, M. do S. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí** (Euterpe Oleracea, Mart). Jaboticabal: FUNEP. 2000, 52p.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas. Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PAUSTIAN, K.; ANDRÉN, O.; JANZEN, H. H.; LAL, R.; SMITH, P.; TIAN, G.; TIESSEN, H.; Van NOORDWIJK, M. & WOOMER, P. L. Agricultural soils as a sink to mitigate CO2 emissions. **Soil Use Manag.**, v. 13, p. 230-244, 1997.

PARRON, L. M.; BUSTAMANTE, M. M. da C.; PRADO, C. L. C. **Mineralização de Nitrogênio e Biomassa Microbiana em Solos de Mata de Galeria: efeito do gradiente topográfico**. Embrapa Cerrados, 2003. 25 p.

PARTON, W. J.; SANFORD, R. L.; SANCHEZ, P. A.; STEWART, J. W. B. Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D. C.; OADS, J. M.; WEHARA, G., eds. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu, NifTal Project, p. 153-171, 1989.

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

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PENEREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão: um estudo de caso**. Piracicaba, 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1999.

PEÑA, M. L. P.; MARQUES, R.; JAHNEL, M. C.; ANJOS, A. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 1, p. 117-127, 2005.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F.; Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. Agr.**, v. 57, n. 3, p. 531-537, jul./set. 2000.

PEREZ, K. S.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 39, p. 567-573, 2004.

PICCOLO, M. C.; NEILL, C.; CERRI, C. C. Net mineralization and net nitrification along atropical forest-to-pasture chronosequence. **Plant and soil**, v. 28, n. 2, p. 61-70. 1994.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to atmosphere during experimental burnings in an open Cerrado. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.8, p.487-497, 1992.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1987.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.

RAHN, C. R.; LILLYWHITE, R. D. A study of the quality factors affecting the short-term decomposition of field vegetable residues. **J. Sci. Food Agric.**, v. 82, p. 19-26, 2001.

RAIJ, B. V.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas. Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, M. da S. **Composição granulométrica e características químicas do solo de uma topossequência sob pastagem, numa frente pioneira da microrregião de Marabá-PA.** 2005. p.71. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém-PA. 2005.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I; CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo.** v. 27, p. 41-49, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; CASSOL, P. C.; KAMINSKI, J.; ANGHINONI, I. Fósforo orgânico no solo. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto alegre, **Gênesis**, p.139-152, 1999.

RHODEN, A. C. **Potencial de Mineralização Anaeróbia do Nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul.** 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005.

RODRIGUES, R. C. **Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por meliáceas utilizadas como indicadores biológicos de qualidade do solo.** 2006. 101 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 2006.

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C. & BRANCALIÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 875-884, 2003.

ROSS, D. J. Soil microbial biomass estimate by the FI procedure: Seasonal Fluctuations and influence of soil moisture content. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 397-404, 1987.

RUIVO, M. L. P. **Vegetação e característica do solo como indicador re reabilitação de áreas minerada na Amazônia Oriental.** 1988. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1998.

RUIVO, M. L. P.; AMARAL, I. G.; FARO, M. P. da S.; RIBEIRO, E. L. C.; GUEDES, A. L. S.; SANTOS, M. M. de L. S. Caracterização química da manta orgânica leve em diferentes tipos de solo em uma topossequência na ilha de Algodão/Maiandeuá, PA. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, Série. Ciências Naturais, v. 1, n. 1, p. 227-234, abr. 2005.

SALGADO, B. G. **Caracterização de sistemas agroflorestais com cafeeiro em Lavras - MG.** 2004. 115f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

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

SALINAS-GARCIA, J. R.; HONS, F. M.; MATOCHA, J. E. Long terms effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 61, p. 152-159, 1997.

SANCHES, P. A. **Soil organic matter. In: Properties and management of soils in the tropics.** New York, J Willey Chap. 5, 1976. 246 p.

SANCHES, P. A.; VILLACHICA, J. H.; BANDY, D. E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v. 47, p. 1171-1178, 1983.

SANTOS, B. M.; DUSKY, J. A.; STALL, W. M.; SHILLING, D. G.; BEWICK, T. A. Phosphorus effects on competitive of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) with lettuce (*Lactuca sativa*). **Weed Sci.**, v. 46, p. 307-312, 1998.

SANTRUCKOVA, H. Microbial biomass, activity and soil respiration en relation to secondary susseccion. **Pedology**, v. 36, p. 341-350, 1992.

SCHLESINGER, W. H.; ANDREWS, J. A. 2000. Soil respiration and the carbon cycle. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 7 - 20, 2000.

SENA GOMES, A. R. et al. Sistemas Agroflorestais na recuperação de áreas degradadas tropicais úmidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, III, 2000, Manaus, **Anais....** p. 388-391. 2000.

SENA, W. de L. **Avaliação dos atributos químicos e carbono microbiano de um Latossolo Amarelo sob sistemas agroflorestais em comparação coma floresta secundária, Marituba, Pará.** 2006. 103p., Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa- Amazônia Oriental, Belém-PA, 2006.

SERRÃO, E. A. S.; HOMMA, A. K. O. **Recuperação e melhoramento de pastagens cultivadas em áreas de floresta Amazônica.** Belém: Embrapa. CPATU, 1982 (Boletim Técnico, 17).

SILVA, G. R.; SENA, W. L.; SILVA JR., M. L. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana como indicadores ambientais de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 48, p.71-83, 2007.

SILVA, S. B. **Análise de solos.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2003. 152p.

SILVA, C. R.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; DEL REI, A. J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 101-107, 2007.

SILVA, R. R. da; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. de S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e a atividade microbiana do solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes- MG. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA JUNIOR, M. L.; MELO, V. S.; MORAIS, F. I. O.; CHAVES, L. C. S. Efeitos de diferentes usos da terra no carbono da biomassa microbiana em Latossolo Amarelo muito

argiloso de Paragominas – PA, obtido pelo método da fumigação-extração. In: Fertbio 2000. Santa Maria, RS. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.

SILVEIRA, P. M. da; CUNHA, P. C. R. da; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. dos. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010

SOARES, J. L. N.; ESPÍNDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. de. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p. 1005-1014, 2005.

SMITH, T. J. Manejo da fertilidade do solo para a produção sustentada de cultivos na Amazônia. In: **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa. MG, p. 71-94, 1996.

SOUZA, D. M. P.; SOUZA, M. L. P. Alterações provocadas pelo florestamento de Pinus sp. **Revista Floresta**, v. 12, n. 2, p. 36-50, 1981.

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

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

TIESSEN, H; MOIR, J. O. Characterization of available P by sequential extraction. In: CARTER, M. R., Ed. **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton, Lewis, p.75-86. 1993.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuaria, 1997. 247 p.

TRAMINN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadores de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 1173-1184, 2007.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C. & JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **C. Soil Biology & Biochemistry**, v.19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Rev. Bras. de Ci. do Solo**, v. 24, n. 441-417, 1998.

VASCONCELOS, L. G. T. R. **Biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária na Amazônia Oriental**. 2002. 80f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2002.

VASCONCELOS, L. G. T. R.; ZARIN, D. L.; CARVALHO, C. J. R.; SANTOS, M. M. L. S.; VASCONCELOS, S. S.; OLIVEIRA, F. A. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária de diferentes idades na Amazônia Oriental. **Rev. de Ci. Agr.**, n. 44, p. 49-63, 2005.

VASCONCELOS, J. M. **Indicadores químicos e biológicos de latossolo amarelo submetido ao sistema de preparo de area usando a queima e trituração da vegetação no Nordeste Paraense**. 2010. p.105. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2010.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in tropical soils under pastures after deforestation. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v. 58, p. 175-180, 1994.

VENTURIERI, G. A.; ALVES, M. L. B.; NOGUEIRA, M. Q. O Cultivo do cupuaçuzeiro. **Informativo SBF**, Itajaí, v. 4, n. 1, 1985.

VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; FANTE, Lorival; SIQUEIRA NETO, Marcos ; CERRI, C. C. . Root systems and soil microbial biomass under no tillage system. **Sci. Agric.**, Piracicaba, Brazil, v. 61, n. 5, p. 529-537. 2004.

VERCHOT, L. V.; DAVIDSON, E. A.; CATTANIO, J. H.; ACKERMAN, I. L.; ERICKSON, H. E.; KELLER, M. Land-use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. **Global Biogeochemical**. v. 13, p. 31-46. 1999.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. dos. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. 1987.

WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. IN: HUNGRIA, M. E ARAÚJO, R. S. Eds. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, EMBRAPA, p. 419-436. 1994.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, Praga, v. 67, p. 321-358, 1992.

WARDLE, D. A.; PARKINSON, D. Relative importance of the effects of 2,4-D, glyphosate and environmental variables on the soil microbial biomass. **Plant Soil**, v. 134, p. 209-219, 1991.

WASTOWSKI, A. D.; DA ROSA, G. M.; CHERUBIN, M. R.; RIGON, J. P. G. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (edxf). **Quim. Nova**, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 4.ed. Wallingford, CAB International, 1994. 276 p.

XAVIER, F. A. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, n. 2, p. 247-258. 2006.

ANEXO

Anexo 1A. Resumo da análise de variância dos atributos químicos e microbiológicos de Latossolo Amarelo, em diferentes sistemas de usos do solo, profundidade e época de amostragem, em Benjamim Constant, Bragança-PA.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios (variância)															
		NBM	NBM:N	CO ₂	CBM	CBM:C	pH	N	H+Al	Al	P	K	C	MO	Ca	Mg	CTC
Sistemas (S)	2	0,0000041 ^{ns}	3,80*	8288,68**	1,521**	40,43 ^{ns}	0,17**	0,101*	5,69 ^{ns}	0,327 ^{ns}	12,64**	0,00040**	9,09*	27,06*	2,37**	0,126*	11,01**
Resíduo (A)	6	0,0000420 ^{ns}	0,58 ^{ns}	112,49 ^{ns}	0,071 ^{ns}	9,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,011 ^{ns}	1,33**	0,236**	0,27 ^{ns}	0,00002*	1,53 ^{ns}	4,59 ^{ns}	0,18**	0,024**	0,88**
Profundidade (P)	2	0,0000180 ^{ns}	2,61 ^{ns}	3903,68**	0,083 ^{ns}	4,83 ^{ns}	0,20**	0,680**	2,03**	1,726**	11,83**	0,00385**	114,66**	340,75**	5,51**	1,195**	14,10**
Interação S*P	4	0,0000133 ^{ns}	2,44 ^{ns}	2805,58**	0,015 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,070*	0,02 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,00011 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,79 ^{ns}	2,00**	0,175**	1,43 ^{ns}
Resíduo (B)	12	0,0000111 ^{ns}	1,20 ^{ns}	509,16 ^{ns}	0,058 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,00006**	1,14 ^{ns}	3,39 ^{ns}	0,12**	0,023**	0,44**
Época (E)	1	0,0000041 ^{ns}	71,82**	441,69 ^{ns}	0,843**	785,31**	3,24**	11,947**	3,64**	0,207*	66,97**	0,00001 ^{ns}	67,49**	200,60**	0,93**	0,061**	0,06 ^{ns}
Interação S*E	2	0,0000166 ^{ns}	3,23*	993,33 ^{ns}	0,014 ^{ns}	47,12**	0,17**	0,018 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,006 ^{ns}	2,97*	0,000005 ^{ns}	1,85 ^{ns}	5,47 ^{ns}	0,23**	0,006 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Interação P*E	2	0,0000180 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3194,56 ^{ns}	0,063 ^{ns}	5,67 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,011 ^{ns}	1,97**	0,030 ^{ns}	4,66*	0,000005 ^{ns}	10,88**	32,32**	0,08 ^{ns}	0,249**	0,06 ^{ns}
Interação S*P*E	4	0,0000321 ^{ns}	1,78 ^{ns}	3981,44**	0,007 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	1,26 ^{ns}	3,75 ^{ns}	0,32**	0,064**	0,06 ^{ns}
Resíduo (C)	18	0,0000214	0,69	300,09	0,056	4,38	0,01	0,011	0,23	0,039	0,81	0,000011	0,64	1,93	0,02	0,004	0,06
Média		0,018	2,27	112,52	0,86	4,78	4,63	1,16	4,55	0,94	2,41	0,03	9,92	17,12	0,52	0,38	4,95
CV		24,49	36,66	15,39	27,39	43,78	3,02	9,09	10,65	21,1	37,35	9,13	8,1	8,12	32,57	17,27	5,11

^{ns} – não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade