



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DA
AMAZÔNIA ORIENTAL – EMBRAPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR

**FERTILIDADE E FAUNA EDÁFICA EM SOLO SOB
REFLORESTAMENTO COM PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber
ex Ducke) NO MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ**

**BELÉM
2011**

ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR

**FERTILIDADE E FAUNA EDÁFICA EM SOLO SOB
REFLORESTAMENTO COM PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber
ex Ducke) NO MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Ecossistemas Amazônicos e uso da terra.

Orientadora: Dr. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo

Coorientador: Dr. Édson Jose Paulino da Rocha

**BELÉM
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

P436f Pereira Júnior, Antônio

Fertilidade e fauna edáfica em solo sob reflorestamento com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no município de Aurora do Pará / Antônio Pereira Júnior; Orientadora: Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo; Coorientador: Édson José Paulino da Rocha - 2011.

129 fl.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2011.

1. Fertilidade do solo. 2. Fauna edáfica. 3. Variações sazonais. 4. Sistemas agroflorestais. I. Ruivo, Maria de Lourdes Pinheiro *orient.* II. Rocha, Edson José Paulino da, coorient. III. Universidade Federal do Pará IV. Título.

CDD 20° ed.: 631.42098115

ANTONIO PEREIRA JUNIOR

FERTILIDADE E FAUNA EDÁFICA EM SOLOS SOB
REFLORESTAMENTO COM PARICÁ (*Schizolobium parahyba
amazonicum* Heber ex Ducke) NO MUNICÍPIO DE AURORA DO
PARÁ


Dissertação apresentada para obtenção do grau de
Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Pará. Área de
Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Sócio-
Ambientais.

Orientador: Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo

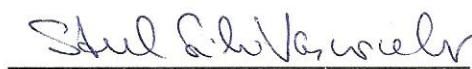
Data de aprovação: 28 / 02 / 2011

Banca Examinadora:


Orientadora
Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo
Museu Paraense Emilio Goeldi


Maria Lúcia Jardim Macambira
Museu Paraense Emilio Goeldi


José Ricardo Santos de Souza
Universidade Federal do Pará


Steel Silva Vasconcelos
EMBRAPA – Amazônia Oriental

DEDICO à minha filha amada, Emmanuelle, e a mãe dela, Ana Maria Sousa Rodrigues, para ambas, minha eterna gratidão e carinho. Essa filha é a maior riqueza que obtive, advinda do Grande Arquiteto do Universo, a quem elevo os pensamentos cotidianamente, e agradeço a dádiva maior que todos nós, dele recebemos: **nossas vidas.**

Filha, teu pai te ama muito!

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo que, por infinita bondade, concedeu-me o prêmio maior da educação em escolas públicas e desenvolver aqui, durante minha passagem nesse mundo, a excelente função de ensinar e aprender simultaneamente.

Aos meus pais, Antônio Pereira (*in memoriam*); Maria Tereza dos Santos Pereira (mãe biológica) e Rita da Costa (mãe de criação desde a tenra idade), a TODOS os meus irmãos, primos e primas, em especial aos do meu torrão natal, Manaus, pela acolhida e gentileza que tiveram comigo durante estudos da primeira especialização ali efetuada, minha eterna gratidão, respeito e carinho fraternal.

À Dr. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo por ter aceitado ser minha orientadora e ao Dr. Edson José Paulino da Rocha, por ter aceitado a co-orientação, juntos, viabilizaram todos os processos da minha dissertação. Obrigado por terem encontrado tempo para me auxiliar e me direcionar na solução dos problemas que se apresentaram durante o mestrado.

A Universidade Federal do Pará (UFPA) / Instituto de Geociências, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental (EMBRAPA-AMAZÔNIA ORIENTAL) pela oportunidade de obter conhecimentos sobre a Amazônia, a qual, com orgulho, pertence de corpo e alma.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela cessão da bolsa de estudos que supriu nossas necessidades básicas durante o desenvolvimento do mestrado.

À minha filha, EMMANUELLE, maior fortuna, maior incentivadora, maior torcedora, tanto na vida pessoal quanto profissional. Amor, papai te agradece as inúmeras ocasiões que você preteriu da minha companhia para que eu pudesse dedicar maior tempo ao mestrado.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia (CCTE), Dr. Elessandra Laura Nogueira Lopes, Paulo Sarmento – Técnico em Laboratório de Solos, Álvaro Santana, Técnico em Palinologia, Doutor Cristine Amarante,

responsável pelo laboratório de química do solo, Dr. Cristina Senna (grande incentivadora), Dr; José Francisco Berredo (pelas dúvidas tiradas no corredor durante nossas conversas, artigos e sugestões obtidas), VALEU!

A Tramontina Belém S/A, por colocar a disposição à área de reflorestamento sob coordenação científica, Dr. Iracema Cordeiro, eminente pesquisadora da Fazenda Tramontina Belém S/A, ao Guilherme Augusto Miranda Neves (administrador da mesma fazenda), e demais colaboradores pela colaboração a esse trabalho o que permitiu alcançar o objetivo final: a aprovação do mesmo.

Minha gratidão eterna a: Raphael Leoncio, Riffani Leoncio, Lucivaldo, Oscar, Oto, Gleice da Rocha Batista Contente, Patrícia, Mateus dos Reis Rodrigues, Paulo Panarra, Nayara, Dona Maria, grande Figura (famosa pelo excelente café e demais reforços nutricionais que nos abasteceram durante o mestrado).

Á Dr. Maria Lúcia Jardim Macambira (CZO) ao Higor Macambira (bolsista do Projeto de Iniciação Científica do Museu Paraense Emílio Goeldi), pela identificação da fauna de solo encontrada na Fazenda Tramontina S/A.

Em especial quero agradecer as irmãs Regina Carneiro, Rosemary Gomes e Liamara Barros, corpo administrativo do Centro Integrado Primeiros Passos (CIPP) por todos os momentos em que necessitei ausentar-me do convívio profissional do magistério onde atuava, para atender necessidades de disponibilidade de horário com o mesmo e, inúmeras vezes, tornaram-se incompatíveis com o horário da escola, mas sempre estas três heroínas liberaram-me. Aos meus companheiros de profissão da mesma escola, peço desculpas e ao mesmo tempo agradeço as inúmeras vezes que me substituíram nas ausências para atender pesquisas a presente dissertação. Aos meus queridos alunos que, tantas vezes nos corredores da escola, indagou o porquê de minhas ausências frequentes, meu maior agradecimento.

Meu agradecimento ao “anjo da guarda” dos mestrados em Ciências Ambientais, Gladys Pereira Pimentel, grato por sua gentileza, por ser sempre prestativa nos momentos que a ti recorremos! Que o Grande Arquiteto do Universo te guarde junto a todos nós por longos anos.

A todos os colegas do mestrado em Ciências Ambientais (UFPA/EMBRAPA/MPEG) por compartilharem conhecimentos, dificuldades (que não foram poucas) e companheirismo.

À Márcia Reis, Secretária do CCTE/MPEG, pelo carinho e pela disposição para resolver os problemas administrativos e logísticos que enfrentei durante o mestrado.

À Banca examinadora, pela disponibilidade e gentileza em auxiliar-me na determinação para encontrar o melhor caminho na direção do objetivo a ser alcançado.

Ao Projeto FAPESPA: Avaliação de Sistemas de uso do solo por meios de indicadores de sustentabilidade ambiental, microbiológico e bioquímico em Sistemas Florestais e Agroecossistemas. Projeto INCT: Biodiversidade e uso de terras na Amazônia, pelo apoio financeiro ao projeto INCT/MPEG pelas facilidades geradas para as viagens ao local da pesquisa para realizarmos as amostragens necessárias para a composição desse estudo.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se, e ver a vida passar, é melhor tentar ainda que em vão, que sentar-se sem fazer nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes, em casa me esconder. Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver”.

Martin Luther King

“O conhecimento é o alimento da alma”

Platão

“Só depois da última árvore derrubada, do último peixe morto, o homem irá perceber que dinheiro não se come”.

Provérbio indígena

RESUMO

Com este estudo objetivou-se avaliar a variação na fertilidade do solo e na fauna edáfica sob reflorestamento com paricá (*Schizolobium amazonicum* Heber ex. Ducke) em monocultivo ou em sistema agroflorestal quando comparados com floresta secundária em área experimental considerando a sazonalidade da precipitação no período de 2009 e 2010. A área experimental pertence a Fazenda Tramontina Belém S/A, localizada no nordeste paraense, no município de Aurora do Pará. Foram analisados quatro tratamentos submetidos a reflorestamento com: Curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith), Paricá (*Shizolobium* var. *amazonicum* Huber ex Ducke) sob a forma de monocultivos, Paricá + curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith; *Shizolobium* var. *amazonicum* Huber ex Ducke); Paricá + Mogno + Freijó + Curauá (*Shizolobium* var. *amazonicum* Huber ex Ducke; *Switenia macrophylla*, King; *Cordia goeldiana* Huber; *Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith). As amostragens foram realizadas em dezembro de 2009, abril e julho de 2010, o que caracterizou o período sazonal de transição (estiagem para chuva intensa), chuva intensa e estiagem respectivamente, para avaliar a granulometria, densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total e umidade atual, bases trocáveis, soma de bases, CTC, acidez, fósforo, teor de carbono orgânico, pH, em três profundidades diferentes (0 – 10 cm. 10 - 20 cm; 20 – 40 cm) e a ocorrência de macrofauna edáfica. Os resultados mostraram a ação dos períodos sazonais sobre a densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total do solo. Fatores químicos como, por exemplo, carbono orgânico, cujos teores variaram entre 5,85 g/kg e 13,00 g/kg, com teores elevados no sistema de cultivo **S2**, sofreu alterações nos períodos sazonais chuva intensa e estiagem. Quanto a fauna edáfica, foram capturados 9.964 invertebrados pertencentes a 26 táxons diferentes. Os mais abundantes foram Hymenoptera- Formicidae (5.805), Coleoptera (1.454), Acari (862), Collembola (649), Diplopoda (307) e Isopoda (110). Dos 26 táxons identificados, aproximadamente 40% deles apresentaram apenas um representante nas três amostragens efetuadas ou em apenas uma delas. Os maiores valores para frequência relativa ocorreu no sistema de cultivo **S2**, **S4** e **S3**, respectivamente. O maior valor para frequência absoluta ocorreu durante o período sazonal chuva intensa em **S1**. As áreas sob reflorestamento com monocultivo e sistema agroflorestal paricá + curauá mostraram melhores desempenhos na recuperação da fertilidade do solo e da fauna edáfica comprovando a eficácia do paricá em monocultivo ou em sistema agroflorestal na recuperação da fertilidade do solo e da fauna edáfica.

Palavras-chave: Fertilidade do solo, fauna edáfica, variações sazonais, sistemas agroflorestais.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the variation in soil fertility and soil fauna under reforestation paricá (*Schizolobium amazonicum* Heber ex. Ducke) in monoculture or agroforestry system compared with secondary forest in the experimental area considering the seasonality of precipitation in the period 2009 and 2010. The experimental farm owned by Tramontina Belem S / A, located in northeastern Pará, in the city of Aurora do Pará Four treatments were analyzed undergoing reforestation: Curaua (*Ananas comosus* var. *Erectifolius* L.B.Smith) Parica (*Shizolobium* var. *Amazonicum* Huber ex Ducke) in the form of monoculture, Parica + curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith; *Shizolobium* var. *amazonicum* Huber ex Ducke); Parica Mahogany + Freijó Curaua (*Shizolobium* var. *amazonicum* Huber ex Ducke, *Swietenia macrophylla*, King, *Cordia goeldiana* Huber, *Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith). Samples were taken in December 2009, April and July 2010, which marked the seasonal transition period (dry to heavy rain), heavy rain and dry seasons respectively, to evaluate the particle size, bulk density, particle density, porosity and moisture content, exchangeable bases, total bases, CEC, acidity, phosphorus, organic carbon, pH, at three different depths (0 - 10 cm, 10 to 20 cm, 20-40 cm) and the occurrence of macrofauna. The results showed the action of the seasons on the bulk density, particle density, total soil porosity. Chemical factors, eg, organic carbon, whose contents varied between 5.85 g / kg and 13.00 g / kg, at high levels in the culture system S2, changed during intense rainfall seasons and drought. As for soil fauna, 9964 invertebrates were captured belonging to 26 different taxa. The most abundant were Hymenoptera – Formicidae (5.805), Coleoptera (1.454), Acari (862) Collembola (649), Diplopoda (307) and Isopoda (110). Of the 26 taxa identified, approximately 40% of them showed only a representative sampling carried out in three or just one. The highest values for relative frequency occurred in the cropping system S2, S3 and S4, respectively. The highest value of absolute frequency occurred during seasonal rainstorms in S1. Areas under reforestation and agroforestry monoculture Parica + curauá showed better performance in the recovery of soil fertility and soil fauna proving the efficacy of paricá in monoculture or agroforestry system in the recovery of soil fertility and soil fauna.

Keywords: Soil fertility, soil fauna, seasonal variations, agroforestry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 –	Taxa de desmatamento na Amazônia Legal (AML) por estado, entre 2000 e 2009	25
FIGURA 02 -	Indicadores da qualidade do solo: funções e definições.....	32
FIGURA 03 -	Inter-relação entre indicadores da qualidade do solo, qualidade ambiental, agricultura sustentável.....	34
FIGURA 04 –	Classificação dos organismos do solo com base no diâmetro do corpo.....	38
FIGURA 05 -	Mapa de localização das bacias sedimentares e plataformas na região Norte do Brasil que possuem exposições dos depósitos miocênicos.....	41
FIGURA 06-	Diagrama dos fatores de formação do solo.....	45
FIGURA 07-	Localização da Fazenda Tramontina Belém S/A no município de Aurora do Pará.....	48
FIGURA 08 -	Compartimentação geotectônica da América do Sul	49
FIGURA 09 -	Domínio (Cráton) São Luiz.....	50
FIGURA 10 -	Precipitação pluviométrica do Campo Experimental da Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará. 2001 a 2004 e a média de 2005	51
FIGURA 11-	Croqui da área estudada mostrando os sistemas, parcelas, locais das trincheiras e armadilhas tipo pitfall traps para fauna edáfica na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....	59
FIGURA 12 -	Vista frontal do plantio de curauá – monocultivo. Preparo para mensuração de parcelas e posterior amostragem de solo e fauna edáfica. Dezembro 2009.....	60
FIGURA 13-	Vista lateral do plantio de paricá - curauá – SAF. Espaçamento existente entre os cultivos, facilitando a recepção de sementes por entomofilia.....	60
FIGURA 14 -	Vista frontal do plantio de paricá, mogno, freijó e curauá – sistema agroflorestal. Árvore de paricá submetida à corte raso e em processo de recrescimento. Dezembro 2009.....	61
FIGURA 15 –	Vista frontal do plantio de paricá – monocultivo. Escassa presença de vegetação rasteira. Dezembro 2009. Ao fundo, sub-bosque.....	61
FIGURA 16-	Vista frontal da área de vegetação secundária – capoeira – área controle com aproximadamente 15 anos de pousio. Dezembro 2009.....	62

FIGURA 17-	Valores mensais (em mm) da PRP em 2009 e 2010, nos três períodos sazonais das três amostragens de solo e fauna edáfica em Aurora do Pará, onde está situada a Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....	63
FIGURA 18 -	Índices de precipitação ocorridos entre 2000 e 2009 no município de Aurora do Pará, onde está localizada a Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará em Aurora do Pará	63
FIGURA 19 –	Mini trincheira aberta com exposição das camadas do solo. Fazenda Tramontina Belém S/A, em Aurora do Pará.....	64
FIGURA 20 -	Armadilha para captura de pedofauna, implantada na Fazenda Tramontina Belém S/A, em Aurora do Pará. Adaptada a partir do modelo de “pitfall traps”.....	65
FIGURA 21 -	Porcentagem de soma de bases (SB), saturação de bases (V), capacidade de troca de cátions (CTC), como indicadores da fertilidade dos solos analisados dos sistemas de cultivos da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	92
FIGURA 22-	Período sazonal estiagem-chuva intensa como componente principal mais ativo sobre a fauna edáfica nos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....	100
FIGURA 23-	Interação entre a fauna edáfica e atributos do solo nos três períodos sazonais analisados dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará	104

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Principais tipos de indicadores da qualidade do solo e suas relações com o mesmo	35
TABELA 02 -	Diversidade funcional das minhocas e de outros invertebrados em função do ambiente.....	40
TABELA 03 -	Valores das médias obtidas para areia grossa (g/kg), areia fina (g/kg), argila total (g/kg), relação silte/argila, argila dispersa em água (g/kg) e grau de floculação (g/100 g), nas três profundidades pré-estabelecidas, nos solos dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A, em Aurora do Pará.....	56
TABELA 04 -	Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para densidade aparente (g/cm^3), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....	69
TABELA 05 -	Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para densidade da partícula (g/cm^3), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	70
TABELA 06 -	Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para porosidade total ($\text{cm}^3/100\text{cm}^3$), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	72
TABELA 07 -	Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para umidade atual (g/100g), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	73
TABELA 08 -	Valores das médias obtidas para o potencial hidrogeniônico, nas três profundidades e períodos sazonais dos solos analisados nos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A, em Aurora do Pará.....	75
TABELA 09 -	Valores das médias obtidas para o carbono orgânico (g/kg), nas três profundidades e períodos sazonais dos solos analisados nos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	77
TABELA 10-	Valores das médias obtidas para nitrogênio total (N-total) (g/kg), nas três profundidades e nos três períodos sazonais, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....	79

- TABELA 11- Valores das médias obtidas para o fósforo assimilável (mg/kg), nas três profundidades e nos três períodos sazonais, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará..... 80
- TABELA 12- Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_c/kg), H⁺ + Al⁺³ (cmol_c/kg), cálcio (Ca) (cmol_c/kg), magnésio (Mg) (cmol_c/kg), sódio (Na) (cmol_c/kg), potássio (K) (cmol_c/kg), soma das bases (SB) (cmol_c/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_c/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no **período sazonal estiagem-chuva intensa (ECI)**, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará..... 82
- TABELA 13- Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_c/kg), acidez potencia (H⁺ + Al⁺³) (cmol_c/kg), cálcio (Ca) (cmol_c/kg), magnésio (Mg) (cmol_c/kg), sódio (Na) (cmol_c/kg), potássio (K) (cmol_c/kg), soma das bases (SB) (cmol_c/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_c/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no **período sazonal chuva intensa (CI)**, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará..... 83
- TABELA 14- Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_c/kg), H⁺ + Al⁺³ (cmol_c/kg), cálcio (Ca) (cmol_c/kg), magnésio (Mg) (cmol_c/kg), sódio (Na) (cmol_c/kg), potássio (K) (cmol_c/kg), soma das bases (SB) (cmol_c/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_c/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no **período sazonal estiagem (E)**, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará..... 84
- TABELA 15- Valores de médias obtidas para densidade aparente (Da) versus carbono orgânico; carbono orgânico versus umidade atua l(UG) e densidade aparente (Da) e umidade atual (UG), nos solos analisados da Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará. 93
- TABELA 16- Frequência absoluta e relativa da fauna edáfica nos três períodos sazonais durante as três amostragens efetuadas nos solos dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.....95
- TABELA 17- Índices obtidos para a densidade populacional (DP), diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade J (EJ) e riqueza de espécies (RE) durante os períodos sazonais analisados nos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará..... 98

TABELA 18-	Total de indivíduos e Táxons identificados na superfície do solo dos sistemas de cultivos estudados nos três períodos sazonais, na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.	99
TABELA 19-	Valores das médias dos sistemas de cultivos estudados, para os espécimes de maior frequência absoluta dos táxons identificados na superfície do solo nos três períodos sazonais, analisados, na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará	100
TABELA 20-	Valores das médias obtidas para os espécimes de maior frequência absoluta nos solos dos sistemas de cultivos analisados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	- Alta da Bolívia.
ABRACOS	- Anglo Brazilian Amazonia Climate Observational Study.
ADA	- Argila dispersa em água.
AML	- Amazônia Legal Brasileira.
BFN	- Bactérias fixadoras de nitrogênio.
CaCO ₃	- Carbonato de Cálcio.
CCTE	- Coordenação de Ciência da Terra e Ecologia.
CI	- Chuva intensa.
CONAMA	- Comissão Nacional do Meio Ambiente.
CO ₂	- Dióxido de carbono.
Corg	- Carbono orgânico.
CTC	- Capacidade de Troca de Cátions.
Da	- Densidade aparente
Dp	- Densidade da partícula
E	- Estiagem.
EC	- Estoque de carbono.
ECI	- Estiagem-chuva intensa.
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FLONA	- Floresta Nacional.
GEE	- Gases do efeito estufa.
GF	- Grau de floculação.
GISQ	- General Indicators of Soil Quality (Indicadores da Qualidade do solo).
H ⁺ + Al ³⁺	- Acidez trocável.
IBDF	- Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal.
IDESP	- Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará.

INPE	- Instituto Nacional de Pesquisa Espacial.
IQS	- Indicadores da Qualidade do Solo.
LBA	- Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia.
LI	- Linhas de Instabilidade.
m	- Percentagem de saturação do alumínio.
MO	- Matéria orgânica.
MPEG	- Museu Paraense Emílio Goeldi.
N	- Nitrogênio.
Nt	- Nitrogênio total
NRCS	- Natural Resources Conservation Services.
P	- Fósforo assimilável
pH	- Potencial hidrogeniônico.
PRODEPEF	- Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal.
PRP	- Precipitação.
PT	- Porosidade total.
qCO_2	- Quociente metabólico.
$qMic$	- Quociente microbiano.
QS	- Qualidade do solo.
RELAÇÃO C/N	- Relação do carbono em razão do nitrogênio.
RSA	- Relação silte/argila.
S1	- Monocultivo do curauá.
S2	- Sistema agroflorestal de paricá-curauá.
S3	- Sistema agroflorestal paricá, mogno, freijó e curauá.
S4	- Monocultivo de paricá.
S5	- Área controle – capoeira.
SAFs	- Sistemas Agroflorestais.
SALLJEX	- South American Low Level Jet Field Experiment.

SHIFT	- Studies of Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics (Estudo de Impactos Humanos nas florestas e várzeas dos trópicos).
SB	- Soma de bases.
SiBCS	- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.
SIISEP	- Sistema de Informações de Indicadores Sociais do Estado do Pará.
SR	- Soil respiration (respiração do solo).
TRITUCAP	- Trator que tritura vegetação, especialmente vegetação secundária.
UFRA	- Universidade Federal Rural da Amazônia.
UFSCar	- Universidade Federal de São Carlos.
UA	- Umidade atual.
UV β	- Ultravioleta da classe beta.
V	- Percentagem de saturação de bases.
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
2 OBJETIVOS	24
2.1 GERAL.....	24
2.2 ESPECÍFICOS.....	24
3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	25
3.1 VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA.....	25
3.2 PARICÁ (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke)	28
3.3 AGROECOSSISTEMAS	29
3.4 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO (IQS).....	32
3.5 POPULAÇÃO E DIVERSIDADE DE FAUNA EDÁFICA	37
3.6 PROPRIEDADES DO SOLO NO NORDESTE DO PARÁ.....	41
3.7 AMAZÔNIA, CLIMA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	42
3.8 VARIAÇÕES SAZONAIS DOS ATRIBUTOS DO SOLO.....	44
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
4.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS.....	48
4.2.1 Geologia	48
4.2.2 CLIMA E VEGETAÇÃO.....	51
4.2.3 RELEVO E SOLO.....	52
4.3 HISTÓRICO DA ÁREA.....	53
4.3.1 Granulometria	54
4.4 SISTEMAS ESTUDADOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	58
4.5 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	62
4.5.1 Solo.....	62
4.5.2 Pedofauna	65
4.6 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS.....	66
4.6.1 Análises físicas.....	66
4.6.1.2 Densidade aparente (da), densidade da partícula (dp), porosidade total (pt) e umidade atual (ut)	66
4.6.2 Análises químicas	66
4.6.3 Determinação dos atributos físicos e químicos com o uso de equações matemáticas	67

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	67
4.7.1 Das propriedades físicas analisadas e calculadas.....	67
4.7.2 Das propriedades químicas analisadas e calculadas.....	67
4.7.3 Da pedofauna.....	68
4.7.4 Da interação entre atributos físicos, químicos e da fauna edáfica.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
5.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB VARIAÇÕES SAZONAIS.....	68
5.1.1 Densidade aparente e da partícula, porosidade total e umidade atual.....	68
5.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB VARIAÇÕES SAZONAIS.....	75
5.2.1 pH, carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo assimilável.	75
5.2.2 Acidez ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions, soma de bases (sb), percentagem de saturação de bases e percentagem de saturação do alumínio (m)	81
5.3 VARIAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DAS VARIAÇÕES SAZONAIS.....	90
5.4 BIODIVERSIDADE DE FAUNA EDÁFICA NO SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL EM TRÊS PERIODOS SAZONAIS.....	94
5.5 INTERAÇÕES ENTRE FAUNA EDÁFICA E ATRIBUTOS DO SOLO.....	103
6. CONCLUSÃO	109
REFERÊNCIAS	110

1 INTRODUÇÃO

O desflorestamento na Amazônia está associado aos ciclos econômicos, obtenção de pastagens para a criação de gado, e a implantação da infraestrutura rodoviária, em especial, a Rodovia Transamazônica, em 1970 (ARRAES et al., 2010; EWERS, 2006; FEARNSSIDE, 2005; VANDEGRIFT, 1999) e continua até os dias atuais.

A Amazônia Legal Brasileira (AML), cuja área estimada é de 5.10^6 km² está sendo desmatada em ritmo acelerado em todos os estados que a compõem. Em 1998, essa taxa foi estimada em 21.050 km², em 2003 atingiu 25.396 km², em 2005 elevou-se para 27.772 km² e, em 2007 o desflorestamento acumulado foi estimado em 690.000 km² e representou, em média, 16% da cobertura floresta original da AML equivalente a aproximadamente 4.10^6 km² (ALMEIDA et al., 2010; BRASIL, 2008).

A substituição da floresta primária por sistemas de produção agropecuária deixa consequências danosas ao solo como o desequilíbrio ou a perda da fertilidade associada à matéria orgânica do solo, seja de origem vegetal ou não, além de causar variações na diversidade da fauna edáfica (ALMEIDA et al., 2010; CURRAN; TRIGG, 2006; INNES, 1996; SIOLI, 1985).

Outro tipo de substituição para a floresta primária é a implantação de agroecossistemas, que apresentam caráter artificial, cuja manipulação é efetuada pelo homem, mas é instável quanto aos serviços ambientais e na manutenção de energia porque necessita de aporte externo dessa energia para a manutenção e reprodução (CAPORAL, 2006; PORRO, 2009).

Verifica-se então que tanto a produção agropecuária quanto o agroecossistema levam ao desflorestamento e, no Estado do Pará, um dos estados constituintes da Amazônia Legal, ocorre o maior índice de desflorestamento da Região Amazônica (BRASIL, 2010; KIRBY et al. 2005).

Especialmente na região nordeste desse estado, mais precisamente no município de Aurora do Pará, devido à ocupação iniciada no final da década de 50, decorrente da abertura da construção da Rodovia Belém – Brasília ocorreu grandes desmatamentos e a vegetação natural vem sendo substituída por cultivos agrícolas (CORDEIRO, 2007; CRUZ et al., 2009; OLIVEIRA, 2009).

A continuidade do desflorestamento em Aurora do Pará tem causado alterações na fertilidade do solo e variações na fauna edáfica, e isso compromete a cobertura vegetal

primária que ainda resta naquele município, pois para considerar-se uma “floresta” a unidade ambiental deve apresentar, no mínimo, 10% de cobertura de copa das árvores e/ou bambu, geralmente associada à flora e fauna selvagem e as condições naturais do solo e não sujeitos as práticas agrícolas (VANDEGRIFT, 1999).

O desflorestamento também compromete a qualidade do solo (QS), cuja definição depende do ponto de vista do pesquisador (BREDJA et al., 2000). A QS de acordo com a função do solo, a produtividade agrícola, a diversidade biológica e as relações com a espécie humana, a capacidade que o solo apresenta em manter e sustentar a diversidade biológica, regular o fluxo de água, promover a detoxificação, atuar na ciclagem dos nutrientes, etc (DORAN; PARKING, 1996; KARLEN et al, 2003);

Para mitigar as causas do desflorestamento, deve-se restabelecer a floresta, seja por regeneração natural ou antrópica, em áreas onde a floresta nativa foi removida (REFORESTATION). O reflorestamento permite a recuperação ou mitigação das consequências do desflorestamento e pode ser efetuada em monocultivo ou em sistema agroflorestal (SAF) com a utilização de espécies nativas ou não.

O sistema agroflorestal (SAF) é um termo coletivo que caracteriza o policultivo de terras ou formas de cultivos, e que no âmbito biótico tem como finalidade a proteção do solo através do sombreamento, aumento da fertilidade do solo pela deposição, e decomposição de resíduos diversos das espécies vegetais e animais, o que contribui para a diversidade da fauna edáfica (HENKEL; AMARAL, 2008).

Na Amazônia o SAF e o cultivo de leguminosas surgem como modelo potencial para o reflorestamento, pois apresentam alternativas *viáveis* locais para ajudar a conter o rápido avanço no processo de alteração do solo e paisagem na região (BRIENZA JÚNIOR, 1982; McGRATH et al., 2000).

A prática do reflorestamento das áreas degradadas emprega espécies nativas da Floresta Amazônica como o Paricá que apresenta comportamento de espécie pioneira, ou seja, adaptabilidade ao clima e aos solos dessa região que são considerados de baixa fertilidade. O uso do Paricá, no nordeste do estado do Pará, está sendo efetuada em monocultivo e/ou em SAF (ARCO-VERDE; SCHWENGBER, 2003; CORDEIRO 1999; MONTEIRO 2004; OLIVEIRA, 2009; PICINNIN et al, 2007; ROSA, 2006; RUIVO et al, 2006; SOUZA et al, 2007b).

O uso do ¹paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) desde a década de 50 é plantado no Estado do Pará (DIAS, 2008) e, na Amazônia, encontra-se em mata primária e secundária de terra firme e várzea (Pará, Amazonas, Rondônia e Mato Grosso), Peru e Colômbia (CARVALHO; VIEGAS, 2004; COSTA et al., 1998).

O SAF, que já utiliza o Paricá, também pode ser elaborado com outras espécies lenhosas como o mogno (*Swietenia macrophylla* King), de grande valor comercial no mercado internacional, e também com espécies não lenhosas como, por exemplo, o curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith) cuja fibra apresenta utilidade para as indústrias automobilística e bioquímica. A produção do curauá em sistemas agroflorestais aumenta em até 40% o rendimento da fibra em cultivos consorciados com espécies como paricá, freijó e mogno porque o sombreamento proporcionado por estas espécies vegetais é benéfico para o desenvolvimento do curauá (BRASIL, 2007a; CORDEIRO et al., 2009; OLIVEIRA, 2009).

No nordeste paraense, os solos são predominantemente do tipo Latossolo amarelo de textura arenoargiloso. Estes solos geralmente são de baixa fertilidade (CORDEIRO, 2007). A topografia apresenta declividades suaves, e está inserida no planalto rebaixado do Amazonas. Antes da instalação dos plantios florestais, a área da Fazenda Tramontina Belém S/A era coberta por pastagem abandonada. Atualmente, em algumas áreas da fazenda há ocorrência de capim quicúio da Amazônia (*Brachiaria humidicola*) e espécies invasoras; outra parte da área está ocupada com sistemas agroflorestais consorciados contendo paricá, freijó (*Cordia goeldiana*) e curauá (CORDEIRO, 2007).

As explicações para a efetiva recuperação da fertilidade e da fauna do solo em Aurora do Pará ainda são objetos de estudo. Porém, aventam-se as hipóteses de que a presença do paricá em monocultivo ou em SAF acelera essa recuperação e proporciona um incremento na variabilidade da fauna do solo em função das épocas climáticas sazonais diferentes.

Nesse contexto, objetivou-se a avaliação da possível relação do reflorestamento com o uso do paricá, em monocultivo ou em SAF, com a recuperação da fertilidade e a variabilidade da fauna do solo em períodos sazonais (estiagem-chuva intensa; chuva intensa e estiagem) e variáveis climáticas (precipitação e temperatura).

¹ Silvicultura iniciada na década de 70 por iniciativa de colonos japoneses no nordeste paraense (MARQUES et.al, 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação na fertilidade do solo e na fauna edáfica sob reflorestamento com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em monocultivo ou em sistema agroflorestal (SAF) quando comparado com a floresta secundária em área experimental, considerando a sazonalidade da precipitação no período de 2009 a 2010.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os possíveis fatores ambientais causadores das variações da pedofauna e fertilidade do solo sob reflorestamento com Paricá monocultivo ou em SAF.
- Identificar a população e diversidade da pedofauna sob períodos sazonais diferentes nos cinco sistemas de cultivos selecionados.
- Avaliar a correlação entre a diversidade da pedofauna com a fertilidade do solo sob reflorestamento com Paricá nos cinco sistemas de cultivos selecionados.
- Identificar a variação das propriedades edáficas, fertilidade e fauna do solo sob reflorestamento com Paricá quando comparado com floresta secundária em área experimental, considerando os períodos sazonais das amostragens no período de 2009 a 2010.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

A definição sobre vegetação secundária, no Brasil, consta na Resolução nº 329/07 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no art. 1, item I, “vegetação secundária ou em regeneração: aquela resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária”.

Para alguns pesquisadores elas são formações vegetais resultantes de processos sucessionais após a perda de florestas primárias por causas antrópicas ou naturais (BROWN; LUGO, 1990; FINEGAN, 1992; SCHWARTZ, 2007).

Para entender como surgem as florestas secundárias, qual a definição e a função desse tipo de vegetação na chamada Amazônia Legal Brasileira (AML), é necessário conhecer a taxa do desflorestamento que assola essa região e, em especial, o Estado do Pará, no período compreendido entre 2000 e 2009 (Figura 01).

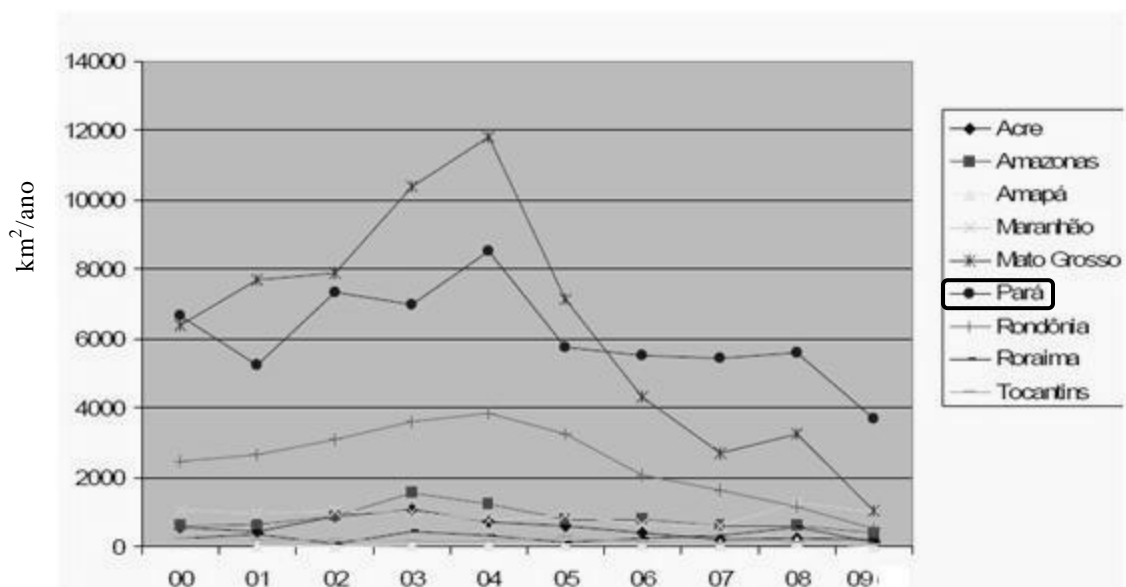


FIGURA 01: Taxa de desmatamento na Amazônia Legal (AML) por estado entre 2000 e 2009. Fonte: INPE, 2008.

As pesquisas acerca das florestas secundárias mostram que na Amazônia Legal (AML), o desmatamento tem como causa primordial o tipo de ocupação ocorrida nessa região, e que gerou diversos fatores indutores do desflorestamento (expansão da pecuária,

fronteira agrícola, indústria madeireira, projetos de colonização, aberturas de novas estradas, sistema de concessão de posse, aumento populacional na região, etc.) (ÂNGELO; PEREIRA DE SÁ, 2007; FEARNSSIDE, 2005; KYRBI et al., 2005).

Outro fator indutor é a metodologia aplicada na região Amazônica para o cultivo tradicional, onde a prática do corte e queima proporciona, ao final de um determinado período, leva ao abandono das áreas onde foi efetuado o corte a queima que, após um período de pousio, apresentam vegetação secundária. Além disso, o processo migratório rural-urbano tem participação efetiva no desflorestamento porque as *ex-terras agrícolas* estão sendo abandonadas e contribuem para a expansão das florestas secundárias (GEHRING et al., 1999; RODRIGUES et al., 2007; WRIGHT, 2005).

As funções ambientais desse tipo de vegetação são várias, dentre elas, tem-se:

I - Atua no sequestro de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, embora em taxas menores devido à biomassa dessa floresta ser menor do que a da floresta primária;

II - Contribui para a manutenção da biodiversidade;

III - Estabelece conectividade entre remanescentes florestais;

IV - Participa na manutenção do ciclo hidrológico;

V - Promove a recuperação do solo;

VI - Determina a composição florística e produção da biomassa vegetal e melhora a interação solo/atmosfera.

(ALMEIDA et al., 2010)

Mais recentemente, foi intensificada a atenção para a floresta secundária porque ela pode desempenhar o papel de sumidouro do carbono atmosférico, o que potencializa o papel da mesma quanto à regulação nas mudanças climáticas porque em um período curto, aproximadamente quinze anos, uma cota de biomassa estimada em 10⁵ kg/ ha⁻¹ pode facilitar o decréscimo desse carbono (CASTRO et al., 2003).

Embora essas florestas só tenham sido bem definidas na década de 90, elas já recuperaram um sexto de toda a floresta primária, e abrangem todos os estágios de sucessão, de floresta incipiente até floresta em clímax, apresentam peculiaridades como composição e estruturas cuja dependência é somente do sítio onde ocorrem, além da idade porque a floresta clímax sofre alteração com a sucessão gradual (MUNIZ et al., 2007).

Estudos comprovaram que a floresta secundária mesmo depauperada, apresenta suporte para o crescimento significativamente menor de espécies vegetais, taxas elevadas de

aves, e uma redução na eficiência de prestação de serviços do ecossistema (BARLOW et al, 2007; CASTRO, et al., 2003).

Quanto à ocorrência de floresta secundária no Estado do Pará a área estimada equivale a 131.873 km² e é composta por Mata de Terra Firme e Várzea Secundária onde são identificados três estágios de desenvolvimento: Inicial, Médio e Tardio (ALMEIDA et al., 2010).

O Estado do Pará, integrante da Amazônia Legal (AML), destaca-se entre os demais estados componentes, pelos altos índices de desmatamento ocorridos. Na região nordeste desse Estado, no Município de Aurora do Pará, o desmatamento em 2008, alcançou 1.483,8 km que, em porcentagem, equivale a 81, 71% da área demográfica do município (PARÁ, 2005).

O início da colonização dessa região ocorreu no início do século XIX, com os ciclos agrícolas sucessivos e, nessa época, a vegetação original da floresta primária era composta por uma floresta densa e continha espécies vegetais como: angelim (*Hymenolobium sp*) e abiorana (*Franchetella sp*), breu (*Protium sp*), copaíba (*Copaifera sp*), marupá (*Simaruba amara*) (OLIVEIRA, 2009). Atualmente, a floresta primária é escassa, porém ela ainda existe e mantém a função de gerar sementes para a floresta secundária.

No início do século XX, essa região apresentava aproximadamente 50% de sua área coberta por florestas secundárias em diferentes idades de sucessão, sendo que 22% com menos de seis anos. Devido ao intenso desflorestamento no Nordeste do Estado do Pará, ela se tornou a de colonização mais antiga na Amazônia brasileira com as florestas secundárias respondendo por 90% de sua vegetação (RODRIGUES et al., 2007; SILVA, 2005; SCHWART, 2007; VIEIRA et al., 2003).

Atualmente no nordeste paraense, além dos 10% de floresta primária existente, a cobertura vegetal também é composta por floresta latifoliada, com os seguintes subtipos de Florestas:

- (I) Densa dos platôs (Altos e Baixos);
- (II) Densa dos terraços;
- (III) Densa de planície aluvial (várzea).

Nas florestas secundárias atuais são encontradas as espécies ²*Tapirira guianensis*, ³*Vismia guianensis*, ⁴*Ingá alba*, ⁵*Lacistema aggregatum*, ⁶*Croton matourensis*, ⁷*Abarema*

² Família Anacardiaceae, nomes vulgares: tapiriba, fruta de pombo, pau pombo, tapiriri, pacu (PARÁ, 2005)

³ Família Guttiferae, nomes vulgares: lacre, lacre vermelho (MPEG, 2005)

jupunba, ⁸*Inga rubiginosa*, ⁹*Guateria poeppigiana*, ¹⁰*Thyrsodium paraense* (ALMEIDA et al., 2010; PRATA et al., 2010).

Esse é o padrão global atual de cobertura vegetal evidenciado na Amazônia brasileira, devido à mudança ocorrida no uso da terra porque 30% dos desflorestamentos aqui efetuados são abandonados após uma queda brusca na produção agrícola, o que propicia o crescimento da floresta secundária (BARLOW et al., 2007).

3.2 PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke)

Espécie vegetal pertencente à Família Leguminosae - Cesalpinioideae, cujos nomes vulgares são, dentre outros: paricá, paricá-grande e faveira (Pará); bandarra (Rondônia); paricá-de-terra-firme, paricá-da-amazônia e pinho-cuiabano (Mato Grosso) e guapuruvu-da-amazônia (Distrito Federal); canafista, canafistula e fava-canafistula (Acre). Essa espécie ocorre naturalmente na Amazônia brasileira, no Peru e na Colômbia, em mata primária e mata secundária de terra firme e várzea alta (CARVALHO, 2007; COSTA et al., 1998).

Quanto à ocorrência natural do paricá, ela limita-se a determinadas regiões de solos argilosos, sem deficiência hídrica e sujeitos a compactação. Adapta-se a chuvas periódicas e altas temperaturas (por ser heliófita). Forma capoeira mais ou menos monoespecíficas (pelo menos quanto à composição do estrato dominante) até seis anos de idade (CARVALHO, 2007).

Em relação à madeira, sabe-se que ela é leve, de cor branco-palha ou amarelo pálido com manchas amarelas e rosadas. Por ser maciça tem facilidade de ser serrada, por isso seu uso na fabricação de brinquedos, saltos para calçados, embalagens leves, aeromodelismo, pranchetas, caixotaria leve e pesada, embalagens de frutas, obras civis internas como forros e tabuados, palitos de fósforos, lápis e chapas de compensados (uso atual) (SOUZA et al., 2003).

⁴ Família Mimosoidaeae, nomes vulgares: ingá branco, ingá vermelho, jarandeu da folha graúda, ingá chato, ingá chichita (MPEG, 2005)

⁵ Família Lacistemaceae, nomes vulgares: apiuzinho; sardineira branca (MPEG, 2005)

⁶ Família Euphorbiaceae, nome vulgar: maioba (MPEG, 2005)

⁷ Família Mimosoidaeae, nomes vulgares: saboeiro de terra firme, sabugueiro, lágrima de Nossa Senhora, faveira, tento azul. (MPEG, 2005).

⁸ Família Mimosoidaeae, nomes vulgares: ingá, ingá peluda, ingá pracuuba (MPEG, 2005).

⁹ Família Annonaceae, nomes vulgares: envira preta, envira amargosa (MPEG, 2005)

¹⁰ Família Anacardiaceae, nomes vulgares: breu preto, tapiririca (MPEG, 2005)

O crescimento dessa espécie vegetal é rápido, boa adaptabilidade a solos arenosos, argilosos, alta e baixa fertilidade, além de grande potencial de produção. Essas razões têm aumentado seu emprego em reposição de áreas degradadas, reflorestamento e sistemas agroflorestais (GAZEL FILHO et al, 2007).

No Pará, a partir de 1955 o Horto do Museu Paraense Emílio Goeldi utilizou o paricá para a preservação das características da floresta Amazônica em espaços públicos e de fomentar estudo sobre o comportamento e características das espécies ali plantadas (MARQUES et al, 2006).

No início da década de 70, o paricá começou a ter sua silvicultura testada no estado do Pará por interesse de pesquisa e por iniciativa de colonos japoneses, em busca de diversificação de suas áreas cultivadas (DIAS, 2008).

Em 1974, essa espécie foi plantada em pequenas parcelas experimentais na mesorregião do nordeste paraense como parte de uma rede de ensaios de espécies florestais por intermédio do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (Prodepef) que se vinculava ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Em 1975, em busca de uma alternativa para o sombreamento do cacau a espécie foi testada para essa finalidade por colonos nipo-brasileiros no município de Tomé-Açú, compondo um sistema florestal bi estratificado (MARQUES et al, 2006).

Em recente amostragem efetuada entre nove empresas reflorestadoras localizadas na mesorregião do nordeste paraense que cultivam tanto espécies nativas quanto exóticas, verificou-se a preferência pelo cultivo de paricá com um total aproximado de 7.400.000 árvores (OLIVEIRA, 2009).

3.3 AGROECOSSISTEMAS

Para uma definição de Agroecossistema, é necessário trabalhar-se com a função que ele exerce no ambiente, pois pode se constituir em uma unidade básica de análise e estudo da agroecologia. Pela visão geográfica tem-se uma definição diferente: pode ser uma propriedade, um território, uma floresta nacional (FLONA), uma reserva extrativista, um assentamento, etc. Podem também ser definidos como uma incorporação entre arvores, de outras espécies de plantas e animais, ou ainda outro tipo de atividade agrícola (CAPORAL, 2006; CORNELL, 2007; WOOD et al, 2000).

São considerados agroecossistemas todos os ecossistemas que são usados para agricultura que incluem policultivos, monocultivos e sistemas mistos, uma gama de terras

com lavoura e pecuária, agroflorestas, sistemas agrosilvopastoris, aquicultura, pastagens e terras em pousio, além de hospedar grandes culturas e alta diversidade de espécies (ACHTAK et al, 2010; PIMBERT, 1999).

A prática desse tipo de sistema agrícola já era utilizada pelas comunidades indígenas que transformavam a floresta nativa em castanhais (*Bertholletia excelsa* H.B. K & Bonpl) e aglomerados de pupunheiras (*Bactris gasipae*), além das comunidades caboclas e ribeirinhas, que utilizam os agroecossistemas como meio de subsistência, isto porque as espécies arbóreas incrementam a entrada de matéria orgânica no solo, promovem a ciclagem de nutrientes, intensificam a atividade microbiana via fauna de solo abundante e diversificada (BARROS et al, 2009; SILVA, 2006; SOUZA et al, 2007a).

Esses agroecossistemas surgem em função da degradação da floresta natural, da necessidade agrícola e formação de pastagens porque apresentam estabilidade e sustentabilidade, além de promoverem a renovação dos recursos florestais, bem como a manutenção da biodiversidade, produção de alimentos, energia, fibras vegetais, microclima, controle hidrológico local (ALTIERI, 1999; MYERS, 1986).

A principal característica por eles apresentada é uma composição muito mais simples no que diz respeito ao número de espécies que residem no ecossistema e a relativa simplicidade dos fluxos de energia de um ecossistema natural estável. Além disso, a biodiversidade encontrada nos agroecossistemas tem mostrado níveis elevados bem como existe a ocorrência de um maior nível de paisagens, metapopulações e matriz agrícola. (BIALA et al, [2000?]; PERFECTO; VANDERMEER, 2008).

A riqueza da biodiversidade nos agroecossistemas ocorre devido à semelhança desse ecossistema com os sistemas naturais porque representam a combinação ideal para a biologia do solo, pela oferta de refúgio e a alta disponibilidade de matéria orgânica para macro e micro-organismos e isso favorece o aumento na riqueza e na densidade das espécies da macrofauna edáfica. Porém, a energia utilizada, considerada como auxiliar, é diferente do considerado natural, pois ela deriva do trabalho humano, animal, fertilizantes, pesticidas, água de irrigação, combustível para mover maquinário. Assim, plantas e animais dominantes sofreram seleção natural (AQUINO, 2005).

É óbvio que, além de contribuírem para a recuperação da fertilidade e da fauna do solo, os agroecossistemas atuam também no sequestro de carbono atmosférico, pois os reflorestamentos efetuados dessa forma são reconhecidos como uma estratégia eficaz para a regressão dos chamados “gases do efeito estufa (GEEs)”, ou tornam-se fontes devido a

emissão direta deles (LEHUGER et al., 2009; LIMA et al., 2010; RAMACHANDRAN et al., 2009).

Os sistemas agroflorestais são particularmente apropriados para a reabilitação de áreas degradadas porque tem o potencial para evitar a erosão do solo, melhorar a estrutura do mesmo e proteger as bacias hidrográficas das áreas manejadas. Podem também, em várias áreas degradadas, aumentar a umidade e aliviar a compactação, além de permitir maior infiltração da água da chuva e, em consorciamento de várias espécies, elevar a taxa de diversidade do ecossistema e proporcionar às plantas interações benéficas em diferentes ciclos de vida, portes e funções destas (CARVALHO; VIEGAS, 2004; NASCENTE DAS NEVES et al., 2007).

No nordeste paraense, no município de Tailândia, desde 2000, a implantação de SAF tem mostrado bom desempenho na recuperação de área degradada e fertilidade do solo com ou sem o uso de resíduos vegetal ou animal onde a recuperação da atividade biológica, teor de matéria orgânica e nutriente têm sido comprovada por estudos ali efetuados (MONTEIRO et al., 2010; PICCININ et al., 2007).

No município de Garrafão do Norte, também no nordeste paraense, os SAFs, além das avaliações quanto à melhoria da qualidade do solo e a interação entre cultivos de espécies vegetais endêmicas, também foi avaliado o fator sócio econômico proporcionado por esses agroecossistemas (HENKEL; AMARAL, 2008; PEREIRA et al., 2000).

O Programa ¹¹PROAMBIENTE que integra SAFs existentes em São Domingos do Capim, Irituia, Mãe do Rio e Concórdia do Pará, âmbito do projeto ¹²Desenvolvimento Local Sustentável – Pará (DSL-PA) mostra resultados positivos quanto ao consorciamento de espécies frutíferas ou não, para recuperação da qualidade do solo degradado por corte e queima, bem como a agregação de valores aos produtos advindos dessas áreas que são auxiliares na conservação e manutenção da prestação de serviços ambientais e melhoria na qualidade de vida dos setenta e oito (78) produtores rurais participantes desse projeto (ROMANO DE OLIVEIRA; KATO, 2009; WODA, 2009)

Portanto, a utilização de SAFs tem sido, nas últimas décadas, bastante difundida como alternativa para recuperação de áreas degradadas. A combinação de espécies arbóreas

¹¹ Programa de Desenvolvimento Socioambiental de Produção Familiar Rural tem como objetivo promover o equilíbrio entre a conservação dos recursos naturais e produção familiar rural, por meio de gestão ambiental territorial rural do planejamento integrado das unidades produtivas e da prestação de serviços ambientais (<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=33&idConteudo=8034&idMenu=8486>)

¹² Projeto em parceria com a Secretaria Executiva de Agricultura (Sagri) e da Cooperação Técnica Alemã (GTZ/GFA). Esse projeto é de fomento para promoção de SAFs multiestratos (WODA, 2009, p.436).

com culturas agrícolas e a criação de animais proporcionam a melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados, bem como na atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um grande número de fontes de matéria orgânica (CASTRO et al., 2009; SMITH, 1998).

3.4 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO (IQS)

O conceito de “qualidade do solo (QS)” surgiu nas literaturas especializadas na década de 90 (DORAN; SAFELY, 1997; KINYANGI, 2007; WIENHOLD et al., 2004). Porém, a definição do termo depende do ponto de vista que cada um tem sobre as funções do solo porque a QS envolve a capacidade funcional do solo quanto à sustentação da produtividade biológica, da manutenção da qualidade ambiental e da saúde das plantas e animais (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; BREDJA et al., 2000) (Figura 02).

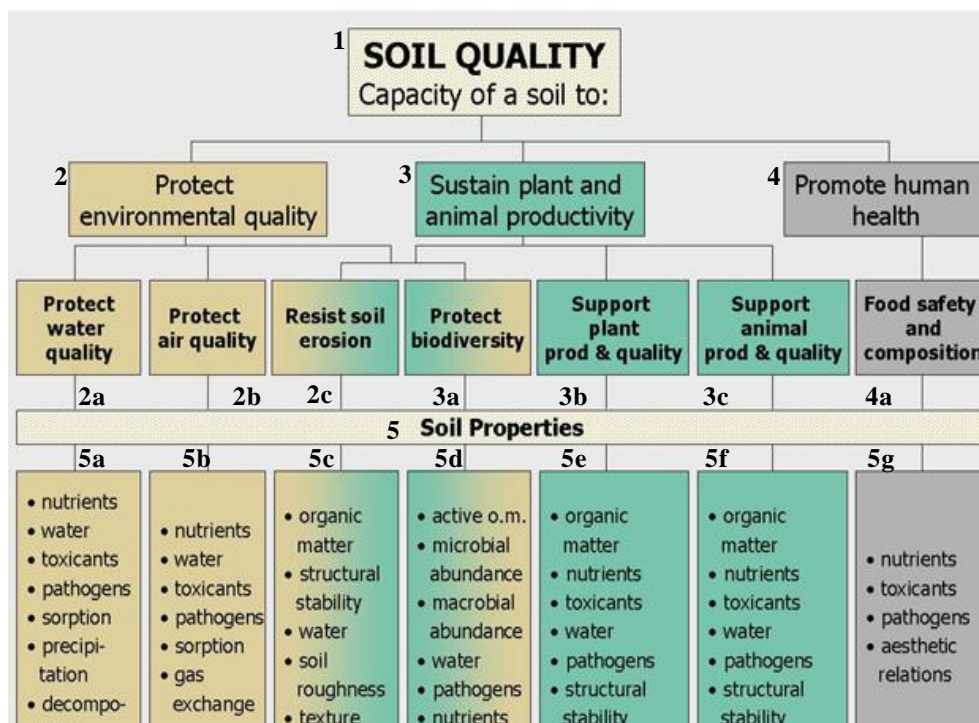


FIGURA 02: Indicadores da qualidade do solo: funções e definições.
Disponível em: <http://soil.usda.gov/use/wprdsols>.

TRADUÇÕES:

- 1 Qualidade do solo. Capacidade do solo para:
- 2 Proteção da qualidade ambiental.
- 2a Proteção da qualidade da água.
- 2b Proteção da qualidade do ar.
- 2c Resistência do solo a erosões.
- 3 Sustentabilidade produtividade, plantas e animais.

- 3a Proteção à biodiversidade.
- 3b Suporte para qualidade e produção de plantas.
- 3c Suporte para qualidade e produção de animais.
- 4 Promoção da saúde humana
- 4a Segurança e composição nutricional
- 5 Propriedades do solo
- 5a nutrientes, água, tóxicos, patógeno, absorção, precipitação, decomposição.
- 5b nutrientes; água; tóxicos; patógenos; sorção; trocas gasosas.
- 5c matéria orgânica; estabilidade estrutural; rugosidade do solo; textura.
- 5d matéria orgânica ativa; abundância macrobiana; abundância microbiana; água; patógenos; nutrientes.
- 5e matéria orgânica; nutrientes; tóxicos; água; patógenos; estabilidade estrutural.
- 5f matéria orgânica; nutrientes; tóxicos; água; patógenos; estabilidade estrutural.
- 5g nutrientes; tóxicos; patógenos; relações de estética.

No Brasil, a busca pela melhoria na avaliação da QS tem como base os padrões utilizados na Europa, onde os IQS são determinados de acordo com a área de atuação do pesquisador. Se esse pesquisador for da área agrônômica, pode utilizar como indicador da qualidade do solo, o fator produtividade porque se ela for alta, indica uma boa qualidade do solo. Porém, estudos efetuados por instituições de pesquisa diversas regiões brasileiras abordam temas diferentes para indicadores diferentes, o que mostra uma similaridade com os padrões utilizados na Europa (VEZZANI; MEILNICZUK, 2009; WIENS; SILVA, [2008?]).

Além da produtividade agrícola, outros aspectos estão envolvidos com a definição da QS: diversidades de espécies biológicas e suas relações com a espécie humana, capacidade do solo para manter a diversidade biológica, a regulação no fluxo de água, a detoxificação e a ciclagem de nutrientes (BREDJA et al., 2000; DORAN; PARKIN, 1996; KARLEN et al., 2003; ODUM; BARRET, 2007; VEZZANI, MIELNICZUK, 2009).

A QS ou a capacidade para funcionar, é um reflexo das propriedades intrínsecas, dinâmicas e inerentes que resultam essencialmente dos fatores de formação desse solo: clima, topografia, material de origem, biota e o tempo. As *propriedades físicas* inerentes de um solo e que se relacionam com a qualidade são: a textura, o tipo de argila, a profundidade do substrato e a classe de drenagem (NRCS, 2008).

As *propriedades químicas* do solo envolvidas com a fertilidade do solo, um dos indicadores da qualidade do solo, são:

(I) potencial hidrogeniônico (pH) que é afetado por fatores como clima, vegetação e material de origem do solo. Em solos ácidos, como na Amazônia, há predominância de alumínio, que é solúvel em meio ácido e, em reação com a água (hidrólise), produz cátions H^+ .

(II) A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) como, por exemplo, K^{+1} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , $(NH_4)^{+1}$, H^{+1} e Al^{+3} é um mecanismo importante para retenção e fornecimento

nutricional às plantas, além de atuar na adsorção de contaminantes. Em solos arenosos a capacidade de adsorção é baixa, devido à baixa reação da CTC, o que já não ocorre em solos argilosos.

(III) Matéria orgânica (MO) que participa ativamente na reação da CTC, pois quanto maior o teor de MO e de argila, maior será a reação da CTC e isso favorece a fertilidade do solo porque poderá ocorrer maior absorção de nutrientes catiônicos pelas plantas. Estas propriedades estão envolvidas com a fertilidade do solo que é primariamente determinada pelo teor e tipo de argila e de MO, isto porque ambas apresentam grande área superficial e em geral, cargas iônicas negativas.

(NRCS, 2010).

Em meados de 1980 o *Canadian Senate Standing Committee on Agriculture* preparou um artigo sobre degradação do solo para revisão do conceito de QS, e a definiu como “a capacidade do solo funcionar dentro do ecossistema e interagir positivamente com ecossistemas adjacentes, além de estar relacionada às funções que o solo possui para absorver, estocar e reciclar água, nutrientes e energia (KARLEN et al., 2003; VEZZANI, MIELNICZUK, 2009)”.

A avaliação da QS foi então concebida como uma ferramenta para ajudar a equilibrar os desafios associados à crescente demanda mundial por alimentos, rações e fibras, e a demanda pública para a proteção ambiental e diminuição do fornecimento de energias não renováveis e recursos minerais (DORAN; PARKIN, 1996; PESEK, 1994). Atualmente, sabe-se que os indicadores da qualidade do solo (IQS) estão interligados à qualidade ambiental, e estes, ao que se convencionou chamar de agricultura sustentável (Figura 03).

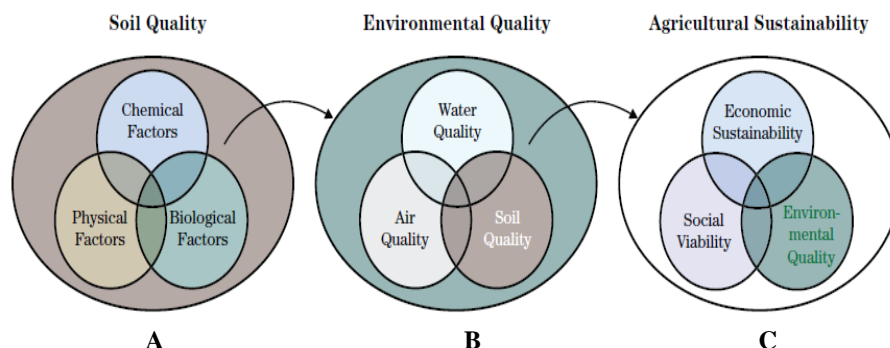


FIGURA 03: Interligação entre qualidade do solo, qualidade ambiental e agricultura sustentável.

Fonte: NRCS (2008).

Traduções:

A. Qualidade do solo: fatores químicos, fatores físicos e fatores biológicos.

B. Qualidade ambiental: qualidade da água; qualidade do ar e qualidade do solo.

C. Agricultura sustentável: sustentabilidade econômica; viabilidade social; qualidade ambiental.

Na figura 4, item A, são identificados os indicadores da qualidade do solo quanto à origem, física, química ou biológica, e isso é fundamental para que se entenda qual o papel exercido por esses indicadores na monitoração e avaliação da qualidade do solo (Tabela1).

TABELA 01: Principais tipos de indicadores da qualidade do solo e suas relações com o mesmo.

Indicadores	Relação com a qualidade do solo
FISICOS	
Estrutura do solo	Retenção de água e nutrientes
Infiltração e densidade aparente	Movimento de água e porosidade do solo
Capacidade de retenção de umidade	Armazenamento e disponibilidade de água
QUIMICOS	
pH	Atividade biológica e disponibilidade de nutrientes
Condutividade elétrica	Crescimento vegetal e atividade microbiana
Conteúdo de N, P e K.	Disponibilidade de nutrientes para as plantas
BIOLÓGICOS	
Biomassa microbiana	Atividade microbiana e reposição de nutrientes
Mineralização de nutrientes (N, P e S).	Produtividade do solo e potencial de suprimento de nutrientes
Respiração do solo	Atividade microbiana
Fixação biológica do N₂ (FBN)	Potencial de suprimento de N para as plantas
Atividade enzimática do solo	Atividade microbiana e catalítica no solo

Adaptada a partir de Araújo; Monteiro (2007).

Os indicadores da qualidade do solo, independente da origem, devem:

- (I) Apresentar boa correlação com os processos dos ecossistemas;
- (II) Estar integrado às propriedades físicas químicas e biológicas;
- (III) Facilidade no uso e avaliação por muitos usuários, tanto técnicos quanto produtores;
- (IV) Apresentar sensibilidade às mudanças climáticas e
- (V) Constar na base de dados já existentes

(NRCS, 2008).

Os indicadores biológicos, ao contrário dos indicadores físicos e químicos, apresentam alta capacidade para demonstrar mudanças na qualidade do solo porque os microrganismos respondem rapidamente a estas mudanças. Um dos indicadores biológicos da qualidade do solo é a microbiota contida no solo, onde são considerados fatores como:

tamanho, composição e a atividade por ela exercida nas primeiras camadas do solo (1 a 30 cm), e essa associação de fatores mostram se há ou não perturbação no ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; JOHNSON et al., 2003; MATSUOKA et al., 2003; PÔRTO et al., 2009; SHANGA et al., 2005).

O eminente catedrático da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fernando Freire (1997), relata que a *densidade aparente* é afetada pela estrutura, grau de compactação do solo e apresenta tendência a aumentar de acordo com a profundidade. Além dela (densidade) pode-se mensurar a qualidade do solo pela *porosidade*.

Os indicadores químicos utilizados para análise da qualidade do solo podem ser divididos em quatro classes distintas e que estão relacionados com a fertilidade do solo:

- a) indicadores dos processos do solo (pH, Corg);
- b) indicadores quanto à capacidade do solo em resistir às trocas de cátions (capacidade de troca de cátions, tipo de argila);
- c) indicadores da necessidade nutricional (Ca, Mg, Na, N, P, K) podem ser alterados através de manejo dos solos o que pode comprometer a QS.

(GOMES; FILIZOLA, 2006; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A QS pode ser analisada a partir da depleção da camada da estratosfera ozônica porque atualmente os raios ultravioleta do tipo beta (UVβ) chegam com mais intensidade ao solo, ou seja, na superfície terrestre, e a mudança nos níveis dessa radiação altera o processo de decomposição da biomassa do ecossistema porque provoca mudanças na abundância e composição das comunidades decompositoras expostas à radiação solar. Isso compromete a qualidade do solo com relação à fertilidade do mesmo porque haverá menor oferta de elementos minerais necessários ao crescimento dos vegetais (KASCHUK et al., 2010; PANCOTTO et al., 2005).

Além disso, as ligações existentes entre a biota superficial e a subsuperficial podem sofrer rupturas devido às modificações determinadas por agentes externos como mudanças no uso da terra e mudanças climáticas onde ambos comprometem a QS porque podem provocar modificações nas interações entre as plantas e a biota do solo, principalmente aquelas mais sensíveis às ações desses agentes externos, como as bactérias fixadoras de nitrogênio (WOLTERS et al., 2000).

Atualmente, há uma tendência de agrupar os indicadores físicos, químicos e biológicos para gerar um *indicador geral da qualidade do solo* (GISQ). Ele é elaborado a partir da agregação de tipos de informações que expressam os níveis de serviços prestados

pelo solo. Os cinco subindicadores que embasam o GISQ são: composição da macrofauna do solo; propriedades físicas do solo; fertilidade química do solo; morfologia do solo e estado dos níveis orgânicos do solo. O uso desses subindicadores indica que, quanto melhor for à qualidade do solo, mais serviços por ele serão prestados ao ecossistema (ROSSI et al., 2009; VELASQUEZ et al., 2008).

Assim, a identificação dos indicadores para a qualidade do solo (QS) apresenta grande importância porque essa qualidade é fortemente influenciada pelos processos mediados por indicadores biológicos, físicos e químicos que promovem: ciclagem de nutrientes, capacidade nutricional e estabilidade aos agregados do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; KINYANGI, 2007).

3.5 POPULAÇÃO E DIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA

Fauna edáfica ou fauna do solo é o termo que se usa quando se quer referenciar uma comunidade de invertebrados que vive permanentemente ou que passa parte da vida dele, ou um ciclo de desenvolvimento, no solo (AQUINO; CORREIA, 2005). Porém, a presença ou ausência desses seres no solo é determinada, em grande parte pela vegetação e depende da quantidade e variedade do material decíduo em florestas tropicais (...) (CORREIA et al., 2005; WARREN; ZOU, 2002). De acordo com o tamanho e o local que ocupam no solo são classificados em (Figura 04):

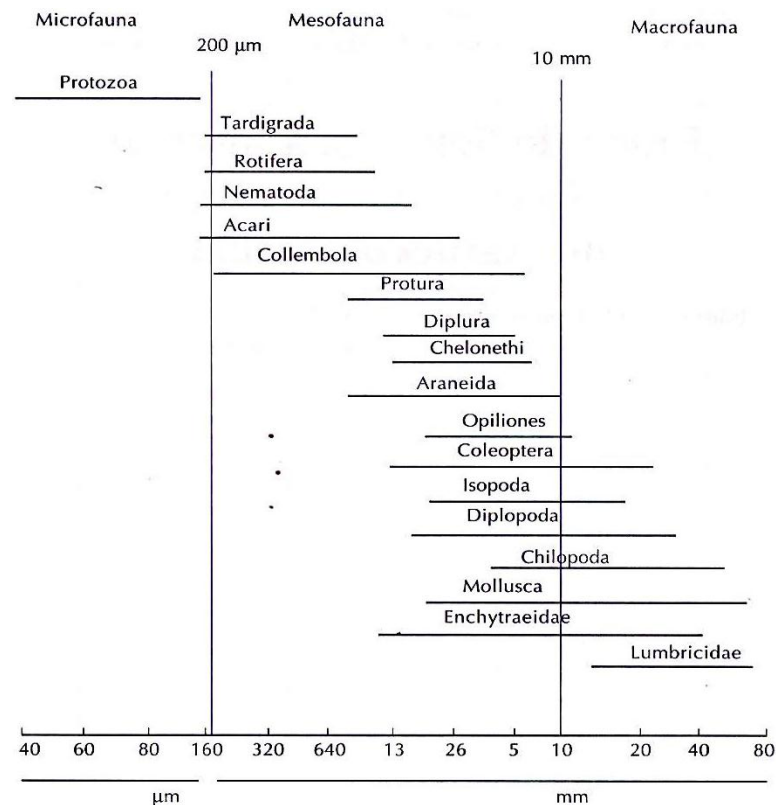


FIGURA 04: Classificação dos organismos do solo com base no diâmetro do corpo.

Fonte: Aquino, 2005.

Microfauna (> 0.01 mm de diâmetro) inclui pequenos colêmbolos, ácaros, nematódas e protozoa. Alimentam-se de microorganismos, promove uma ligação entre decompositores primários e fauna maior de detritos alimentares sendo importantes para a liberação de nutrientes imobilizados pelos microrganismos, por isso tem importante papel na regulação da matéria orgânica (CORREIA; AQUINO, 2005).

Mesofauna (diâmetro do corpo inferior a 2 mm) são animais de tamanho intermediário, e esse tamanho define a extensão em que a atividade dos mesmos (alimentação e escavação) pode modificar as propriedades do solo. A mesofauna habita os poros do solo, porém não cria galerias próprias, e é afetada pela compactação do solo (AQUINO et al, 2006).

Macrofauna apresenta 90% de seus componentes visíveis a olho nu como, quilópodes, diplópodes, larvas de lepidópteros e dípteros, aranhas, térmitas, etc. (RUIZ; LAVELLE, 2008). Esses animais se movimentam no perfil do solo, por isso são conhecidos como “engenheiros do solo”, modificam a estrutura do solo, promovem a predação de outros invertebrados. A composição dessa comunidade (macrofauna edáfica), bem como a abundância da mesma, também são indicadores da biodiversidade do solo e da intensidade das

atividades biológicas nele ocorridas (SANTANA DE LIMA et al., 2010; VELASQUEZ et al., 2007).

Outras características da fauna edáfica são: a migração que efetua no sentido vertical em busca de umidade no interior do solo em época de seca e o retorno quando a umidade na superfície é restabelecida (BANDEIRA; HARADA, 1998); o habitat, que pode ser aquático nos poros com água e filmes de água ao redor das partículas do solo, terrestre, ou seja, na atmosfera do mesmo; o hábito alimentar que pode ser ¹³biófago, ¹⁴saprófago, ¹⁵geófago, ¹⁶xilófago, ¹⁷rizófago e ¹⁸fungívoro; a locomoção, pois podem ser escavadores e não escavadores (AQUINO; CORREIA, 2005; DEVIVE; CASTRO, 2009).

Por essa diversidade de animais, o solo está entre um dos mais complexos habitats do globo, sendo o sistema biológico pobremente conhecido. Essa fauna edáfica, composta por animais invertebrados heterotróficos que passam pelo menos uma fase do ciclo de vida no solo, está intimamente associada aos processos de decomposição, fragmentação e ciclagem de nutrientes, os quais são de fundamental importância para a manutenção da produtividade do ecossistema, e ao mesmo tempo, agente transformador e reflexo das características físicas, químicas e biológicas dos solos (ANTONIOLLI et al., 2006; LOURENTE et al., 2007).

Os invertebrados edáficos têm importante papel no processo de decomposição da matéria orgânica: atuam na quebra física dos tecidos das plantas e de pequenos animais mortos; atuam no fornecimento de material fecal; facilitam o ataque microbiano; influenciam na estrutura do solo; melhoram as propriedades físicas e conteúdo orgânico, assim como também modificam positivamente ou negativamente o desenvolvimento das plantas (BARRETA et al., 2008; BARROS et al., 2008; LAVELLE et al., 1992; MACAMBIRA, 2005; RUIVO et al., 2007). Dentre os invertebrados componentes da pedofauna, as minhocas e outros invertebrados apresentam uma diversidade associada ao habitat que ocupa no solo (Tabela 2).

¹³ Alimenta-se de outro ser vivo, em geral, outro animal invertebrado.

¹⁴ Alimenta-se a partir de matéria orgânica em decomposição.

¹⁵ Consumidores de solo

¹⁶ Consumidores de madeiras.

¹⁷ Consumidores de raízes

¹⁸ Consumidores de fungos.

TABELA 02: Diversidade funcional das minhocas e de outros invertebrados em função do ambiente

Categoria funcional	Descrição	Função no solo
Epigeicos	Vivem associados e se alimentam da serapilheira: artrópodes saprófagos, pequenas minhocas pigmentadas, e predadores desses (quilópodes, formigas e alguns coleópteros)	Fragmentam a serapilheira e participam da decomposição “ <i>in situ</i> ”.
Anécicos	Alimentam-se da serapilheira, mas constroem galerias subterrâneas e ninhos para abrigos; minhocas grandes e pigmentadas e a grande maioria das espécies de cupins.	Removem a serapilheira e transportam para diferentes ambientes, como subsolo e cupinzeiros, alterando a cinética da decomposição e a distribuição espacial desses produtos.
Endogeicos	Vivem no solo, são geófagas e se alimentam da matéria orgânica e raízes vivas e mortas, consistem principalmente de cupins, formigas e minhocas despigmentadas.	Produzem coprólitos e “pellets” fecais e participam da macroagregação do solo. Esses animais constroem galerias e ninhos epigeicos (formigas e cupins) e eventualmente excretam na superfície como os coprólitos das minhocas. Esses Processos tem importante influência na organização física do solo.

Adaptada a partir de Aquino; Correia, p.42. 2005

Em áreas degradadas, a presença de minhocas no solo proporciona aumento na aeração, na capacidade de retenção hídrica e distribuição da água; o húmus gerado pode contribuir na fertilidade do solo, através do aumento nas concentrações de cálcio, potássio e fósforo; diversidade populacional devido esse invertebrado servir de alimento para outros predadores (ANDRADE, 2000; KOBAYAMA et al, 2001).

Estas afirmativas mostram que a manutenção da macrofauna pode manter a produtividade da terra porque estes animais são os mantenedores da ciclagem dos nutrientes, além de atuarem também no processo de decomposição e, dessa forma, alteram as propriedades físicas dos solos, principalmente as minhocas que atuam de forma efetiva em solos ácidos onde a matéria orgânica é escassa.

Atualmente, além das modificações ocorridas em florestas naturais que provocam alterações negativas na fauna edáfica, as mudanças climáticas também interferem na mesma, porém os estudos que revelam o comportamento dessa fauna sob efeito dessas mudanças são escassos. Recentemente é que estudos associando os atributos químicos e biológicos do solo,

com as características climáticas ou microclimáticas estão sendo desenvolvidos (ARAÚJO et al., 2009; MATHIEU et al., 2005; RUIVO et al., 2007).

3.6 PROPRIEDADES DO SOLO NO NORDESTE DO PARÁ

O solo da floresta de Terra Firme na Amazônia apresenta baixa fertilidade química, com baixa oferta de nutrientes essenciais disponíveis. A ciclagem de nutrientes está associada às condições térmicas, ou seja, temperaturas médias elevadas devido a não circulação do ar atmosférico próximo ao solo, elevadas taxas de umidade e a alta diversidade biológica (BAENA, 1982; FERREIRA et al., 2001).

Quanto ao nordeste do Pará, sabe-se que a evolução sedimentar que ali ocorre advém do depósito ¹⁹miocênico, chamadas litoestratigraficamente de Formação Pirabas (Neo-Oligoceno/Eomioceno) e Barreiras (Meso e Neomioceno), ocorrem em diferentes contextos estruturais sendo particularmente exposto na Bacia de São Luís, centro-leste da sub-bacia de Cametá, na porção leste Sistema de *Graben* do Marajó, Bacia de Bragança-Viseu, e nas plataformas bragantina e do Pará (Figura 05) (ROSSETTI, 2006; WAGNER; WAGNER, [2008?]).

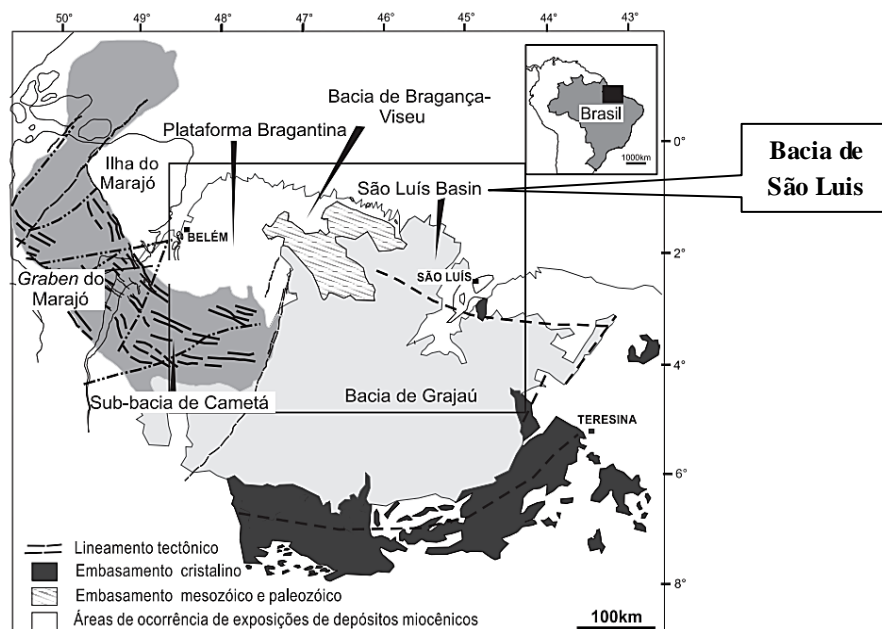


FIGURA 05: Mapa de localização das bacias sedimentares e plataformas na região Norte do Brasil que possuem exposições dos depósitos miocênicos.

Fonte: Rossetti, 2006.

¹⁹ O Período Miocênico foi geologicamente ativo com eventos de expansões de geleiras na Antártida, fechamento do Mar Mediterrâneo e soergimento de inúmeros cinturões orogênicos de grande importância para o mundo atual.

Na região nordeste do Estado do Pará há predominância de latossolos amarelos e Argissolos. A origem Latossolo Amarelo está relacionada a sedimentos arenoargilosos dos períodos Quaternário e Terciário. (ROSSETTI, 2006; TRINDADE et al., 2009; WATRIN et al., 1996).

A textura do Latossolo Amarelo varia de franco arenoso até muito argiloso, a fração de argila abrange 15% a 95%, a capacidade de troca de cátions (CTC), em geral, é inferior a 6 cmol_c/kg de argila, e o alumínio trocável pode ser superior a 2 cmol_c/kg do solo. Nesse tipo de solo, há macronutrientes que se constituem em elementos limitantes ao crescimento de culturas, e o mais limitante deles é o fósforo (P), cuja deficiência no solo chega a 90% (MALAVOLTA 1980; SILVA et al., 2006; VIEIRA et al., 2003).

Os Argissolos, com características físicas adequadas ao uso agrícola, mas com fortes limitações nutricionais. Nessa classe, a presença do Argissolo Distrófico é predominante sobre o Argiloso Eutrófico, onde a soma de bases é, geralmente, inferior a 1,0 cmol_c kg, e os teores de alumínio no complexo de trocas é elevado, com variações entre 1,0 a 10 cmol_c kg.

Quanto ao Argissolo Eutrófico, as características morfológicas e físicas assemelham-se aquelas apresentadas pelo Argissolo Distrófico. Esse último apresenta argila com atividade alta, conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico, possui potencialidade para uso com pastagens, reflorestamento, culturas perenes como, por exemplo, café. O Horizonte *Bt* conserva a umidade por período longo, e a fertilidade é variável, ou seja, depende do material de origem e da erosão, por isso apresenta limitações depois de removida à cobertura vegetal. (COSTA FILHA, 2005; KONDO, [2000?]).

3.7 AMAZÔNIA, CLIMA E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.

O estudo do clima na Amazônia é objeto de estudo para três grandes projetos: (I) a instalação do Projeto denominado *Anglo Brazilian Amazonian Climate Observational Study (ABRACOS)*, cuja missão era captar dados em épocas seca e úmida durante os anos de 1991 – 1995. Constitui-se dessa forma, como o marco inicial do estudo climático nessa região. (II)

Em seguida surgiu o ²⁰Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (*LBA*) e, finalmente, o (III) South American Low Level Jet Field Experiment (*SALLJEX*) (MARENGO; NOBRE, 2009).

Esses projetos estudaram ou ainda estudam os mecanismos de precipitação atuantes na Amazônia que são classificados como de (a) **Larga escala**, com a chamada *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)*, cuja origem é a partir da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste próximo à linha de Equador; a *Alta da Bolívia (AB)*, formada a partir da convergência do ar em baixos níveis a altos níveis de pressão. Quanto ao nome, é assim denominada porque forma-se na área ocupada pelo País do mesmo nome.

Para os mecanismos de (b) **Mesoescala**, têm-se as Linhas de Instabilidade (LIc), cuja origem está entre os estados do Pará e Amapá (N – NE Amazônico); elas são responsáveis, durante a seca na Amazônia, por 45% das chuvas que precipitam nessa época.

Em (c) **Microescala** tem-se a ²¹*brisa fluvial* que pode ocasionar precipitação no continente durante o dia ou de noite, e a *convecção noturna* (SANTOS DO NASCIMENTO; MASCARENHAS JÚNIOR, 2009; FISH et al., 1996). De acordo com Köppen, a Região Amazônica está situada no grupo de clima tropical chuvoso A, onde as temperaturas médias dos meses são inferiores a 28°C, com oscilações inferiores a 5°C. As variações climáticas na Amazônia podem ser analisadas sob três aspectos: (1) as globais, decorrentes de causas naturais; (2) de origem antrópica, decorrente de alterações do uso da terra dentro da própria região amazônica e (3) decorrentes das mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas (MARENGO; NOBRE, 2009; MÜLLER, 2006; NOBRE, et al., 2007).

A distribuição das chuvas na Amazônia é bastante irregular, apresentando variabilidade espacial e temporal. Apesar desse fato, toda a região Amazônia é essencialmente marcada por dois períodos – alto (cheia) e baixo nível de águas dos rios (vazante).

O efeito do desmatamento na Amazônia, no clima regional e global, bem como o efeito da substituição da floresta por pastagens, leva a um aumento da temperatura e a diminuição da evapotranspiração e da precipitação na região. Os estudos realizados simultaneamente em superfícies de floresta e pastagens demonstraram que, em interfaces do tipo floresta-atmosfera, o fluxo de calor é predominantemente no sentido solo-atmosfera, com uma pequena componente de fluxo no sentido da atmosfera-solo durante o dia, enquanto em

²⁰ Os resultados dos estudos sobre clima e hidrologia na Bacia Amazônica, gerados por esse projeto são divulgados em números especiais das revistas *Journal of Geophysical Research*, *Theoretical and Applied Climatology* e *Revista Brasileira de Meteorologia*.

²¹ De acordo com Fish, Marengo e Nobre (1996) é um mecanismo físico no qual o ar, devido ao contraste térmico entre água-terra, move-se em direção ao continente durante o dia e vice-versa à noite.

interfaces do tipo pastagem-atmosfera, o fluxo de calor ocorre com elevada magnitude nos dois sentidos, dependendo se o período for ²²seco ou ²³chuvoso (FERREIRA et al, 2005; NOBRE, et al, 2007; SOUZA et al, 1996).

As alterações no microclima de uma determinada região ocorrem de duas formas: (I) por ação antropogênica como, por exemplo, urbanização e agricultura, e por (II) emissão de gases de efeito estufa, podem ou não estar associados eventos climáticos extremos como fenômenos naturais como El Niño, La Niña (OLIVEIRA et al, 2008).

Esses fenômenos de larga escala têm origem no Oceano Pacífico e atuam sobre a célula de Walker. O primeiro, El Niño, cuja periodicidade de ocorrência e duração não é bem conhecida, ocorre quando há o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial, associado ao enfraquecimento dos ventos alísios da região equatorial, o que diminui a precipitação pluviométrica no Leste e Oeste da região Amazônica. O segundo, La Niña, é o oposto, ou seja, origina-se pelo resfriamento das águas superficiais do oceano, o que resulta, na Região Amazônica, em maior precipitação (SANTOS DO NASCIMENTO, MASCARENHAS JÚNIOR, 2009; OLIVEIRA et al, 2008).

Portanto, entender a variabilidade climática na Amazônia, deve-se promover uma relação entre: escala interanual, El Niño e La Niña do Oceano Pacífico Tropical, o contraste térmico das seções Sul e Norte do Equador ao Atlântico Tropical e a escala interdecenal. Esse entendimento poderá evitar impactos sociais e econômicos nos ecossistemas naturais significativos como o Amazônico (MARENGO, NOBRE, 2009).

3.8 VARIAÇÕES SAZONAIS DOS ATRIBUTOS DO SOLO

O conceito de “solo” varia de acordo com a ²⁴ciência que o utiliza. O solo é considerado um *recurso natural não renovável*, cuja origem está na inter-relação de cinco fatores: material de origem (rocha matriz/mãe), clima, organismos, relevo e tempo (Figura 06). Apresenta-se composto por três fases distintas: sólida (apresenta matéria orgânica e inorgânica) líquida (água ou solução do solo) e gasosa (gases do solo) (KIEHL, 1979; BRASIL, 2007b).

²² Na Região nordeste do Estado, área do presente estudo, ocorre nos meses de agosto/setembro/outubro (MARENGO; NOBRE, 2009, p.202)

²³ Período para Amazônia Oriental, onde se encontra a área de estudo: fev/mar/abr (EMBRAPA/CPATU, 1996, p.9)

²⁴ Agronomia: fertilização → edafologia. Geologia e Geografia: evolução e composição → Pedologia. Engenharia Civil: resistência → Geotécnica.

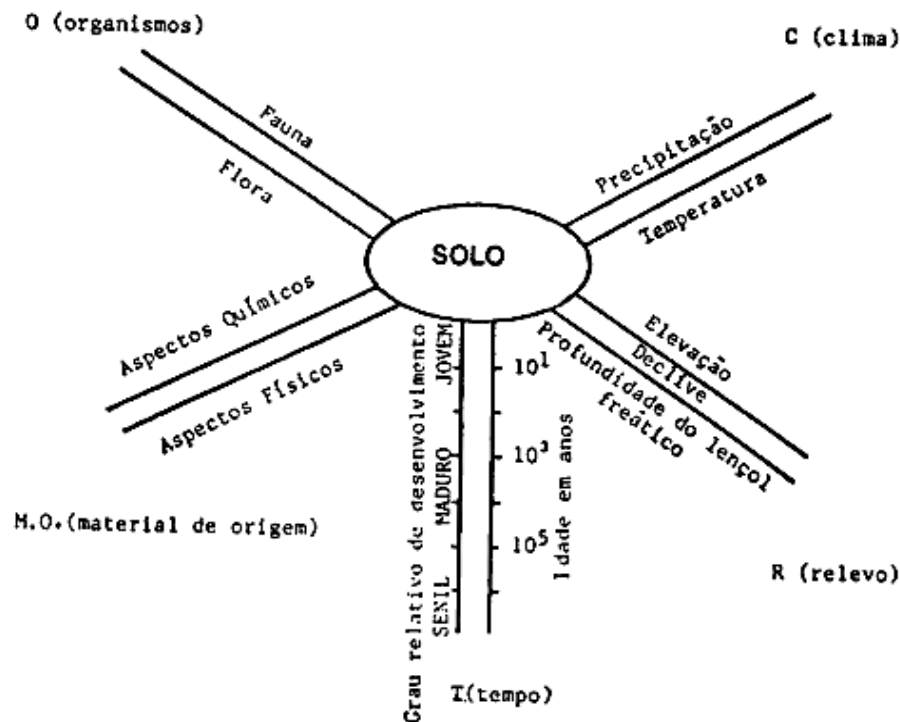


FIGURA 06: Diagrama dos fatores de formação do solo.
 Fonte: Atributos do solo e o Impacto ambiental, 2010.

Dessa maneira, é possível definir o solo como um aglomerado heterogêneo de partículas minerais, água, ar, e matéria orgânica, cuja composição e distribuição afetam muito o desenvolvimento das plantas, e as partículas sólidas constituem o corpo sólido do solo. Em consequência disso o solo *é um corpo poroso, e os poros são ocupados pelo ar e pela água* (CARDOSO NETO, [2010?]). As propriedades físicas e químicas do solo, quando agregadas às características ambientais, são ideais para definir as condições da terra e viabilizar o melhoramento de fatores como: fertilidade natural, excesso de água, etc. (COSTA FILHA, 2005).

As propriedades do solo que se correlacionam com o clima são: conteúdo da: matéria orgânica, areia, argila, natureza da argila, minerais de ferro, presença de Corg (alto ou baixo teor) e Carbonato de Cálcio (CaCO_3). Os dois aspectos do clima mais atuantes sobre estas propriedades são a umidade do ar atmosférico que atua sobre os processos físicos e bioquímicos ocorridos no solo, e a temperatura, que influencia a taxa bioquímica (ATRIBUTOS..., 2010, BRASIL, 2008; CARDOSO NETO, [2010?]).

Quanto aos atributos do solo, sejam físicos ou químicos, se descrito pela sua natureza, ou seja, aquilo que lhe é intrínseco tem-se a *característica*, porém, quando se analisa o comportamento dele, ou seja, a reação a fatores externos, tem-se *as propriedades* do mesmo

(FRANÇA, 1982). Com base nesses aspectos verifica-se que esses atributos sofrem ações do clima e suas variáveis, seja na formação (gênese) ou no manejo.

A variação sazonal diária da respiração do solo (efetuada pelos organismos do solo, raízes das plantas e matéria orgânica em decomposição), associada à temperatura e aos fatores bióticos e abióticos do mesmo, influencia na concentração do *dióxido de carbono* (CO₂). As variações ocorridas na textura e na quantidade de argila também podem afetar as concentrações de carbono (HANG et al., 2007; WILLIAMS et al., 2002).

Outro atributo submetido a variações sazonais quando se correlaciona com desflorestamento na Amazônia é a *umidade do solo*, porque esta é dependente da condutância da cobertura vegetal, pois quando há baixa condutância da cobertura vegetal, ocorre também baixa umidade do solo e alto déficit de umidade no solo (HARRIS et al., 2004).

O *nitrogênio*, cuja absorção pelas plantas é efetuada sob a forma de nitrato (NO⁻³) e amônia (NH⁺³) também sofre variações sazonais climáticas. Quando os raios UVβ incidem diretamente sobre o solo, a comunidade microbiota decresce, devido à elevação da temperatura no solo em consequência da queda na concentração de MO porque esta participa diretamente da ciclagem desse atributo químico no solo (LESSA, 2007; WOLTERS et al., 2000).

A *matéria orgânica (MO)* sofre ação de uma variável climática (temperatura) e uma variável do solo, a umidade. Tem-se então uma abundância de MO em regiões onde estas duas variáveis apresentam altas taxas (ex.: florestas tropicais), e escassas em locais em que a temperatura e umidade se apresentam baixas (ex.: desertos), e isso ocorre em função do processo de mineralização, pois, quando incorporada ao solo, a MO provoca um decréscimo na densidade da partícula (indicador da composição mineralógica do solo e fator determinante indireto da porosidade). Nestas partículas, é exercida uma pressão, pelas raízes, e que resulta na formação de agregados estáveis. Essa densidade, em geral, determina um aumento no volume de macroporos e diminuição no de microporos (GUERRA; BOTELHO, 1996; PERRUT DE LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2002).

A *fertilidade*, outro atributo do solo, apresenta relação com potencial hidrogeniônico (pH) porque este se relaciona com capacidade de troca de cátions (CTC), pois o pH elevado pode interferir na adsorção de cátions, o que irá disponibilizar menor absorção catiônica pelas plantas dos sais que ela necessita (CANELLAS et al., 2008).

A precipitação pluviométrica determina elevação da umidade do solo devido à infiltração dessa água no solo, com isso, os espaços entre os poros ficam ocupados pela água, o que determina uma diminuição na disponibilidade do gás oxigênio para a atividade

bacteriana. Isso provoca diminuição na atividade bacteriana que é responsável pela dinâmica da decomposição da MO, de onde são liberados os nutrientes para a fertilidade do solo. Como um dos produtos da degradação da MO é o dióxido de carbono (CO_2), este, no solo, equilibra-se com a água do solo, produz íons bicarbonato e libera prótons H^+ , o que reduz o pH do solo. Esse íons hidrogênio livres (H^+) podem deslocar K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} e Mn^{+2} , do complexo de trocas de cátions que podem ser lixiviados pela precipitação o que irá determinar menor fertilidade do solo (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Outro fator submetido a variações é a *densidade aparente*, resultante da relação entre a massa de uma amostra seca a 110°C e a soma dos valores ocupados pelas partículas e também pelos poros. Esse atributo físico aumenta, em geral, com a profundidade devido o processo de compactação das camadas superiores do solo, e isso provoca redução na porosidade, que também pode ser reduzida por movimentações verticais, via eluviação de materiais finos advindo das camadas superiores. Essa propriedade do solo é importante porque permite avaliar outras condições do solo como, drenagem, condutividade hidráulica, permeabilidade do ar e água (COSTA FILHA, 2005; GUARIZ et al, 2009).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na Fazenda Tramontina Belém S/A (Figura 07), localizada no município de Aurora do Pará que pertence à mesorregião do Nordeste Paraense, precisamente na Microrregião do Grama. Aurora do Pará possui uma área de $1.811,83 \text{ km}^2$, limitada pelos seguintes municípios: São Domingos do Capim, ao Norte, Mãe do Rio e Capitão Poço, a Leste; Ipíxuna do Pará, ao Sul, Tomé-açú e São Domingos do Capim, a Oeste. A população estimada em 2004 era de 23.630 habitantes (CORDEIRO, 2007).

A sede Municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: $02^\circ 08' 02''$ de latitude e $47^\circ 33' 32''$ de longitude Oeste de Greenwich. A Fazenda Tramontina, local desse estudo, está situada geograficamente, entre as coordenadas $2^\circ 10' 00''$ de latitude Sul e Longitude $47^\circ 32' 00''$ W, e o acesso principal é efetuado pela Rodovia BR 010, que dista do município de Belém, capital do Pará, 210 km em linha reta (CORDEIRO, 2007).

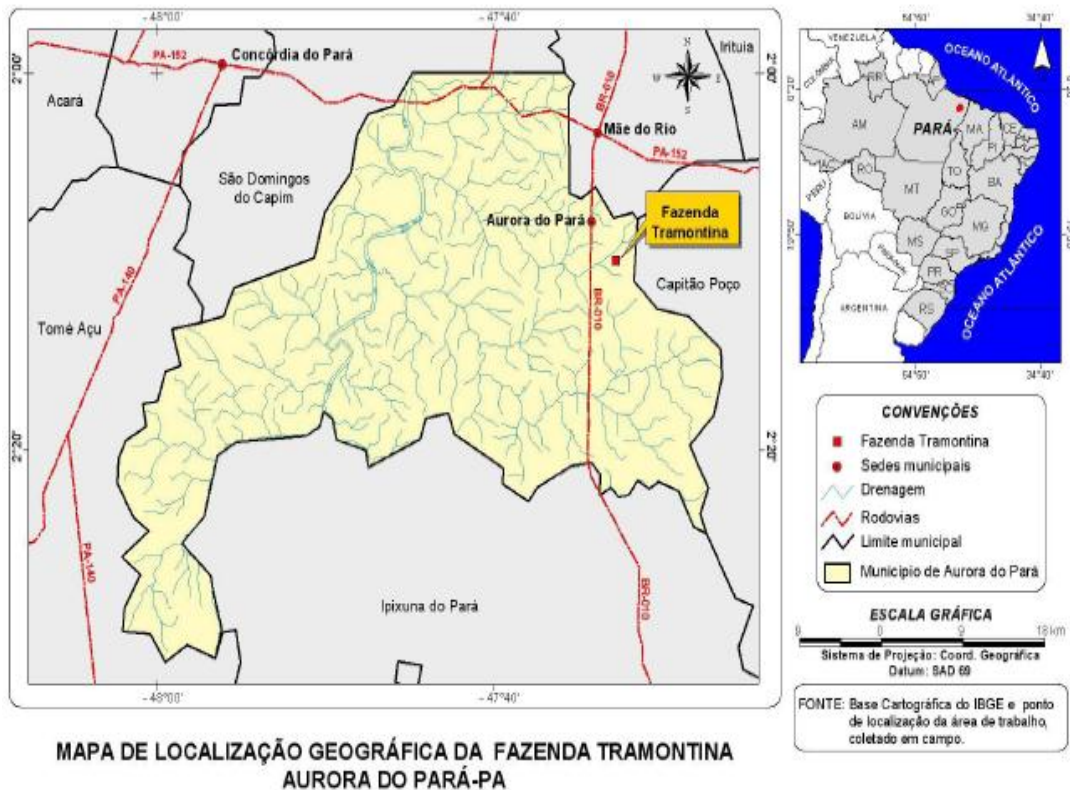


FIGURA 07: Localização da Fazenda Tramontina Belém S/A no município de Aurora do Pará.
Fonte: base cartográfica do IBGE.2008.

4.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

4.2.1 Geologia

O Cráton Amazônico localiza-se ao Norte da Plataforma Sul-Americana, e divide-se em dois Escudos: Guaporé (Brasil-Central) que está localizado no sul, e das Guianas no Norte. Ambos são separados pela Bacia Sedimentária Paleozoica do Rio Amazonas (Figura 08).

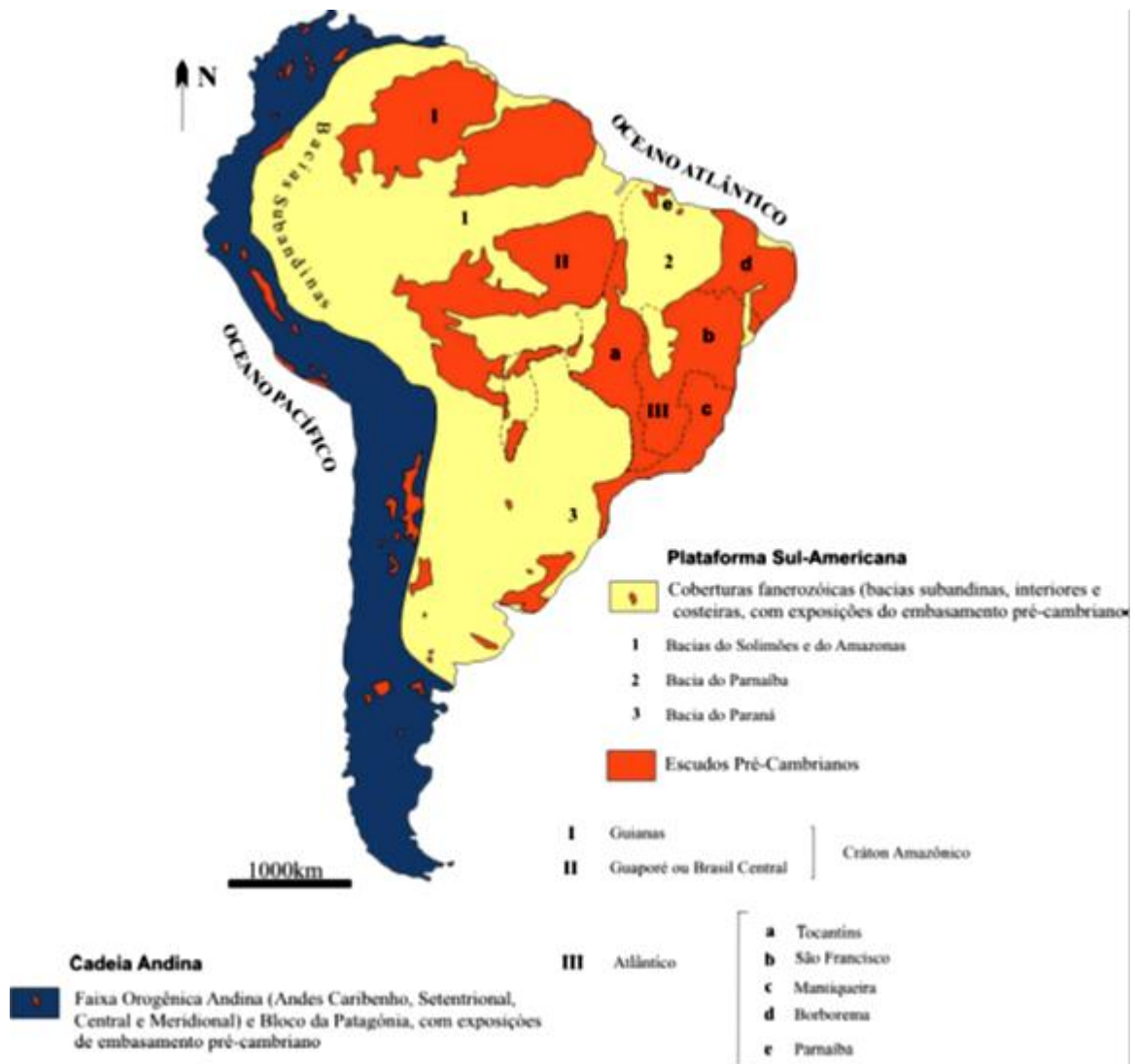


FIGURA 08: Compartimentação geotectônica da América do Sul.
Fonte: Vasquez et al., p.39

A Cidade de Belém está circundada por unidades geotectônicas do período pré-cambriano, identificados como (I) Cráton Amazônico, (II) Cinturão Araguaia, (III) Cráton São Luis e (IV) Cinturão Gurupi (PALHETA, 2008). No Nordeste do Estado, a litologia apresenta o *Cráton São Luis* (Figura 09) cujas subunidades são: (a) Grupo Aurizona, (b) Suíte Intrusiva Tromai e (c) Suíte Intrusiva Traquateua (KLEIN; MOURA, 2003; KLEIN et al, 2005).

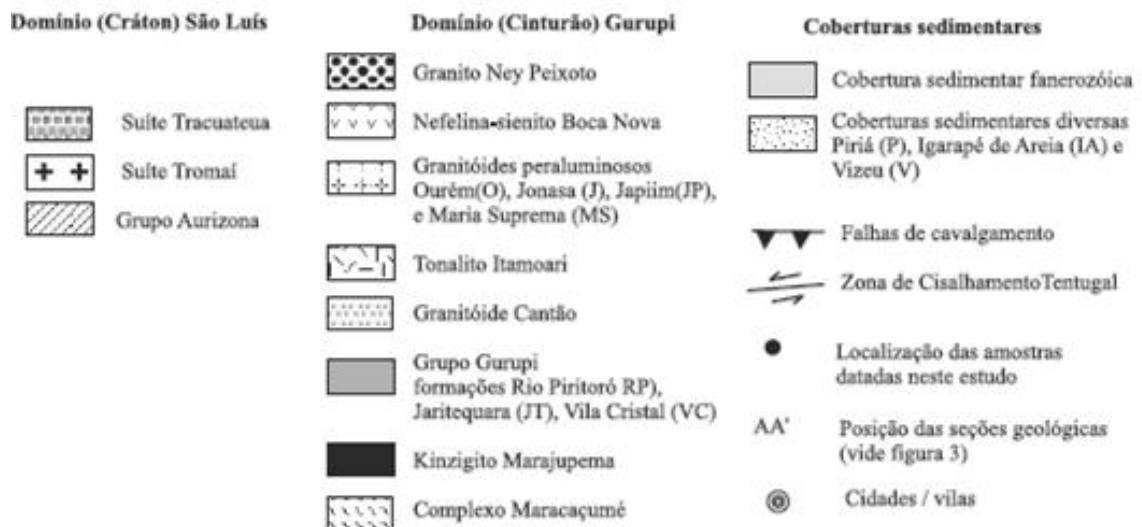
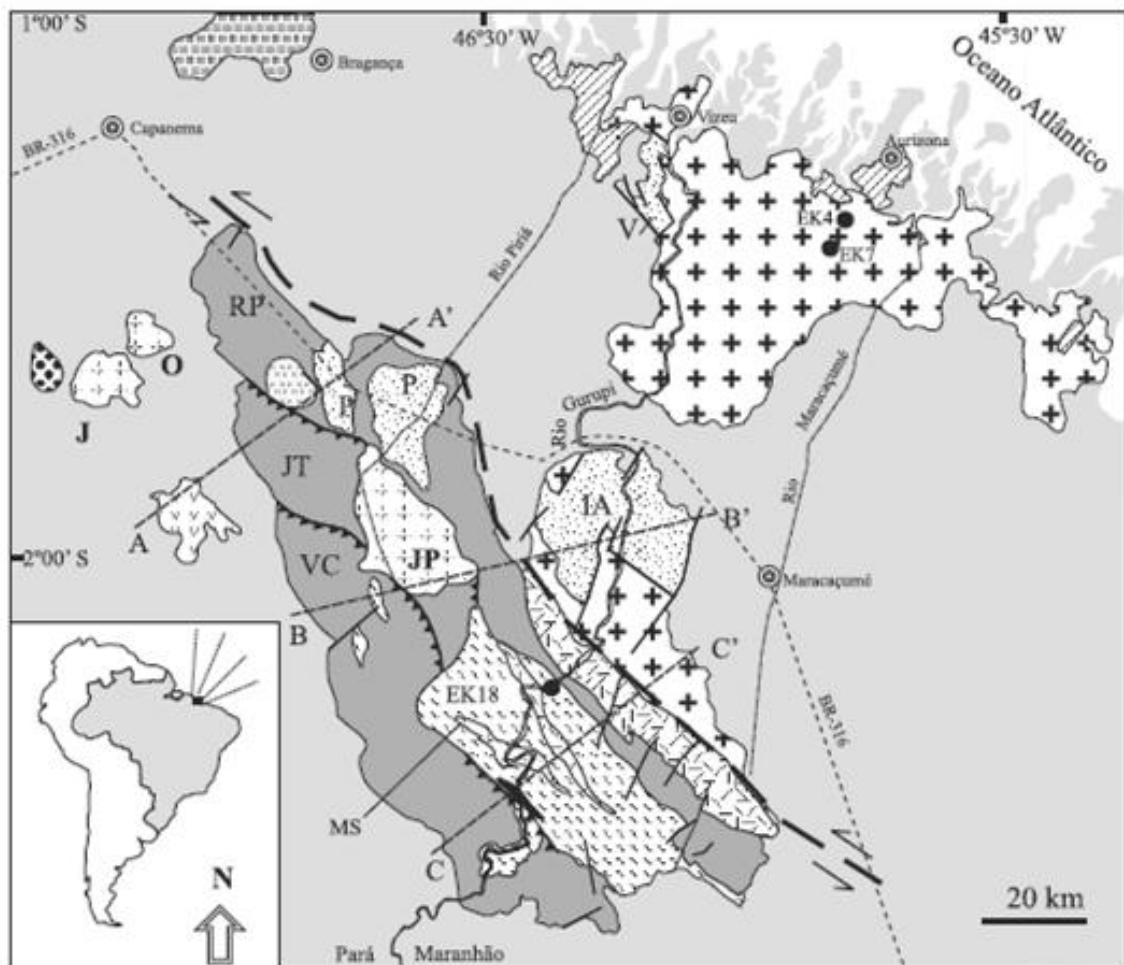


FIGURA 09: Domínio (Cráton) São Luiz.
Fonte: Klein; Moura, 2003.

Nessa região do estado do Pará ocorrem Depósitos Neógenos do Mioceno Inferior cujas denominações litográficas são Formação Pirabas (Mioceno Inferior) e Formação

Barreiras. Eles apresentam faces carbonáticas, mistas carbonáticas-siliclásticas e siliclásticas. As origens desses depósitos podem ser o ambiente marinho transicional e plataformar, cujos depósitos internos organizam-se em três sucessões estratigráficas que são definidas por superfícies de descontinuidade (BOULHOSA; SOUZA FILHO, 2009; ROSSETTI, 2006).

A maior parte do solo no nordeste paraense (região onde está localizada a Fazenda Tramontina S/A) representa depósitos aluvionais, estuarinas e costeiras holocênicas que formam um complexo sistema deposicional (BOULHOSA; SOUZA FILHO, 2009; SILVA JÚNIOR; EL-ROBRINI, 2001).

4.2.2. Clima e vegetação

O clima, segundo a classificação de Thornthwaite Br A'a, é tropical úmido. Na Fazenda Tramontina, a precipitação pluviométrica tem média anual de 2.200 mm (Figura 10). A temperatura média é 26° C, mas a média do mês mais quente foi 35 °C, no período de 2001 a 2005, e a umidade relativa do ar média alcançou 74 %. As chuvas, apesar de serem regulares, não se distribuem igualmente concentrando-se (cerca de 80%) (CORDEIRO, 2007; CORDEIRO et al., 2009; OLIVEIRA, 2009).

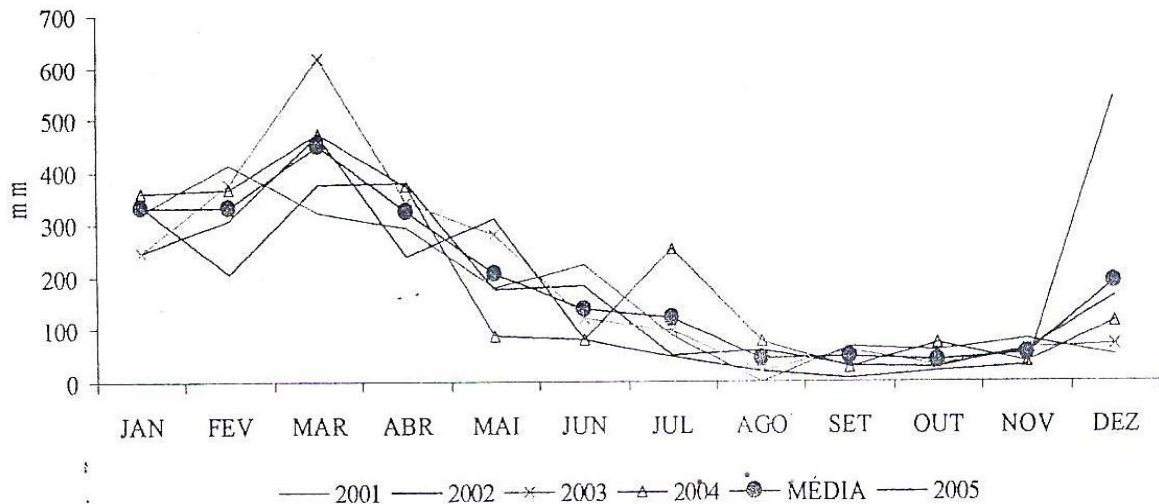


FIGURA 10: Precipitação pluviométrica do Campo Experimental da Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará. 2001 a 2004 e a média de 2005.
Fonte: Cordeiro, 2007.

Quanto à **vegetação**, o território paraense apresenta florestas diferentes: Ombrófila Densa, composta por matas de Terra firme, Várzea e Igapós. Presente em quase

todo o território paraense, as árvores são de grande porte em altura (25 ± 50 m) e, dependendo desse aspecto podem ser denominadas de ²⁵emergentes, ²⁶uniformes e ²⁷submata. Nas terras baixas são encontradas espécies como angelim (*Amburana cearensis* (Freire Allemão), maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), castanheira do Pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), seringueira (*Hevea brasiliensis* Wild. ex. A. Jus) e piquí/pequi (*Caryocar brasiliensis* Cambess), cujos dosséis encontram-se e evitam a entrada da luz solar o que provoca aumento da umidade do solo nessas terras.

A **vegetação** na Fazenda Tramontina Belém S/A, é representada principalmente por capoeiras em estado avançado de desenvolvimento, com árvores de pequeno porte e manchas de Mata Primitiva bastante explorada. A topografia, com declividades suaves, observada a partir da sede do município, apresenta 50 metros de altitude, e isso está relacionado com a forma do relevo predominante na região nordeste do estado do Pará (CORDEIRO, 2007; OLIVEIRA, 2009).

4.2.3. Relevo e solo

Relevo da Amazônia é formado por macro-unidades: (I) Planalto da Amazônia Oriental circundado por depressões periféricas ou marginais e cuevas como até 400 m de altitude; (II) Planalto residual norte-amazônico, cujas unidades foram formadas no Período Pré-Cambriano a partir de sedimentos, e apresenta serras e morros isolados; (III) Planalto residual sul-amazônico, apresenta mesclas altas de morros do Período Pré-Cambriano com coberturas sedimentares; (IV) Depressão marginal norte-amazônica, que apresenta pequenos morros associados a intrusões graníticas; (V) Depressão marginal sul-amazônica, que apresenta níveis altimétricos em 100 a 400 m sendo crescente no sentido N – S (VIEIRA; SANTOS, 1987).

Quanto ao relevo do Estado do Pará, este se apresenta com uma estreita área de planície, com altitude até 100 m, apenas ao longo do baixo Amazonas, constituída de sedimentos recentes resultantes da deposição de aluviões transportados pelos rios. A partir do distanciamento das margens do "grande rio" até cerca de 500 m, de altitudes, ocorrem depressões, com inclinações suaves, resultantes do trabalho de erosão sobre rochas de origem cristalinas ou sedimentares (WAGNER; WAGNER, [2010?]).

²⁵ Destacam-se na cobertura vegetal por ultrapassarem o dossel das demais árvores.

²⁶ O dossel mantém-se no mesmo nível.

²⁷ Árvores de menor porte, arbustos e ervas.

O *solo*, na Amazônia, apresenta aspectos muito comuns como: baixa fertilidade natural e alta saturação de alumínio trocável. A caolinita é o mineral predominante na fração argila, e a capacidade de troca de cátions e a saturação de bases são baixas. O estoque de nutrientes é baixo, limitando a produção agrícola e florestal (MOREIRA et al., 2006).

Em Aurora do Pará, o solo foi classificado de Latossolo amarelo, textura arenoargiloso, baixo teor de: matéria orgânica e pH; níveis muito baixos de N e P e complexo de absorção altamente insaturado (OLIVEIRA, 2009).

4.3 HISTÓRICO DA ÁREA

Na Amazônia Legal (AML), mais especificamente na Amazônia Oriental, as florestas secundárias dominam a paisagem, e isso é mais acentuado no nordeste paraense devido à migração agrícola, transformações de florestas primárias em pastagens, e principalmente a exploração madeireira (PRATA, 2007). Após o desmatamento ocorrido na área da Fazenda Tramontina Belém S/A, ela passou a ser explorada economicamente como pastagem com a presença do capim *Brachiaria humidicola* (CORDEIRO, 2007).

Para incrementar a recuperação da fertilidade naquele município e buscar um equilíbrio na sustentabilidade social e ambiental, a Fazenda Tramontina Belém S/A, iniciou, em 1980, época em que a vegetação predominante era a Floresta Densa com espécies como o Angelim (*Hymenolobium* sp), abiorana (*Franchetella* sp), breu (*Protium* sp), copaíba (*Copaifera* ssp), marupá (*Simaruba amara*) (CORDEIRO, 2007).

A partir de 1994, o paricá (*Schizolobium parayba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke), espécie vegetal de grande valor comercial, passou a ser utilizado no reflorestamento devido à aplicabilidade dessa espécie na produção de laminados. Em 1996, ocorreu a introdução do freijó (*Cordia goeldiana* Huber) também devido ao alto valor comercial na Europa.

Nove anos depois (2003) foi introduzido no processo de reflorestamento na área da Tramontina, o curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* L.B.Smith) uma bromeliácea que, na Amazônia, tem maior concentração no município de Santarém, além das regiões do Rio Xingu, Tocantins, Maicuru, Trombetas, Paru, Acará e Guamá. No Pará, o curauá destaca-se nos municípios de Bragança e Santarém (OLIVEIRA, 2009).

A Empresa Tramontina Belém, desde 1992, mantém a Estação Experimental de Aurora do Pará, onde já estão plantados 1.043 ha submetidos a diferentes tipos de plantio.

Nessa área, vários trabalhos estão sendo desenvolvidos com ²⁸instituições científicas aonde estudantes de graduação, mestrado e doutorado vêm incrementando atividades de pesquisa para recomposição de área alterada pela pastagem.

4.3.1 Granulometria

A fração areia (areia grossa + areia fina) foi predominante na granulometria dos solos analisados e nas três profundidades selecionadas, com tendência a diminuição de acordo com o aumento das profundidades (Tabela 3).

Devido aos valores das médias obtidas para areia (grossa + fina) para os sistemas de cultivos **S1**, **S3**, **S4** e **S5** (Tabela 3), os solos desses sistemas foram classificados como franco-arenosos e, **S2**, com base nos resultados para argila total foi classificado como franco argilo-arenoso, de acordo com o Manual de descrição e coleta de solo no campo (LEMOS; SANTOS, 2002).

Estatisticamente, a fração areia grossa, mostrou-se diferente nas profundidades (0 – 10 cm e 20 – 40 cm), no sistema de cultivo **S2**. Esses valores de médias foram similares aos obtidos para a área-controle (**S5**) nas mesmas profundidades (Tabela 3). Notou-se que os maiores valores para areia grossa foram encontrados na profundidade 0 – 10 cm.

Estudo efetuado em solos distróficos do nordeste paraense mostraram resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho. Tal resultado foi atribuído ao deslocamento da argila no sentido vertical do solo, ou seja, do horizonte A para o horizonte B (TRINDADE et al., 2009). Com base nesse estudo é possível que os resultados encontrados nos solos analisados no presente estudo, a argila tenha sofrido deslocamento na vertical (Tabela 3).

Para a fração areia grossa, nas três profundidades analisadas, não houve diferença entre as médias encontradas para os sistemas de cultivos **S1**, **S3** e **S4**. No sistema de cultivo **S2** essas médias, nas três profundidades, foram similares aos valores das médias encontradas para a área-controle (Tabela 3). Estudos anteriores (CORDEIRO, 2007; OLIVEIRA, 2009) efetuados na mesma área mostraram resultados similares aos encontrados nesse estudo. Isso ocorreu porque não houve introdução de frações granulométricas diferentes das encontradas em estudos anteriores.

²⁸ Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA);
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG);
Universidade de São Carlos (UfSCar).

A fração areia fina apresentou valores de médias, nas três profundidades analisadas, sem diferenças significativas para os sistemas de cultivos **S1**, **S2**, **S3** e **S4**. Observou-se que no sistema de cultivo **S4**, os valores das médias obtidas para as profundidades 0 – 10 cm e 10 – 20 cm são similares as que foram encontradas na área-controle (**S5**) (Tabela 3).

TABELA 3: Valores das médias obtidas para areia grossa (g/kg), areia fina (g/kg), argila total (g/kg), relação silte/argila, argila dispersa em água (g/kg) e grau de floculação (g/100 g), nas três profundidades pré-estabelecidas, nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A, em Aurora do Pará.

	Profundidade	S1	S2	S3	S4	S5
Areia Grossa (g/kg)	0 a 10	728.81 Aa	491.11 Ba	686.66 Aa	651.11 Aa	458.88 Ba
	10 a 20	715.55 Aa	407.78 Aa	672.22 Aa	672.22 Aa	447.78 Aa
	20 a 40	605.55 Ab	362.22 Bb	626.66 Ab	587.77 Ab	456.66 Bb
Areia Fina (g/kg)	0 a 10	156.66 Aa	188.89 Aa	147.77 Aa	204.44 Aa	246.66 Ba
	10 a 20	146.66 Aa	168.88 Aa	130.00 Aa	222.22 Aa	222.22 Ba
	20 a 40	160.00 Aa	148.88 Aa	155.55 Aa	170.00 Aa	295.55 Ba
Argila Total (g/kg)	0 a 10	67.78 Aa	184.44 Ba	80.00 Aa	95.55 Aa	145.55 Aa
	10 a 20	83.33 Aa	288.88 Ba	80.00 Aa	80.00 Aa	201.11 Aa
	20 a 40	136.66 Aa	343.33 Ba	122.22 Aa	90.00 Aa	171.11 Aa
Silte g/kg)	0 a 10	46.75 Aa	135.56 Aa	85.57 Aa	48.90 Aa	148.91 Aa
	10 a 20	54.46 Aa	134.46 Aa	117.78 Aa	25.56 Aa	128.89 Aa
	20 a 40	97.79 Aa	145.57 Aa	137.79 Aa	152.23 Aa	46.68 Aa
Silte/Argila	0 a 10	0.68 Aa	0.73 Aa	1.06 Aa	0.51 Aa	1.02 Aa
	10 a 20	0.65 Aa	0.39 Aa	1.47 Aa	0.28 Aa	0.64 Aa
	20 a 40	0.71 Aa	0.42 Aa	1.12 Aa	1.69 Aa	0.23 Aa
Argila dispersa água (g/kg)	0 a 10	23 Aa	42 Aa	21 Aa	16 Aa	19 Aa
	10 a 20	31 Ab	42 Ab	53 Ab	56 Ab	40 Ab
	20 a 40	35 Ac	95 Ac	86 Ac	103 Ac	91 Ac
Grau de (g/100g)	0 a 10	65 Aa	77 Aa	77 Aa	79 Aa	85 Aa
	10 a 20	61 Aa	85 Aa	32 Aa	37 Aa	77 Aa
	20 a 40	74 Aa	66 Aa	28 Aa	18 Aa	39 Aa

NOTA: Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na horizontal, minúsculas na vertical não são apresentadas diferenças significativas a 5% pelo Teste de Tukey.

Estudo realizado em solos distróficos no nordeste paraense mostrou que os valores diferenciados para as frações areia grossa e areia fina não se relacionam com as possíveis variações nas propriedades físicas ocorridas nos solos, e sim com a formação deles (TRINDADE et al., 2009).

A fração argila total, nos sistemas de cultivos **S1**, **S3** e **S4**, não mostraram valores de médias significativamente diferentes entre si. Os valores das médias encontradas são inferiores aos que foram encontrados na área-controle (**S5**). As maiores médias para essa fração granulométrica ocorreram no sistema de cultivo **S2** as quais foram similares aos valores das médias obtidas na área-controle (**S5**) (Tabela 3).

Estudos realizados em solos Argissolo-vermelho-amarelo e solos do nordeste paraense obtiveram como resultado um aumento na fração argila em relação ao aumento da profundidade (DONAGEMMA et al., 2008; TRINDADE et al., 2009), a justificativa em ambos os trabalhos é que a fração argila foi deslocada no sentido vertical e que quanto maior a profundidade, maior foi o valor da média para a argila, corroborando com os resultados encontrados em nosso estudo.

A fração silte apresentou maior valor de média (148,91 g/kg) no sistema de cultivo **S5**, na profundidade 0 - 10 cm. O sistema de cultivo **S2** apresentou valores de médias similares aos encontrados na área-controle, com exceção da profundidade 20 – 40 cm. Como essa fração permite avaliar o deslocamento da argila, os resultados mostraram que nos sistemas de cultivos **S1 S2 S3** e **S4**, as variações para mais ou para menos nos valores das médias do silte correspondem a variações das médias, nos mesmos padrões, na fração argila. Apenas na área controle os valores das médias não apresentam esse comportamento (Tabela 3).

A fração silte/argila apresentou diferença nos valores das médias entre os sistemas de cultivos, com tendência de diminuir em relação ao aumento das profundidades analisadas (Tabela 3). O sistema de cultivo **S3** apresentou maiores valores de médias para essa fração da granulometria, porém não houve diferenças estatísticas quanto às profundidades analisadas nesse sistema de cultivo.

Os valores das médias obtidas para a fração argila dispersa em água mostraram-se diretamente proporcionais ao aumento das profundidades dos solos estudados (Tabela 3). Estudos realizados no município de Tailândia (MONTEIRO et al., 2006), onde o solo é classificado como Argissolo Amarelo, também sob reflorestamento com paricá, foi observado um incremento no conteúdo da argila dispersa em água em relação ao aumento da profundidade.

Outro estudo (MULLER et al., 2001) efetuado com Argissolo-Vermelho-Amarelo degradado por pastagens, também houve aumento nos valores das médias para argila dispersa em água em relação ao aumento das profundidades.

Quanto ao grau de floculação, os valores das médias obtidas variaram entre 18 g/100g (em **S4**, na profundidade 20 – 40 cm) a 85 g/100g (em **S5**, na profundidade 0 – 10 cm) (Tabela 3). A possível explicação para as variações das médias encontradas para o grau de floculação é uma influência da argila total sobre esse atributo do solo, pois estudo efetuado em Capitão Poço demonstrou que o grau de floculação sofreu influência da fração argila total (MARTINS et al., 1989).

Estudo realizado em solo Latossolo amarelo, na localidade de Porto Trombetas (RUIVO, 1992), local de extração de minério (bauxita) foi verificado que, após a recuperação desse solo, o grau de floculação sofreu influência da fração argila, e estes resultados são semelhantes aos obtidos aqui.

4.4 SISTEMAS ESTUDADOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com quatro sistemas sob reflorestamento, com três repetições em cada sistema (Figura 11). Os sistemas selecionados foram:

- I. (**S1**) Monocultivo do curauá₂₀₀₃ com seis anos de idade (Figura 12);
- II. (**S2**) Sistema agroflorestal de paricá₂₀₀₃ e curauá₂₀₀₃ com seis anos de idade (Figura 13);
- III. (**S3**) Sistema agroflorestal paricá, freijó, mogno₂₀₀₁ e curauá com oito anos de idade (Figura 13);
- IV. (**S4**) Monocultivo de paricá₂₀₀₃ com seis anos de idade (Figura 14);
- V. (**S5**) Área controle – capoeira, com aproximadamente quinze anos de idade (Figura 15).

Cada área foi subdividida em quatro parcelas de 24 x 19 m (456 m²), o que totaliza 1.824 m² de área experimental.

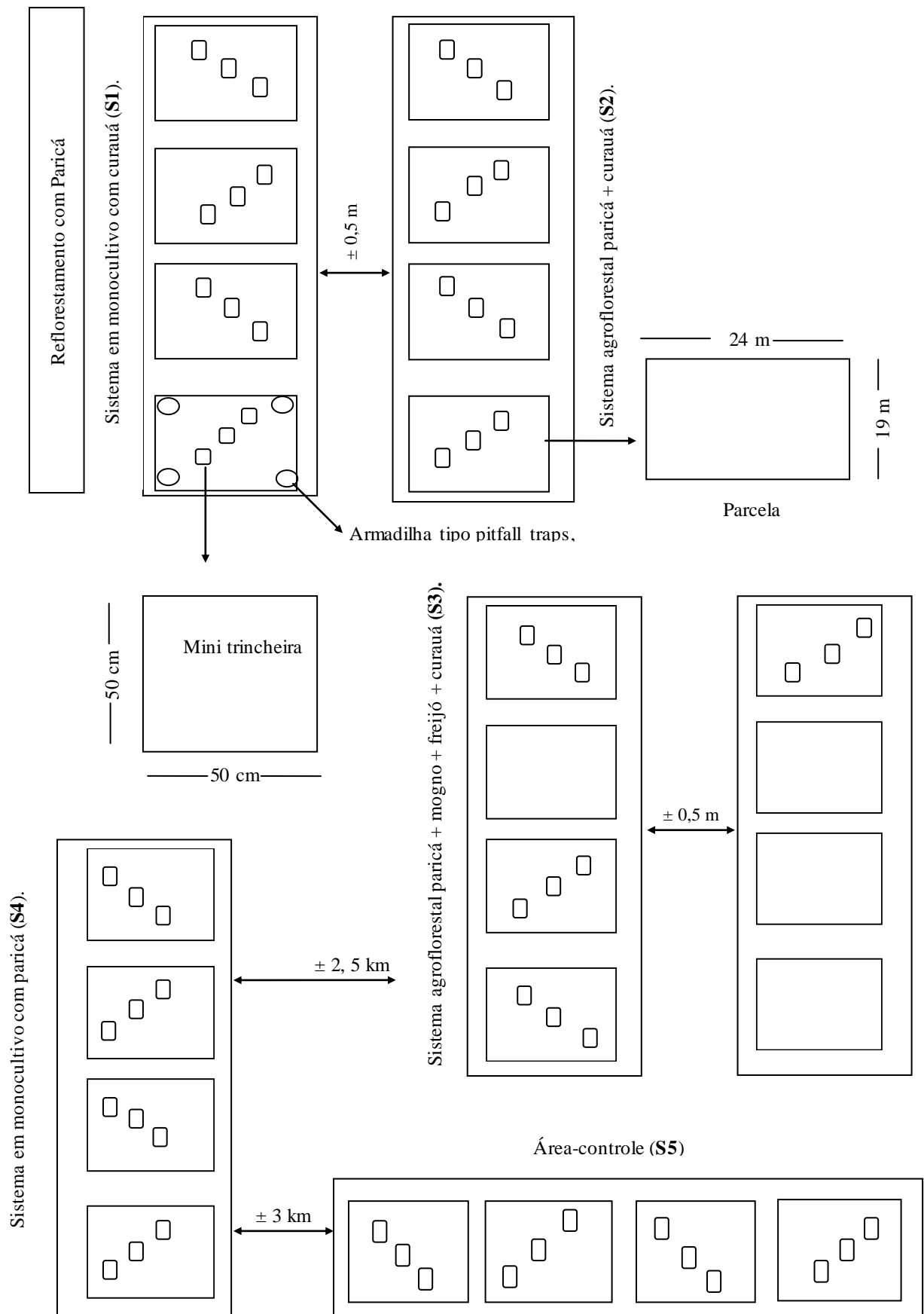


FIGURA 11: Croqui da área estudada mostrando os sistemas, parcelas, locais das trincheiras e armadilhas tipo pitfall traps para fauna edáfica na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.



FIGURA 12: Vista frontal do plantio de curauá – monocultivo. Preparo para mensuração das parcelas e posterior amostragem de solo e fauna edáfica. Dezembro 2009.



FIGURA 13: Vista lateral do plantio de paricá - curauá – SAF. Espaçamento existente entre os cultivos facilitando a recepção de sementes por entomofilia.



FIGURA 14: Vista frontal do plantio de paricá, mogno, freijó e curauá – sistema agroflorestal. Árvore de paricá submetida à corte raso e em processo de recrescimento – Dezembro 2009.



FIGURA 15: Vista frontal do plantio de paricá– monocultivo. Escassa presença de vegetação rasteira. Dezembro 2009. Ao fundo, sub-bosque.



FIGURA 16: Vista frontal da área de vegetação secundária – capoeira – área controle com aproximadamente 15 anos. Dezembro 2009.

4.5 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

4.5.1 Solo

O solo foi amostrado em três (3) parcelas em cada sistema quando os plantios estavam com seis anos de idade (**S1**, **S2** e **S3**) e oito anos (**S4**) respectivamente, nos meses de dezembro de 2009, que foi denominado de período sazonal estiagem x chuva intensa (**ECI**), onde a intensidade da precipitação (PRP) pode aumentar; abril/2010, que foi denominado de período sazonal chuva intensa, (**CI**), onde a PRP, em geral se eleva; julho/agosto/2010, que foi denominado de período sazonal estiagem (**E**), onde a PRP pode diminuir (Figura 17).

As três amostragens, nesses períodos sazonais, foram efetuadas na mesma trincheira e nas mesmas profundidades, porém em laterais opostas (norte, sul e leste, respectivamente).

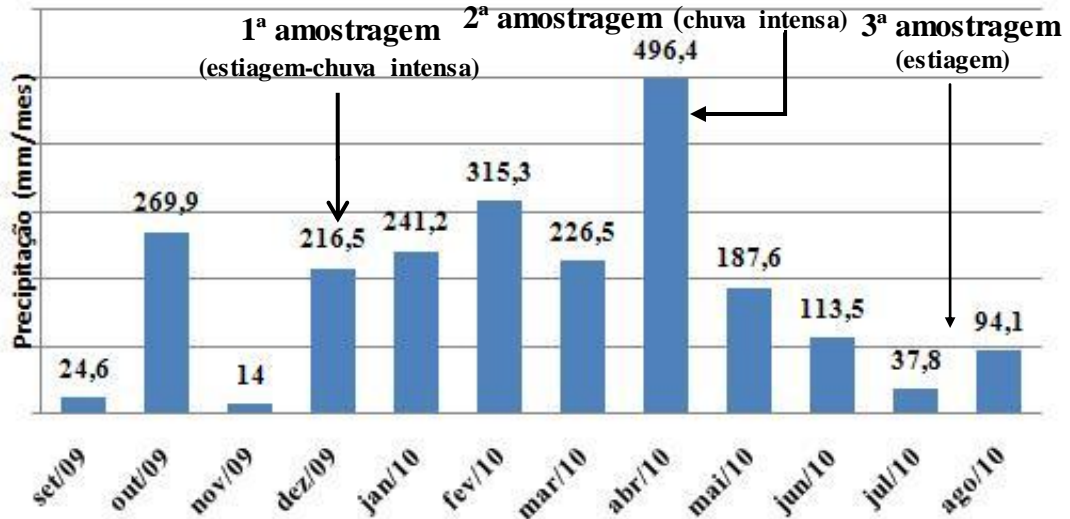


FIGURA 17: Valores mensais (em mm) da PRP em 2009 e 2010, período das três amostragens de solo e fauna edáfica na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará. Elaborado a partir de dados extraídos de < <http://www.ana.gov.br/portalsnirh>>.

Verificou-se, na época da primeira amostragem (dez/2009) grande dificuldade, tanto na abertura das trincheiras, quanto na coleta das amostras, devido o solo apresentar-se extremamente coeso e seco, pois, nessa ocasião, as chuvas foram escassas. Comparou-se o índice pluviométrico ocorrido em dezembro de 2009 com os que ocorreram nesse mesmo mês em anos anteriores (2000 a 2008) (Figura 18) verificou-se que houve uma diminuição no índice pluviométrico de 2009. Isso pode ser influência do fenômeno natural climático El Niño que, no período da amostragem, se fazia presente na Amazônia.

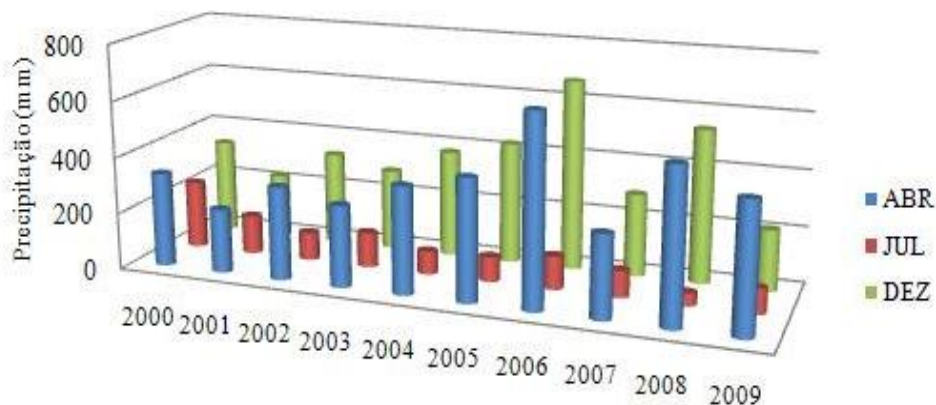


FIGURA 18: Índices de precipitação ocorridas entre 2000 e 2009 no município de Aurora do Pará, onde está localizada a Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará.

Em cada parcela foram abertas três (03) mini trincheiras (50 cm x 50 cm) (Figura 19), onde foram efetuadas as três amostragens do solo. Entre os intervalos das amostragens, as trincheiras foram cobertas com compensado e plástico preto para serem utilizadas nas amostragens subseqüentes.



FIGURA 19: mini trincheira aberta com exposição das camadas do solo na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Para a coleta das *amostras deformadas*, escarificou-se, com colher de pedreiro, a parede interna selecionada de acordo com os pontos cardeais (norte, para a primeira coleta; sul, para a segunda coleta, e leste, para a terceira coleta), de baixo para cima para evitar contaminação das amostras, em cada uma das coletas efetuadas,

Foram pré-estabelecidas três profundidades diferentes (0 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 40 cm) para a coleta dessas amostras. Estas, após coletadas, foram embaladas em sacos plásticos de 500 g, etiquetadas para identificação das áreas onde foram coletadas.

Essas amostras foram conduzidas ao laboratório de física do solo do MPEG, onde foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneiras (malha = 2 mm), para separação das frações calhau e cascalho da fração terra fina seca ao ar (TFSA). A partir da TFSA, determinar a densidade da partícula (D_p), da classificação textural, da umidade atual (UA) do solo, do teor de carbono orgânico (Corg), do teor do nitrogênio total (Nt), do teor do fósforo disponível, do potencial hidrogeniônico (pH), da capacidade de trocas de cátions (CTC) e o teor de alumínio extraível (Al^{+3}).

Para a coleta das *amostras indeformadas*, foram pré-estabelecidas quatro profundidades diferentes (0 – 10 cm; 10 – 20 cm; 20 – 30 cm; 30 – 40 cm) para verificar o

grau de adensamento dos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados após a análise da densidade aparente (D_a). Essas amostras foram coletadas com o uso do anel de aço (Kopecky) de bordas cortante e volume igual a $98,125 \text{ cm}^3$.

As amostras, após coletadas, foram acondicionadas em sacos plásticos de 500 mg, etiquetadas para identificação das áreas de coletas e conduzidas ao laboratório de física do solo do MPEG.

4.5.2 Pedofauna

A coleta da pedofauna foi realizada na mesma época da coleta de solo (dez/2009; abr/2010 e jul/2010) e nos mesmos sistemas. Na captura da pedofauna utilizaram-se armadilhas do tipo “pitfall-traps” (Figura 20) constituídas por recipientes plásticos enterradas no solo a uma profundidade de 12 cm, com a extremidade vazada nivelada com a superfície do solo, onde permaneceram por três dias (AQUINO et al, 2006).



FIGURA 20: Armadilha para captura de pedofauna, implantada na Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará. Adaptada a partir do modelo de “pitfall traps”.

Na parcela de cada sistema, à mesma profundidade, foram colocadas quatro (04) armadilhas e, no interior de cada uma delas, foram adicionados 60 ml de substância conservante: álcool 70%; água destilada (na proporção de 3:1, em relação ao uso do álcool);

detergente biodegradável (3 gotas) e formaldeído (10 ml). Evitou-se a queda de objetos indesejáveis com uma cobertura de prato de isopor, sustentados por pequenas hastes de madeira (AQUINO et al, 2006).

A pedofauna, após coletada, foi levada ao laboratório, onde foram peneiradas (0,2 mm) para retirada dos fragmentos de vegetais e separação de resíduos do solo. A fauna edáfica foi identificada ao nível de Ordem, com o auxílio de lupa estereoscópica e literatura específica (BORROR; DELONG, 1969; BARRETA et al., 2008).

4.6 DETERMINACOES ANALITICAS

4.6.1 Análises físicas

4.6.1.1. Granulometria

A análise granulométrica foi efetuada pelo método da dispersão total, de acordo com o preconizado pelo protocolo Embrapa (1997). Essa análise ocorreu apenas na primeira amostragem do solo porque não foi adicionado ou retirado areia e argila dos solos nos sistemas analisados. A classificação textural do tipo de solo de cada sistema analisado foi determinada pelo diagrama textural (LEMOS; SANTOS, 2002).

4.6.1.2 Densidade aparente (D_a), densidade das partículas (D_p), Argila Dispersa em Água (ADA), e Umidade atual (UA).

Para determinar a D_a (em g/cm^3), D_p (em g/cm^3), ADA (g/cm^3) e UA (g/100g), aplicou-se o preconizado pelo protocolo Embrapa (1997).

4.6.2 Análises químicas

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH), por meio de potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquida (água) na proporção 1:2,5, bases trocáveis, capacidade de troca de cátions (CTC), carbono orgânico (Corg), nitrogênio total (N-total), fósforo assimilável e alumínio trocável (Al^{+3}) foi efetuada de acordo com o protocolo Embrapa (1997).

4.6.3 Determinação de atributos físicos e químicos com o uso de equações matemáticas

Foram determinados através de cálculos matemáticos de acordo com protocolo Embrapa (1997), atributos físicos como, grau de floculação (GF), porosidade total (PT), relação silte/argila (RSA) e os atributos químicos: Soma de bases (SB), acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), porcentagem de saturação de bases (V) e porcentagem de saturação do alumínio (m).

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.7.1 Das propriedades físicas analisadas e calculadas

O programa estatístico utilizado para essas análises foi o BioEstat 5.0.

Para análise estatística das médias obtidas, por profundidades, nos solos dos sistemas analisados, quanto à granulometria (areia, silte e argila total (AT)), relação silte/argila, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF), foi aplicada a estatística descritiva, análise de variância (ANOVA), a dois critérios, seguida do Teste de Tukey a 5% de significância.

As médias obtidas quanto à influência dos períodos sazonais analisados sobre a densidade aparente (D_a), densidade da partícula (D_p), porosidade total (PT) e umidade atual (UA), foram submetidas à análise de variância (ANOVA), a dois critérios, seguida do Teste de Tukey a 5% de significância.

4.7.2 Das propriedades químicas analisadas e calculadas

As médias obtidas, por profundidade, nos solos dos sistemas analisados, para carbono orgânico (Corg), fósforo assimilável, nitrogênio total (N-total), soma de bases (SB), potencial hidrogeniônico (pH), alumínio trocável (Al^{+3}) trocável, capacidade de trocas de cátions (CTC), porcentagem de saturação de bases (V) e porcentagem de saturação do alumínio (m), foram submetidas análise de variância (ANOVA), a dois critérios seguida do Teste de Tukey a 5% de significância.

Para as médias obtidas quanto a influencia dos três períodos sazonais sobre carbono orgânico (Corg), nitrogênio total (N-total), soma de bases (S), potencial hidrogeniônico (pH), alumínio trocável, soma de bases, capacidade de trocas de cátions

(CTC) e porcentagem de saturação de bases (V), foi aplicado o mesmo procedimento estatístico já descrito.

4.7.3 Da Pedofauna

Com a aplicação do programa DivEs 2.0 foram obtidas as médias para a densidade populacional (numero de indivíduos por metro quadrado de área), diversidade de Shannon-Wiener, e Equitabilidade J. Essas médias foram submetidas ao Teste de Tukey a 5% de significância, para verificação das diferenças entre elas. A riqueza de espécies foi utilizada para verificação da abundância do táxon Ordem, pois a fauna edáfica não foi identificada até o táxon espécie.

Os períodos sazonais foram analisados em separado, aos pares, com aplicação de ANOVA, a dois critérios, seguido do teste de Tukey a 5% de significância para verificação da influência desses períodos sobre a fauna edáfica.

4.7.4 Da interação entre atributos físicos, químicos e a pedofauna.

Para as médias obtidas para argila, pH, densidade aparente, porosidade total, argila dispersa em água, grau de floculação, teor de carbono orgânico, nitrogênio total, e a pedofauna, apenas os sete táxons de maior frequência relativa, identificada em cada um dos sistemas estudados, aplicou-se o teste de regressão linear, com o uso do programa BioEstat 5.0, para identificar a relação entre esses atributos, a influencia da sazonalidade e variações climáticas sobre elas e a fertilidade do solo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO SOB VARIAÇÕES SAZONAIS.

5.1.1 Densidades aparente e da partícula, porosidade total e umidade atual.

A análise estatística das médias encontradas, para a *densidade aparente*, no período de transição sazonal estiagem para chuva intensa (**ECI**); o período de chuva intensa (**CI**) e o período de estiagem (**E**) mostrou que não houve efeito estatístico significativo sobre os sistemas de cultivos estudados (Tabela 04).

TABELA 04: Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para densidade aparente (g/cm^3), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Densidade aparente (g/cm^3)				
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20a 40
S1	ECI	1.39 Aa	1.51 Aa	1.53 Aa
	CI	1.44 Aa	1.43 Ab	1.42 Ab
	E	1.41 Aa	1.38 Ac	1.28 Ac
S2	ECI	1.52 Aa	1.50 Aa	1.49 Aa
	CI	1.27 Aa	1.27 Ab	1.44 Ab
	E	1.33 Aa	1.30 Ac	1.33 Ac
S3	ECI	1.48 Aa	1.51 Aa	1.47 Aa
	CI	1.34 Aa	1.36 Ab	1.29 Ab
	E	1.21 Aa	1.29 Ac	1.52 Ac
S4	ECI	1.44 Aa	1.51 Aa	1.41 Aa
	CI	1.44 Aa	1.30 Ab	1.37 Ab
	E	1.32 Aa	1.25 Ac	1.27 Ac
S5	ECI	1.46 Aa	1.58 Aa	1.44 Aa
	CI	1.62 Aa	1.32 Aa	1.18 Aa
	E	1.13 Aa	1.11 Aa	1.13 Aa

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

Quanto às profundidades, os períodos sazonais **ECI** e **CI** provocaram efeitos estatísticos significativos ($p < 0.01$) nas profundidades 10 – 20 cm e 20 – 40 cm, independente dos sistemas dos cultivos estudados (Tabela 04).

Estudo realizado em Latossolo vermelho-amarelo obteve como resultado para a análise da densidade aparente, um aumento do valor da média em relação ao aumento da profundidade (GUARIZ et al., 2009). Outro estudo efetuado em Latossolo Vermelho Distroférico, com relevo plano e textura argilosa (DANTAS et al., 2010), cujos resultados mostraram que a densidade aparente elevou-se à medida que a profundidade também se elevou em função da pressão exercida pelas camadas superiores sobre as camadas subjacentes e também os mecanismos de eluviação de argila.

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que a densidade aparente não apresentou uma diminuição em todas as profundidades e sistemas de cultivos estudados, como normalmente ocorre quando se analisa esse atributo do solo. É possível que isso tenha ocorrido devido a ausência do trânsito de máquinas pesadas e a não eluviação de argila, logo,

os solos analisados não foram compactados, o que resultou em um não aumento nos valores das médias em relação ao aumento da profundidade para a densidade aparente (Tabela 04).

Em estudo realizado com Latossolo Amarelo no estado de Goiás, no Cerrado, o resultado para densidade aparente também não apresentou padrão definido, ou seja, a densidade aparente não diminuiu com o aumento da profundidade, os autores do estudo relataram que isso caracterizou um estado natural do solo, e que melhorou as propriedades físicas do mesmo (COSTA et al., 2008).

Com base nesse relato, associado aos resultados obtidos nesse estudo, é possível aventar a hipótese de que os solos analisados estão alcançando o estado de normalidade e melhorando as suas propriedades físicas.

Estudo realizado em um solo classificado como Latossolo Amarelo, o resultado mostrou que houve tendência nítida para elevação da densidade do solo com o aprofundamento do perfil, o que é uma aparentemente consequência de um menor conteúdo da matéria orgânica (MO), de menores agregações e penetração do sistema radicular e da compactação pelo peso das camadas subjacentes (COSTA FILHA, 2005).

O resultado obtido no presente estudo, para a *densidade aparente* (Da), mostraram que os valores das médias para a Da não se comportou dessa forma. Assim, é possível que o teor de MO e as agregações estejam elevadas, a penetração do sistema radicular seja satisfatória porque não foi estabelecida a compactação desses solos.

O período sazonal **ECI** provocou efeito estatístico significativo nos valores das médias obtidas para os sistemas de cultivos **S1** e **S5** ($p < 0.01$) com relação à *densidade da partícula*. Quanto às três profundidades analisadas, não foram encontrados efeitos estatísticos significativos entre elas (Tabela 05).

TABELA 05: Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para densidade da partícula (g/cm^3), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Densidade da partícula (g/cm^3)				
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20 a 40
S1	ECI	2.54 Aa	2.48 Aa	2.46 Aa
	CI	2.44 Aa	2.19 Aa	2.22 Aa
	E	2.76 Aa	3.05 Aa	2.74 Aa

TABELA 05: Continuação

		Densidade da partícula (g/cm ³)		
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20 a 40
S2	ECI	2.62 Aa	2.47 Aa	2.57 Aa
	CI	2.54 Aa	2.34 Aa	2.53 Aa
	E	2.34 Aa	2.37 Aa	2.57 Aa
S3	ECI	2.44 Aa	2.51 Aa	2.47 Aa
	CI	2.38 Aa	2.35 Aa	2.16 Aa
	E	2.43 Aa	2.35 Aa	2.39 Aa
S4	ECI	2.41 Ba	2.35 Aa	2.18 Aa
	CI	2.38 Aa	2.35 Aa	2.16 Aa
	E	2.55 Aa	2.54 Aa	2.37 Aa
S5	ECI	2.07 Aa	2.14 Aa	2.23 Aa
	CI	2.36 Aa	2.36 Aa	2.51 Aa
	E	2.75 Aa	2.27 Aa	2.29 Aa

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

Os valores das médias obtidas para a densidade da partícula, nas profundidades analisadas (Tabela 04) estão dentro dos valores considerados normais para os solos da Amazônia, pois valores similares foram determinados em trabalho de pesquisa realizado em Rondônia (PERRUT DE LIMA et al, 2010).

Estudo efetuado para aplicação de atributos físicos acerca da qualidade do solo, os resultados obtidos mostraram que os valores das médias variaram entre 1,24 g/cm³ a 2,55 g/cm³ e que estes valores são encontrado em solos onde predominam quaaatzo na fração areia (MENDES et al, 2006).

Então é possível que os resultados encontrados em nosso estudo tenha relação com tal mineral presente nos solos aqui analisados. Estudo efetuado em um Latossolo vermelho amarelo distóférrico os resultados mostraram que a densidade da partícula aumentou devido os teores elevados da matéria orgânica (DANTAS et al, 2010).

No presente estudo, o sistema de cultivo **S1**, na profundidade 20 – 40 cm apresentou o maior valor de média para a densidade da partícula, que pode ter sido provocado pela presença do quartzo na fração areia ou pelo possível aumento no teor de matéria orgânica nesse solo.

Quanto à *porosidade total* (PT), os períodos sazonais **ECI** e **E**, isoladamente provocaram efeito estatístico significativo, entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4**; **S2** e **S4**; **S3** e **S4**; **S4** e **S5** (em todos eles, $p < 0.01$) (Tabela 06).

TABELA 06: Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para porosidade total ($\text{cm}^3/100\text{cm}^3$), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Porosidade total ($\text{cm}^3/100 \text{ cm}^3$)				
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20 a 40
S1	ECI	67 Aa	38 Ab	34 Ab
	CI	44 Aa	55 Aa	50 Ac
	E	46 Ab	51 Ab	44 Ab
S2	ECI	49 Aa	34 Ab	41 Ab
	CI	50 Aa	52 Aa	45 Ac
	E	50 Ab	43 Ab	53 Ab
S3	ECI	40 Aa	37 Aa	31 Ab
	CI	48 Aa	42 Aa	49 Ac
	E	54 Ab	58 Ab	52 Ab
S4	ECI	40 Ba	37 Aa	32 Ab
	CI	39 Aa	45 Aa	39 Ac
	E	53 Ab	54 Ab	50 Ab
S5	ECI	38 Ca	42 Aa	42 Ab
	CI	30 Aa	44 Aa	53 Ac
	E	50 Ab	46 Ab	59 Ab

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

O período sazonal **CI** não provocou efeitos estatísticos significativos nos sistemas de cultivos estudados e nem nas profundidades analisadas (Tabela 06). O período sazonal estiagem-chuva intensa–estiagem (**ECI-E**) provocou efeito estatístico significativo nas

profundidades analisadas (0 – 10 cm; 10 – 20 cm; 20 - 40 cm) independente dos sistemas de cultivos estudados.

Como esse atributo do solo é um dos quesitos para avaliação da funcionalidade do solo (EMBRAPA, 2006), associada aos valores das médias encontradas, foi elaborada uma escala de funcionalidade estrutural dos solos analisados, em ordem crescente de funcionalidade: S5 → S4 = S3 → S1 → S2.

Estudo efetuado em Latossolo vermelho-escuro argiloso, os resultados mostraram que a compactação do solo é maior na camada superior, o que provoca um aumento na densidade do solo e uma diminuição na porosidade total (TORMENA et al., 1998; TRAZI et al., 2009). No presente estudo, os resultados mostraram que os valores das médias da porosidade total tem tendência a diminuir de acordo com aumento da profundidade. É possível então afirmar que, das áreas estudadas, em relação à porosidade dos solos analisados, a área-controle apresenta menores médias para esse atributo, o que pode ser interpretado como compactação desse solo.

Para a fração *umidade atual* os períodos sazonais estiagem-chuva intensa (**ECI-CI**), estiagem-chuva intensa-estiagem (**ECI-E**) e chuva-intensa-estiagem (**CI-E**) não determinaram efeitos estatísticos significativos nos valores das médias obtidas para os sistemas de cultivos estudados (Tabela 07). Isoladamente, o período sazonal **ECI**, determinou efeitos estatísticos significativos entre os sistemas de cultivos **S1** e **S2**; **S2** e **S3**; **S2** e **S5**; **S3** e **S5** e **S4** e **S5**.

TABELA 07: Valores das médias obtidas nos solos analisados dos sistemas de cultivos estudados para umidade atual (g/100g), nas três profundidades e nos três períodos sazonais analisados, da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

		Umidade atual (g/100g)		
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidade (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20 a 40
S1	ECI	9.98 Aa	9.96 Ab	9.94 Ac
	CI	6.96 Aa	10.39 Aa	14.11 Aa
	E	4.12 Ba	5.32 Aa	6.19b Aa
S2	ECI	9.90 Ba	9.91 Ba	9.87 Bc
	CI	8.80 Ba	6.64 Bb	9.94 Bc
	E	4.63 Ba	5.27 Ba	6.21 Bb
S3	ECI	9.98Aa	9.97 Ab	9.96 Ac
	CI	7.49 Aa	9.08 Ab	11.76 Ac
	E	5.11 Aa	4.93 Aa	7.32 Aa

TABELA 07: Continuação

Sistemas	Períodos Sazonais	Umidade atual (g/100g)		
		Profundidade (cm)		
		0 a 10	10 a 20	20 a 40
S4	ECI	9.98 Ca	9.96 Ca	9.96 Cc
	CI	21.56 Ca	18.82 Cc	18.66 Cc
	E	10.77 Ca	11.38 Cc	13.91Cc
S5	ECI	9.94 Ca	9.94 Ca	9.94 Cc
	CI	21.10 Ca	20.44 Ca	20.20 Ac
	E	13.29 Ca	12.53 Ca	13.52 Cb

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

O período sazonal **CI**, isoladamente, determinou efeito estatístico sobre **S1 e S4**; **S1 e S5**; **S2 e S4**; **S2 e S5**; **S3 e S4**; **S4 e S5**. Finalmente, o período sazonal **E** determinou efeitos significativos entre os sistemas de cultivos **S1 e S4**; **S1 e S5**; **S2 e S4**; **S2 e S5**; **S3 e S4**; **S3 e S5** (Tabela 07).

Em estudo conduzido em Cuiabá (MT) sobre a variação da umidade do solo e a influência da precipitação mostrou que a umidade do solo variou em relação à precipitação (BRAGA et al, 2010). Então, é possível afirmar que essas influências dos períodos sazonais sobre a umidade atual podem estar relacionadas com a quantidade pluviométrica precipitada no período da primeira amostragem (Figura 17). Como o período sazonal **CI** participou diretamente dos efeitos estatísticos provocados nos sistemas de cultivos, é possível afirmar que os valores das médias encontradas nesse estudo para umidade atual, foram diretamente influenciados pelos índices pluviométricos ocorridos na segunda amostragem do solo (Figura 15), e da cobertura vegetal porque **S1**, onde está o monocultivo com curauá, a área foliar é menor e havia menor presença de serapilheira como cobertura da superfície do solo.

Quanto às profundidades analisadas dos solos dos sistemas de cultivos estudados, os valores das médias obtidas nas três profundidades, para umidade atual, mostrou que efeitos estatísticos significativos causados pelos períodos sazonais **ECI** e **E**, entre as profundidades 0 – 10 cm e 20 – 40 cm, independente dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 05). Isso talvez tenha ocorrido devido à diminuição nos valores das médias da porosidade total, o que

elevou a retenção da umidade no solo, e conseqüentemente o fornecimento de água para os vegetais.

5.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS SOB VARIAÇÕES SAZONAIS

5.2.1 pH, carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo assimilável.

Quanto ao *potencial hidrogeniônico* (pH), o período de transição estiagem-chuva intensa **ECI-E** provocaram efeitos estatísticos significativo entre os sistemas de cultivos **S1** e **S2**; **S2** e **S4**; **S3** e **S4**, provocado pelos períodos sazonais **CI-E**. No período sazonal **ECI** foram evidenciados efeitos estatísticos significativos nos sistemas de cultivos **S1** e **S2**; **S2** e **S3**; **S2** e **S4** (Tabela 08).

TABELA 08: Valores das médias obtidas para o potencial hidrogeniônico, nas três profundidades e períodos sazonais dos solos analisados nos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Potencial hidrogeniônico (pH)							
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)					
		0 a 10		10 a 20		20a 40	
S1	ECI	4.52	Aa	4.43	Aa	4.10	Aa
	CI	4.61	Aa	4.61	Ba	4.53	Ba
	E	4.11	Ab	4.24	Ca	4.14	Cc
S2	ECI	4.91	Ba	4.91	Ba	4.96	Ba
	CI	4.16	Ba	4.23	Ba	4.37	Ba
	E	4.22	Bb	4.28	Ba	4.39	Bc
S3	ECI	4.44	Ca	4.28	Ca	4.34	Ca
	CI	4.26	Ca	4.28	Ca	4.33	Ca
	E	4.22	Cb	4.28	Ca	4.39	Cc
S4	ECI	4.43	Da	4.41	Da	4.44	Da
	CI	4.47	Da	4.58	Da	4.59	Da
	E	4.48	Db	4.54	Da	4.64	Dc
S5	ECI	4.67	Aa	4.49	Aa	4.71	Aa
	CI	4.27	Aa	4.08	Aa	4.37	Aa
	E	4.28	Ab	4.42	Aa	4.51	Ac

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com

curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

O período sazonal **CI** provocou efeitos estatísticos significativos entre **S1** e **S2**; **S1** e **S3**; **S1** e **S5**; entre **S2** e **S4**; **S3** e **S4**; **S4** e **S5**. O período sazonal **E** provocou variações estatísticas **S1** e **S4**; **S1** e **S5**; **S2** e **S4**; **S3** e **S4**; **S4** e **S5**. Quanto às profundidades, houve efeitos estatísticos significativos em 0 – 10 cm e 20 – 40 cm, no período sazonal **E**, independente dos sistemas de cultivos estudados e dos períodos coletados (Tabela 08).

Os valores das médias obtidas para o potencial hidrogeniônico (pH) variaram entre 4,2 até 4,7 (Tabela 08). Estudo efetuado em Latossolo amarelo mostraram que esses valores estão dentro dos parâmetros encontrados para pH em solos pesquisados na Amazônia (SILVA et al., 2006) onde encontraram variações de 4,3 a 5,7. Resultado semelhante foi obtido em pesquisa efetuada sobre indicadores da qualidade do solo na mesma área onde ocorreu o presente estudo (OLIVEIRA, 2009).

Com base nesses estudos e nos resultados obtidos no presente trabalho, é possível afirmar que os valores obtidos para o pH nos solos analisados dos sistemas de cultivo estudados mostram que a qualidade desses solos pode estar em processo de recuperação.

Estudo efetuado em áreas com presença de sub-bosques e florestas secundárias obteve como resultado uma estabilidade no pH (CARVALHO, 2005). Houve também um estudo efetuado no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense onde os resultados mostraram que a estabilidade do pH no solo, favorece à CTC, saturação de bases e a formação de agregados (COSTA FILHA, 2005).

Os valores das médias obtidas no presente estudo para pH (Tabela 06) não mostraram efeitos estatísticos significativos, o que sugere uma estabilidade. Então, isso poderá favorecer a ação da CTC na oferta de nutriente às plantas, melhorar a saturação de bases, bem como pode apresentar melhor formação de agregados e com isso elevar a fertilidade dos solos analisados.

Os teores de *carbono orgânico* não apresentaram efeitos estatísticos significantes quando se analisou a ação dos períodos sazonais isoladamente (**ECI**; **CI** e **E**) (Tabela 09). Os períodos sazonais **ECI-CI** provocaram efeitos estatísticos significativos entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4**; **S1** e **S5**; **S2** e **S3**; **S2** e **S4**; **S2** e **S5**.

TABELA 09: Valores das médias obtidas para o carbono orgânico (g/kg), nas três profundidades e períodos sazonais dos solos analisados nos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)					
		0 a 10		10 a 20		20 a 40	
S1	ECI	13.84	Aa	12.33	Aa	11.70	Aa
	CI	14.59	Aa	19.18	Ac	10.18	Aa
	E	6.27	Ac	3.63	Ab	3.63	Ab
S2	ECI	24.52	Bb	14.14	Bb	7.04	Ba
	CI	15.52	Ba	14.94	Bb	16.21	Bb
	E	5.11	Bc	7.92	Bc	4.62	Bb
S3	ECI	8.59	Cc	7.89	Cc	7.73	Cc
	CI	12.18	Ca	6.79	Cc	15.39	Cb
	E	6.68	Cc	6.60	Cc	6.25	Cc
S4	ECI	9.83	Dc	8.00	Dc	6.13	Dc
	CI	8.49	Dc	7.53	Dc	6.43	Dc
	E	8.49	Dc	7.53	Dc	6.43	Dc
S5	ECI	10.86	Eb	8.19	Ec	3.88	Eb
	CI	7.29	Ec	10.62	Eb	7.05	Ec
	E	8.08	Ec	7.17	Ec	5.85	Eb

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

Os períodos sazonais **ECI-E**, determinaram efeitos estatísticos nas profundidades 0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 40 cm, independentes dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 09). Na profundidade 0 – 10 cm, o sistema de cultivo **S2** apresentou a maior média para o teor de carbono orgânico ($p < 0.01$) quando comparado com os demais sistemas de cultivos.

Os resultados obtidos em estudo efetuado em Latossolos, Argissolos e Neossolos, mostraram que o teor de carbono orgânico no solo encontra-se na composição da matéria orgânica (MO) até 30 cm de profundidade, onde há diferentes estágios de decomposição (BELIZÁRIO, 2008).

De acordo com tal afirmativa, os elevados teores de carbono orgânico encontrados na profundidade 0 – 10 cm no sistema de cultivo **S2** podem ser justificados pela presença da elevada quantidade de serrapilheira ali depositada sobre a superfície do solo desses sistemas de cultivo nas três amostragens efetuadas. O mesmo argumento pode ser utilizado para justificar os teores de carbono orgânico, não tão elevados, encontrados nos sistemas de cultivos **S1** e **S5** nessa mesma profundidade (Tabela 09).

Os teores encontrados nos sistemas de cultivos **S1**, **S2** e **S5** foram superiores ao encontrado em **S3** e **S4** na profundidade 0 – 10. Utilizando-se o argumento da presença de matéria orgânica na superfície do solo, foi constatado, durante as três amostragens que a presença de serrapilheira, nesses sistemas, era escassa em relação a **S1**, **S2** e **S5**, e isso pode justificar os menores teores de carbono orgânico encontrados.

Estudo efetuado sobre manejo da matéria orgânica em solos tropicais (MACHADO, 2001) concluiu que o carbono é utilizado como fonte de energia pela comunidade de invertebrados, principalmente os chamados “engenheiros do ecossistema”. Dessa forma, é possível que tenha ocorrido bioturbação, nos sistemas de cultivos **S1**, **S2** e **S3** na profundidade 20 – 40 cm, o que pode ter elevado os teores desse elemento mineral nos solos desses sistemas de cultivos nessa profundidade.

Outro estudo efetuado em solos de textura argilosa quanto ao estoque de carbono orgânico, onde há cobertura vegetal com floresta secundária, as maiores concentrações de carbono foram encontradas na fração silte, porém houve maior concentração ainda na fração argila (SILVA JÚNIOR et al., 2009). No sistema de cultivo **S2**, os valores das médias para argila total e silte (Tabela 03) foram elevados, e isso pode ser outra explicação para os teores elevados de carbono orgânico encontrados nesse sistema de cultivo.

Para o teor de *nitrogênio total* (N-total), apenas o período sazonal **E**, isoladamente, provocou efeito estatístico significativo entre os sistemas de cultivo **S3** e **S4**. Os períodos sazonais **ECI-CI**; **ECI-E**; **CI-E** não provocaram efeitos estatísticos significantes entre os sistemas de cultivos estudados e nas profundidades dos solos analisados (Tabela 08). Quanto às profundidades analisadas, o período sazonal **ECI** provocou efeitos estatísticos significantes entre as profundidades 0 – 10 cm e 20 - 40 cm, independente do sistema de cultivo (Tabela 10).

TABELA 10: Valores das médias obtidas para nitrogênio total (N-total) (g/kg), nas três profundidades e nos três períodos sazonais, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

		Nitrogênio total (g/kg)					
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)					
		0 a 10		10 a 20		20 a 40	
S2	ECI	1.17	Aa	0.76	Ab	0.68	Aa
	CI	0.68	Aa	0.88	Aa	0.73	Aa
	E	0.58	Aa	0.64	Aa	0.51	Aa
S3	ECI	0.65	Aa	0.45	Ab	0.47	Aa
	CI	0.82	Aa	0.77	Aa	1.00	Aa
	E	0.53	Aa	0.48	Aa	0.44	Aa
S4	ECI	0.63	Aa	0.53	Ab	0.42	Aa
	CI	0.70	Aa	0.74	Aa	0.77	Aa
	E	1.05	Aa	0.81	Aa	0.77	Aa
S5	ECI	0.74	Aa	0.87	Ab	0.79	Aa
	CI	0.67	Aa	0.76	Aa	0.72	Aa
	E	1.06	Aa	0.84	Aa	0.51	Aa

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

Estudo efetuado em um Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário, textura argilosa, os resultados mostraram que o N-total encontrava-se estocado nos primeiros 20 cm do solo, em razão provavelmente do acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais (LONGO; ESPÍNDOLA, 2000).

O resultado obtido no presente estudo mostrou que a maior concentração de nitrogênio total foi verificada na camada 0 – 10 cm no sistema de cultivo **S2**, e na profundidade 20 – 40 cm no sistema de cultivo **S3**. Observou-se in loco durante as amostragens efetuadas, que o sistema de cultivo **S2** apresentava grande quantidade de serrapilheira, o que pode representar concentração de matéria orgânica, então é possível que o elevado teor de N-total nesse sistema de cultivo e nessa profundidade seja resultante da concentração de MO (Tabela 10).

Outro estudo realizado em Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico e álico, com textura argilosa, os resultados para N-total mostraram que ocorreu uma proteção física ao N e que ela foi maior na fração argilosa em relação à fração arenosa (CASTRO, 2008).

Com base nos resultados obtidos no presente estudo quanto à análise granulométrica para o solo do sistema de cultivo **S3** (franco arenoso), é possível afirmar que o teor de nitrogênio tenha sido protegido pela interação com a fração mineral o que proporcionou teores elevados na profundidade 20 – 40 cm, no solo desse sistema de cultivo (Tabela 10).

O período sazonal **ECI**, isoladamente, provocou efeito estatístico significativo, quanto ao teor de *fósforo assimilável* (mg/kg), entre os sistemas de cultivos **S1** e **S5**; **S2** e **S4**; **S2** e **S5**; **S3** e **S5**; **S4** e **S5** (Tabela 11).

TABELA 11: Valores das médias obtidas para o fósforo assimilável (mg/kg), nas três profundidades e nos três períodos sazonais, nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Fósforo assimilável (mg/kg)							
Sistemas	Períodos Sazonais	Profundidades (cm)					
		0 a 10		10 a 20		20 a 40	
S1	ECI	15.33	Aa	13.89	Aa	12.11	Ac
	CI	29.56	Aa	31.33	Ab	29.44	Aa
	E	13.56	Aa	11.89	Aa	6.00	Aa
S2	ECI	16.22	Bc	11.67	Ba	9.67	Bc
	CI	28.67	Ba	31.33	Bb	28.44	Ba
	E	15.44	Ba	18.78	Ba	9.33	B
S3	ECI	13.78	Ca	13.11	Ca	11.11	Cc
	CI	28.67	Ca	31.33	Cb	28.44	Ca
	E	10.67	Ca	22.22	Cc	12.00	Ca
S4	ECI	17.44	Da	17.11	Da	16.44	Dc
	CI	26.89	Da	31.11	Db	29.00	Da
	E	13.89	Da	3.22	Da	3.22	Da
S5	ECI	25.44	Ec	28.89	Ea	28.33	Ec
	CI	27.11	Ea	30.56	Eb	29.00	Ea
	E	15.56	Ea	30.67	Eb	41.56	Ec

Nota: médias com letras iguais, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

O período sazonal **CI**, isoladamente, provocou efeito estatístico no teor de fósforo assimilável nas profundidades 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, independente dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 09). Os períodos sazonais **ECI-CI**; **ECI-E**; **CI-E** provocaram efeitos estatísticos significativos nas três profundidades analisadas, independente dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 09).

Estudo efetuado em um Latossolo Amarelo álico de textura argilosa na Amazônia Central mostrou que nesses solos ácidos, os teores de fósforo assimilável são mais altos no período chuvoso do que no período seco (FERREIRA et al., 2006).

Como os solos analisados enquadram-se na classificação de latossolos amarelos, e os resultados obtidos nesse estudo, para o período sazonal **CI** mostraram que houve um maior teor de fósforo assimilável, então há concordância com o estudo efetuado (FERREIRA et al., 2006) nesse tipo de solo.

Outra possível explicação é quanto ao aumento da umidade do solo durante o período sazonal **CI** retarda a degradação da matéria orgânica (MO), ou seja, a mineralização dessa é lenta, isso pode explicar os altos teores encontrados nesse período sazonal. Além dessas explicações, há também o fato de que, a mobilidade do fósforo é lenta. Então, durante o período sazonal **CI**, esse mineral sofreu baixa lixiviação, pois estava compondo a MO.

5.2.3 acidez ($H^+ + Al^{+3}$), cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), percentagem de saturação de bases (V) e percentagem de saturação com o alumínio (m)

A *acidez potencial* ($H^+ + Al^{+3}$) sofreu efeito estatístico significativo durante o período sazonal estiagem chuva intensa (**ECI**) entre os sistemas de cultivos **S2** e **S4** ($p < 0,05$) (Tabela 12). No período sazonal estiagem-chuva intensa (**CI**), o efeito estatístico significativo ocorreu entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4** ($p < 0,05$); entre **S2** e **S3**; **S2** e **S4** ($p < 0,05$) (Tabela 13).

TABELA 12: Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_e/kg), H⁺ + Al³⁺ (cmol_e/kg), cálcio (Ca) (cmol_e/kg), magnésio (Mg) (cmol_e/kg), sódio (Na) (cmol_e/kg), potássio (K) (cmol_e/kg), soma das bases (SB) (cmol_e/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_e/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no período sazonal estiagem-chuva intensa (ECI), nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Minerais	Período sazonal					ESTIAGEM- CHUVA INTENSA - ECI									
						Profundidades (cm)									
	0 a 10					10 a 20					20 a 40				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Al ³⁺	0.9 Aa	0.6 Aa	0.6 Aa	0.5 Aa	1.5 Ba	1.1 Ab	0.7 Ab	0.7 Ab	0.8 Ab	1.5 Bb	1.5 Aa	0.7 Aa	0.6 Aa	0.9 Aa	1.9 Ba
H ⁺ + Al ³⁺	1.8 Ab	3.0 Ac	1.1 Ab	0.6 Aa	1.6 Bb	2.0 Ac	1.9 Ab	1.2 Ab	1.0 Ba	3.0 Ac	2.1 Ac	1.9 Ab	1.2 Ab	1.2 Bb	1.9 Ab
Ca	0.7 Aa	0.2 Bb	0.1 Bc	0.4 Ba	0.3 Ba	0.4 Aa	0.3 Ba	0.0 Ba	0.2 Ba	0.0 Ba	0.5 Aa	0.1 Ba	0.0 Ba	0.3 Ba	0.0 Ba
Mg	1,5 Aa	0.8 Ba	0.1 Ca	0.2 Da	0.3 Ea	0.9 Aa	0.9 Ba	0.0 Ca	0.2 Da	0.2 Ea	1.0 Aa	0.6 Ba	0.0 Ca	0.2 Da	0.2 Ea
Na	0.7 Aa	0.6 Aa	0.3 Aa	0.4 Aa	0.7 Aa	0.4 Aa	0.2 Aa	0.2 Aa	0.2 Aa	0.4 Aa	0.6 Aa	0.4 Aa	0.3 Aa	0.2 Aa	0.3 Aa
K	0.3 Aa	0.4 Aa	0.1 Aa	0.3 Aa	0.4 Aa	0.3 Aa	0.2 Aa	0.0 Aa	0.1 Aa	0.2 Aa	0.3 Aa	0.3 Aa	0.2 Aa	0.1 Aa	0.1 Aa
SB	3.3 Aa	2.2 Ba	0.7 Ca	1.3 Ca	1.8 Ba	2.0 Ab	1.7 Bb	0.3 Cb	0.8 Cb	0.8 Bb	2.4 Ab	1.6 Bb	0.6 Cb	0.9 Cb	0.6 Bb
CTC	5.1 A	5.2 Aa	1.9 Ba	1.8 Ba	3.4 Ca	4.0 Ab	4.0 Ab	1.5 Bb	1.8 Bb	3.9 Cb	4.5 Ac	6.0 Ac	2.8 Bc	2.0 Bc	5.8 Cc
V	60 Aa	40.2 aa	41 Aa	70 Ba	54 Aa	43 Ab	37 Ab	24 Ab	46 Ab	30 Ab	52 Ab	26 Ab	25 Ab	37 Ab	11 Ab
m	28 Aa	11 Ba	38 Ac	49 Ab	45 Ab	32 Ac	18 Ba	47 Ab	43 Ab	41 Ab	34 Ac	38.4 Bc	64.4 Ac	30.3Ab	41.8Ab

Nota: Médias seguidas de letras iguais não mostraram diferenças entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância

LEGENDAS: ECI: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; CI: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; E: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. S1: sistema em monocultivo com curauá; S2, sistema agroflorestal com curauá – paricá; S3, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; S5, sistema em monocultivo com paricá; S5, área controle – capoeira.

TABELA 13: Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_e/kg), acidez potencia (H⁺ + Al³⁺) (cmol_e/kg), cálcio (Ca) (cmol_e/kg), magnésio (Mg) (cmol_e/kg), sódio (Na) (cmol_e/kg), potássio (K) (cmol_e/kg), soma das bases (SB) (cmol_e/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_e/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no período sazonal chuva intensa (CI), nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Minerais	Período Sazonal					CHUVA INTENSA - CI									
						Profundidades (cm)									
	0 a 10					10 a 20					20 a 40				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Al ³⁺	1.0 Aa	1.2 Aa	1.2 Aa	1.0 Aa	1.7 Ba	1.0 Ab	1.2 Ab	1.2 Ab	0.9 Ab	1.4 Bb	1.1 Aa	1.2 Aa	1.1 Aa	0.8 Ba	1.1 Aa
H ⁺ + Al ³⁺	1.8 Aa	3.0 Ba	1.1 Aa	0.6 Ca	1.4 Aa	2.0 Aa	2.3 Ba	1.2 A	1.0 Ca	1.4 Aa	2.2 Aa	1.9 Ba	1.2 Aa	1.2 Ca	1.6 Aa
Ca	0.3 Aa	0.2 Aa	0.3 Aa	0.8 Ba	0.2 Aa	0.1 Aa	0.2 Aa	0.2 Aa	0.9 Bb	0.0 Aa	0.2 Aa	0.3 Aa	0.1 Aa	0.7 Ba	0.1 Aa
Mg	0.3 Ab	0.2 Ab	0.3 Ab	0.8 Bb	0.2 Ab	0.1 Aa	0.2 Aa	0.2 Aa	0.9 Ba	0.0 a	0.2 Aa	0.3 Aa	0.1 Aa	0.7 Ba	0.1 Aa
Na	0.8 Bb	0.5 Bb	0.7 B b	1.6 Bb	1.1 Bb	0.4 Bb	0.3 Bb	0.5 Bb	0.8 Bb	0.9 Bb	0.4 Bb	0.7 Bb	0.1 Bb	0.6 Bb	0.9 Bb
K	0.2 Aa	0.2 Aa	0.2 Aa	0.6 Ba	0.5 Ba	0.0 Ab	0.0 Ab	0.1 Ab	0.3 Bb	0.4 Bb	0.0 Ac	0.3 Ac	0.0 Ac	0.2 Bc	0.4 Bc
SB	1.4 Aa	1.3 Aa	1.6 Aa	3.5 Ba	2.0 Aa	0.7 Aa	0.7 Aa	0.2 Aa	2.2 Ba	1.3 Aa	0.8 Aa	1.5 Aa	1.7 Aa	1.8 Ba	1.5 Aa
CTC	3.2 Aa	4.1 Aa	2.7 Ba	3.1 Aa	3.4 Aa	2.7 Ab	3.0 Ab	2.4 Bb	3.3 Ab	2.8 Ab	3.0 Ac	3.4 Ac	1.9 Bc	3.0 Ac	3.0 Ac
V	39 Aa	24 Aa	58 Aa	85 Ba	62 Aa	24 Aa	23 Aa	49 Aa	64 Ba	47 Aa	25 Aa	40 Aa	39 Aa	58 Ba	46 Aa
m	34 Aa	32 Aa	45 Ba	25 Aa	34 Aa	41 Ab	40 Ab	53 Bb	30 Ab	58 Bb	44 Ab	38 Ab	64 Bb	30 Ab	42 Ab

Nota: Médias seguidas de letras iguais não mostraram diferenças entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância

LEGENDAS: ECI: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; CI: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; E: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. S1: sistema em monocultivo com curauá; S2, sistema agroflorestal com curauá – paricá; S3, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; S5, sistema em monocultivo com paricá; S5, área controle – capoeira.

TABELA 14: Valores das médias obtidas para o alumínio extraível (cmol_e/kg), H⁺ + Al³⁺ (cmol_e/kg), cálcio (Ca) (cmol_e/kg), magnésio (Mg) (cmol_e/kg), sódio (Na) (cmol_e/kg), potássio (K) (cmol_e/kg), soma das bases (SB) (cmol_e/kg), capacidade de troca de cátions (CTC) (cmol_e/kg), percentagem de saturação de bases (V %) e percentagem de saturação com alumínio (m %), nas três profundidades e no período sazonal estiagem (E), nos solos analisados dos sistemas estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Minerais	Período Sazonal					ESTIAGEM - E									
						Profundidades (cm)									
	0 a 10					10 a 20					20 a 40				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Al ³⁺	1.0 Aa	0.5 Ba	1.0 Ca	0.9 Ca	1.6 Da	0.9 Aa	0.4 Ba	0.9 Ca	0.9 Ca	1.2 Da	1.0 Aa	0.5 Ba	0.9 Ca	0.9 Ca	1.0 Da
H ⁺ + Al ³⁺	1.3 Aa	0.4 Ba	1.4 Aa	2.0 Ca	2.8 Ca	1.1 Aa	0.4 Ba	1.3Aa	1.4 Ca	2.0 Ca	1.3 Aa	0.4 Ba	1.4 Aa	1.3 Ca	1.4 Ca
Ca	0.0 Ab	0.1 Ab	0.1 Ab	0.1 Bb	0.1 Ab	0.0 Aa	0.1 As	0.0 Aa	0.2 Ba	0.0 Aa	0.1 Aa	0.1 Aa	0.0 Aa	0.2 Ba	0.1 Aa
Mg	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.1 Ba	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Ba	0.1 Aa	0.0 Ab	0.0 Ab	0.0 Ab	0.0 Ab	0.0 Ab
Na	0.1 Cc	0.0 Cc	0.2 Cc	0.1 Cc	0.2 Cc	0.0 Cc	0.1 Cc	0.0 Cc	0.1 Cc	0.2 Cc	0.1 Cc	0.1 Cc	0.1 Cc	0.2 Cc	0.2 Cc
K	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Ba	0.0 Ba	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Ba	0.0 Ba	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Aa	0.0 Ba	0.0 Ba
SB	0.2 Aa	0.3 Aa	0.3 Aa	0.5 Ba	0.3 Ba	0.2 Aa	0.3 Aa	0.2 Aa	0.5 Ba	0.4 Ba	0.3 Aa	0.3 Aa	0.3 Aa	0.6 Ba	0.4 Ba
CTC	1.5 Aa	0.7 Ba	1.7 Ca	2.5 Da	3.2 Ea	1.4 Aa	0.7 Ba	1.5Ca	1.9 Da	2.4 Ea	1.6 Aa	0.7 Ba	1.7 Ca	1.9 Da`	1.8 Ea
V	1 Aa	1 Ba	1.7 Ca	2 Ca	3 Da	1 Aa	1 Ba	1 Ca	2 Ca	2 Da	1 Aa	1 Ba	2 Ca	2 Ca	2 Da
m	63 Aa	75 Ab	60 A a	35 Bc	52 Aa	68 Aa	62 Aa	63 Aa	46 Bc	55 Aa	65 Aa	74 Ab	55 Aa	47 Ba	60 Aa

Nota: Médias seguidas de letras iguais não mostraram diferenças entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância

LEGENDAS: ECI: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; CI: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; E: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. S1: sistema em monocultivo com curauá; S2, sistema agroflorestal com curauá – paricá; S3, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; S5, sistema em monocultivo com paricá; S5, área controle – capoeira.

No período sazonal estiagem (**E**) A análise das médias obtidas, quanto a as profundidades do solo, o efeito estatístico significativo ocorreu entre os sistemas de cultivos **S2 e S4**, **S2 e S5**, **S3 e S5** ($p < 0,05$) (Tabelas 14). Em relação às profundidades, os resultados mostraram que os valores das médias, em geral, elevaram-se (Tabela 12, 13 e 14). Esses valores variaram para mais ou para menos de forma independente das variações ocorridas nos teores de alumínio.

Estudo realizado no campo experimental da Fazenda Tramontina Belém S/A, analisou indicadores químicos desses solos e obteve valores levados para acidez no sistema de cultivo com Curauá em monocultivo, e isso sugeriu uma mineralização da matéria orgânica que libera cátions nas camadas do solo, em especial cátions H^+ , o que provoca redução no pH (OLIVEIRA, 2009).

Em nosso estudo, os valores das médias para o teor de acidez também foram elevados nesse sistema de cultivo que, aqui, denominamos de **S1**. Como a área de estudo é a mesma, e os resultados são equivalentes, supõe-se que, nesse sistema de cultivo a mineralização da matéria orgânica é atuante.

No período sazonal chuva intensa (**CI**) (Tabela 13) foi observado que no sistema de cultivo **S2**, a acidez apresentou teor elevado, nas três profundidades analisadas, e isso pode ser reflexo da mineralização acentuada da matéria orgânica devido à alta atividade biológica e a liberação de cátions H^+ que diminuiram o valor do pH, o que pode ter elevado à acidez.

Durante o período sazonal **ECl**, isoladamente, houve efeitos estatísticos significativos, quanto ao teor de *alumínio trocável*, entre os sistemas de cultivos **S2 e S5**, **S3 e S5**; **S4 e S5** ($p < 0,01$) (Tabela 12). O período sazonal **CI**, isoladamente, provocou efeito estatístico entre os sistemas de cultivos **S4 e S5** ($p < 0,05$) (Tabela 13).

O período sazonal **E**, isoladamente, provocou efeitos estatísticos significativos, quanto ao alumínio trocável, entre os sistemas de cultivos **S1 e S2** ($p < 0,01$); **S2 e S3** ($p < 0,01$); **S2 e S4** ($p < 0,05$); **S2 e S5** ($p < 0,01$); **S3 e S5**; **S4 e S5** (em ambos, $p < 0,05$) (Tabela 14). Como os valores das médias para os teores de alumínio trocável foram mais elevados durante o período sazonal chuva intensa (**CI**), época da segunda amostragem dos solos aqui analisados, é possível que tenha ocorrido influência do período de amostragem sobre os teores desse atributo químico do solo (Tabela 13).

Os valores determinados para o teor de alumínio trocável (Al^{+3}) variaram entre 0,4 $cmol_c/kg$ a 1,9 $cmol_c/kg$ (Tabelas 12. 13 e 14). Em relação ao aumento da profundidade nos solos analisados, ocorreram pequenas variações nos teores, para mais ou para menos no

teor de alumínio trocável. No sistema de cultivo **S5** foi encontrado um alto desse atributo químico na profundidade 0 – 10 cm, independente do período sazonal (Tabelas, 12, 13 e 14).

Em um estudo efetuado também em Latossolo Amarelo distrófico e Argissolo Amarelo distrófico, o resultado mostrou que o teor de alumínio trocável apresentou tendência a elevação de acordo com o aumento da profundidade (SOUZA et al., 2010). Os resultados obtidos no presente estudo, em geral, não mostraram um aumento no teor de alumínio com o aumento da profundidade, é possível que a mineralização da matéria orgânica não tenha atuado no aumento do teor de alumínio.

Em estudo efetuado em Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Igarapé-Açu, o teor de alumínio trocável variou 0,10 e 0,8 cmol_c/kg (COSTA FILHA, 2005). Em outro estudo efetuado também em Latossolos amarelos, o resultado mostrou que o teor de alumínio é superior a outros elementos minerais do solo em períodos chuvosos do que no período seco devido à atividade bacteriana que, além de liberar nutrientes, também libera alumínio e silício (FERREIRA et al., 2001).

No presente estudo, o teor de alumínio trocável mais elevado foi encontrado na área-controle (Tabelas 12, 13 e 14), floresta secundária (capoeira) com aproximadamente 15 anos. Isso pode estar ligado à diversidade vegetal existente nessa floresta, que pode gerar matéria orgânica diversificada, o que melhora a ciclagem dos nutrientes devido à atividade bacteriana que, além da liberação desses nutrientes no solo, pode também ter liberado o alumínio que estava armazenado na MO.

Outro fator para explicação dos teores elevados de alumínio trocável é antrópico, pois como os teores de alumínio nos solos aqui analisados estão elevados em relação aos teores encontrados no município de Igarapé-Açu (COSTA-FILHA, 2005). É possível que o grau de antropização, na área onde se efetivou o presente estudo, esteja mais elevado em relação àquele município.

Os teores de *cálcio (Ca)*, *magnésio (Mg)* e *sódio (Na)* apresentaram maiores teores durante o período sazonal estiagem-chuva intensa (**ECl**) nos sistemas de cultivos **S1**, **S2** e **S3** (Tabela 12), o teor de *potássio (K)* mostrou-se elevado durante o período sazonal chuva intensa (**Cl**) (Tabela 12). Os maiores valores de médias para os teores de cálcio (0,7 cmol/kg) e *magnésio* (1.5 cmol/kg) ocorreram no período sazonal **ECl**, no sistema de cultivo **S1** (Tabela 12).

Estudo realizado em Latossolo Amarelo álico de textura média mostrou que o os teores de cálcio no período seco sempre foram mais elevados apresentando-se com

diferenças estatísticas significativas (PEREIRA et al., 2000). O autor explica que isso pode ter resultado da mineralização da matéria orgânica que é mais acentuada nesse período.

Estudo efetuado sobre a ciclagem de nutrientes em florestas tropicais mostrou que ocorre aumento no teor de potássio e magnésio é devido o enriquecimento provocado pela lavagem das copas das árvores que produzem fluxos de magnésio, e principalmente de potássio (LUIZÃO, 2007).

Em nosso estudo, o maior teor de potássio ocorreu durante o período sazonal chuva intensa (CI) no sistema de cultivo S4 (Tabela 13), onde há plantação com paricá em monocultivo. Como o enriquecimento desse elemento mineral no solo é efetuado por lavagem das copas das árvores, é possível que isso tenha ocorrido nesse sistema de cultivo onde, além da presença de árvores de paricá, há sub-bosques ao redor desse sistema de cultivo, de onde também pode ter vindo parte do potássio, por condução pluvial, e depositado no solo desse sistema de cultivo, o que elevou os teores desse elemento químico.

Em florestas tropicais, ocorrem perdas dessas bases trocáveis pelo processo de lixiviação para os igarapés de drenagem como perdas elevadas para cálcio e magnésio. Isso foi comprovado pelo estudo efetuado por Luizão (2007) em florestas tropicais da Amazônia.

Associou-se essa explicação aos resultados obtidos para os teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio no período de estiagem (E) porque os valores das médias diminuíram consideravelmente (Tabela 14). Isso poder ocorrido no período sazonal chuva intensa (CI) (Tabela 13) que degradou esse mineral dos solos analisados quando da lixiviação.

Estudo realizado em Luvisolo para analisar atributos químicos do solo mostrou como resultado uma redução no teor de magnésio em aproximadamente 50%. Isso pode ter ocorrido pela maior demanda desse nutriente pelas plantas uma vez que a água pode ter facilitado sua disponibilidade (MARTINS et al., 2010).

Em nosso estudo, foi verificada uma redução do teor de magnésio de mais de 100% entre o período sazonal CI e E (Tabelas 13 e 14) nos sistemas de cultivos S1 e S2. Essa perda considerável desse macronutriente pode ser explicada pela disponibilidade do mesmo durante o período sazonal CI.

O período sazonal ECI provocou efeito estatístico significativo nos valores das médias da *soma de bases* (SB) entre os sistemas de cultivos S1 e S2; S1 e S3; S1 e S4; S1 e S5 ($p < 0,01$), S2 e S3 ($p < 0,01$); S2 e S4 ($p < 0,05$) (Tabela 12).

O período sazonal chuva intensa (**CI**) provocou efeito estatístico significativo entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4** ($p < 0,01$); **S2** e **S4** ($p < 0,05$), **S3** e **S4** ($p < 0,05$) (Tabela 13).

O período sazonal estiagem (**E**) provocou efeito estatístico significativo entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4** ($p < 0,01$), **S1** e **S5** ($p < 0,05$); **S2** e **S4** ($p < 0,01$), **S2** e **S5** ($p < 0,05$); **S3** e **S4**; **S4** e **S5** (em ambos, $p < 0,01$) (Tabela14).

Quanto às profundidades analisadas, apenas o sistema de cultivo **ECI** provocou efeito estatístico significativo entre as profundidades 0 - 10 cm ($p < 0,01$) e 10 - 20 cm ($p < 0,05$), independente do sistema de cultivo estudado. Verificou-se também que, em geral, há uma tendência de diminuição dos valores da soma de bases de acordo com o aumento da profundidade (Tabelas 12, 13 e 14). Isso pode ser em função da diminuição do teor de matéria orgânica em relação ao aumento da profundidade.

O maior valor da soma de bases foi encontrado no sistema de cultivo **S4** no período sazonal **CI** (Tabela 13) na profundidade 0 - 10 cm. Estudo realizado em Latossolo Amarelo com textura média no nordeste paraense, os solos estudados apresentaram acidez elevada resultante da neutralização por cátions básicos (SILVA et al., 2006). Com base nesses resultados e a associação com o que se verificou para o valor da soma das bases no sistema de cultivo **S4**, é possível afirmar que esse valor é decorrente diminuição da acidez por cátions básicos.

Quanto à *capacidade de trocas de cátions* (**CTC**) os resultados obtidos mostraram durante o período sazonal estiagem-chuva intensa (**ECI**) ocorreram efeitos estatísticos significativos entre os sistemas de cultivos **S1** e **S3**, **S1** e **S4** ($p < 0,01$); **S2** e **S3**, **S2** e **S4** ($p < 0,01$); **S3** e **S5**; **S4** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 12). No período sazonal chuva intensa (**CI**) houve efeitos estatísticos significativos entre **S2** e **S3** ($p < 0,01$); **S3** e **S4**; **S3** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 13). No período sazonal estiagem (**E**) os efeitos estatísticos significativos ocorreram entre os sistemas de cultivos **S1** e **S5**; **S2** e **S3** (para ambos, $p < 0,05$), **S2** e **S4**, **S2** e **S5** ($p < 0,01$) (Tabela 14).

Nas profundidades analisadas, apenas o período sazonal **ECI** provocou efeitos estatísticos significativos nas profundidades 10 - 20 cm e 20 - 40 cm, independente dos sistemas de cultivos estudados (Tabelas 12, 13 e 14).

O maior valor de media para **CTC** ocorreu na profundidade 20 a 40 cm no sistema de cultivo **S2** (Tabela 12). Estudo efetuado em Latossolo Amarelo distrófico no nordeste paraense (RIBEIRO, 2006) foram obtidos resultados que mostraram a dominação da CTC pela acidez potencial devido à participação reduzida de Ca, Mg e K e quando houve

a atuação desses macronutrientes sobre a acidez potencial, a CTC passou a ser mais influenciada pela acidez.

Nesse contexto, observou-se que os teores de Ca e Mg no sistema de cultivo **S2**, na profundidade 20 – 40 cm apresentaram diminuição, logo, não atuam sobre a acidez potencial, o que resultou em elevação nos valores da CTC nessa profundidade e nesse sistema de cultivo (Tabela 12).

Estudo efetuado em Latossolo Amarelo, álico de textura média, o resultado sobre a CTC revelou que a deposição de matéria orgânica no solo provoca aumento na CTC, e promove uma melhor adsorção de cátions trocáveis liberados pela decomposição da matéria orgânica (PEREIRA et al., 2000).

Os valores encontrados para a CTC no presente estudo mostraram que, nos sistemas de cultivos **S1** e **S2**, na profundidade 0 – 10 cm são elevados quando comparados com os demais sistemas de estudo e a área controle (**S5**). A possível explicação para esses resultados é a deposição de matéria orgânica sobre a superfície do solo o que provocou aumento na CTC nesses sistemas de cultivos, o que não ocorreu em **S3** e **S4** cujas médias foram pequenas em relação aos outros sistemas.

A *percentagem de saturação de bases* (V) apresentou efeito estatisticamente significativo no período sazonal chuva intensa (**CI**) entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4**; **S2** e **S4** (em ambos, $p < 0,01$) (Tabela 13). No período sazonal estiagem (**E**) houve efeito estatístico significativo entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4**; **S2** e **S3**; **S2** e **S4**; **S2** e **S5**, nesse período sazonal, houve uma diminuição dos valores das médias para V. É possível que tenha ocorrido lixiviação das bases trocáveis durante o período sazonal chuva intensa (**CI**). Quanto às profundidades analisadas, apenas no período sazonal **ECI** houve efeito estatístico significativo entre 0 - 10 cm e 20 – 40 cm, independente dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 12).

Estudo realizado em Latossolo amarelo no nordeste paraense (COSTA FILHA, 2005), observou nos resultados obtidos que a saturação de bases trocáveis é alta, variando entre 52 a 67%, indicando uma boa oferta de nutrientes no solo não havendo, portanto necessidade de fertilização química.

Com base nesse contexto pode-se afirmar que, entre os solos estudados, a fertilidade é elevada nos sistemas de cultivos **S1**, **S4** e **S5** e, dentre eles, o de maior fertilidade é o sistema de cultivo **S4** porque apresentou maior percentagem de saturação de bases (Tabela 13).

O período sazonal estiagem-chuva intensa (**ECI**) provocou efeitos estatísticos entre os sistemas de cultivos **S2** e **S3** ($p < 0,05$); **S2** e **S4** ($p < 0,01$); **S2** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 12). O período sazonal chuva intensa (**CI**) provocou efeitos estatísticos significantes entre os sistemas **S2** e **S3** ($p < 0,05$) (Tabela 13); **S3** e **S4** ($p < 0,01$); **S4** e **S5** ($p < 0,05$). O período sazonal estiagem (**E**) provocou efeito estatístico significativo entre os sistemas **S1** e **S4** ($p < 0,01$); **S2** e **S4** ($p < 0,01$); **S3** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 14). Quanto às profundidades, apenas o período sazonal chuva intensa (**CI**) provocou efeito estatístico significativo na profundidade 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, independente do sistema de cultivo estudado (Tabelas 12, 13 e 14).

A *percentagem de saturação do alumínio (m)* sofreu efeitos estatísticos significantes no período sazonal (**ECI**) entre os sistemas de cultivos **S2** e **S3** ($p < 0,05$), **S2** e **S4** ($p < 0,01$), **S2** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 12). No período sazonal chuva intensa (**CI**) houve efeito estatístico significativo entre **S2** e **S3** ($p < 0,05$), **S3** e **S4** ($p < 0,01$); **S4** e **S5** ($p < 0,05$) (Tabela 13). No período sazonal estiagem (**E**) ocorreu efeito estatístico entre os sistemas de cultivos **S1** e **S4** ($p < 0,01$); **S2** e **S4** ($p < 0,01$); **S4** e **S5** ($p < 0,05$). Quanto às profundidades analisadas para esse atributo físico, apenas no período sazonal chuva intensa (**CI**) (Tabela 13) houve efeito estatístico significativo nas profundidades 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, independente dos sistemas de cultivos estudados.

Estudo realizado em Latossolo Amarelo álico de textura média (PEREIRA et al, 2000) os resultados mostraram que os níveis de alumínio na solução do solo depende do pH do solo, da saturação do alumínio, do teor de matéria orgânica, da presença de outros íons na solução do solo. Quanto aos níveis de alumínio, os resultados obtidos no presente estudo revelaram que houve variações nos solos dos sistemas de cultivos estudados, e o maior valor de média ocorreu na área-controle (**S5**) durante o período sazonal **ECI** (Tabela 12). Isso pode ser resultado da lixiviação ocorrida em cátions de natureza básica (Ca, Mg, K) e a concentração de cátions ácidos como Al^{+3} , o que eleva a percentagem de saturação por alumínio.

5.3 VARIAÇÕES NA FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DAS VARIAÇÕES SAZONAIS.

No presente estudo foram avaliados alguns itens integrantes da deficiência de fertilidade como, pH, soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases trocáveis, e saturação por alumínio extraível (m).

Estudo realizado em Argissolo amarelo e Latassolo Amarelo com predominância de Argissolos Amarelos (COSTA FILHA, 2005) relata que os graus de deficiência de fertilidade foram definidos em relação da disponibilidade de macro e micronutrientes, presença ou ausência de sais solúveis e de outras substâncias tóxicas, pH, soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions, saturação por bases trocáveis (V) e saturação por alumínio extraível (m).

O pH atua na fertilização quando interfere na adsorção de cátions metálicos. Como em nosso estudo as bases trocáveis sofreram efeitos estatísticos no período sazonal estiagem chuva intensa (**ECI**) no sistema de cultivo **S3**, e o pH não apresentou efeito estatístico significativo (Tabela 6), essa estabilidade pode ter diminuído a adsorção de cátions metálicos. Então é possível que a fertilidade do solo tenha sido comprometida. Em consequência da menor disponibilidade de bases catiônicas pela interferência do pH, houve uma diminuição na soma de bases e da CTC, no mesmo período sazonal (**ECI**), o que aumenta a probabilidade de comprometimento da fertilidade do solo de cultivo do sistema **S3**.

Estudo realizado em Argissolo Vermelho Distrófico sobre a distribuição espacial do carbono nesse solo (NOVAES FILHO et al, 2007; SILVA, 2008), mostrou que a CTC está relacionada com a reserva nutricional do solo, então quanto maior for a CTC, maior será quantidade de cátions e ânions assimiláveis pelo vegetal.

A soma de bases (SB) sofreu efeito estatístico significativo nos três períodos sazonais analisados (**ECI**; **CI** e **E**). No sistema de cultivo (**S4**), onde há o monocultivo com o paricá, ocorreu o maior valor de média no período sazonal chuva intensa (**CI**) (Tabela 13), seguido do sistema de cultivo **S1** onde ocorre o monocultivo com o curauá, este, no período sazonal estiagem-chuva intensa (**ECI**) (Tabela 12).

Os valores de médias obtidos em **S1**, no período de estiagem-chuva intensa **ECI** (Tabela 12), e **S4**, no período sazonal chuva intensa **CI** (Tabela 13), foram superiores ao encontrado para a área-controle (**S5**). A idade dos plantios, à época do início do estudo era de seis anos e a da área-controle, a capoeira, aproximadamente quinze anos.

Estudos efetuados sobre fertilidade do solo (CARVALHO, 2005; GAMA, 2002; RUIVO, 1989), mostraram que a soma de bases (SB) e percentagem de saturação de bases (V) são indicadores da fertilidade do solo. Em nosso estudo, tanto a soma de bases como a percentagem de saturação de bases sofreram efeitos estatísticos significativos nos três períodos sazonais analisados e nos sistemas de cultivos estudados (Tabelas, 12, 13 e 14).

Esses resultados podem demonstrar que a fertilidade do solo pode variar durante as variações sazonais.

Embora a elaboração de uma escala de fertilidade para esses sistemas não seja o objetivo desse estudo, não podemos deixar de sugerir tal escala com base nos estudos efetuados sobre fertilidade e o uso desses atributos químico como indicadores (CARVALHO, 2005; GAMA, 2002; NOVAES FILHO et al., 2007; SILVA, 2008; RUIVO, 1989), bem como nos resultados aqui obtidos. Dessa forma, tendo como base, a soma de bases e a percentagem de saturação de bases, a escala de fertilidade SOS solos analisados obedeceria a sequência: $S2 > S4 > S5 > S1 > S3$.

Os valores das médias na profundidade 0 – 10 cm, onde se acumula a matéria orgânica no solo, foram submetidas à análise de componentes principais para identificar a intensidade de atuação deles como indicadores de fertilidade dos solos analisados. O resultado mostrou que a soma de bases é mais efetiva (63,26%), seguida da percentagem de saturação de bases (35,04%) e a CTC (0,69%) (Figura 21).

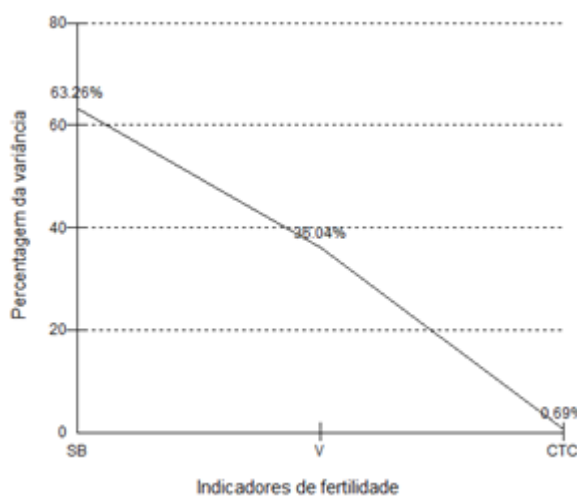


FIGURA 21: Percentagem de soma de bases (SB), saturação de bases (V), capacidade de troca de cátions (CTC), como indicadores da fertilidade dos solos analisados dos sistemas de cultivos da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Os atributos do solo, como densidade aparente e umidade atual também podem influenciar na fertilidade. Esses atributos físicos sofreram efeitos estatísticos provocados pelos períodos sazonais (Tabelas 04 e 07). Estudo efetuado em Latossolos e Argissolos correlacionou à densidade aparente com o teor de carbono orgânico nesses solos e o

resultado mostrou que a densidade aparente apresentou correlação negativa com o teor de carbono orgânico (BELIZÁRIO, 2008; MARQUES et al., 2007).

No presente estudo efetuou-se essa correlação e verificou-se que os períodos sazonais chuva intensa (**CI**) e estiagem (**E**) essa correlação negativa ocorreu (Tabela 15). Isso pode interferir na fertilidade do solo, pois o carbono orgânico é um dos componentes químicos da matéria orgânica que deve ser liberado após a mineralização da mesma.

TABELA 15: Valores de médias obtidas para densidade aparente (Da) versus carbono orgânico; carbono orgânico versus umidade atual (UG) e densidade aparente (Da) e umidade atual (UG), nos solos analisados da Fazenda Tramontina Belém S/A. Aurora do Pará.

Período sazonal	Da x Corg			Corg x UG		
	r	R ²	p	r	R ²	p
E x CI	0.6369	0.4057	0.4322	- 0.6069	0.3683	0.2777
CI	- 0.4165	0.1735	0.4854	- 0.9596	0.9208	0.0097
E	- 0.7546	0.5694	0.1404	- 0.4192	0.1757	0.4823

LEGENDAS: **E**CI: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica.

Em **S1**, os resultados mostram que os teores de Corg, nas duas coletas em sequencia foram elevados (Tabela 09). Como a classificação textural para o solo desse sistema de cultivo é de franco argilo-arenoso (Tabela 03), há uma evolução nos teores de Corg por se tratar de um solo argiloso. Estudos efetuados nessa classe de solo tipo de solo (DESJARDINS et al., 1994; SILVA JÚNIOR et al., 2009; TELLES, 2002) expõem que os minerais de argila permitem a formação de macro agregados e micro agregados, promovem uma proteção física ao Corg, e evitam a decomposição rápida do mesmo. Com base nessa exposição e na escassez de cobertura vegetal nesse sistema de cultivo, é possível que tenha ocorrido uma diminuição na taxa de Corg.

Como o carbono orgânico no solo tem seu maior reservatório na liteira (CERRI et al., 1996), verificou-se *in situ*, a escassez de liteira nas três amostragens efetuadas, nos sistemas de cultivos **S1**, **S3** e **S4**, como cobertura vegetal no solo. Então é possível que a elevação da temperatura nos solos desses sistemas de cultivos tenha acelerado a atividade biológica e degradado a matéria orgânica com mais rapidez.

5.4 BIODIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA NO SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL, EM TRÊS PERÍODOS SAZONAIS.

A análise faunística registrou 9.964 espécimes distribuídos em vinte e seis (26) táxons de invertebrados e dois (02) táxons de vertebrado Squamata nos tratamentos estudados. A ordem predominante entre os insetos foi Hymenoptera com a presença da família Formicidae (5.805), seguida por Coleoptera (1.454), Collembola (649). Entre os aracnidas, Acari destacou-se como 862 indivíduos, seguida por Araneídea (195). Outros grupos com destaque foram Diplopoda (307) e Isopoda (110) (Tabela 15).

Dos vinte e seis (26) Táxons identificados após a captura, aproximadamente 40% deles apresentaram apenas um representante nas três coletas efetuadas ou em apenas uma delas. Os demais apresentaram frequência absoluta cujos valores mostraram que o sistema agroflorestal com Paricá + Curauá e o sistema em monocultivo com Paricá apresentaram frequências com diferenças significantes e relação à área- controle (**S5**).

A ordem Hymenoptera mostrou maior frequência relativa em todas as amostragens efetuadas (Tabela 16). Isso pode ter ocorrido devido as variáveis ambientais, ciclo de vida efêmero, presença ou ausência de predadores, temperatura, precipitação, luminosidade, dentre outras variáveis que, nesse estudo, não foram analisadas.

No sistema de cultivo **S1**, a ordem Hymenoptera (Formicidae) apresentou o número de indivíduos encontrados quando comparados aos demais sistemas de cultivos estudados (Tabela 14). Como esse sistema de cultivo, apresenta solo arenoso e não possui sub-bosque para cobertura vegetal, é possível que a irradiação solar incidente diretamente sobre o solo eleve a temperatura do mesmo e seja um dos fatores que contribuem para a reprodução dessas formigas. Tal afirmava é efetuada com base em estudos efetuados sobre a estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso (HARADA; BANDEIRA, 1994; OLIVEIRA et al, 2009).

TABELA 16: Frequência absoluta e relativa da fauna edáfica nos três períodos sazonais durante as três amostragens efetuadas nos solos dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Taxon	AMOSTRAGEM 1 (ECI)							AMOSTRAGEM 2 (CI)							AMOSTRAGEM 3 (E)						
	S1	S2	S3	S4	*S5	Fi	Fr (%)	S1	S2	S3	S4	S5	Fi	Fr (%)	S1	S2	S3	S4	S5	Fi	Fr (%)
INSECTA																					
Hymenoptera (Formicidae)	808	667	416	260		2151	83	670	197	402	453	66	1788	56	907	294	339	236	90	1866	44
Coleoptera	21	15	27	15		78	3	70	63	51	171	23	320	10	215	227	54	542	18	1056	25
Collembola	6	11	21	2		40	2	2	1	1	0	1	5	0	203	130	21	88	162	604	14
Isoptera	0	0	0	0		0	0	0	1	3	0	1	5	0	3	0	0	0	0	3	0
Thysanura	0	0	0	0		0	0	1	0	1	0	2	4	0	0	0	0	0	1	1	0
Heteroptera	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orthoptera	2	3	5	12		22	1	8	3	6	5	19	41	1	12	19	17	35	29	112	3
Diptera	13	1	11	5		30	1	16	4	5	9	10	44	1	14	6	3	1	7	31	1
Homoptera	9	10	34	14		67	3	2	0	0	2	5	9	0	14	5	0	7	6	32	1
Hemiptera	0	1	0	0		1	0	0	0	0	2	8	10	0	6	1	3	8	1	19	0
Dermaptera	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0
Thysanoptera	0	0	1	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Blatoidea	0	0	0	2		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	0	0	1	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psocoptera	1	0	3	3		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera	0	28	0	0		28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
ARACNIDA																					
Acari	8	28	14	5		55	2	600	57	85	5	3	750	24	20	31	5	0	1	57	1
Araneae	3	2	4	6		15	1	28	9	7	15	10	69	2	57	22	17	9	6	111	3
Scorpionida	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0
Opilionida	4	3	7	0		14	0	35	7	7	7	2	58	2	2	0	2	0	0	4	0

TABELA 16: Continuação.

Taxon	AMOSTRAGEM 1 (ECI)							AMOSTRAGEM 2 (CI)							AMOSTRAGEM 3 (E)						
	S1	S2	S3	S4	*S5	Fi	Fr (%)	S1	S2	S3	S4	S5	Fi	Fr (%)	S1	S2	S3	S4	S5	Fi	Fr (%)
CRUSTACEA																					
Isopoda	0	1	0	0		1	0	1	0	0	0	0	1	0	81	18	3	5	1	108	3
MYRIAPODA																					
Diplopoda	17	12	15	30		74	3	12	7	17	27	0	63	2	52	28	25	60	5	170	4
Chilopoda	1	0	1	0		2	0	5	1	1	0	0	7	0	15	6	3	0	0	24	1
MOLLUSCA																					
	0	0	0	0		0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
VERTEBRATA																					
													0							0	0
Amphibia	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Reptil	1	3	3	1		8	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	894	785	563	355		2597	100	1451	351	586	696	153	3179	100	1601	790	492	991	335	4209	100

*As armadilhas dessa área foram destruídas por um vertebrado de médio porte, por isso, não houve espécimes coletadas nessa primeira amostragem.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sist agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

Estudos realizados em terra firme na Amazônia Legal (BARROS et al., 2008; JARDIM; MACAMBIRA, 2007; MACAMBIRA, 2005; RUIVO et al., 2007; SOUZA et.al., 2007a) também foram encontradas as mesmas espécies identificadas no presente estudo. A densidade populacional (indivíduos/m²) foi mais expressiva no sistema de cultivo **S1**, durante o período sazonal **E** (Tabela 16).

O índice de diversidade de Shannon - Wiener (H') obteve o menor índice no sistema de cultivo **S1**, no período sazonal estiagem-chuva intensa (**ECI**) (Tabela 17). Isso indica maior diversidade nos espécimes identificados nesse sistema. O maior índice de diversidade ocorreu na área-controle (0,81) o que demonstrou uma diversidade baixa porque quanto maior o valor de H', menor a diversidade das espécies, nesse estudo, entenda-se ordens.

É possível que essa baixa diversidade esteja relacionada a não variedade nutricional, ou ao processo de adaptação ao nutriente ofertado ou ainda a habitats diferentes. Se isso ocorreu, então é possível supor que houve uma migração horizontal dos espécimes aqui não identificados e pode ter causado essa baixa diversidade de espécies.

Não de se descartar a ação de predadores que podem ter agido entre os períodos os períodos das amostragens, sobre espécimes diversos ausentes durante a ocorrência das amostragens.

O índice da equitabilidade J (EJ) foi maior na área controle (**S5**), e mostrou que o número de indivíduos (abundância) distribuídos nas diferentes ordens identificadas, ou seja, estas ordens estão mais divergentes na área-controle do que nos sistemas de cultivos estudados (Tabela 17). É possível que isso tenha ocorrido devido à diversidade de vegetais que geraram ofertas nutricionais, habitats e nichos ecológicos diferentes o que aumentou a chance de uma divergência nas ordens identificadas.

O índice da riqueza de espécies (RE) variou entre 11 a 15 (Tabela 17), como esse índice reflete o número total de espécies, aqui, substituída por ordens, dentro de uma unidade amostral, e varia em função do aumento da área. As áreas estudadas obedeceram ao padrão de 456 m², e isso refletiu nos valores encontrados para a riqueza de espécies.

Os resultados por sistemas nas três coletas mostraram que a área de cultivo com *A. comosus* (Curauá) **S1** mantém a frequência absoluta dos espécimes identificados (3.947 espécimes), **S2** (1.926 espécimes), **S3** (1.641 espécimes), **S4** (2.042 espécimes), e a área-controle **S5** (488 espécimes) (Tabela 18).

TABELA 17: Índices obtidos para a densidade populacional (DP), diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade J (EJ) e riqueza de espécies (RE) durante os períodos sazonais analisados nos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

	ECI					CI					E				
	S1	S2	S3	S4	*S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
DP	0,40 a	0,43 b	0,31 b	0,19 b	---	0,80 a	0,19 b	0,32 b	0,38 b	0,08 b	0,88 b	0,43 b	0,27 b	0,54 b	0,18 b
H'	0,22 a	0,31 a	0,49 a	0,48 a	---	0,52 b	0,58 b	0,48 a	0,45 a	0,81 c	0,64 c	0,73 c	0,52 b	0,57 b	0,63 c
EJ	0,20 a	0,18 a	0,42 a	0,44 a	----	0,43 b	0,56 b	0,45 b	0,49 b	0,72 c	0,56 b	0,62 c	0,49 b	0,57 b	0,54 b
RE	13 a	14 a	14 a	12 a	----	14 a	12 a	13 a	11 a	14 a	14 a	15 a	12 a	10 a	14 a

Nota: médias com letras iguais não são significativas estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

*Devido à perda de armadilhas, que foram destruídas por um vertebrado de médio porte, não houve espécimes capturadas na primeira amostragem efetuada.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S5**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

TABELA 18: Total de indivíduos e Táxons identificados na superfície do solo dos sistemas de cultivos estudados nos três períodos sazonais, na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Sistemas	ECI		CI		E	
	Σ indivíduos	Táxons	Σ indivíduos	Táxons	Σ indivíduos	Táxons
S1	894	13	1451	14	1.601	14
S2	785	14	351	12	790	15
S3	563	14	586	13	492	12
S4	355	12	696	11	991	10
S5	-----	---	153	14	335	14

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + feijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

As possíveis explicações para as quantidades de indivíduos encontrados nos sistemas de cultivos analisados podem estar associadas:

I - Aos tipos de vegetais que estão presentes nos sistemas de cultivos estudados;

II - No período do ciclo reprodutivo dos espécimes identificadas em cada dos sistemas de cultivos;

III - Na possível presença ou ausência de predadores desses espécimes;

IV- Na influência da sazonalidade (precipitação, temperatura, umidade, luminosidade, etc.) sobre a fauna edáfica;

V - Na maior ou menor oferta nutricional e na adaptabilidade da fauna edáfica a esses nutrientes;

VI - Os processos migratórios porque os ecótonos existentes entre os sistemas de cultivos favorecem o trânsito da fauna edáfica.

Observou-se também que em **S4**, onde há monocultivo de Paricá, dos vinte e seis táxons identificados, sete deles não foram capturados na primeira amostragem, na segunda, onze táxons estavam ausentes, e na terceira ocorreu ausência de dezesseis desses vinte e seis táxons (Tabela 16), isso pode ter provocado uma diminuição na densidade populacional (Tabela 17).

Outro possível motivo para ausência dos táxons mencionados é a possível ausência da diversidade nutricional, bem como a palatabilidade da liteira depositada nesse sistema de cultivo e a não adaptação dos espécimes desses táxons. A presença de predadores dos espécimes desses táxons é outra forma de justificar a ausência dos mesmos, ou ainda, o período reprodutivo que não coincidiu com o da amostragem.

Os três períodos sazonais provocaram modificações nos sistemas de cultivos estudados em relação aos táxons identificados em cada um deles. Os efeitos estatísticos significativos foram verificados no sistema de cultivo **S1** (Tabela 19).

TABELA 19: Valores das médias dos sistemas de cultivos estudados, para os espécimes de maior frequência absoluta dos táxons identificados na superfície do solo nos três períodos sazonais, analisados, na Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Sistemas	ECI		CI		E				
S1	30,8	A	p < 0,05	50,0	p < 0,05	A	55,2	A	p < 0,05
S2	27,0	B	ns	12,1	ns	B	27,2	B	ns
S3	19,4	B	ns	20,2	ns	B	16,9	B	ns
S4	12,2	B	ns	24,0	C	B	34,1	D	ns
S5	----	B	ns	5,2	ns	B	11,5	B	ns

Nota: médias com letras iguais não são significativas estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

O resultado da análise dos componentes principais entre os períodos sazonais analisados mostrou que o período sazonal estiagem chuva intensa foi o mais ativo sobre a fauna edáfica identificada nos solos dos sistemas de cultivos estudados (Figura 22).

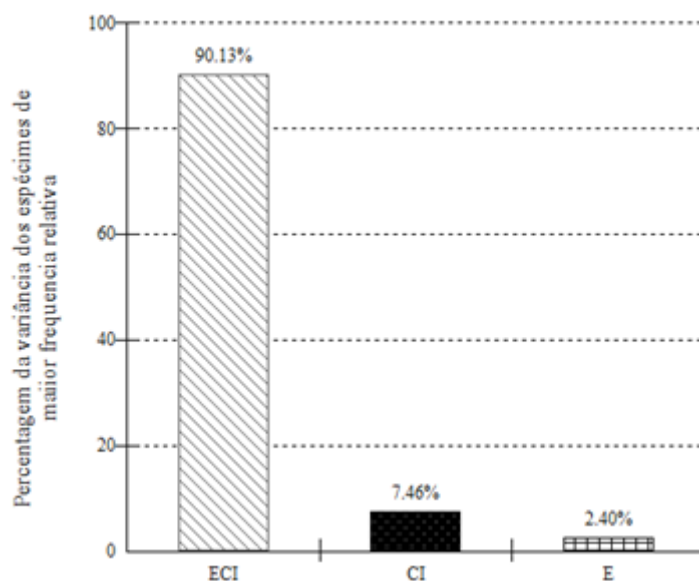


FIGURA 22: Período sazonal estiagem-chuva intensa como componente principal mais ativo sobre a fauna edáfica nos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Observou-se na estatística das médias que nos sistemas de cultivos **S1** e **S4**, essas médias são crescentes nos três períodos sazonais, e os maiores valores de médias, nesses sistemas de cultivos, ocorreu no período sazonal estiagem (**E**) (Tabela 19).

É possível que, tanto no sistema de monocultivo com curauá (**S1**), quanto no monocultivo com paricá (**S4**) tenha ocorrido produção de substância nutritiva que não foi interrompida durante os períodos sazonais analisados, e em seguida armazenada na serrapilheira em quantidades cada vez mais elevadas. Isso permitiu o efeito estatístico provocado nesses sistemas de cultivos nos três períodos sazonais.

Outro fator que pode ter influência na elevação dos valores dessas médias nos três períodos sazonais analisados é quanto à baixa necessidade nutricional desses cultivos. Isso pode ter disponibilizado maior quantidade de nutrientes para a fauna edáfica, o que resultou em elevação das médias durante os períodos sazonais analisados.

Outra explicação é a ausência de predadores aos espécimes que habitam esses sistemas de cultivos, ou ainda, a migração de espécimes de áreas com baixa oferta nutricional para essas áreas (**S1** e **S4**) onde a oferta nutricional pode ter apresentado um incremento nos períodos sazonais analisados.

A elevação da temperatura nesse período sazonal pode ter causado uma degradação mais rápida da matéria orgânica e liberado maior quantidade de nutrientes no solo o que foi aproveitado pela fauna edáfica nos sistemas de cultivos **S1** e **S4**, para a reprodução, se esse período sazonal corresponder ao período reprodutivo dos espécimes identificado nesses sistemas de cultivos (Tabela 16).

Estudo efetuado para avaliar a densidade e diversidade da macrofauna de invertebrados do solo em sistema de produção (SILVA et al., 2008), obteve como resultado uma maior abundância e riqueza de comunidades da macrofauna em solo com menor interferência antrópica.

Com base nesse resultado e nos obtidos no presente estudo, pode-se aventar a hipótese de que os sistemas de cultivos **S1** e **S4** são áreas pouco antropizadas pelos inúmeros processos de uso da terra na área da Fazenda Tramontina Belém S/A, em detrimento aos demais sistemas de cultivo estudados.

No sistema de cultivo **S2**, os valores das médias elevaram-se em dois períodos sazonais distintos (**ECI** e **E**) (Tabela 18). É possível que a ausência de chuva intensa proporcione elevação da taxa fotossintética que estimulará maior produção nutricional, o que pode ter contribuído para elevação da média dos espécimes ali encontrados. Outra explicação pode ser a degradação da matéria orgânica do solo por

aumento da atividade biológica o que aumenta a oferta de nutrientes para a fauna edáfica desse sistema de cultivo.

Estudo realizado para estabelecer a qualidade do solo a partir de atributos físicos e macrofauna que foi capturada com armadilhas tipo *pitfall* durante o período seco (NASCIMENTO et al., 2008) resultou em um número expressivo de espécimes capturadas. Esse resultado associado ao que se obteve no presente estudo durante o período sazonal estiagem (Tabela 18) ficou caracterizado a influência da sazonalidade sobre a fauna edáfica.

No sistema de cultivo **S3** há uma heterogeneidade de espécies vegetais (Paricá + Mogno + Freijó + Curauá) a serapilheira produzida é diversificada, o que permite uma variedade nutricional à fauna do solo. Porém, os resultados obtidos (Tabela 18) mostraram que, nesse sistema de cultivo, os valores das médias encontradas não sofreram efeitos estatísticos significativos.

Isso pode ser resultado da manutenção da oferta nutricional nesse sistema de cultivo que não foi aumentada e nem diminuída durante os períodos sazonais analisados, mas foi mantida a diversidade de habitats o que determina ampla diversidade de espécies não identificadas no estudo, cuja estratégia de sobrevivência é diversa. Essa afirmativa é efetuada a partir de estudos já publicados (BARROS et al., 2008; SILVA et al., 2008).

Os sete táxons de maior frequência absoluta mostraram valores de médias com efeitos estatísticos significativos em cada um dos três períodos sazonais analisados (Tabela 20).

TABELA 20: Valores das médias obtidas para os espécimes de maior frequência absoluta nos solos dos sistemas de cultivos analisados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

Táxons	ECI	CI	E
Hymenoptera	430,2 a	357,6 c	364,2 c
Coleoptera	15,6 c	75,6 d	211,2 e
Collembola	8,0 ns	1,0 ns	100,8 d
Acari	11,0 c	150,0 d	11,4 c
Aranídea	3,0 ns	13,8 c	20,2 c
Diplopoda	14,8 c	12,6 c	34,0 c
Isopoda	0,2 ns	0,2 ns	21,6 c

Nota: médias com letras iguais não são significativas estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

LEGENDAS: **ECI**: Estiagem chuva intensa, período da primeira amostragem do solo e da fauna edáfica; **CI**: chuva intensa, período da segunda amostragem do solo e da fauna edáfica; **E**: estiagem, período da terceira amostragem do solo e da fauna edáfica. **S1**: sistema em monocultivo com curauá; **S2**, sistema

agroflorestal com curauá – paricá; **S3**, sistema agroflorestal com paricá + mogno + freijó + curauá; **S4**, sistema em monocultivo com paricá; **S5**, área controle – capoeira.

É possível observar na Tabela 19 que houve, em todas as amostragens, valores de médias expressivas de Hymenoptera (Formicidae) em todos os períodos sazonais analisados. No período sazonal estiagem chuva intensa (**ECI**) foi encontrado o maior valor de média para espécimes de Hymenoptera (Formicidae).

Pode-se aventar a hipótese de que houve uma oferta maior de matéria orgânica no solo desse sistema de cultivo, pois esse grupo de insetos sociais apresenta grande biomassa, além de ser um dos grupos pioneiros em reflorestamentos, por ter hábitos alimentares generalistas, etc., podem causar elevações nos valores das médias em pesquisas sobre a determinação da fauna edáfica.

Estudos sobre a fauna edáfica (LAVELLE et al, 2001; BANDEIRA; HARADA, 1998), relatam que a ordem Acari é um agrupamento de habitat vertical em três níveis, euedáficos (ex.: collembola), hemiedáficos e epiedáficos, e os epiedáficos são mais tolerantes a dessecação e essa fauna edáfica, em razão da sazonalidade climática na Amazônia, migra no sentido vertical para buscar camadas mais úmidas do solo.

Com base nesse estudo e nos resultados aqui obtidos, onde se observou que os valores das médias para a ordem Acari foram elevados no período sazonal chuva intensa (Tabela 19). Então, é possível afirmar que as espécies possivelmente classificadas como “epidáficas” estiveram presentes nos períodos sazonais estiagem-chuva intensa (**ECI**) e estiagem (**E**). Outro fator para justificar o valor elevado no período sazonal analisado, é a ocorrência, nesse período sazonal, do processo reprodutivo e que este processo necessite de umidade elevado no solo.

5.5 INTERAÇÃO ENTRE FAUNA EDÁFICA E ATRIBUTOS DO SOLO

A relação hierárquica entre os sete táxons de maior frequência relativa e os atributos de maior ação sobre a fauna edáfica mostrou que o grupo de maior proximidade com soma de bases, CTC, umidade atual e carbono orgânico é composto por Acari e Isopoda (Figura 23).

O dendograma foi construído a partir de variáveis dos atributos do solo (carbono orgânico, soma de bases (SB), umidade atual (UA) e capacidade de troca de cátions) que podem interferir com a fertilidade do solo e que apresentaram variações durante os períodos sazonais analisados.

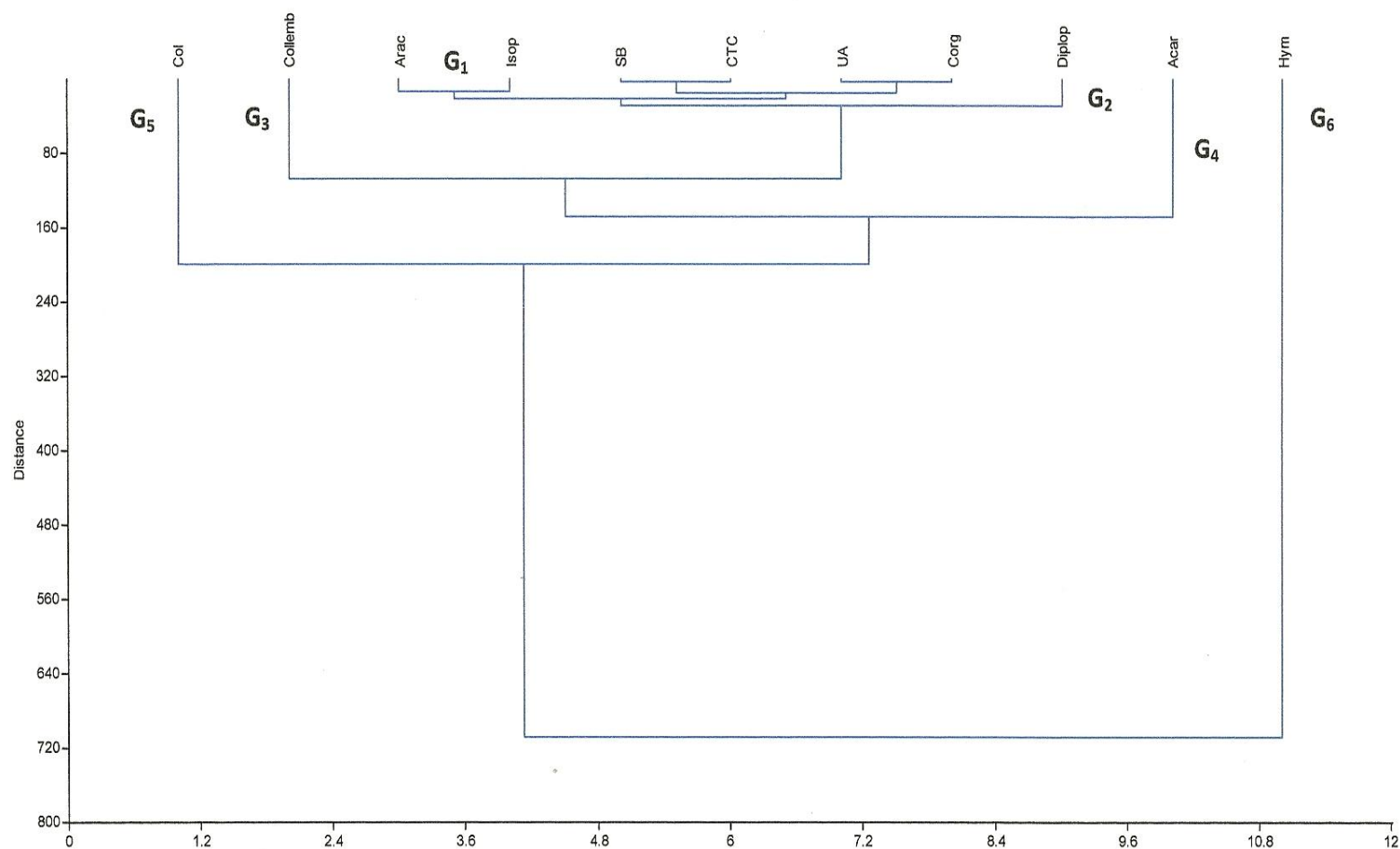


FIGURA 23: Interação entre a fauna edáfica e atributos do solo nos três períodos sazonais analisados dos sistemas de cultivos estudados da Fazenda Tramontina Belém S/A em Aurora do Pará.

LEGENDAS: Da esquerda para a direita. Col: coleóptera; Collemb: collembola; Arac: aracnídea; Isop: Isoptera; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; UA: unidade atual; Corg: carbono orgânico; Diplop: diplopoda; Acar: Acari; Hym: Hymenoptera.

O objetivo foi encontrar uma correlação entre o conjunto de dados estudados (fauna edáfica e atributos do solo). O resultado mostrou que houve formação de seis grupos. A menor distância, portanto maior similaridade ocorreu entre os táxons Acari e Isopoda (G_1) com os atributos do solo (SB, Corg, CTC e UA).

O grupo 2 (G_2) associa o táxon diplopoda ao G_1 , porém com a similaridade um pouco menor que o G_1 . O grupo 3 (G_3) associa o táxon collembola aos grupos G_1 e G_2 . Isso demonstra que esse táxon não mantém uma elevada influência dos atributos do solo quanto à nutrição, reprodução, habitat e atuação na fertilidade do solo. O grupo 4 (G_4) associa o táxon Acari aos grupos iniciais (G_1 , G_2 e G_3), e os grupo 5 (G_5) e 6 (G_6) mesmo associados aos anteriores mantiveram uma distância acentuada em relação ao G_1 , o que pode ter demonstrado uma similaridade praticamente nula em relação aos atributos do solo.

Os conjuntos de agrupamento sugerem correlações entre as variáveis e a fauna edáfica porque os táxons identificados apresentam maior ou menor grau de similaridade em relação aos atributos do solo. Então é possível afirmar que a biodiversidade ou diversidade do solo é importante para manutenção da capacidade de resiliência do solo, ou seja, a capacidade de recuperação após uma perturbação natural ou humana (RUIZ; LAVELLE, 2008).

No presente estudo, verificou-se que o maior índice para a diversidade ocorreu no sistema de cultivo **S2** (Tabela 17) dentre os quatro sistemas estudados. Nesse sistema há um consorciamento do paricá com o curauá. De acordo com Ruiz & Lavelle (2008), esse índice pode determinar uma recuperação dessa área à resiliência que ali possa ter ocorrido, o que poderá melhorar os atributos físicos e químicos desses solos.

A diversidade de espécies é necessária à manutenção para a decomposição e ciclagem de nutrientes, e uma diminuição desse índice compromete o processo de decomposição e ciclagem de nutrientes fundamentais para a produtividade do ecossistema (LOURENTE et al., 2007).

Com base em tal afirmativa, e nos resultados obtidos em nosso estudo, pode-se afirmar que a diversidade de espécies encontrada no sistema de cultivo **S1** (Tabela 16) mantém a ciclagem de nutrientes nesse sistema de cultivo. Logo, é possível deduzir que pode ter ocorrido uma elevação da fertilidade desse solo, comprovando que o reflorestamento pode ser uma solução para a recuperação da fertilidade do solo e manutenção da biodiversidade da fauna edáfica.

Os Táxons aqui identificados apresentam grande importância para a manutenção da qualidade e recuperação de solos em áreas degradadas; a maioria tem como habitat as camadas dos detritos vegetais em decomposição e atuam junto a bactérias e fungos para a manutenção da fertilidade do solo. A fauna edáfica que, durante a seca migra verticalmente em busca de umidade nas camadas mais profundas do solo, deslocam MO, e isso promove maior circulação de matéria orgânica no solo (JARDIM; MACAMBIRA, 2007; RUIVO et al., 2007).

Estudos efetuados sobre a atuação da ordem Hymenoptera (FOLGARAIT, 1998; LOURENTE, 2007; OLIVEIRA, 2009) no solo, relata que essa ordem atua como fragmentadora da MO, e isso facilita a ação de decompositores, permitindo uma renovação e ciclagem de nutrientes do solo degradado ou em fase de recuperação com mais rapidez e uma elevação na fertilidade do solo

Como os resultados obtidos no presente estudo, para a ordem Hymenoptera, mostraram que essa ordem está presente em todos os solos analisados dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 16), onde as maiores frequências absolutas (Tabela 16) ocorreram durante os períodos sazonais (**ECI**, **CI**, **E**), na seguinte ordem decrescente dessa frequência:

- **ECI:** S1 > S2 > S3 > S4 > S5;
- **CI:** S1 > S4 > S3 > S2 > S5;
- **E:** S1 > S3 > S2 > S4 > S5.

Então, é possível deduzir que o sistema de cultivo **S1** pode estar recuperando a fertilidade do solo porque em todos os períodos sazonais apresentou maior média para Hymenoptera (Tabela 19). No sistema de cultivo **S4** onde encontra o paricá em monocultivo, a presença de Hymenoptera apresentou maior valor de média no período sazonal chuva intensa (**CI**) (Tabela 19) e, nesse período sazonal, ocorre o aumento a degradação da matéria orgânica, o que poderia explicar o valor médio para essa ordem obtido nesse sistema de cultivo.

Outro estudo efetuado sobre o funcionamento do ecossistema e a relação com a biodiversidade de formigas mostrou que elas são importantes em processos abaixo do solo, através da alteração das propriedades físicas e químicas e do meio ambiente, de seus efeitos sobre as plantas, micro-organismos e outros organismos do solo (FOLGARAIT, 1998).

Como no presente estudo, os resultados obtidos para a ordem Hymenoptera mostraram valores de médias elevados (Tabela 19) e que essa ordem esteve presente em

todas as três amostragens efetuadas em todos os solos dos sistemas de cultivos estudados (Tabela 16) é possível afirmar que esses solos estão em fase de recuperação quanto as propriedades físicas e químicas alteradas por uso inadequado desses solos.

Outro táxon frequente nas amostragens efetuadas foi o Coleoptera (Imaturo e adulto) e, na última amostragem, o número de espécimes capturados elevou-se em relação ao período sazonal anterior (Tabela 16). É possível que no período da terceira amostragem tenha ocorrido o ciclo reprodutivo desse táxon, ou ainda, a oferta de matéria orgânica pode ter sido elevada, pois o período sazonal anterior foi de chuva intensa, o que determina elevação na degradação da matéria orgânica, conseqüentemente, ela acumulou-se sobre o solo. Quanto à matéria orgânica, já foram observados fatos semelhantes em estudos efetuados sobre fauna do solo (LOURENTE et al., 2007).

Estudos efetuados sobre fauna do solo (ARAÚJO et al., 2009; CARVALHO et al., 2004; FORNAIZER, 2007; RUIVO et al., 2007) mostraram que a umidade do solo atua nos solos amazônicos como fator limitante da fauna edáfica. No presente estudo, a área controle (**S5**) apresentou elevado teor de umidade do solo. A conservação dessa umidade é importante para a manutenção da fauna de solo, que atua na degradação da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia.

Como a área controle apresenta diversidade de cobertura vegetal predominante em floresta secundária, o sombreamento é eficaz e impede a transpiração da água do solo. Além disso, verificou-se que nessa área há grande quantidade de liteira existente no solo, e isso permite a manutenção dessa umidade nessa área controle.

Comparou-se as duas áreas em sistemas de monocultivos e a presença do espécime Hymenoptera e, em **S1**, nas três coletas efetuadas, o número desse espécime equivale a 2.385 indivíduos, onde há Curauá em monocultivo (Tabela 18).

Estudo sobre macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo mostrou que o ambiente mais favorável às formigas é aquele que possui alimentos de alta qualidade (LOURENTE, 2007). Com base nesse resultado e em associação com o que foi obtido no presente estudo verificou-se que no sistema de cultivo **S1** a frequência absoluta de Hymenoptera foi superior nas três amostragens efetuadas.

Então, é possível afirmar que esse sistema de cultivo apresenta alimentos de alta qualidade, e isso é importante porque as formigas desempenham papel de fragmentadoras da matéria orgânica, o que facilita a ação de microrganismos na desmineralização dessa matéria, e isso melhora a fertilidade do solo e conseqüentemente acelera a recuperação da área degradada.

No sistema de cultivo **S4** os valores da frequência absoluta foram inferiores quando comparadas com **S1**. Como ambas são áreas de monocultivos com espécies vegetais diferentes, é possível afirmar que no sistema de cultivo com paricá a oferta nutricional não apresenta alta qualidade o que pode ter provocado uma queda nos valores para a frequência absoluta em Hymenoptera.

Isso poderá comprometer a mineralização da matéria orgânica devido a não fragmentação da mesma, o que acarretará em menor quantidade de carbono orgânico no solo, bem como a diminuição de elementos minerais como cálcio e magnésio, e comprometer a fertilidade do solo.

Com relação à baixa frequência absoluta de Hymenoptera no sistema de cultivo **S4** não deve descartar a possibilidade de esse vegetal apresentar no tecido vegetal foliar ou em outro qualquer tipo de tecido vegetal que componha a serrapilheira, uma substância de caráter repelente ou inibitória ou ainda com palatabilidade não agradável à ordem Hymenoptera.

No sistema agroflorestal Paricá, Mogno, Freijó, Curauá, Coleoptera adulto e imaturo, Collembola, Diplopoda, Diptera adulto e Homoptera, adaptaram-se bem aos atributos físicos do solo, pois há um incremento no número de indivíduos dessas ordens conforme dados contidos na tabela 14. Os resultados mostraram que há uma concentração maior dessa comunidade em áreas onde ocorrem os SAFs, ao contrário das áreas onde ocorrem os monocultivos.

O táxon Diplopoda está presente em todos os tratamentos estudados, porém a maior concentração ocorre em monocultivos (*A. comosus*; *S. amazonicum*) (Tabela 16). Em estudo realizado sobre comunidade de invertebrados em liteira nos sistemas agroflorestais, essa ordem foi a segunda mais importante (BARROS et al., 2008). Essa importância é devido à mobilidade que apresentam no solo, superficial e subterrânea, que influencia a natureza física do solo alterando a porosidade, umidade e transporte de substâncias (CORREIA; AQUINO, 2005b). A continuidade desse estudo poderá revelar outras variáveis do solo que exerçam atividade inibitória ou estimulativa sobre a fauna edáfica.

6 CONCLUSÕES

1. Fatores ambientais como precipitação, umidade, temperatura atuam sobre a macrofauna do solo, e podem aumentar ou diminuir a densidade populacional e a diversidade de espécies, comprometendo a fertilidade do solo.
2. Fatores físicos e químicos são alterados pelos períodos sazonais de estiagem e chuva intensa, o que pode comprometer a mineralização da matéria orgânica e diminuir a fertilidade do solo.
3. O sistema de cultivo paricá + curauá (S2) mostrou-se mais efetivo na recuperação da fertilidade do solo porque apresentou parâmetros químicos elevados bem como uma maior diversidade de fauna edáfica. Em seguida, o melhor desempenho ocorreu no sistema em monocultivo como o paricá, depois, o sistema de monocultivo com curauá, e o sistema agroflorestal com paricá, mogno, freijó e curauá.
4. O uso de Paricá, em monocultivo ou policultivos mostrou-se efetivo para recuperação da fertilidade porque os valores para SB, V e CTC foram similares e, em algumas ocasiões, superiores aos obtidos para a área-controle com aproximadamente quinze anos. Com relação à fauna edáfica, o paricá em monocultivo manteve uma estabilidade na diversidade dessa fauna em relação aos demais sistemas de cultivo estudados.
5. Ficou evidente pelos resultados obtidos que o reflorestamento é importante para a recuperação da fertilidade do solo e da fauna edáfica que auxilia de forma direta na recuperação das propriedades físicas e químicas do solo, seja em monocultivo ou em policultivo com o uso de espécies endêmicas como, por exemplo, o paricá.

REFERENCIAS

ACHTAK, H. et al. Traditional agroecosystems as conservatories and incubators of cultivated plant varietal diversity: the case of fig (*Ficus carica* L.) in Morocco. **BNC Plant Biology**, n.28, p. 1471 – 2229, 2010.

ALMEIDA, C. A et al. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazônica**, v.20, n.2, p.289 – 301, 2010.

ALTIERI, M. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agricultural Ecosystem Environment**, n 74, p.19 – 31,1999.

ANDRADE, L.B. **O uso da fauna edáfica como bioindicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**, 2000, 44 f. Monografia (Especialização). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

ÂNGELO, H.; PEREIRA DE SÁ, S.P. O desflorestamento da Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v.17, n.3, p. 217 – 227, 2007.

ANTONIOLLI, Z.I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v.16, n.4, p. 407 – 417, 2006.

AQUINO, A. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R. L de. Processos biológicos no sistema solo-planta. **Embrapa Agrobiologia**. 2005, p. 47 – 75.

AQUINO, A. M, de; ASSIS, R.L. de. Processos biológicos no sistema solo-planta. **Embrapa Agrobiologia**, 2005, p. 47 – 75.

AQUINO, A.M; CORREIA, M.D.F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. **Embrapa Agrobiologia** 2005. (Documentos, 201), 52 p.

AQUINO, A. M. et al. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (pitfall-traps). Seropédica - RJ: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2006. (Circular Técnica 18).

AQUINO, A. M. et al. Amostragem da mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tullgren modificado. **EMBRAPA**, 2006. (Circular técnica 17).

ARRAES, R.A.; MARIANO, F.Z.; SIMONASSI, A.G. **Desflorestamento da Amazônia comparado ao desenvolvimento do resto do mundo**. FORUM BNB, 2010. Disponível em:

<http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/eventos/forumbnb2010/docs/deflorestamento-da-amazonia.pdf>. Acesso em: 12 out.2010

ARAÚJO, A.S. F; MONTEIRO, R, T. R. Indicadores da qualidade do solo. Uberlândia – MG: **Journal Bioscience**, v. 23, n.3, p. 66 – 75, 2007

ARAÚJO, F. S. et al. Alterações nos atributos químicos de um latossolo amarelo pela calagem superficial em área sob cultivo de manga. Londrina – PR: **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.4, p. 753 – 760, 2009.

ARCO-VERDE, MF; SCHWENGBER, D. R. Avaliação silvicultura de espécies florestais no Estado de Roraima. Curitiba-PR: **Ci. Agra. Ambientais**, n.1, p. 59-63, 2003.

ATRIBUTOS DO SOLO E O IMPACTO AMBIENTAL, 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/atributos-do-solo-e-o-impacto-ambiental-pdf-a57539.html>. Acesso em: 03. Nov. 2010

BAENA, A.R.C. Propriedades físicas dos principais solos da Amazônia Brasileira em condições naturais. Belém – PA: **EMBRAPA**,1982. (Boletim de Pesquisa 33).

BANDEIRA, A.G.; HARADA, A. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia. **Acta Amazonica**, v.20, n.2, p.191 – 204, 1998.

BARLOW, J. et al. The value of primary, secondary and plantation forests for Amazonian birds, **Biological conservation**, 2007.

BARRETA, D. et al. Colêmbolos (hexapoda: Collembola) como bioindicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n.32 p.2693-2699, 2008.

BARROS, A.V.L. et. al. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu Estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v.5, n.9, p.121 – 151, 2009.

BARROS, E. et al. Comunidades de macrofauna do solo na Amazônia Brasileira. In MOREIRA, F.M. S (org). **Biodiversidade do solo ecossistemas brasileiros**. LAVRAS – MG: UFLA. Cap. 6. p.171- 191, 2008.

BELIZÁRIO, M.H. **Mudança no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia**. Dissertação, 2008, 93 p. (Mestrado em Agronomia – Solos e nutrição de plantas) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008.

BIALA, K.et al. Biodiversity indicators as a tool to assess sustainability levels of agro-ecosystems, with a special consideration of grassland areas. **Options Méditerranéennes**, n.67, p.439 – 443, [2000?].

BORROR, D.J; DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. Rio de Janeiro – RJ: Indústrias Gráficas, 1969, 653 p.

BOULHOSA, M. BM.; SOUZA FILHO, P.W.M. Reconhecimento e mapeamento dos ambientes costeiros para geração de mapas da ISA ao derramamento de óleo, Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.27, n.1, p.23 – 37, 2009.

BRAGA, R.N. et al. **Variabilidade temporal da umidade do solo em cerrado na Amazônia Legal em Mato Grosso**. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NAS AMAZÔNIA, 2010. **Anais**. São Paulo.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Pesquisas com Curauá dão suporte à indústria**, 2007a.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico em Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. 2007b.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (MME/CONAMA). Resolução nº 392. 2007c

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2008. Disponível em: <<http://200.20.158.8/blogs/sibcs/?p=132>>. Acesso em: 11 dez. 2010

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, RJ. 2010.

BREDJA, J.J. et al. Identification of regional soil quality factors and indicators: I, Central, and Southern High Plains. USA: **Soil Science Society American**, n. 64, p. 2115 – 2124, 2000.

BRIENZA JUNIOR, S. **Freijó em sistemas agroflorestais**. Belem: EMBRAPA CPATU, 1982. (Circular técnica), 15 p.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, n.1, p.1 - 31, 1990.

CANELLAS, L.P. et al. Reações da material orgânica. In: SANTOS, G. et al (org). **Fundamentos da material orgânica do solo**. 2 ed. revisada, atualizada e ampliada. Porto Alegre – RS: Metrópole, 2008, p. 45 – 63.

CAPORAL, F.R. **Agroecologia com enfoque científico para o estabelecimento de agriculturas mais sustentáveis**. Manaus – AM: Embrapa, 2006. Disponível em: <paraiso. etfto. gov.br/docente/admin/.../material_5f9eed8026.pps>. Acesso em: 31. Jan.2010.

CARDOSO NETO, A. **As propriedades do solo**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica.pdf>. Acesso em: 02. Nov. 2010

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos com indicadores da qualidade de solo em floresta de *Araucaria angustifolia* O. Ktze, no estado de São Paulo**, 2005, 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, 2005.

CARVALHO, J. G.; VIÉGAS, I. J. M. Caracterização de sintomas de deficiências de nutrientes em Parica (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). **EMBRAPA – AMAZÔNIA ORIENTAL**, 2004. (Circular Técnica 37).

CARVALHO, P.E.R. Paricá *Schizolobium amazonicum* Colombo - PR: **EMBRAPA**, 2007. (Circular técnica 14), 28 p.

CARVALHO, R. et al. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p. 1153 – 155, 2004.

CASTRO, A.L. et al. Monitoring secondary tropical forests using space-borne data: implications for Central America. **Int. J. remote sensing**, v.24, n. 9, p. 1853 – 1894, 2003

CASTRO, A.P. et al. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazônica**, v.39, n.2, p.279 – 288, 2009.

CASTRO, G.C. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste mato-grossense**, 2008, 45 p: il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais em Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso, 2008.

CERRI, C. C. et al. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVARES, V.H. (ed). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa – MG: SBCS, UFV. DPS,1996

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento de *Schizolobium var. amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Ananas comosus var. erectifolus* (L.B.Smith) Coppens & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA)**, 2007, 190 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural da Amazônia – PA, 2007.

_____ **Performance diferencial de crescimento da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber (Paricá) em sítios degradados sob diferentes regimes de preparação de área na micro região do Guamá. Aurora do Pará, 1999, 50 f. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Para. NAEA/UFPA, 1999**

CORDEIRO, I.M.C. C. et al. **Análise econômica dos sistemas de cultivo com *Schizolobium parahyba var. amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Paricá) e *Ananas comosus var. erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (Curauá) no município de Aurora do Pará (PA), Brasil**. Ver. Fac. Agron. LUZ, v.26, p. 243-265, 2009.

CORNELL, J.D. Agroforestry. **The Encyclopedia of Earth**, 2007. Disponível em: <http://www.eoearth.org/article/Agroforestry>>. Acesso em 14. nov. 2010

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In. AQUINO, A.; m.; ASSIS, R. L. de. Processos biológicos no sistema solo-planta. **Embrapa Agrobiologia**, 2005, p. 47 – 75.

CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. Os diplópodes e suas associações com microorganismos na ciclagem de nutrientes. **Embrapa Agrobiológica**, 2005, 41 p.

COSTA, D.H.M. et al. Alguns aspectos silviculturais sobre o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber). **Banco da Amazônia**, 1998. (Série Rural 2).

COSTA FILHA, C.L. **Avaliação da potencialidade das terras para determinação de zonas agroecológicas, no município de Igarapé-Açú – Pará**, 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005.

COSTA, R. A. et al. **Densidade aparente em diferentes usos e sistemas de manejo em Latossolo amarelo. Universidade Federal de Uberlândia. 4ª SEMANA DO SERVIDOR E 5ª SEMANA ACADÊMICA**, 2008. Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

CRUZ, D. C. et al. Comportamento de espécies florestais em uma capoeira de 17 anos, na fazenda Tramontina -Aurora do Pará. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2009, São Lourenço – MG. **Anais do IX**, 2009.

CURRAN, L.M.; TRIGG, S.N. Sustainability science from space: quantifying forest disturbance and land-use dynamics in the Amazon. **PNAS**, v.103, n. 34, p.12663 – 12664, 2006

DANTAS, V.B. et al. Comportamento físico de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes doses de palhas de aveia. **Revista Verde**, v.5, n.5, p.06 – 11, 2010.

DESJARDINS, T. et al. Organic carbon and ^{13}C contents in soil and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. **Geoderma**, n.61, p.103-118, 1994.

DEVIVE, A. C. P.; CASTRO, C. M. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica**. 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/ManejoSolo/index.htm. Acesso em: 06 nov. 2009

DIAS, J.D. **Dinâmica do amônio e nitrato em solos consorciados com plantio de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) em Aurora do Pará**, 2008, 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará, 2008.

DONAGEMMA, G.K. et al. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de latossolos após pré-tratamento na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.1785 -1791, 2008.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. (Org.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, p. 25-37, 1996.

DORAN, J.W.; SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: PANKHURST, C. et al. (eds.). **Biological indicators of soil health**, p. 1–28, 1997.

DORAN, J.W et al. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D.L. (ed.). **Advances in Agronomy**. Academic Press, San Diego, CA, v.56 p. 1– 54, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: RJ, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro – RJ: Embrapa –SNPS, 2006.

EWERS, R. Tropical deforestation: patterns, causes and consequences. **The Zoological Society of London**. Scientific meeting. 2006.

FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. **Conservation Biology**, n.19, p. 680 – 688, 2005.

FERREIRA, S. J. et al. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida a extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v.36, n.1, p. 59 – 68, 2006

FERREIRA, S. J. et al. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.35, n.1, p.55 - 62. 2005.

FERREIRA, S. J. et al. Propriedades físicas do solo após a extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.32, n.3, p. 449-466, 2001.

FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v.47, p.295-321, 1992.

FISH, G. et al. **Clima na Amazônia**, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~reclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: 04 dez.2010.

FOLGARAIT, P.J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review.

Biodiversity and Conservation, n.7, p. 1221 – 1244, 1998.

FORNAIZER, R. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da fitomassa de *Crotalaria juncea* L. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado. **Anais do XXXI**. Gramado. RS, 2007.

FRANÇA. *Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer*.v.19, n.1, p.55 – 63, 1982.

FREIRE, F. **Solos**: fundamentos e fertilidade. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1997, 66 p.

GAMA, M. A. P. **Sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense**, 2002, 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2002.

GAZEL FILHO, A. B. et al. Produção de biomassa em quatro procedências de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no estágio de muda. **Revista Brasileira de Biociências**, v. supl.2, p.1047 – 1049, 2007.

GEHRING, C. et al. Response of secondary vegetation in Eastern Amazon to relaxed nutrient availability constraints. **Biogeochemistry**, n. 45, p.223 – 241, 1999.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **EMBRAPA MEIO AMBIENTE**. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Gomes_Filizola_indicadoresID-ulkeja1HAN.pdf> Acesso em: 20 nov.2010.

GUARIZ, H. R. et al. Variação da umidade e da densidade aparente sob diferentes coberturas vegetais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009. Natal. **Anais XIV**, p. 7709 – 7716, 2009.

McGRATH. D. A. et al. Nitrogen and phosphorus cycling in an Amazonian agroforestry eight years following forest conversion. **Ecological Applications**, v.10, n.3, p.1633 – 1647, 2000.

GUERRA, A. J. T.; BAPTISTA DA CUNHA, S. **Geomorfologia e meio ambiente**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p.91.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. Anuário do Instituto de Geociências. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 1996, v.19.

HANG, G. et al. Soil temperature and biotic factors drive the seasonal variation of soil respiration in a maize (*Zea mays* L.) agricultural system. **Plant Soil**, n.291, p.15 – 26, 2007.

HARADA.Y; BANDEIRA. A.G. Estratificação e diversidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação da seca. **Acta Amazônica**, v.24, n.1/2, p.103-118, 1994.

HARRIS, P.P. et al. Effect of soil moisture on canopy conductance of Amazonian rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, n.122, p.215 – 227, 2004.

HENKEL, K.; AMARAL, I. G. Análise agrossocial da percepção de agricultores familiares sobre sistemas agroflorestais no nordeste do estado do Pará, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v.3, n.3, p. 311 – 327, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. GEOCIÊNCIAS (IBGE). Geociencias/cartografia. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia>>. Acesso em 20 nov. 2009

INNES, R. K. **Effects of deforestation**, 1996. Disponível em: <<http://www.earlham.edu/~pols/17Fall96/inneske/effects.HTM>>. Acesso em: 13 Nov.2010

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL (INPE). **Monitoring of the Brazilian Amazonian forest by satellite**, 2008. Disponível em: <<http://www.obr.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 20 nov. 2010

JARDIM, D.G; MACAMBIRA, M. L. J. Diversidade de invertebrados no solo da Ilha do Cumbú, Belém, Pará. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 8. Caxambu, 2007. Caxambu. **Anais**. Sociedade Brasileira de Ecologia 2007, p.1 – 2.

JOHNSON, D. et al. Plant community composition affects the biomass, activity and diversity of microorganisms in limestone grassland soil. **European Journal Soil Science**, v.54, n.4, p.671 – 677, 2003.

KARLEN, D. L. et al. Soil quality: why and how? **Geoderma**, n. 114, p.145 – 156, 2003.

KASCHUK, G.et al. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant soil**, v.338, n.1-2, p.467 – 481, 2010.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres. 1979 263 p.

KINYANGI, J. Soil health and soil quality: a review. 2007. Disponível em: <<http://worldagroforestrycentre.org/Files/Soil%20Health%20Review.pdf>>. Acesso em: 21.nov.2010

KIRBY, K. R. et al. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Futures**, n.38, p.432 – 453, 2005.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. Síntese geológica e geocronológica do Cráton São Luís e do Cinturão do Gurupi na Região do Rio Gurupi (NE – Pará – Maranhão). **Geologia Série Científica – USP**, v. 3, p. 97 – 112, 2003.

KLEIN, E. L. et al. Sistematização da litoestratigrafia do Cráton São Luís e do cinturão Gurupi. **Revista Brasileira de Geociências**, v.35, n.3, p. 425 – 428, 2005.

KOBYAMA, M. et al. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe agropecuário Brasileiro**, v.22, n.210, p. 10 – 17, 2001. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/recupera%20e%20sua%20recupera%20.pdf>>. Acesso em: 19. Jan.2010.

KONDO, M. K. **Solos tropicais**: formação, distribuição e associações. Potencialidades e limitações das principais classes de solos tropicais. Boon, 2008 (Slides em pdf).

LAVELLE, P. et al. Impact of soil fauna on the properties of soil in the Humid Tropics. In: LAL, R; SANCHES, P.A. **Myths and Science of Soils of the Tropics**. Madison – Viscont – USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Chapter 9, p.157 – 185. 1992.

LEHUGER, S. et al. **Predicting and mitigating the global warm potential of agro-ecosystem**, 2009. Disponível em: <hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/41/42/86/PDF/GWP.pdf>. Acesso em: 14.nov.2010.

LEMOS, R.C; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 4 ed. Viçosa – MG: UFV, 2002.

LESSA, R. N. T. **Ciclo do nitrogênio**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas – RS; Instituto de Química e Geociências, 2007.

LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais? Caracterização do problema. Oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v,19 n.3, p. 451 – 472, 2002.

LIMA, S.S. et al. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo entre diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.45, p. 322 – 331, 2010.

LIMA NETO, J. A. et al. Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p.1001 – 1011, 2009.

LOCATELLI, M. et.al. **Importância do Estudo da correlação de espécies florestais versus condições do solo em floresta natural para o Estado de Rondônia**, 2003. Disponível em: <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/artigomidiacorrelacaosolofloresta.htm>. Acesso em 27 nov.2010.

LONGO, R. M.; ESPINDOLA, C. R. C - orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Bracharia* sp.) em áreas de cerrado e floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.24, p.723 – 729, 2000.

LOURENTE, E. R. P. et al. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes tipos de manejo. **Acta Sci. Agron**, v.29, n.1, p. 17 - 22, 2007.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças climáticas. **Ciência e cultura**, v. 59, n.3, p.14 – 53 2007. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a14v59n3.pdf>. Acesso em: 03 fev.2011

MACAMBIRA, M.L.J. **Diversidade de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) na Estação Científica Ferreira Penna, Município de Melgaço, Pará**. Belém-Pará: CZO_05. Estação científica Ferreira Penna – dez anos de Pesquisa na Amazônia. Belém-PA 2005. Disponível em: http://www.museu-goeldi.br/semicax/CZO_005.pdf. Acesso em: 08. Jan.2010.

MACHADO, P. L. O. A. Manejo da matéria orgânica em solos tropicais. Rio de Janeiro – RJ: EMBRAPA, 2001. (Documento 24).

McGRATH. D. A. et al. Nitrogen and phosphorus cycling in an Amazonian agroforestry eight years following forest conversion. **Ecological Applications**, v.10, n.3, p.1633 – 1647, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, 251p.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.A et al. **Tempo e clima**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 197 - 212

MARQUES, J.D.O. et al. Variação do carbono orgânico em relação aos atributos físicos e químicos do solo ao longo de uma topossequência na Amazônia central. In: Congresso de Ecologia do Brasil. 8. 2007. **Anais...** Caxambu. Sociedade de Ecologia do Brasil. 2007.

MARQUES, L. C. T et al. **A evolução do conhecimento sobre o Paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 2006. (Comunicado Técnico 158), 5 p.

MARTINS, C. M. et al. Atributos químicos e microbianos do solo em áreas em processo de desertificação no semiárido Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p.1883 – 1890. 2010.

MARTINS, P. F. S. et al. O solo de um ecossistema natural de floresta localizado na Amazônia Oriental. II Fracionamento da matéria orgânica do horizonte A. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.1, n.2, p.79 – 89, 1989.

MATHIEU, J. et al. Recorevy of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. **Conservation Biology**, p.1598 – 1605, 2005.

MATSUOKA, M. et al. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.425-433, 2003.

MENDES, F.G.; MENOLLI, E.G.P.; MENOLLI, R. Aplicação dos atributos físicos no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v.12, n 3, p. 211 – 220, 2006.

MONTEIRO, K.F.G. **Utilização de resíduos de madeira como cobertura no solo: o estudo de caso de um sistema Agroflorestal no Estado do Pará**, 2004, 102 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004.

MONTEIRO, K, F. G. et al. Caracterização dos argissolos amarelos com adição de resíduos de madeira: uma alternativa de uso como cobertura em solos na Amazônia. Belém – PA: **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais**, v.2, n.1, p.145 -154, 2006.

MONTEIRO, K. F. G. et al. Uso de resíduos de madeira como alternativa de melhorar as condições ambientais em sistemas de reflorestamento. **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.409 – 414, 2010.

MOREIRA A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. Brasília – DF. **Pesq. Agrop. Brasileira**, n.39, p.1013-1019, 2004.

MOREIRA, F. M. S. et al. Soil biodiversity in Amazonian and other ecosystems. **Cabi Publishing**, p.19-20, 2006.

MÜLLER, A. A. Sistema de Produção de açaí. **Embrapa Amazônia Oriental**. Sistema de Produção 4. 2 ed. 2006.

MULLER, M. M. L. et al. Degradação de pastagens na região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35 n. 11, p.1409-1418, 2001.

MUNIZ, A.L.V et al. Dinâmica de floresta secundária com e sem tratamento silvicultural para fins de manejo no nordeste paraense. **Amazônia, Cuenca & Desenvolvimento**, v.2, n.4, p.53 – 65, 2007.

MYERS, N. Forestland farming in western Amazonia: stable and sustainable. **Forest Ecology and Management**, n.15, p.81 – 93, 1986.

NASCENTE DAS NEVES, C.M et al. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrosilvopastoris no nordeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Florestalis**, n.74, p. 45 – 53, 2007.

NASCIMENTO, A.D. et al. Atributos químicos e macrofauna do solo em diferentes ambientes da Baía do Malheiros – Cáceres MT. 2008.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS). Soil quality physical indicators: selecting dynamic soil properties to assess soil function. **United States Department of agriculture**. Soil Quality technical note. n.10. 2008

_____ Soil properties, 2010. Disponível em:
<http://www.nj.nrcs.usda.gov/partnerships/envirothon/soils/soilproperties.html>. Acesso em: 02 Jan.2011

NOBRE, C. A. et al. Mudanças climáticas e Amazônia. São Paulo – SP: **Ciência e Cultura**, v.59 n.3, p. 22 – 27. 2007.

NOVAES FILHO, J. P. N. et al. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. **Revista Árvore**, v.31, n. 1, p. 83 – 92, 2007.

ODUM, E. P.; BARRET, E. W. **Fundamentos da Ecologia**. 5 ed. [Tradução: Pégasus Sistemas e Soluções] São Paulo: Thomas Learning, 2007, p.193

OLIVEIRA, E. A. O. et al. Famílias de Hymenoptera (Insecta) como ferramenta avaliadora da conservação de restingas no extremo sul do Brasil. **EntomoBrasilis**, v.2, n.3, p.64 – 69, 2009.

OLIVEIRA, F. M. et al. Determinação da variação no microclima de Manaus-AM por atividades antropogênicas e modulações climáticas naturais. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, p. 687 – 700, 2008.

OLIVEIRA, F. S. et al. Influência da cobertura morta no desenvolvimento de fruteiras tropicais. **EMBRAPA**, 2002 (Documento 49).

OLIVEIRA, M. de L. S. **Indicadores da qualidade de solos sob diferentes sistemas de cultivo com as espécies de Paricá (*Schizolobium amazonicum* var. *amazonicum* HUBER ex DUCKE) e Curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* [L.B.SMITH] COPPENS & LEAL) no município de Aurora do Pará (PA)**, 2009, 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

PALHETA, E. S. M. **Estudo da compartimentação e arcabouço neotectônico da Ilha de Mosqueiro – Pará, empregado na prospecção hídrica subterrânea**, 2008, 230 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área Geologia). Universidade Federal do Pará, 2008.

PANCOTTO, V. A. et al. Direct e indirect effects on solar ultraviolet-B radiation on long-term decomposition. **Global Change Biology**, p. 1982 – 1989, 2005.

PARÁ. MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI (MPEG), **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais**, Belém, v.1, n.1, p. 65 – 140, 2005.

PERFECTO, I; VANDERMEER, J. Biodiversity Conservation in Tropical Agroecosystems. A New Conservation Paradigm. **Annals of the New York Academy Science**, a.11, p. 134 - 173, 2008.

PEREIRA, W. L. M. et al. Propriedades químicas de um Latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.531 – 537, 2000.

PERRUT DE LIMA, P. et al. Avaliação da densidade de partículas do solo em diferentes áreas de um Latossolo vermelho-amarelo da Zona da Mata de Rondônia, 2010. **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. Gaurapari. 2010

PESEK, J. Historical perspective. In: HATFIELD, J.L; KARLEN, D.L. (eds.). **Sustainable Agriculture Systems**. CRC Press, Boca Raton, FL, p.1 - 19.1994.

PICCININ, J. L. et al. Comportamento de solos alterados na região Amazônica sob sistemas florestais com aplicação de resíduos da indústria madeireira. Gramado – RS: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007. Gramado. **Anais do XXXI**. Gramado, 2007.

PIMBERT, M. Sustaining the multiple functions of agricultural biodiversity. **International Institute for Environment and Development**. Gatekeeper series, n. 88, p.1 – 25. 1999.

PÔRTO, M. L. et al. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. **Ciência Agrotécnica**, v.33, n. 4, p. 1011 – 1017, 2009.

PORRO, R. Expectativas e desafios para a adoção da alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. In: PORRO, R. (Ed. Tec.) Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. Brasília - DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 33 – 51. 2009

PRATA, S.S. **Sucessão ecológica da vegetação arbórea em florestas Secundárias do nordeste do estado do Pará**, 2007, 45 f. Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007.

PRATA, S. S. et al. Gradiente florístico das florestas secundárias do Nordeste Paraense. **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p.523 – 534, 2010.

RAMACHANDRAN, N. P.K. et al. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal Plant Nutrition, Soil Science**, n.172, p.10 – 23, 2009.

REFORESTATION. Definition. Disponível em:<
<https://www.uwsp.edu/natres/nres743/Definitions/Reforestation.htm>> Acesso em: 23.
 Set.2010.

RIBEIRO, M. S. Manejo de sistemas agroflorestais com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber) e caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) em área de vegetação secundária, em Bragança Pará, 2006, 92 p. Tese (Doutorado em Sistemas agroflorestais). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006.

RODRIGUES, M. A. C. M et al. Estrutura de florestas secundárias após dois diferentes sistemas agrícolas no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, v.37, n.4, p.591 – 598, 2007.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In ALVAREZ, V.H. V. et al. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa – MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 19 – 60, 1996.

ROMANO DE OLIVEIRA, J.S; KATO, O.R. Agricultores inovadores, SAFs, sustentabilidade e educação básica: pontos e contrapontos. **Encontro Nacional de Geografia Agrária**, 2009. São Paulo. **XIX**, p.1 – 14, 2009.

ROSA, L. S. Ecologia e silvicultura do Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). Na Amazônia Brasileira. Belém - PA: **Revista de Ciências Agrárias**, v.45, p. 135 – 174, 2006.

ROSSETTI, D. F. Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.6, n.2, p. 7 – 18, 2006.

ROSSI, J. P. et al. Indicating soil quality and the GISQ. **Soil Biology & Biochemistry**, n.41, p.444 – 445, 2009.

RUIVO, M. L. P. **Caracterização morfológica preliminar dos solos arenosos da mina de bauxita do Porto Trombetas. Oriximiná-Pa.** In: Encontro Nacional de Estudos sobre meio ambiente. Santa Catarina, v.1, p.182 – 194, 1989.

RUIVO, M. L. P. **Caracterização das condições edáficas do Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, após mineração de bauxita em Porto Trombetas. Oriximiná – Pará**, 1992, 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 1992.

RUIVO, M. L. P. et al. **Avaliação do crescimento de Paricá (*Schizolobium parayba var, amazonicum*) em diferentes sistemas agroflorestais no nordeste paraense**, 2006. Disponível em: <http://www.sbsagf.org.br/anais/2006/ManejoCultural/trabalho_189>. Acesso em 12. Jan. 2010.

RUIVO, M. L. P. et al. LBA – Esecaflo artificially induced drought in Caxiuanã Reserve, East Amazonia: soil properties and litter spider fauna. **Earth Interactions**, v.11, n.8, p.1 – 13, 2007.

RUIZ, N; LAVELLE, P. Soil macrofauna field manual. **Food and agriculture organization of the United Nations**. 2008.

SANTANA DE LIMA, S. et al. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.3, p. 322 – 331, 2010.

SANTOS DO NASCIMENTO, T.; MASCARENHAS JÚNIOR, T. A. **Precipitação na Amazônia: análise da variação entre as porções Central e Ocidental**, 2009. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/063.pdf. Acesso em 2 dez. 2010.

SCHWARTZ, G. Manejo sustentável das florestas secundárias: espécies potenciais no nordeste do Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v.3, n.5, p.125 – 147, 2007.

SHANGA, K. K. et al. Tradeoffs between pasture production and plant diversity and soil health attributes of pasture systems of Central Queensland. Austrália. **Agriculture Ecosystems Environmental**, v.111, n.1, p. 93 – 103, 2005.

SILVA, A. K. L. **Dinâmica da serrapilheira e produção de raízes finas em plantios de Paricá (*Schizolobium parayba* var. *amazonicum*) e florestas sucessional em Aurora do Pará, Amazônia Oriental**, 2009, 101 f. Dissertação (Mestrado em Ecossistemas Amazônicos e uso do solo). Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará, 2009.

SILVA, G. R. et al. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo amarelo no Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.36, n.2, p. 151 – 158, 2006.

SILVA JÚNIOR, M. L. et al. Carbon content in Amazonian Oxisols after Forest conversion to pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33, p. 1602 – 1622, 2009.

SILVA JÚNIOR, O. G. S.; EL-ROBRINI, M. Morfoestratigrafia do nordeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.49, n.1/2, p.99 – 1145, 2001.

SILVA, M. S. C. **Indicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais**, 2009, Dissertação, 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientia Agronomia**, v.30 supl., p.725 -731, 2008.

SILVA, R.L. **Dinâmica da material orgânica e relações com propriedades químicas em um Latossolo sob diferentes usos da terra na Amazônia Oriental**. 2008 74 f, Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

SILVA, R. P. **As limitações do estudo prévio de impacto ambiental ante os empreendimentos causadores de alterações significativas ao meio ambiente: o caso do RIMA do mineroduto da IRCC**, 2005, 50 f. Monografia (Especialista em Desenvolvimento de áreas Amazônicas) Universidade Federal do Pará, 2005.

SIOLI, H. The effects of deforestation in Amazônia. **The Geographical Journal**, n. 151, p.197 – 203, 1985.

SMITH, N. et al. Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon: Constrains and Opportunities. Brasília – Brazil. **Pilot Program to conserve the Brazilian Rain Forest**. 1998.

SOUZA, C. R. et al. Paricá: *Schizolobium amaozonicum parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby. Manaus – AM: **EMBRAPA** 2003.

SOUZA, J. R. S. et al. Temperature and Moisture Profiles in Soils Beneath Forest and Pasture Areas in Eastern Amazonia. Chap. 6 In: **Amazonian Deforestation and Climate**. John Wiley & Sons, p.125-137, 1996.

SOUZA, M. I. L. et al. Características físicas, químicas, conteúdo de água em solos convertidos de savanas para plantio de *Acacia mangium*. **Revista Agroambiente online**, v.4 n.1, p.20 – 26, 2010. Disponível em: <<http://www.agroambiente.br>>. Acesso em: 02 dez.2010

SOUZA, R.C et al. Estrutura da comunidade da fauna edáfica em fragmentos florestais na Restinga de Marambaia – RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p. 49 – 57, 2007a

SOUZA, S.G. A et al. Sistemas florestais no contexto do processo de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, n. 2, p. 1394 – 1397, 2007b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre – RS: Artmed. Cap. 5, p.95 – 113, 2006.

TELLES, E. C. C. **Dinâmica do carbono no solo influenciado pela textura, drenagem, mineralogia e carvões em florestas primárias na região centro-oriental da Amazônia**. Piracicaba, 2002, 92 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2002.

TORMENA, C. A. et al. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 22, p.301- 309, 1998.

TRAZI, P. A. et al. Análise da porosidade total de um argissolo-vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais. 2009. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. **Anais do XIII**, 2009.

TRINDADE, E. F. S. et al. Matéria orgânica e atributos físicos de um Argissolo amarelo distrófico no nordeste paraense. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v.5, n.9, p. 187 – 198, 2009.

TRINDADE, E. F. S. et al. Comportamento físico-hídrico de um Argissolo amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no nordeste paraense. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v. 5, n.10, p.103 – 114, 2010.

VANDEGRIFT, A.L. Deforestation in the Amazon: effects on climate change. **Global Climate Change, GC 612**. p. 1 – 13, 1999.

VASQUEZ, M.L. et al. Compartimentação tectônica. In: VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (Org) **Geologia e recursos minerais do Estado do Pará**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia mineração e transformação mineral. Serviço de Geologia do Brasil – CPRM, 2008, p.39 – 112.

VELASQUEZ, E. et al. A multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology & Biochemistry** .n.39 p. 3066 – 2080. 2007

VEZZANI, F. M; MIELNICZULK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n.33, p. 743-755, 2009.

VIEIRA, I. C. G. et al. Classifying successional Forest using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, n.87, p. 370 – 481, 2003.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987, 416 p.

WARREN, M.W; ZOU, X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on disturbed site in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, v. 170, p.161 – 171, 2002.

WAGNER, D. K; WAGNER, S. **Pará – O Estado**. [2008?]. Disponível em: <<http://www.istoeamazonia.com.br/index>>. Acesso em: 05 dez.2010

WATRIN, O. S. et al. Análise da dinâmica na paisagem do nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 1996. Salvador – BA, **Anais do VIII**, Salvador, 1996, p.14 – 19.

WIENHOLD, B. J. et al. Soil quality: A review of the science and experiences in the USA. **Environ. Geochemist**, n.26, p.89 – 95, 2004

WIENS, S.; SILVA, C. L. Indicadores de qualidade ambiental: uma análise comparativa. [2008?]. Disponível em: http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/sustentabilidade/simone_indicadores.pdf. Acesso em: 20 out.2010.

WILLIAMS, M. et al. Heterogeneity of soil sand vegetation in an Eastern Amazonian Rainforest: implications for scaling up biomass and production. **Ecosystems**, n.5, p.692 – 704. 2002.

WODA, C. Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso o nordeste paraense. In: PORRO, R. (ed). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília-DF: EMBRAPA, 2009, p. 435 – 451.

WOLTERS, E. et al. Effects of global change on above and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: implications for ecosystem functioning, **BioScience**, v.50, n.12, 2000.

WOOD, S. et al. Pilot analysis of global ecosystem. **World Resources Institute**, 2000.

WRIGHT, S. J.; Tropical forests in a changing environment. **Trend in Ecology and Environment**, v.20, n.10, p.553 – 560, 2005.