

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÁREAS COM POTENCIAIS PARA REGENERAÇÃO DE
ATRIBUTOS DO SOLO NO NORTE MARANHENSE**

Carlos Magno dos Anjos Veras

Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÁREAS COM POTENCIAIS PARA REGENERAÇÃO DE
ATRIBUTOS DO SOLO NO NORTE MARANHENSE**

Carlos Magno dos Anjos Veras

Orientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

V476a Veras, Carlos Magno dos Anjos
Áreas com potenciais para regeneração de atributos do solo no
Norte Maranhense / Carlos Magno dos Anjos Veras. – – Jaboticabal,
2015
xv, 62 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Marcílio Vieira Martins Filho

Banca examinadora: Gener Tadeu Pereira, Diego Silva Siqueira,
Zigomar Menezes de Souza, Renato Farias do Valle Junior

Bibliografia

1. Agricultura de corte e queima. 2. Fertilidade do solo. 3. Pousio
florestal. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.4:633.18

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ÁREAS COM POTENCIAIS PARA REGENERAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO
NO NORTE MARANHENSE

AUTOR: CARLOS MAGNO DOS ANJOS VERAS

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. DIEGO SILVA SIQUEIRA
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA
Universidade Estadual de Campinas / Campinas/SP

Prof. Dr. GENER TADEU PEREIRA
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR
Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

Data da realização: 28 de maio de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CARLOS MAGNO DOS ANJOS VERAS – nasceu em São Luís, Capital do Estado do Maranhão, filho de Areolino de Sousa Veras e Josefa Maria dos Anjos Veras. É Engenheiro Agrônomo, graduado em 1977 pela Universidade Estadual do Maranhão. Possui Especialização em Metodologia do Ensino Superior pela Universidade Federal do Maranhão (2001), Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2005). Especialização em Educação Ambiental, Gestão Participativa de Recursos Hídricos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão (2009). É Professor de Administração Industrial dos Cursos de Engenharia Elétrica, Mecânica e Civil do atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Também ministrou as disciplinas Administração Rural, Construções Rurais e Agricultura Familiar para o Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias e Ecologia, Botânica, Estudos de Impactos Ambientais para Curso de Licenciatura em Biologia; Métodos e Técnicas de Pesquisa e Estágio Supervisionado para Curso de Licenciatura em Matemática e Eletricidade. Engenharia e Meio Ambiente para Curso de Especialização em Engenharia de Projetos Industriais. Iniciou a carreira do magistério no Colégio Zoé Cerveira, depois no Liceu Maranhense e Colégio Marista. Ingressou na Escola Técnica Federal do Maranhão em 1977, que depois foi transformada em Centro Federal de Educação e hoje Instituto Federal. Exerceu a função de Chefe do Departamento Acadêmico de Ciências Humanas e Sociais de 2008 a 2010, onde exerce atividade docente. Ingressou no curso de doutorado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em 2011, fruto de convênio com a participação da Universidade Federal do Maranhão e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão.

"A domesticação e cultivo das plantas gramíneas foi uma das maiores descobertas da história da humanidade. O trigo deu origem à civilização da Ásia, Norte da África e Europa e o milho é a base da civilização das Américas. As civilizações da Ásia Oriental, Sudeste Asiático e Sul da Ásia desenvolveram-se com base na cultura do arroz."

Shengxiang Tang e SongnanXuan (2010)

DEDICO

Ao CRIADOR, que proporcionou sabedoria ao homem para desenvolver o seu maior feito: a agricultura que possibilitou a sobrevivência da humanidade.

À esposa Rosangela Sousa Protasio e aos Filhos Fernanda Protasio Veras, Carlos Magno dos Anjos Veras Junior e Flavio Protasio Veras, a cunhada Cleide de Sousa Protasio e a Sogra Ângela Sousa Protasio, pelo carinho, incentivo e apoio dedicados à minha pessoa.

Ao meu irmão Antônio Benedito dos Anjos Veras, pelas bolsas de estudo de inglês, na década de 1970, que muito me ajudaram, inclusive na obtenção desse título.

Aos meus primos Prof. Dr. Antônio Pinto Neto (UFMA) e Prof. Dr. Jose Edinaldo Pinto Mousinho (UFPI), pela amizade e incentivo nesta missão.

AGRADECIMENTOS

Ao Magnífico Reitor do Instituto Federal do Maranhão, Prof. Dr. Francisco Roberto Brandão, pelo incentivo e apoio aos programas de pós graduação

Ao Instituto Federal do Maranhão, pelos recursos financeiros concedidos, através da Pro Reitoria de Pesquisa e Inovação.

À Coordenação do DINTER da Universidade Federal do Maranhão, Professora Doutora Alana Ferreira Aguiar.

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, pelo título concedido.

Ao Engenheiro Agrônomo José Almeida Pereira, pesquisador da EMBRAPA Meio-Norte, pelos livros que me concedeu, pelas revisões preliminares no texto sobre arroz no Maranhão e pela amizade.

Aos professores Drs. Arthur Bernardes Cecílio Filho, Renato de Mello Prado, Afonso Lopes, José Renato Zanini, Jairo Osvaldo Cazetta, José Marques Júnior, Itamar Andrioli e Marcílio Vieira Martins Filho.

Aos colegas de curso, Alexsandra Sousa Nascimento, Ana Zélia Silva, Ariston Pinto Santos, Cristiane Rêgo Oliveira, Edison Fernandes Bocaiuva, Fredgardson Costa Martins, Ismênia Ribeiro, Ivo Guilherme R. Araújo, Izumy Pinheiro Doihara, James Ribeiro de Azevedo, Jeane Rodrigues de Abreu, José Maria do Amaral Resende, José Roberto Brito Freitas, Jussara Silva Dantas, Marcelino Silva Farias Filho, Paulo Sergio S. Bezerra, Rogério Abreu, Sandra Cruz e Telmo José Mendes.

Aos Prof. Dr. Evandro Ferreira das Chagas e Prof. Dr. Gilson Soares que contribuíram nesta magnífica trajetória da graduação ao doutorado.

Aos amigos do Departamento Acadêmico de Ciências Humanas e Sociais do Instituto Federal do Maranhão, Campus Monte Castelo, em especial ao Prof. Dr. Agenor Almeida Filho, pelo acolhimento na cidade de Mirinzal e ao Prof. Joan Botelho, pelos livros de história do Maranhão que me concedeu.

Ao amigo, João Carlos dos Reis Rabelo professor do Departamento Acadêmico de Desenho, pelo apoio e referências bibliográficas em inglês.

À Profa. Dra. Josilda Junqueira Aires Gomes e equipe do Laboratório de Análise de Sementes, da Universidade Estadual do Maranhão.

Ao Engenheiro Agrônomo Raimundo Reginaldo Soares Santos, da extinta Emapa, pelas informações prestadas e material bibliográfico cedido.

Ao Prof. Luís Antônio Sobrinho, pelo material bibliográfico de inestimável valor histórico.

Ao Professor João de Sousa Guimarães, pelo emprego que me proporcionou na antiga Escola Técnica Federal do Maranhão, em 1977 (*In memorian*).

Aos agricultores José Raimundo Pereira (Ricoa, Viana), Raimundo Benedito Costa (Ricoa, Viana), Maximiano do Remédio Ribeiro (Frechal, Mirinzal), Raimundo Luís Gomes (Damásio, Guimarães), Cleonice Martins (Damásio, Guimarães) e Antônio Sales (Damásio, Guimarães) que colaboraram com este empreendimento, fornecendo as sementes usadas nesta tese.

Aos colegas do DINTER/Piauí, Carlota Joaquina, Galvão e Laurielsom Chaves Alencar, pela convivência e amizade.

Aos companheiros de apartamento em Jaboticabal, doutorandos Carlos Antonio Mattos (Medicina Veterinária) de Moçambique, África Austral e Thyago Augusto Lira (Ciência do Solo) de Campina Grande, Paraíba, Nordeste Brasileiro.

Aos companheiros de graduação Antônio Valério Silva, Joaquim Henrique Cunha Figueiredo e Benedito Lisboa Sousa, pela magnífica convivência acadêmica e pelos amigos que foram (*In memorian*).

Aos companheiros e vizinhos, frequentadores do banquinho do Condomínio Hilton Rodrigues, em São Luís, José Raimundo de Oliveira, Carlos Batista Torres Arruda, Paulo Viana de Oliveira, João Pilantra, Manoel Bispo da Silva, Walber Santana de Oliveira, Cândido Pereira Filho e Norberto Araújo Rocha.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Agricultura de corte e queima	4
2.2 Pousio florestal	9
2.3 Alternativas ao sistema de agricultura de corte e queima	11
2.3.1 Sistemas agroflorestais	12
2.3.2 Cultivo em aléias (<i>alley-cropping</i>).....	16
2.4 Atributos químicos do solo	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Área do estudo	25
3.2 Levantamento e determinação de atributos físicos e químicos do solo.....	26
3.3 Vegetação, clima e relevo do Litoral Norte Maranhense	27
3.4 Tratamento dos dados	29
3.5 Análises multivariadas	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Valores de pH em CaCl ₂ , matéria orgânica e acidez potencial	31
4.2 Fósforo, potássio, cálcio e magnésio	36
4.3 Alumínio trocável (Al ³⁺) e capacidade de troca catiônica (CTC).....	41
4.4 Associação entre os nutrientes nos sistemas de pousio	47
4.5 Análise multivariada.....	48
5 CONCLUSÕES.....	54
6 REFERÊNCIAS	55

ÁREAS COM POTENCIAIS PARA REGENERAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO NO NORTE MARANHENSE

RESUMO – No sistema de pousio, o solo é deixado em repouso por um período de tempo muito variável para que o pool de matéria orgânica do solo se recupere e se assemelhe ao encontrado em florestas maduras adjacentes. Para comprovar tal prática foi realizada uma prospecção no Povoado Quilombo de Damásio, Município de Guimarães, Estado do Maranhão onde obteve-se amostras do solo em áreas de pousio com 25, 20, 15, 10, e 5 anos; da área atual cultivada (lavoura) e outra de floresta primária (controle) nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm. O sistema de pousio, nas duas profundidades e tempos, apresentou aumentos e perdas de macronutrientes. Pela análise estatística observou-se diferenças significativas nos aportes e perdas de macronutrientes entre os tratamentos (tempos de pousios) nas duas profundidades do solo analisadas. A análise de correlação apresentou associação positiva e negativa para os macronutrientes pesquisados (P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺). Ao longo do tempo o sistema de pousio mostrou-se eficiente na recuperação da fertilidade natural do solo.

Palavras chave: agricultura de corte e queima, fertilidade do solo, pousio florestal

AREAS WITH POTENTIAL FOR REGENERATION OF SOIL ATTRIBUTES IN NORTH MARANHENSE

ABSTRACT – In the fallow system, the soil is left undisturbed for a very variable period of time so that the pool of soil organic matter recovers and resembles that found in adjacent mature forests. To prove this practice was carried out a survey in the town of Quilombo Damásio, City of Guimaraes, Maranhao State where soil samples were obtained in fallow areas 25, 20, 15, 10, and five years; the current cultivated area (farming) and other primary forest (control) in the layers 0-20 and 20 to 40 cm. The fallow system at both depths and times, showed increases and macronutrient losses. For the statistical analysis we observed significant differences in contributions and loss of nutrients between treatments (fallow times) in both soil depths analyzed. The correlation analysis showed a positive association and negative for respondents macronutrients (P, K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺). Over time the fallow system was efficient in the recovery of natural soil fertility.

Keywords: slash and burn agriculture, soil fertility, forest fallow

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa do município do município de Guimarães-Maranhão	25
Figura 2. Pontos de coleta de solos: Área com lavoura, Floresta tropical, P1, P2, P3, P4 e P5, áreas com 5, 10, 15, 20 e 25 anos de pousio	27
Figura 3. Feições do relevo da área do estudo.....	29
Figura 4. Valores de pH em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade	32
Figura 5. Teores de matéria orgânica em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade	33
Figura 6. Teores de acidez potencial em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade... ..	35
Figura 7. Teores de fósforo em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade	37
Figura 8. Teores de potássio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade	38
Figura 9. Teores de cálcio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade	40
Figura 10. Teores de magnésio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.....	42

- Figura 11.** Teores de alumínio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade..... 43
- Figura 12.** Valores de capacidade de troca catiônica (CTC) em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade 46
- Figura 13.** Correlação entre o pH e demais atributos químicos nos diferentes sistemas avaliados na camada de 0,00-0,20 m; (a) P, $r = 0,78$; $p < 0,05$; (b) K^+ , $r = 0,68$; $p < 0,05$; (c) Ca^{2+} , $r = 0,87$; $p < 0,05$; (d) Mg^{2+} , $r = 0,86$; $p < 0,05$; (e) Al^{3+} , $r = -0,81$; $p < 0,05$ e (f) $H+Al$, $r = -0,46$; $p < 0,05$. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos 47
- Figura 14.** Correlação entre o pH e atributos químicos nos diferentes sistemas avaliados na camada de 0,20-0,40 m; (a) MO, $r = 0,47$; $p < 0,05$; (b) P, $r = 0,84$; $p < 0,05$; (c) K^+ , $r = 0,41$; $p < 0,05$; (d) Ca^{2+} , $r = 0,89$; $p < 0,05$; (e) Mg^{2+} , $r = 0,83$; $p < 0,05$ e (f) Al^{3+} , $r = -0,79$; $p < 0,05$. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos. 48
- Figura 15.** Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos mostrando a formação de grupos segundo as variáveis estudadas nos pousios, no sistema convencional e mata nativa. a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos. 50
- Figura 16.** Análise de componentes principais dos atributos do solo nos ambientes estudados nos pousios (P1 a P5), no sistema convencional (C) e mata nativa (M). a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos. 52
- Figura 17.** Agrupamento das áreas pela Análise Discriminante Canônica 1 e 2 das variáveis estudadas nos pousios (P1 a P5), no sistema convencional (C) e mata nativa (M). a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos. 53

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise fatorial dos atributos do solo nas duas profundidades estudadas com os fatores fertilidade e manejo do solo.....	49
Tabela 2. Autovalores e % da variância pela Análise dos Componentes Principais variáveis estudadas nos pousios, no sistema convencional e mata nativa	51

1 INTRODUÇÃO

No período colonial maranhense, entre 1618 e 1676, a introdução e cultivo do arroz de Veneza, de pericarpo vermelho, pelos açorianos, deu início a esta atividade que transformaria o Estado do Maranhão num dos maiores produtores e exportadores deste cereal, representando marco de elevada importância econômica e social para a então Capitania do Grão Pará e Maranhão (MEIRELLES, 2012). Entretanto, não há concordância entre historiadores e pesquisadores sobre a data precisa da introdução da cultura do arroz no Maranhão, mas é dado como certo o século XVII (PEREIRA, 2002; CARNEY; MARIN, 2004).

Com a introdução do arroz da Carolina, entre os anos de 1765 e 1766 o arroz de Veneza teve seu cultivo proibido por meio de decreto do então governador da Capitania porque os agricultores recusavam-se cultivar essa nova variedade (GAYOSO, 1970), que tinha a preferência do consumidor europeu, visto que essa cultura destinava-se prioritariamente à exportação (GAYOSO, 1970; DIAS, 1970; PEREIRA, 2002).

O cultivo de variedades tradicionais de arroz por comunidades quilombolas, como cultura de subsistência, consorciada com mandioca, feijão e abóbora teve início com a decadência da agricultura patronal de exportação ainda no período imperial, quando foram promulgadas a Lei Euzébio de Queiroz, em 1831, que extinguiu o tráfico negreiro, a Lei do Ventre Livre, em 1871, que dava liberdade aos nascituros, a Lei do Sexagenário, que dava liberdade aos idosos e finalmente a Lei Áurea, de 1888 extinguindo a escravatura no Brasil. Foi uma crise sem precedentes para uma província iminentemente agrícola e escravocrata, que era a base do seu desenvolvimento econômico e social (MEIRELLES, 2012).

A agricultura de corte e queima é, ainda, a principal responsável pela subsistência de cerca de 250 a 500 milhões de pessoas no mundo, a maior parte delas nos trópicos que usam 240 milhões de hectares de florestas densas e 170 milhões de hectares de florestas abertas, aproximadamente 21% da área total coberta por floresta tropical no mundo. Só na Amazônia, o sistema tradicional de corte e queima é responsável pela alimentação de cerca de 600 mil famílias de pequenos produtores (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

O conceito de pousio é definido como uma forma de agricultura marcada pela itinerância de pequenas áreas, alternando períodos curtos com cultivos alimentares, com períodos maiores de descanso destinado à recuperação da fertilidade natural do solo (SILVA, 1996). No sistema de pousio, o solo é deixado em repouso por um período de tempo muito variável de 4 a 10 anos, 40 a 50 anos, 150 a 200 anos ou de 250 a 500 anos. Durante esse tempo ocorre o desenvolvimento gradual de uma vegetação de capoeira com a incorporação de nutrientes, podendo chegar à formação de uma floresta secundária mais avançada (BERTOLINO; BERTOLINO, 2010).

A capoeira que se desenvolve na área de pousio tem a capacidade de ampliar a regeneração do solo de forma natural, gradual e espontânea. Há necessidade da terra ficar sem atividade agrícola por um tempo para que ocorram, naturalmente, modificações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. O período em que a área fica em pousio é essencial para a sustentabilidade do sistema (BERTOLINO; BERTOLINO, 2010).

Esse período relativamente longo de recuperação se deve à alta produtividade da floresta em crescimento nos primeiros 20 anos após o abandono da área cultivada, quando a ciclagem dos nutrientes fica restrita à biomassa viva e à serrapilheira, sem chegar efetivamente no solo. Este só irá se recuperar e acumular matéria orgânica após os 20 primeiros anos de sucessão, quando a taxa de crescimento da capoeira diminui e os estoques de nutrientes do solo são repostos com maior eficiência. No entanto, o frágil equilíbrio da ciclagem de nutrientes do sistema - biomassa acima do solo e serrapilheira é comprometido após a queima precoce da vegetação derrubada, uma vez que os nutrientes que não forem absorvidos rapidamente pela vegetação que recolonizará a área, serão lixiviados e irreversivelmente perdidos (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

Foi a prática do pousio florestal como estratégia de conservação do solo que possibilitou o desenvolvimento de culturas alimentares, com destaque para variedades tradicionais de arroz, durante três séculos por comunidades de afrodescendentes a partir da extinção da escravidão, a partir de 1831, com a decadência da agricultura patronal (MEIRELLES, 2012).

Em função do exposto, tem o presente trabalho como objetivo o estudo e a comparação dos aportes ou perdas de macronutrientes do solo nos períodos de pousio em sistema agrícola tradicional de corte e queima, em comunidade Quilombola na qual há cultivo consorciado de arroz, mandioca e milho.

Como hipótese pretende-se confirmar que sistemas de manejo florestal podem permitir a regeneração de atributos do solo no norte maranhense.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura de corte e queimada

Agricultura de corte e queima é uma das principais atividades de subsistência de sociedades de pequena escala e as populações rurais em florestas tropicais. Este sistema tem sido praticado há milhares de anos e baseia-se nos processos ecológicos dos ecossistemas florestais. Ao longo dos últimos três séculos, a prática de agricultura itinerante tem sido restrita a áreas florestais dos trópicos, porque o aumento da densidade populacional fez com que essa prática torna-se impossível na Europa. As estimativas de quantas pessoas no mundo atualmente dependem desses sistemas de agricultura para a sua subsistência variam de 35 a 1.000 milhões de pessoas (RIBEIRO FILHO et al., 2013).

Na literatura, muitos são os termos usados para denominar a agricultura de corte e queima, como swidden (Inglaterra), rai (Suécia), coivara, milpa, conuco, roza, chakra, chaco (América Latina), shamba, chitemene (África), jhum (Índia), kaingin (Filipinas), ladang (Indonésia e Malásia), dentre outros. No entanto, os termos mais abrangentes e frequentes na literatura para designar esse sistema agrícola são: agricultura de corte e queima (slash-and-burnagriculture), agricultura itinerante (shiftingcultivation) e, menos freqüentemente, swidden. O uso do termo “swidden” para denominar o cultivo itinerante no sentido estrito, no qual as clareiras abertas são queimadas e cultivadas por um período menor que aquele destinado ao pousio.

O uso deste termo foi encorajado por antropólogos, embora não tenha sido adotado pela maioria dos pesquisadores de outras áreas, que atualmente é queima (slash-and-burnagriculture). No entanto, seu uso varia bastante e alguns equívocos podem ocorrer. Numa tentativa de padronizar e diferenciar os dois termos a agricultura itinerante deve ser usado para denominar o sistema de rotação tradicional com longos períodos de pousio, equivalente ao swiddene a agricultura de corte e queima para denominar outros sistemas de cultivo caracterizados por corte e queima da vegetação, associados a curtos períodos de pousio ou, até mesmo, sua inexistência (PEDROSO JUNIOR et al., 2008)

Nas florestas tropicais, como as da Amazônia, por exemplo, onde grande parte das espécies vegetais silvestres não é comestível ou possui difícil acesso para coleta, a agricultura de corte e queima foi uma estratégia adaptativa importantíssima para a economia de subsistência ali praticada, sendo responsável pela alimentação de cerca de 600 mil famílias de pequenos produtores. Mesmo assim, alguns autores vêm contestando a antiguidade dos sistemas agrícolas de corte e queima na região mas é reconhecido que a agricultura de corte e queima com longos períodos de pousio foi uma prática introduzida após a chegada dos espanhóis e portugueses no maranhão quando ferramentas de metal tornaram-se disponíveis. Ele argumenta que apenas com ferramentas de pedra seria difícil abrir clareiras nas densas florestas amazônicas (PEDROSO JUNIOR et al., 2008)

Em relação a outros ecossistemas terrestres, o bioma amazônico se caracteriza pela ausência de restrições climáticas para a produção biológica, principalmente no que concerne à temperatura, luminosidade e umidade adequadas ao desenvolvimento de plantas e animais (MATOS et al., 2012; FREITAS et al., 2013).

Os solos amazônicos são altamente intemperizados e caracterizados por acidez elevada, alta saturação por alumínio e baixa concentração de nutrientes, em função das elevadas taxas de lixiviação reduzindo a capacidade de disponibilizar água para as plantas cultivadas. Nessas condições, a floresta tropical da Amazônia retém a maior parte dos nutrientes do ecossistema na sua biomassa e sua exuberância é fundamentada num processo de reciclagem de nutrientes com ciclo quase fechado, que se contrapõem à lixiviação das bases no perfil do solo pelas precipitações intensas e frequentes (MATOS et al., 2012; FREITAS et al., 2013).

A conversão dessas florestas em agroecossistemas provoca a redução da biomassa do sistema, levando à quebra do equilíbrio no processo de reciclagem de nutrientes e diminuição dos teores de matéria orgânica do solo. Isto tem consequência na nutrição das plantas por reduzir os sítios de troca do complexo coloidal do solo e, assim, expor as bases trocáveis aos efeitos da lixiviação favorecida pela alta permeabilidade do solo associada a precipitações torrenciais e altas temperaturas, que caracterizam a região. Essas consequências são mais

evidentes quando o preparo do solo é fundamentado na agricultura de corte e queima da vegetação natural (FREITAS et al., 2013).

A exploração agrícola na Amazônia vem sendo realizada com o uso indiscriminado do fogo, sendo caracterizada pela derrubada e pela queima de florestas primárias e secundárias para limpeza e fertilização do solo em decorrência dos efeitos das cinzas. A queima é considerada pelos produtores agrícolas como um método eficaz de preparo da terra antes do plantio de culturas e para a renovação de pastagens, pois, além de eliminar a vegetação invasora, produz cinzas ricas em nutrientes que, em curto prazo, estimula o crescimento de gramíneas forrageiras. Entretanto, diversos estudos comprovam que a ação do fogo provoca uma série de modificações de naturezas física, química e biológica no solo, como: redução ou alteração da população microbiana; aumento temporário da disponibilidade de nutrientes; alteração no pH; aumento do teor de carbono, e oxidação da matéria orgânica (MATOS et al., 2012).

A prática da queima também pode alterar os teores de umidade do solo em razão de mudanças nas taxas de infiltração e de evaporação, na porosidade, na repelência do solo à água, como também causar a interrupção da continuidade dos seus processos biológicos, que são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (MATOS et al., 2012).

Na época do Brasil Colônia instalou-se no país uma sociedade agrícola de caráter predatório, que enxergava as florestas outrora exuberantes como uma barreira natural para a ocupação territorial e expansão das fronteiras. Desde então, os ciclos econômicos que construíram a história, do pau-brasil, da cana-de-açúcar, do café, da mineração e da pecuária, foram todos baseados na destruição da cobertura florestal e na ausência de preocupação com o esgotamento desses recursos.

As densas florestas tropicais eram tidas aos olhos dos colonizadores e, mais tarde, dos proprietários de terras, como inesgotáveis. Esse processo fez-se sentir de maneira particularmente grave no caso das áreas de domínio da Mata Atlântica, principalmente no Sudeste e Sul do país. O resultado foi a redução de cerca de 90% da cobertura florestal original da Mata Atlântica, o que se repetirá em pouco tempo na Amazônia, caso os atuais modelos de desenvolvimento sejam mantidos.

Recentemente, a chamada “Revolução Verde”, pregando o aumento da produção agrícola por unidade de área para enfrentar as futuras demandas de alimentos, tem sido viabilizada às custas da uniformização dos sistemas de produção e de um elevado nível de insumos e provisão de energia externa. Tal processo tem se dado às custas da tecnologia agropecuária importada de regiões temperadas e países desenvolvidos, muitas vezes inadequada às regiões tropicais. Os ecossistemas de regiões temperadas e tropicais são muito diferentes. Um dos aspectos principais é com respeito à ciclagem de nutrientes.

Nas regiões temperadas, os solos de uma maneira geral são mais férteis e a maior parte dos nutrientes minerais está armazenada no solo, bem como a matéria orgânica, que se acumula naturalmente por causa das taxas de decomposição mais baixas. Entretanto, nas regiões tropicais, a maior parte dos nutrientes não está disponível de forma imediata e encontra-se armazenada na própria biomassa. Não há grande acúmulo de matéria orgânica no solo, uma vez que a decomposição desta é muito rápida, quando comparada com ecossistemas temperados e boreais (ENGEL, 1999).

Os solos tropicais, em geral, são pobres, muito lixiviados e tendem a ser ácidos, dependendo diretamente da matéria orgânica para a manutenção de sua fertilidade. Logo, a destruição da cobertura florestal e da matéria orgânica do solo, por si só, remove a maior parte do estoque de nutrientes dos ecossistemas, levando a uma diminuição de sua fertilidade e capacidade produtiva. A degradação do solo e diminuição de sua capacidade produtiva gerou a necessidade de novos desmatamentos, e têm ocasionado a ocupação desordenada do solo em decorrência do crescimento demográfico e do aumento da demanda pelo uso da terra, ligada às pressões econômicas por ganhos imediatos. Como consequência, tem-se o êxodo rural, a concentração da renda e da posse da terra, e a persistência dos ciclos de pobreza dos pequenos agricultores nos países tropicais, o que tem gerado a necessidade da busca de novos modelos de desenvolvimento baseados no uso sustentável dos recursos, principalmente solo (ENGEL, 1999).

O conhecimento que agricultores tradicionais e indígenas possuem acerca das propriedades e qualidades do solo que manejam apresenta grande similaridade e superposições com o conhecimento científico (BARRERA-BASSOLS; ZINCK,

2003). Estudos vêm sendo realizados na tentativa de compreender essas similaridades e associá-las com as estratégias de uso e conservação do solo (BIRMINGHAM, 2003; GRAY; MORANT, 2003).

Estudos realizados por vários autores revelam que o corte e a queima da vegetação seguidos do cultivo acabam por desestabilizar a dinâmica da ciclagem de nutrientes, resultando na consequente perda de nutrientes do sistema solo-vegetação, e podem resultar também em processos erosivos e de degradação do solo, dependendo do tamanho da área aberta. A redução da fertilidade do solo causada em grande parte pelas atividades agrícolas de corte e queima é uma das principais causas de insegurança alimentar na África. Embora estas práticas aumentem enormemente a quantidade de potássio, cálcio e magnésio presentes nos solos, através da queima da biomassa vegetal, a disponibilidade da maior parte do nitrogênio e do fósforo vai depender da mineralização da matéria orgânica queimada (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

Outras pesquisas têm investigado também o papel da agricultura de corte e queima na deterioração das propriedades físicas do solo, como a porosidade, que pode causar a compactação, o aumento da lixiviação e de processos erosivos, além da poluição de solos e de cursos d'água por meio, por exemplo, da liberação de mercúrio (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

Diversos estudos concluem que os efeitos da agricultura de corte e queima sobre os estoques de Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) não são suficientes para comprometer o crescimento da floresta secundária na Amazônia, apesar da área estudada ter sofrido vários ciclos de corte e queima com fins agrícolas (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

Por outro lado, outros estudos mostram que um histórico de queimadas sucessivas reduz a taxa de crescimento da floresta secundária na bacia amazônica, principalmente devido à redução dos estoques de nutrientes em ciclagem. Além disso, florestas já submetidas à queima tornam-se mais susceptíveis ao fogo (PEDROSO JUNIOR et al., 2008).

A agricultura de corte e queima apresenta três fases básicas durante a sua implantação: (1) conversão, (2) cultivo, e pousio. A conversão inclui o corte e queima da vegetação nativa expondo fisicamente o solo para o plantio, elimina a cobertura

vegetal concorrente, e melhora a fertilidade do solo, deixando-o menos ácido e com uma maior disponibilidade de nutrientes. A duração do período de cultivo varia dependendo da região variando de 1 a 3 anos, mas é sempre menor do que o período de pousio. O período de pousio pode ser natural ou gerido e permite a partir a recuperação natural do solo a partir da sua degradação resultante das fases de conversão e cultivo. A duração do período de pousio é variável, mas deve ser longa o suficiente para a vegetação lenhosa para se tornar dominante, indicativo da recuperação natural do solo (PEDROSO JUNIOR et al., 2008, 2009).

O período de perturbação ocorrido nas fases de conversão e cultivo é compensado pela recuperação do sistema solo-vegetação em decorrência do pousio (PEDROSO JUNIOR et al., 2008, 2009).

2.2 Pousio florestal

Um sistema agrário não pode se desenvolver e se perpetuar se a fertilidade das terras cultivadas não for mantida em um nível suficiente para garantir, sustentavelmente, as colheitas das culturas agrícolas, das criações de animais necessários para alimentar a população (MAZOYER, 2010).

A regeneração da fertilidade natural dos solos métodos, após desmatamento de uma parcela e após seu cultivo por algum tempo, em deixar a vegetação natural se reconstituir e restituir ao solo as quantidades de matéria orgânica e minerais suficientes para compensar as perdas ocasionadas pelo período de cultivo e eventos naturais inerentes ao processo. Depois disso, pode-se novamente desmatar e cultivar essa parcela. Esse método é o modo de renovação da fertilidade dos sistemas de cultivos temporários de corte e queima para implantação de cultura agrícolas, alternados com um pousio arbóreo de longa duração, e de determinados sistemas de cultivo com uso de enxada alternados com um pousio herbáceo de média duração (MAZOYER, 2010).

Outro procedimento usual e abertura de novas fronteiras agropecuárias para concentrar os cultivos sobre as melhores terras e utilizar as outras parcelas como pastos naturais: alimentando-se todo o dia nessas pastagens, os animais permanecem durante a noite sobre as parcelas onde eles deixam seus dejetos,

transferindo, assim, uma parte da biomassa das parcelas onde pastejaram em áreas de pouca fertilidade em proveito das parcelas cultivadas. Esse sistema de cultivo é uma associação entre pecuária e lavoura que na terminologia atual, é denominado integração lavoura pecuária (MAZOYER, 2010).

O conceito de pousio é definido como uma forma de agricultura marcada pela itinerância de pequenas áreas, alternando períodos curtos com cultivos alimentares, com períodos maiores de descanso, destinado à recuperação da fertilidade natural do solo. No sistema de pousio, o solo é deixado em repouso por um período de tempo muito variável de 4 a 10 anos; de 40 a 50 anos; de 150 a 200 anos e de 250 a 500 anos. Durante esse tempo ocorre o desenvolvimento gradual de uma vegetação de capoeira com a incorporação de nutrientes, podendo chegar à formação de uma floresta secundária mais avançada. A capoeira que se desenvolve na área de pousio tem a capacidade de ampliar a regeneração do solo de forma natural, gradual e espontânea. Há necessidade de a terra ficar sem atividade agrícola por um tempo para que ocorram, naturalmente, modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O período em que a área fica em pousio é essencial para a sustentabilidade do sistema (BERTOLINO; BERTOLINO, 2010).

Esse período relativamente longo de recuperação se deve à alta produtividade da floresta em crescimento nos primeiros 20 anos após o abandono da área cultivada, quando a ciclagem dos nutrientes fica restrita à biomassa viva e à serrapilheira, sem chegar efetivamente no solo. Este só irá se recuperar e acumular matéria orgânica após os 20 primeiros anos de sucessão, quando a taxa de crescimento da capoeira diminui e os estoques de nutrientes do solo são repostos com maior eficiência. No entanto, o frágil equilíbrio da ciclagem de nutrientes é comprometido, no sistema biomassa acima do solo e serapilheira, após a queima precoce da vegetação derrubada, uma vez que os nutrientes que não forem absorvidos rapidamente pela vegetação que recolonizará a área, serão lixiviados e irreversivelmente perdidos (BERTOLINO; BERTOLINO, 2010).

Devido às diferenças ambientais, de intensidade e escala de cultivo, poderá haver uma considerável variação no período de recuperação, de 60 a 80 anos, de 150 a 200 anos, de 250 a 500 anos ou mais. Florestas secundárias acumulam espécies lenhosas semelhantes ao número de espécies de florestas maduras em

taxas relativamente rápidas, dentro de um período de 80 anos ou menos. Em alguns trabalhos, verificou-se que a recuperação no número de espécies foi muito menor que 80 anos, e, em outros, a floresta secundária apresentou mais espécies que a floresta madura que ela substituiu (PEDROSO JUNIOR et al., 2008, 2009).

Durante o período de pousio, qualidade do solo pode apresentar uma tendência de conservação, quando, por exemplo, o indicador voltou para as condições iniciais, ou a condições similares àquelas a partir do início da produção agrícola. Quando a variável apresenta um resultado diferente do seu resultado antes da produção agrícola (estado alterado), isto indica uma tendência de degradação da qualidade do solo. No caso a matéria orgânica como um indicador químico, incluindo a quantidade de matéria orgânica modificada pela produção agrícola, com concentrações específicas de cada uma das fases. Durante a conversão, a quantidade de matéria orgânica é reduzida, mas é recuperada nas fases seguintes (RIBEIRO et al., 2013).

No entanto, se no final da fase de pousio, a quantidade de matéria orgânica é muito alterada em relação com o período antes da conversão, este resultado indica que a qualidade deste solo apresenta uma tendência de degradação. Se os resultados foram semelhantes às condições iniciais, a qualidade do solo iria exibir uma tendência de conservação (RIBEIRO et al., 2013).

2.3 Alternativas ao sistema de agricultura de corte e queima

A agroecologia é o estudo holístico dos agroecossistemas, abrangendo todos os elementos humanos e ambientais. Enfoca a forma, a dinâmica e as funções do conjunto de inter-relações e de processos nos quais esses elementos estão envolvidos. No trabalho agroecológico adaptado, está implícita a ideia de que, pela compreensão das relações e processos ecológicos, os agroecossistemas podem ser manipulados de forma a melhorar a produção e a produzir de modo mais sustentável, com menos impactos ambientais e sociais negativos e com menor utilização de insumos externos (ALTIERI, 2001).

A abordagem agroecológica deve conduzir o manejo à otimização da reciclagem de nutrientes e da matéria orgânica, fluxos energéticos fechados,

conservação de água e solos, além do equilíbrio de populações de pragas e inimigos naturais. A estratégia explora as complementaridades e as sinergias que resultam de várias combinações de lavouras, árvores e animais, em arranjos espaciais e temporais (ALTIERI, 2002).

A agroecologia fornece um quadro de referência metodológica para a compreensão da natureza dos sistemas agrícolas e dos princípios segundo os quais funcionam. É a ciência que fornece os princípios ecológicos para o desenho e o manejo de sistemas agrícolas sustentáveis e voltados para a conservação de recursos, oferecendo inúmeras vantagens para o desenvolvimento de tecnologias que favorecem os agricultores. A Agroecologia confia no conhecimento agrícola nativo e seleciona tecnologias modernas para manejar a diversidade, incorporar princípios e recursos biológicos nos sistemas agrícolas e intensificar a produção (ALTIERI, 2002).

No contexto das práticas agroecológicas para as regiões tropicais destacam-se os Sistemas agroflorestais (SAFs) que são formas de uso da terra em que as árvores interagem com os cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou sequencialmente, de modo a aumentar a produtividade total de plantas e animais de forma sustentável por unidade de área (NAIR, 1993).

Na Amazônia, existem diversos sistemas agroflorestais em uso há muito tempo desenvolvidos por comunidades indígenas, caboclas e ribeirinhas, principalmente para fins de subsistência, muitos sistemas de produção, praticados por estes povos tradicionais, nunca foram bem-descritos e podem constituir um conhecimento que corre o risco de ser perdido para sempre (VIANA et al., 1996). Outra das diversas alternativas propostas para amenizar os problemas da degradação dos solos pela prática da agricultura de corte e queima é o sistema conhecido como cultiva em aléias (VASCONCELOS et al., 2012).

2.3.1 Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais podem ser definidos como sendo a modalidade de uso de terra para fins de produção florestal agrícola e pecuário (DUBOIS, 1996; SANTOS, 2000). São sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas

perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras e/ou em integração com animais, em uma mesma unidade de manejo, de acordo com um arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécie e interações entre estes componentes. Os aspectos principais dos sistemas agroflorestais estão na presença deliberada de componentes florestais para fins de produção, de proteção ou visando ambas as funções simultaneamente (SILVA; SILVA, 2013).

Sistema agroflorestal é uma prática agropecuária milenar sustentável de manejo do solo, de plantas e animais que procura aumentar a produção de forma contínua, combinando a produção de árvores (incluindo fruteiras e outras) com espécies agrícolas e/ou animais, simultaneamente ou sequencialmente, na mesma área, utilizando práticas de manejo compatíveis com a população.

Numerosos termos têm sido usados por vários autores, citados por Nair (1993), para simbolizar práticas de manejo compatíveis com a população: “horticulture” (TERRA, 1954), “mixedgarden” ou “housegarden” (STOLER, 1975), “homegarden” (RAMSAY; WIERSUM, 1987), “compoundfarm” (LAGEMANN, 1977), “Kitchengarden” (BRIERLEY, 1985), “householdgarden” (VASEY, 1985) e “homesteadagroforestry” (NAIR; SREODHARAN, 1986; LEUSCHNER; KHALIQUE, 1987). Existem, ainda, as várias formas de “homegardens” javaneses, como o “Pekarangan” e o “Talunkebun” (GRADWOHL; GREENBERG, 1988). Nair (1993) relaciona ainda a existência de outros tipos de “homegardens” em outros locais, cada qual com características próprias.

De fato, os “homegardens” podem ser estabelecidos em quase todas as ecozonas tropicais e subtropicais, onde predominam os sistemas de uso da terra, baseados na subsistência. No México, têm-se os “hortos familiares”, na América Central, “hortos caseros”, na Tanzânia, precisamente no Monte Kilimanjaro, os “Chaggahomegardens”. De acordo com Torquebiau (1992), um melhor nome para quintais agroflorestais poderia ser “treehomegardens”.

No Brasil, o termo quintais é usado para se referir ao espaço do terreno situado ao redor da casa (FERREIRA; DIAS, 1993), sendo definido, na maioria das vezes, como a porção de terra perto da casa, de acesso fácil e cômodo, na qual se cultivam ou se mantêm múltiplas espécies que fornecem parte das necessidades

nutricionais da família, assim como outros produtos como lenha e plantas medicinais. A pesquisadora Andrade (1999), reporta a noção de quintal na baixada maranhense: “O quintal, é citado como “nossa aldeia” ou “nossa colônia”, pelo fato de reunir várias casas e pequenos abrigos para animais, dispostos como que em círculos”. Outro significado de quintal continua Andrade (1999), é denominado “conserva”, que é formada de palmeiras de babaçu e Jussara, espécies florestais e medicinais nativas, que sofrem algum tipo de interferência humana, garantindo a sua preservação para usos imediatos e futuros.

A classificação aqui apresentada baseia-se nos argumentos e desenvolvimento de Nair (1993), que leva em consideração os critérios de arranjo espacial e temporal dos componentes, a importância e o papel dos componentes, o planejamento da produção ou a produção do sistema e as características sócio-econômicas.

Esses critérios correspondem à estrutura, função, natureza sócio-econômica ou dimensão ecológica dos sistemas agroflorestais, servindo para categorizá-los: - Base estrutural: refere-se à composição dos componentes, incluindo os arranjos espaciais do componente lenhoso, estratificação vertical de todos os componentes, bem como o arranjo temporal dos diferentes componentes; - Base funcional: refere-se à função principal ou papel do sistema, usualmente devido aos componentes lenhosos; - Base sócio-econômica: refere-se ao nível de inputs ou intensidade ou escala de manejo e objetivos do sistema e, - Base ecológica: refere-se às condições ambientais e ecológicas dos sistemas, com base na suposição que certos tipos de sistemas podem ser mais apropriados para determinadas condições ecológicas (NAIR, 1993).

Mais do que outras formas de cultivo, os sistemas agroflorestais são considerados perenes, podendo durar séculos. Por serem podados e renovados diversas vezes ao longo do seu ciclo, não é fácil dizer tratar-se de um novo ciclo ou de um (re) começo. São os sistemas agroflorestais aqueles que acumulam maior ativo de biomassa dentre todos os sistemas agropecuários. O manejo tem por finalidade tornar líquido este ativo para uma certa cultura ou para levar adiante determinada evolução (OSTERROHT, 2002).

A presença das árvores nos sistemas agroflorestais gera uma série de benefícios ao solo e meio ambiente, como proteção contra a erosão, deposição de folhas e aumento da matéria orgânica, conservação da água, aumento de organismos benéficos (como a minhoca), menor proliferação de pragas e doenças, menor ocorrência de ervas adventícias, conservação da biodiversidade (flora e fauna), microclima favorável ao crescimento de plantas e animais, proteção da área contra queimadas e manutenção das condições climáticas do ambiente. Desta forma, a presença de uma grande diversidade de espécies numa mesma área, ocupando diversos estratos (árvores grandes e pequenas, palmeiras, ervas e arbustos) imita o ecossistema florestal.

Diversos autores (DUBOIS et al., 1996; MAIA et al., 2006; MENEZES et al., 2008; LIMA et al., 2011; SILVA et al., 2011; IWATA et al., 2012), em trabalhos relacionados aos sistemas agroflorestais como alternativa à agricultura de corte e queima, mencionam que os nutrientes disponibilizados pela queima das florestas nativas na Amazônia, usualmente suportam de dois a três anos com cultivos anuais. Passado este período, a produtividade das culturas decai drasticamente obrigando os produtores a abandonarem as áreas em pousio florestal para formação de capoeiras, invariavelmente mais pobres em diversidade biológica e biomassa quando comparada com as florestas originais. Pesquisas têm comprovado a eficiência dos sistemas agroflorestais como alternativa promissora para garantir a viabilidade alimentar, ambiental e econômica para a agricultura familiar no trópico úmido em especial para a região amazônica.

Associada ao cultivo simultâneo com espécies florestais, a diversidade de espécies agrícolas parece ser a chave do sucesso na manutenção da fertilidade do solo, possivelmente por se assemelhar à estrutura florística das florestas nativas e seus processos biogeoquímicos. Segundo esses autores, somente manter a fertilidade natural do solo não é suficiente para garantir a sustentabilidade do sistema uma vez que, nessas condições, existem exportações de nutrientes por meio da retirada dos frutos e grãos para consumo e comercialização, exaurindo as reservas naturais de nutrientes do solo.

2.3.2 Cultivo em aléias (*alley-cropping*)

Com as queimadas dos resíduos do desmatamento da agricultura de corte e queima na Amazônia, os solos ficam expostos a intensa radiação solar e precipitação pluviométrica durante seis meses, fenômenos que provocam o ressecamento do solo e a lixiviação de nutrientes para as camadas mais inferiores, promovendo perdas consideráveis de solo, água e nutrientes pelo escoamento superficial e evapotranspiração. Uma das alternativas propostas para amenizar esses problemas é a utilização da prática da adubação verde, sendo o sistema em “*alley-cropping*” um dos meios viáveis.

O cultivo em aléias conhecido internacionalmente como “*alley-cropping*”, surgiu na década de 1980 como alternativa promissora para a implantação de agrossistemas familiares, com menor utilização de insumos, por causa de sua eficiência na reciclagem de nutrientes e consiste no plantio de arbustos ou árvores com crescimento rápido e preferencialmente que tenham simbiose com bactérias fixadoras de N₂, em fileiras suficientemente espaçadas entre si, para permitir o plantio de culturas alimentares ou comerciais entre elas. Esta prática visa a manutenção das condições físicas, químicas e biológicas no solo, desenvolvimento de macro e microrganismos em profundidade e uso eventual da biomassa produzida para alimentação animal ou para outras finalidades VASCONCELOS et al., 2012).

O manejo desse sistema é feito por podas da parte aérea das leguminosas durante a estação de crescimento da cultura principal e o produto das podas aplicado no solo, onde se decompõem e fornecem nutrientes às plantas. Segundo Altieri (2002), esses sistemas são considerados promissores por requererem menor uso de insumo externo que as monoculturas e por serem similares aos ecossistemas naturais, tornando possível ainda, o uso agrícola economicamente viável de muitos solos arenosos e pobres em nutrientes, com baixo teor de matéria orgânica (VASCONCELOS et al., 2012).

As principais espécies de leguminosas usualmente empregadas no sistema de cultivo em aléias, são: Crotalária (*Crotalária juncea*), Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), Mucuna preta (*Stylobium aterrimum*), Guandu (*Cajanus cajan*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Gliricídia (*Gliricidia sepium*), Sabiá (*Mimosa*

caesalpinifolia Benth) e Canafístula (*Peltophorum dubium*). A escolha dessas espécies vai depender muito das condições climáticas, do tipo de solo da região e da necessidade da cultura a ser implantada, pois apesar de as plantas absorvem N, P e K em maiores quantidades, a necessidade da planta por cada um desses nutrientes vai diferir dependendo da cultura. Além dos benefícios da absorção simbiótica de nitrogênio as leguminosas selecionadas podem ter múltipla aptidão servindo, para a produção de alimentos para o homem, animais e proteção dos cultivos contra ventos, queimadas, além de outros. Desta forma, o sistema de cultivo em aléias, pode ser uma alternativa vantajosa para substituir o tradicional corte e queima (VASCONCELOS et al., 2012).

2.4 Atributos químicos do solo

Nas Regiões Tropicais, o desaparecimento da liteira é atribuído ao processo de mineralização, ou seja, é transformada diretamente em minerais no solo. Os cientistas também estudam as taxas de liberação desses nutrientes minerais contidos na liteira, e descobriram que elas variam muito na floresta tropical. A do Potássio (K^+) é alta chegando até 80% do conteúdo de potássio da liteira liberado nos primeiros 30 dias, sendo altamente “lavável” pelas águas de chuvas. Já cálcio, manganês, ferro e magnésio são liberados mais lentamente e resistem mais às chuvas (LUIZÃO, 2007). Essa taxa depende da ação dos microrganismos, que se intensifica com a umidade. Ou seja, a liteira desaparece mais rapidamente na estação chuvosa. Os cupins são especialmente ativos neste período. Numa floresta de platô, em época de chuvas, estimou-se que os cupins removeram mais de 40 % da liteira exposta na superfície do solo (LUIZÃO, 2007).

Contrariamente, quanto menos chuvas, menos umidade para decompor a liteira e mais camada se acumula junto ao solo. Desta forma a redução das chuvas, aumenta a produção da liteira. Mas independentemente de sua espessura a camada de liteira sempre protege o solo, evita a erosão, mantém condições de temperatura e umidade e favorece a decomposição do material orgânico (LUIZÃO, 2007).

Em agroecossistemas na Região Amazônica, têm sido verificados aumentos e perdas de nutrientes pela queima da vegetação primária ou secundária após um

período de pousio. A queima da vegetação primária em um Utissolo peruano, em floresta de planície, incorporou ao solo quantidades importantes de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K^+), Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) (LUIZÃO et al., 2009).

Nos ecossistemas de florestas, logo após as queimadas, pode ocorrer aumento do pH e dos teores de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nas camadas superficiais do solo ou variação significativa nos teores de outros elementos (NUNES et al., 2006).

A fertilidade do solo, melhorada pelo aporte das cinzas provenientes das queimadas, pode perdurar anos, sem que a produção do cultivo diminua expressivamente antes do declínio da fertilidade. Fatores como as perdas gasosas de nutrientes e a diminuição das atividades biológicas envolvidas na decomposição da matéria orgânica e mineralização estão envolvidos nestas perdas. A queima da biomassa também representa perda direta e considerável dos reservatórios de nutrientes pela volatilização logo no início do processo de cultivo (LUIZÃO et al., 2009).

O pH é uma das propriedades químicas mais importantes do solo uma vez que afeta a solubilidade de muitos nutrientes essenciais ao desenvolvimentos das plantas e também substâncias tóxicas para elas. Tem influência direta nas propriedades de troca de cátions e ânions e afeta a atividade microbiana do solo. A taxa ideal de pH para o crescimento das plantas varia de 5,6 a 6,1 (MALAVOLTA, 1987). As cinzas disponibilizadas pela queima da biomassa funcionam como corretivo da acidez do solo adicionando OH^- e nutrientes na solução do solo que irão neutralizar íons H^+ e precipitar o Al^{3+} , aumentando desta forma o pH e diminuindo os teores de Al^{3+} (SOUSA, 1995).

As mudanças do pH durante as fases de pousio estão relacionados a diversos fatores como a quantidade de macro e micronutrientes e ácidos orgânicos liberados pela decomposição da matéria orgânica, da quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas, tipo de vegetação, grau de lixiviação, quantidade e tipo de matéria orgânica produzida, da mineralogia da argila e do poder tampão do solo (SZOT et al., 1991).

O pH fornece indícios das condições químicas gerais do solo. Solos com acidez elevada (baixos valores de pH geralmente apresentam: pobreza em bases (cálcio e magnésio principalmente); elevado teor de alumínio tóxico; excesso de

manganês; alta fixação de fósforo nos coloides do solo e deficiência de alguns micronutrientes. O pH do solo é o indicador de uma situação biológico-físico-química e como tal seria enganoso considerar somente os seus efeitos químicos diretos às raízes (RONQUIM, 2010).

A matéria orgânica, é um componente do solo que, em comparação à fase mineral, está presente em menor quantidade, de modo que, em geral, de 1 a 5% do solo é composto por frações orgânicas, sendo exceção alguns solos em condições ambientais específicas, como os Organossolos, que contêm mais de 200 g.kg matéria orgânica (mais de 20% em massa) com espessura mínima de 40 cm (MADARI et al., 2009).

A distribuição espacial da matéria orgânica no solo é variável, tanto em profundidade (ao longo do perfil do solo), quanto horizontalmente. Esta distribuição da matéria orgânica no solo depende de vários fatores, como o tipo do solo, o relevo, a cobertura ou uso do solo, as condições climáticas, a vegetação natural predominante na área, as práticas de uso e manejo do solo, entre outros.

Além da quantidade, a qualidade da matéria orgânica é também de grande importância, uma vez que o carbono é fonte de nutrientes e energia para os microrganismos, além de condicionar funções do solo. Entre essas, há um destaque para retenção de água, estrutura do solo e sua estabilidade, porosidade, retenção e disponibilidade de micro e macro nutrientes, devido ao fato de os teores de matéria orgânica regular a capacidade de troca de cátions (CTC), principalmente, em solos tropicais, cuja fase mineral é dominada por minerais (caulinita, óxidos de ferro e alumínio, como goetita e hematita) de baixa atividade química, quando comparada à fase mineral (vermiculita, montmorilonita, ilita) dos solos encontrados em regiões de clima temperado. Em solos brasileiros, a matéria orgânica pode contribuir para até 80% das cargas negativas do solo, e isso explica o fato de a CTC desses solos estar, em grande parte, associada à matéria orgânica do solo (MADARI et al., 2009).

Com o corte e a queima da vegetação nativa ou secundária, para a implantação de campos agrícolas, há incremento nos teores de K^+ no solo em diferentes profundidades sendo maiores, entretanto, nas camadas mais superficiais. Tal incremento foi constatado em Nova Aliança, Pará e na Amazônia Peruana. Há relatos que tais incrementos ocorrem devido aos altos teores de K^+ nas cinzas que

são liberados para a solução do solo e disponibilizados para as plantas (SOARES, 2007).

O teor médio de potássio na crosta terrestre é de 2,6%, constituindo o sétimo elemento químico, na ordem decrescente de abundância. Nos solos os teores de K^+ variam entre 0,1% e 3,0%, com valores mais frequentes em torno de 1,0%. Lopes (2005) revisando vários trabalhos de avaliação dos teores de potássio em solos do Brasil, relata que os teores de K^+ total, na maioria dos solos brasileiros, ficou na faixa de 0,05 a 2,5%. Em regiões úmidas, o conteúdo de potássio trocável mais solúvel é, em geral, menor que 200 mg kg^{-1} e raramente maior do que 600 mg kg^{-1} (FALCÃO et al., 2009). Na solução do solo a concentração de K^+ é da ordem de 2 a 6 mg kg^{-1} em média (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo é um componente vital para todos os seres vivos, sendo o segundo mineral mais abundante no corpo humano, onde 80% dele é sequestrado nos ossos e dentes, o que o faz responsável por 20% dos minerais do corpo. Nas plantas o fósforo é essencial para a fotossíntese, respiração, função celular, transferência de genes e reprodução. É um dos nutrientes mais importantes para a produção das culturas, visto que grande parte dos solos naturais não contém fósforo disponível suficiente para proporcionar altas produtividades; haja vista o total de fósforo contido na crosta terrestre ser de aproximadamente 0,12%, podendo variar de 0,02 a 0,5% no solo, com uma média 0,5% (FALCÃO et al., 2009).

O principal papel do P, na fisiologia da planta, é fornecer energia para reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal. Havendo deficiência, o P não metabolizado no vacúolo pode sair da célula, sendo direcionado para os órgãos mais novos da planta. Esse nutriente apresenta fácil mobilidade no interior da planta e, por isso, os sintomas de deficiência aparecem, em primeiro lugar, nas partes mais velhas, que apresentam coloração verde azulada e menor crescimento. É um nutriente móvel no floema e, juntamente com o nitrogênio e o potássio, é o mais prontamente redistribuído, via floema, para outras partes da planta, em particular aos órgãos novos em crescimento, vegetativos ou reprodutivos, que são drenos preferenciais no desenvolvimento das plantas (SFREDO, 2008).

Admite-se que o cálcio seja indispensável para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares. A permeabilidade das membranas

a compostos hidrofílicos depende consideravelmente da concentração de Ca^{2+} e de H^+ no meio. Sob condições de pH menores que 4,5, as membranas tornam-se mais permeáveis favorecendo o efluxo (vazamento) de cátions – o K^+ por exemplo. Este efeito desfavorável da acidez sobre a absorção de íons que é contrabalanceado pela presença de concentrações de Ca^{2+} tem sido considerado suficiente para a manutenção da permeabilidade normal das membranas. Este efeito do Ca^{2+} é atribuído às pontes que o mesmo forma entre os radicais aniônicos dos componentes da membrana – fosfato dos fosfolípidos e carboxílicos das proteínas. Em meio ácido o Ca^{2+} destas ligações é substituído por H^+ , o que aumenta drasticamente a permeabilidade das membranas pelo uso de agentes quelantes e promove o mesmo efeito e o efluxo (vazamento) de íons e compostos orgânicos de baixo peso molecular é observado. Este efeito do cálcio sobre a absorção iônica é chamado de efeito “Viets”, que observou que a absorção de outros cátions (K^+ , p. ex.) era estimulado pela presença do Ca^{2+} em baixas concentrações no meio (FAQUIM, 2005).

A absorção do cálcio é como Ca^{2+} , sendo diminuída em presença de altas concentrações de K^+ e de Mg^{2+} , no meio. O cálcio é transportado no xilema, de forma unidirecional, sob controle metabólico. A maior parte do Ca, na planta, está em formas insolúveis em água: pectato, oxalato ou adsorvido às proteínas. O Ca mantém a integridade funcional da membrana celular. Na sua falta, essa membrana torna-se porosa, podendo perder íons já absorvidos e, também, absorver íons indesejáveis. A germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico são dificultados, quando há carência de Ca. Há enzimas relacionadas com o metabolismo do fósforo que são ativadas pelo Ca como ATPases de membrana (SFREDO, 2008).

O solo possui tanto mais alumínio quanto maior for o teor em argila caolinítica, uma vez que o alumínio é parte integrante e predominante desse argilo mineral 1:1. Quando a argila se decompõe, ocorre liberação do Al^{+3} das camadas octaédricas. O Al^{+3} assim produzido pode permanecer na superfície em forma trocável (deslocando H^+ dos sítios de adsorção do solo) ou passar para a solução do solo. Se o alumínio for absorvido, pode alterar a fisiologia e a morfologia da planta cultivada. O alumínio no solo é considerado o inimigo número um de todas as culturas. No entanto, para

as plantas nativas o alumínio pode ser até essencial (JANSEN et al., 2003). O óxido de alumínio é um agente que contribui de maneira eficaz na estrutura do solo tropical, sendo, portanto, altamente benéfico. Se o alumínio trocável não ultrapassar determinada porcentagem dos cátions existentes na CTC efetiva (dependendo da textura do solo), possivelmente não será maléfico (RONQUIM, 2010).

Aumentos e reduções de Al^{3+} trocável, Segundo Malavolta (2004), resultam da prática da queima na abertura das áreas para o plantio, que introduz no sistema, grandes quantidades de cinzas provenientes da queima da floresta primária na camada superficial do solo, aumentando, muitas vezes, a fertilidade.

Modificações de valores do Alumínio (Al^{3+}) são atribuídas ao rápido intemperismo do material de origem, que apresenta baixos teores de bases, com pouco ou nenhum material primário. Esses baixos valores confirmaram o alto grau de evolução do solo (Latossolo Amarelo distrófico), com o hidrogênio e alumínio prevalecendo no complexo trocável, em substituição às bases (CARVALHO, 1986).

Acidez potencial ou acidez total (cmolc dm^{-3} ou mmolc dm^{-3}): refere-se ao total de H^+ em ligação covalente mais H^+ + Al^{3+} trocáveis, sendo usada na sua determinação uma solução tamponada a pH 7,0. Muitos laboratórios de rotina em fertilidade do solo, no Brasil, já incorporaram a determinação do H^+ + Al^{3+} , com todas as implicações benéficas do conhecimento e utilização deste parâmetro (LOPES; GUILHERME, 2004).

A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$) (RONQUIM, 2010).

Cátions retidos (adsorvidos) nos colóides do solo podem ser substituídos por outros cátions. Isto, em termos práticos, significa que eles são trocáveis. O cálcio pode ser trocado por hidrogênio e, ou, potássio, ou vice-versa. O número total de cátions trocáveis que um solo pode reter (a quantidade de sua carga negativa) é chamado de sua Capacidade de Troca (adsorção) de Cátions ou CTC. Quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que este solo pode reter. Portanto, a CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo (RONQUIM, 2010).

Outra maneira de se definir CTC é que este parâmetro indica a quantidade de íons positivos (cátions) que o solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiométricas equivalentes de outros cátions (íons de mesmo sinal), e é função da intensidade de cargas negativas que se manifesta nos colóides (LOPES; GUILHERME, 2004).

A capacidade de troca iônica dos solos representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes. Se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} este será um solo pobre. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável; nesse caso, não se devem fazer as adubações e as calagens em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evitem maiores perdas por lixiviação.

A CTC pode ser expressa como “CTC total” quando considerar todos os cátions permutáveis do solo ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). No entanto, o H^+ só é retirado da superfície de adsorção por reação direta com hidroxilas (OH^-) originando água ($\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$). Quando a CTC é expressa sem considerar o íon H^+ ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+}$) a denominação é “CTC efetiva”. Um solo pode apresentar alto valor de CTC total (por exemplo, $100 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), mas uma parcela significativa das cargas negativas do solo (por exemplo, 60%) está adsorvendo íons H^+ , e a CTC efetiva será de apenas $40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A soma de bases trocáveis (SB) de um solo, argila ou húmus representa a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto H^+ e Al^{3+} ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$) (RONQUIM, 2010).

Denomina-se saturação por bases (V%) a soma das bases trocáveis expressa em porcentagem de capacidade de troca de cátions ($\text{SB} \div \text{CTC} \times 100$). A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos com boa fertilidade em que $V\% \geq 50\%$ e solos distróficos ou pouco férteis com $V\% < 50\%$.

Alguns solos distróficos podem ser muito pobres em Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} e apresentar teor de alumínio trocável muito elevado, chegando a apresentar saturação em alumínio (m%) superior a 50% e nesse caso são classificados como solos álicos (muito pobres): $\text{Al trocável} \geq 3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{m\%} \geq 50\%$ (RONQUIM, 2010).

Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , saturando as cargas negativas dos coloides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^{+} e Al^{3+} . O solo nesse caso provavelmente será ácido, podendo até conter alumínio em nível tóxico às plantas. Essa situação pode ser comum para grandes áreas tropicais, como ocorre para os solos arenosos e lixiviados do Planalto Central brasileiro. A maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5 (RONQUIM, 2010).

A percentagem de saturação por alumínio (m%) expressa a fração ou quantos por cento da CTC efetiva estão ocupados pela acidez trocável ou Al^{3+} trocável. Em termos práticos, reflete a percentagem de cargas negativas do solo, próximo ao pH natural, que está ocupada por Al^{3+} trocável. Esta é outra forma de expressar a toxidez de alumínio. Em geral, quanto mais ácido é um solo, maior o teor de Al trocável em valor absoluto, menores os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , menor a soma de bases e maior a percentagem de saturação por alumínio. O efeito detrimental de altos teores de Al^{3+} trocável e, ou, da alta percentagem de saturação por alumínio no desenvolvimento e produção de culturas sensíveis a este problema é fato amplamente comprovado pela pesquisa (LOPES; GUILHERME, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área do estudo

O povoado de Quilombo de Damásio pertence ao município de Guimarães (Figura1), Estado do Maranhão, com localização a uma latitude 02°07'59" sul e a uma longitude 44°36'04" oeste, a uma altitude de 41 metros. Sua população é de 12.387 habitantes (CENSO, 2007). Possui uma área de 598.796 km².

A colonização do município começou no final do século XVI, elevado a esta condição em 1754, quando foi construído um forte na Baía de Cumã para vigiar o possível movimento de invasores em direção a Alcântara ou São Luís.

O município de Guimarães possui clima do tipo B1WA'a' pela classificação de Thornthwaite (1948), sendo úmido com um período de deficiência hídrica entre os meses de julho a novembro, com precipitação pluviométrica média de 2.215 mm anuais, com o máximo das chuvas concentrando-se nos meses de março e abril.

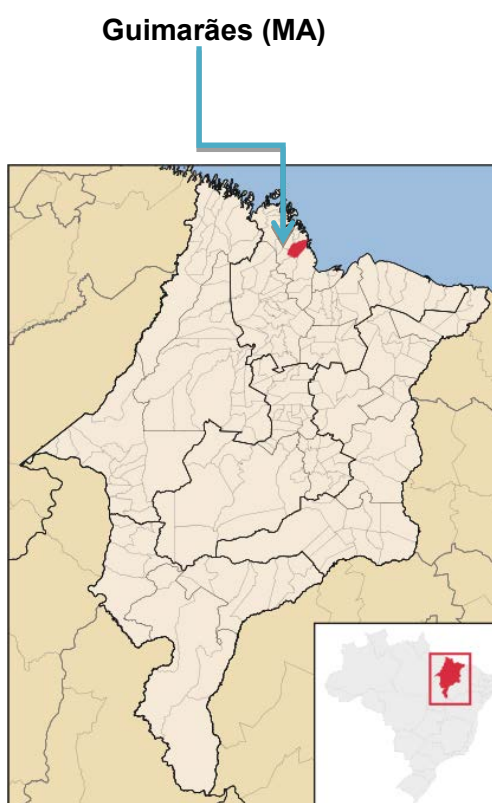


Figura 1. Mapa do Município de Guimarães – Maranhão.

3.2 Levantamento e determinação de atributos físicos e químicos do solo

Um levantamento dos atributos físicos e químicos do solo foi conduzido com a coleta de amostras no Povoado Quilombo de Damásio, Município de Guimarães, Estado do Maranhão no mês de abril de 2014. As amostras de solo foram coletadas em áreas de pousio florestal com 5 (P1), 10 (P2), 15 (P3), 20 (P4) e 25 (P5) anos, área cultivada – consórcio arroz, mandioca e milho (Cultivo) e em floresta primária (Mata), nas camadas de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m de profundidade (Figura 2). As amostras foram coletadas com cinco repetições por profundidade.

O solo dos locais de coleta das amostras é um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), com 789 g kg⁻¹ de areia, 50 g kg⁻¹ de silte, 161 g kg⁻¹ de argila e densidade de 1,64 kg m⁻³ na camada de 0-0,20 m e, 772 g kg⁻¹ de areia, 54 g kg⁻¹ de silte e 174 g kg⁻¹ de argila e densidade de 1,67 kg m⁻³ na camada de 0,20-0,40 m de profundidade.

Para reconhecimento destas áreas, com diferentes tempos de pousio, houve a colaboração de um agricultor residente no povoado há quarenta anos, o senhor Damásio.

No georreferenciamento dos sítios de coleta (Figura 2) foi usado um receptor de GPS - modelo Map Garmim 75 CS e trado holandês para a coleta de amostras do solo.

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e enviadas para a empresa Terra Brasileira Laboratório Agrônômico, estabelecida no município de Balsas, Estado do Maranhão, onde realizaram-se as análises físicas (textura) e químicas (pH, matéria orgânica, cálcio magnésio alumínio, fósforo e potássio trocável, acidez potencial, soma de bases capacidade de troca de cátions, percentagem de saturação por bases e percentagem de saturação por alumínio), segundo o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997).

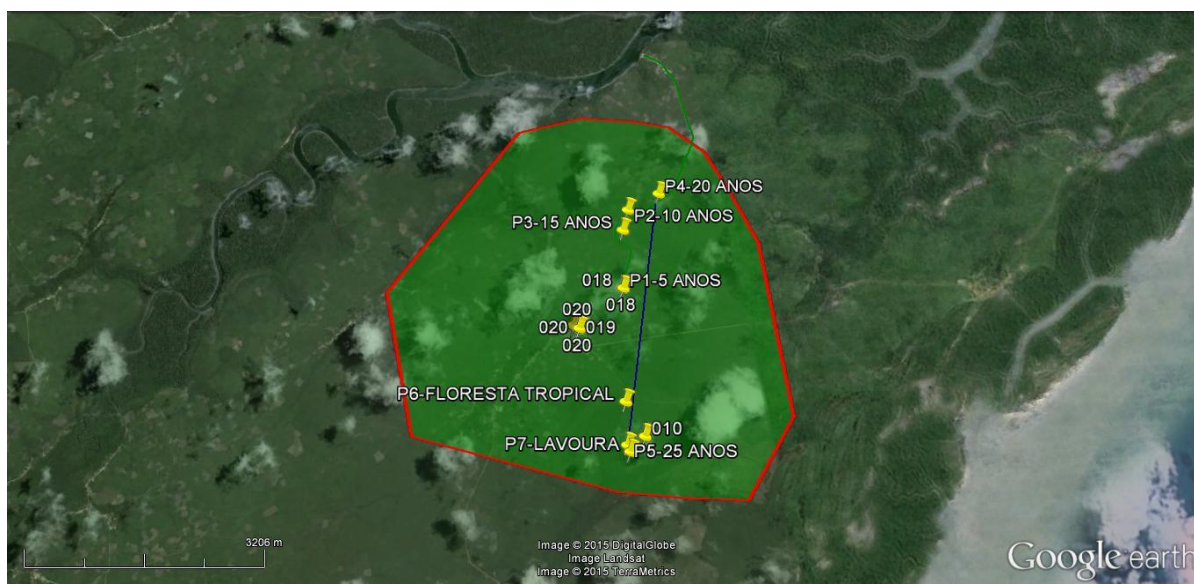


Figura 2. Pontos de coleta de solos: Área com lavoura (cultivo), Floresta tropical (mata), P1, P2, P3, P4 e P5, áreas com 5, 10, 15, 20 e 25 anos de pousio.

Para a obtenção da densidade do solo foi utilizado o método do torrão parafinado (MTP), conforme Kiehl (1979). Foram coletados torrões com aproximadamente 45 cm^3 para o MTP. As amostras foram coletadas em um ponto central de cada área, após a limpeza da superfície do terreno. Em cada área foram coletados 05 (cinco) torrões por profundidade.

3.3 Vegetação, clima e relevo do Litoral Norte Maranhense

A vegetação primária da região é caracterizada pela Floresta Amazônica Maranhense, com muitas áreas ocupadas por vegetações secundárias, que se devem a séculos de ocorrências de supressão das matas nativas, seguida de sucessivas queimadas para dar lugar a agricultura de subsistência. Estas florestas podem ter caráter semidecidual. Ocorrem também na região áreas com vegetação de mangue (EMBRAPA, 1986; MUNIZ, 1998).

As condições climáticas no Maranhão são características de uma área de transição no sentido sudeste (SE) para noroeste (NW). Os movimentos de avanço e recuo das massas de ar predominantes no estado têm maior penetração pelas partes mais baixas e pelas bacias hidrográficas perpendiculares ao litoral, a mesma

direção de penetração das chuvas duradouras do regime marítimo definido pela Massa Equatorial Atlântica Norte (mEn), proveniente do hemisfério Norte em janeiro e com retorno a partir de meados de março. A penetração das massas do regime marítimo é facilitada pela configuração do relevo (EMBRAPA, 1986).

O Litoral Ocidental Maranhense corresponde ao segmento do litoral das reentrâncias maranhenses, que se estende da foz do rio Gurupi, a oeste, até a margem ocidental da baía de Cumã, a leste, tendo como limite a ponta do Guajuru, no município de Cedral. Nesse segmento litorâneo, marcado por paleofalésias e antigas rias, deságuam muitos cursos fluviais como o Turiaçu, o Maracaçumé e o Tromaí, além de uma infinidade de pequenos cursos que dão origem a igarapés. Nos baixos cursos desses rios, a maré enchente penetra vários quilômetros para o interior. O relevo das reentrâncias maranhenses é constituído na maioria de planícies aluviais costeiras, com pequenas colinas. A linha da costa das reentrâncias, dos municípios de Alcântara a Carutapera, foi estimada em 2.000 km de extensão (ANDRADE, 1973).

As antigas rias foram transformadas em braços-de-mar pelo predomínio atual dos processos de deposição sobre os de erosão, que deram origem a extensas superfícies aluviais demarcadas por um grande conjunto de baías conectadas por canais divagantes e furos que delimitam exuberantes manguezais intercalados por ilhas, cordões litorâneos, lagoas, vasas e praias cuja largura, muitas vezes, supera 1 km (ANDRADE, 1973).

As condições de declividade existentes na superfície do solo impõem uma dinâmica de carreamento de materiais das partes mais altas para as mais baixas, condicionando gradiente de fertilidade que aumenta no sentido das áreas mais baixas. Dessa forma, os fluxos de água convergente nas superfícies côncavas e divergente nas convexas possuem grande importância no estabelecimento do gradiente de fertilidade (Figura 3) e, por consequência, podem produzir gradiente fisionômico na vegetação (MARTINS, 2014).

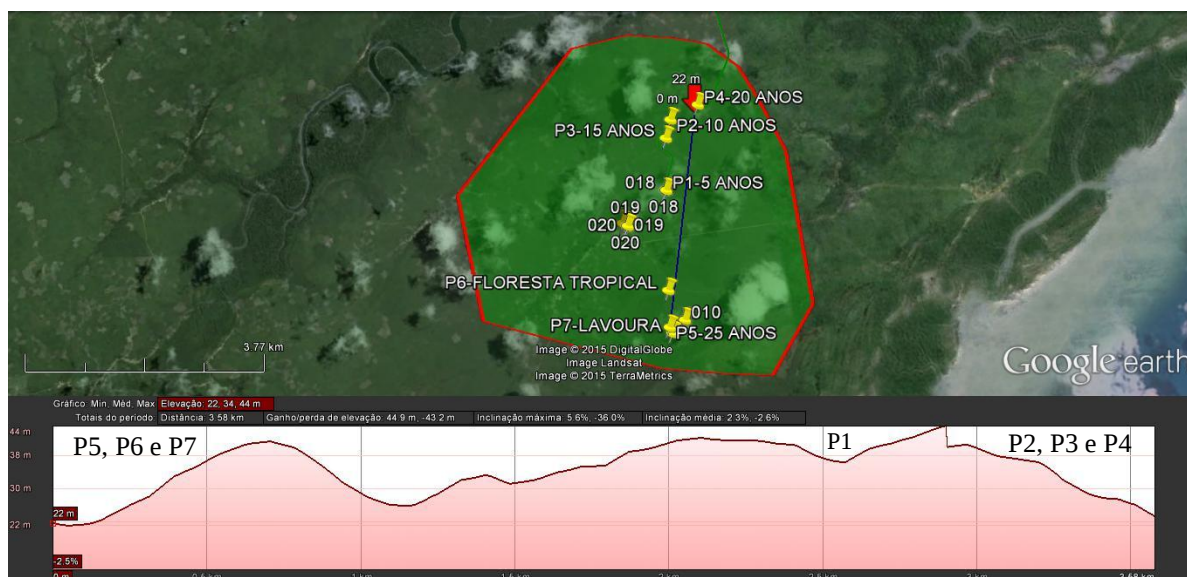


Figura 3. Feições do relevo na área de estudo.

3.4 Tratamento dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à uma análise descritiva composta pelas médias e intervalos de confiança. Foi efetuado, ainda, o teste de correlação de Pearson entre os nutrientes em cada sistema de manejo. As análises estatísticas foram realizadas com o programa STATISTICA (2005).

3.5 Análises multivariadas

Considerando-se a estrutura multivariada contida nos dados, por envolverem diversas variáveis respostas, foram empregadas técnicas estatísticas para verificar semelhanças entre os pousios florestais estudados, bem como os ambientes com cultivo e mata nativa, na tentativa de agrupá-los usando-se os atributos químicos e físicos do solo. Os dados foram padronizados com média zero e variância 1, devido às escalas e as unidades das variáveis. Não foram utilizados os atributos como soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m%) e saturação por bases (V%), para se evitar uma retroalimentação do sistema, uma vez que foram utilizados os atributos que os compõem (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+}).

Uma análise de componentes principais (ACP) foi realizada para obter um conjunto menor de combinações lineares das variáveis que preservasse a maior parte da informação fornecida pelas variáveis originais, como descrito por Silva et al. (2010). Esta análise teve por intuito avaliar qualitativamente as características de cada ambiente e verificar as variáveis que mais estão relacionadas com cada uma deles.

Após ACP realizou-se a análise de agrupamento por método hierárquico, usando a distância euclidiana como medida de semelhança entre os registros e o método de Ward, como estratégia de agrupamento. O dendrograma obtido pela análise de agrupamento apresentou no eixo vertical o nível de similaridade e, no eixo horizontal as áreas, formando as classes homogêneas. Foi traçada uma linha horizontal no dendrograma a linha *Fenon*, a qual delimitou o número de grupos formados.

A comparação dos ambientes foi realizada utilizando todas as variáveis conjuntamente, com a análise complementar que é a análise discriminante. A partir desta análise foi possível definir se os ambientes estudados são distintos, sendo estes representados em um gráfico, no qual foi possível verificar a separação entre eles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Valores de pH em CaCl₂, matéria orgânica e acidez potencial

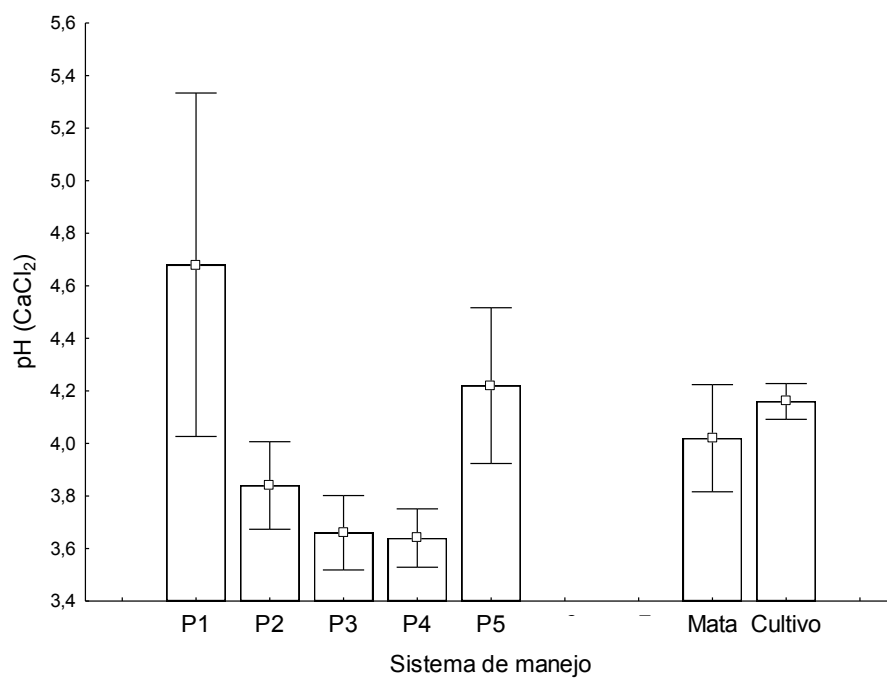
Verificou-se que os valores médios de pH apresentaram diferenças significativas apenas entre os sistemas de manejo nas profundidades de 0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m (Figuras 4a e 4b). Os valores encontrados corroboram resultados obtidos por Ribeiro (2009) e Matos et al. (2012) para solos da Amazônia. Os solos sob os sistemas de manejo estudados apresentam caráter ácido em CaCl₂ (pH < 5), segundo critérios de Izidro (2011).

Os maiores valores de pH (Figuras 4a e 4b) verificados para 5 anos de pousio (P1) podem ser justificados pela presença de cátions básicos depositados com os restos das cinzas e do cultivo anterior (consórcio arroz / mandioca / milho). Entretanto, observa-se uma diminuição dos valores de pH para P2, P3, P4 e P5 em relação a P1.

É reconhecido que as condições de baixos valores de pH são desfavoráveis para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas, como o arroz. Contudo, observa-se que com o tempo de pousio o ambiente vai restabelecendo condições de pH semelhantes às da mata nativa. Esta ambientação é, segundo Matos et al. (2012), em se tratando de espécies nativas da região amazônica, favorável ao pleno desenvolvimento dessas espécies, caso do piracá, açaí e cupuaçu.

Os sistemas de manejo do solo apresentaram maiores teores de matéria orgânica (MO) na camada de 0 a 0,20 m (Figuras 5a e 5b), decrescendo em profundidade, o que se deve ao maior aporte de serapilheira (fragmentos de folhas, galhos e raízes) promovendo maior modificação nessa camada (MAGALHÃES et al., 2013). Os maiores teores de MO ocorreram em P1, P2 e P3 na camada de 0 a 0,20 m. Tais valores de MO são superiores aos verificados por Ribeiro (2009) e Matos et al. (2012), em dois sistemas de manejo agroflorestal com e sem queima no Estado do Pará.

a



b

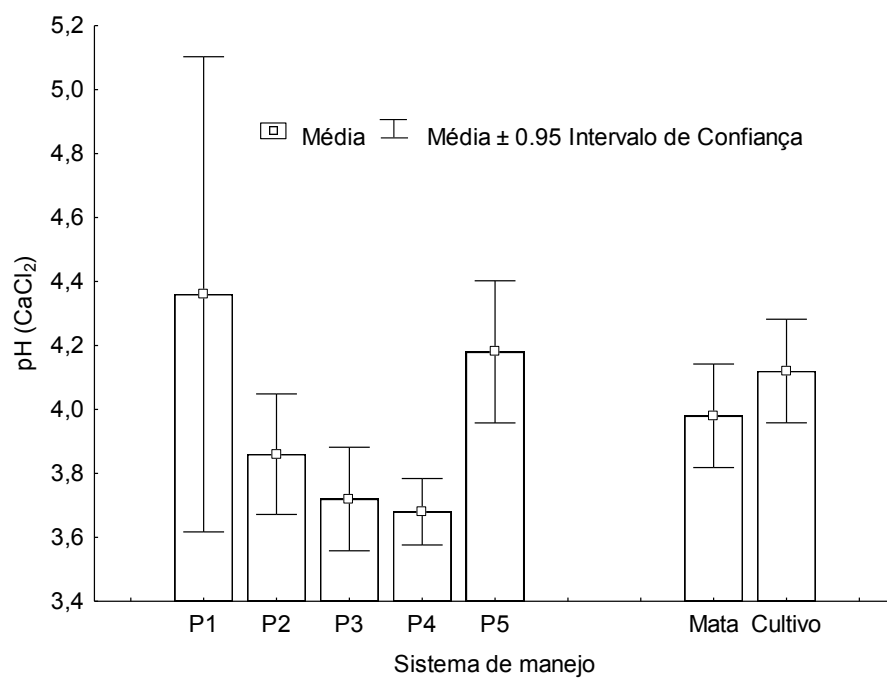
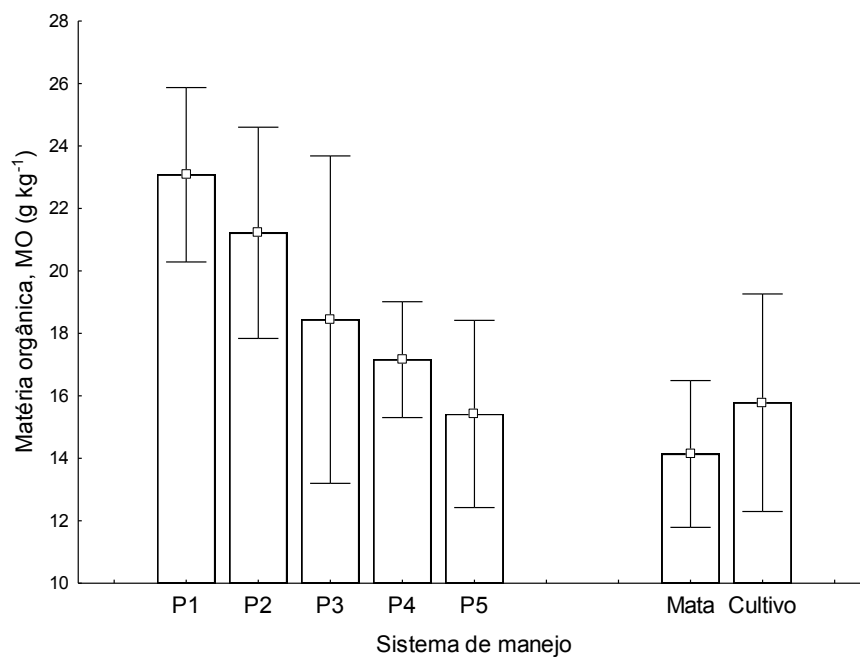


Figura 4. Valores de pH em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

a



b

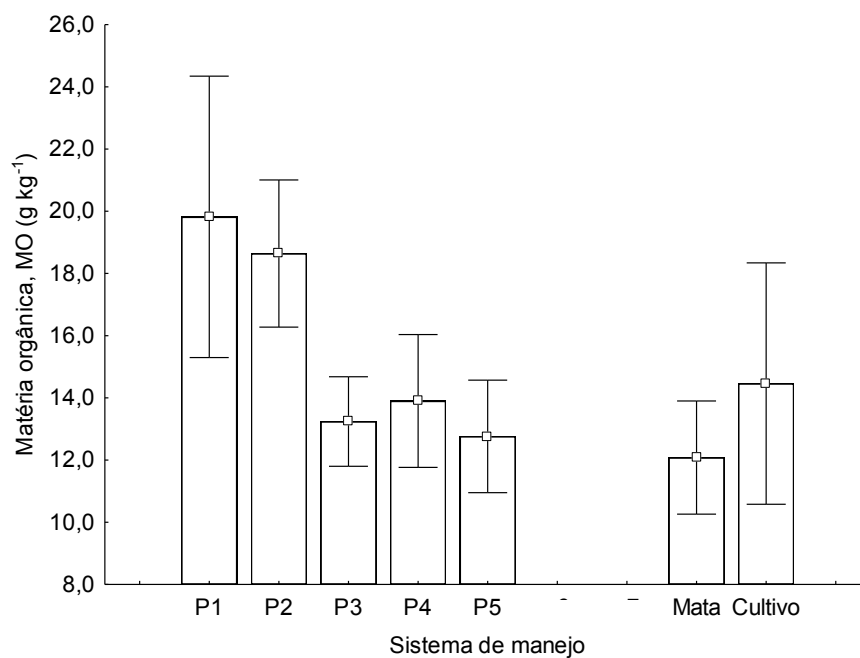


Figura 5. Teores de matéria orgânica em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

Comprova-se pelos resultados que, em P5 os teores da matéria orgânica ($15,4 \text{ g kg}^{-1}$ de 0 a 0,20 m e $12,8 \text{ g kg}^{-1}$ de 0,20 a 0,40 m) não diferiram significativamente dos teores encontrados na área de mata nativa ($14,1 \text{ g kg}^{-1}$ de 0 a 0,20 m e $12,1 \text{ g kg}^{-1}$ de 0,20 a 0,40 m). Tal resultado indica que, no tempo de pousio de 25 anos, a qualidade do solo exibiu uma tendência de conservação da sua fertilidade original, conforme relatado por Ribeiro Filho et al. (2013), ou seja, o estoque de matéria orgânica não foi afetado. Logo, não se pode afirmar que a agricultura itinerante teve impacto negativo no solo que estava com a floresta tropical.

A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) na área queimada (cultivo) foi significativamente menor, em relação ao sistema de manejo P2, nas duas profundidades avaliadas (Figura 6a e 6b). Tal resultado é semelhante ao obtido por Locatelli et al. (2012), os quais observaram, num experimento, com vegetação secundária, ser a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) na área queimada (cultivo) menor, em relação às áreas com capoeira continua e triturada.

O sistema P5 mais distante do período de queimada não sofreu influência desta, pois apresentou resultado semelhante ao manejo mata, ou seja, baixo valor de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, característico dos solos da região do estudo nas duas camadas (0 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m), sendo que os menores teores ocorreram na camada mais profunda. Resultados idênticos foram obtidos por Locatelli et al. (2012) em experimento com e sem queima de mata secundária.

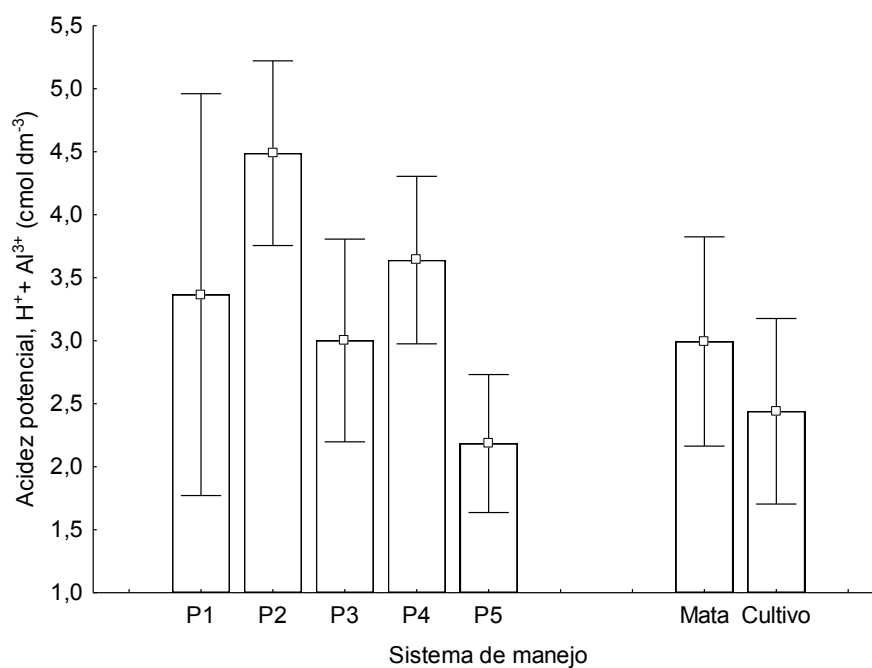
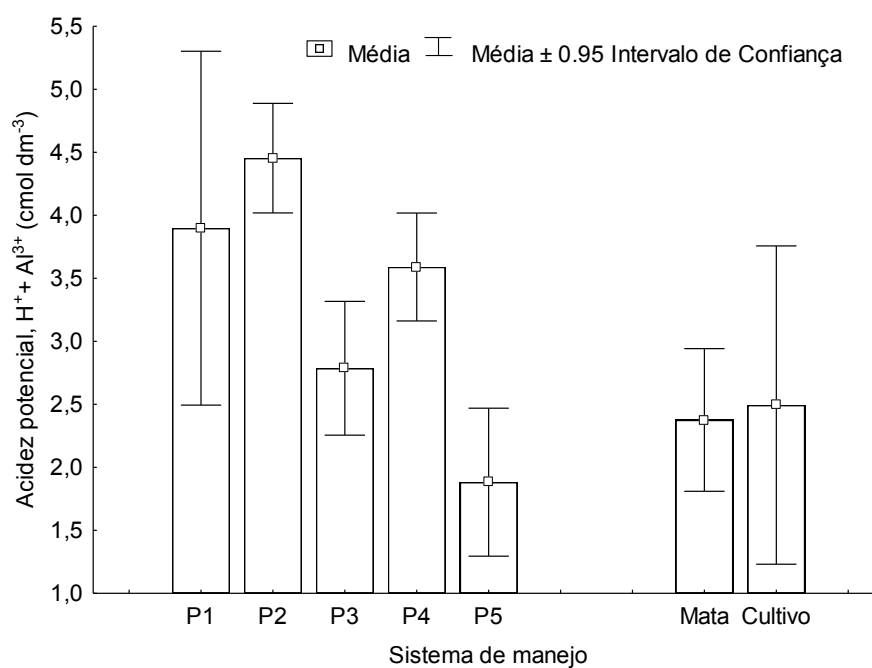
a**b**

Figura 6. Teores de acidez potencial em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

4.2 Fósforo, potássio, cálcio e magnésio

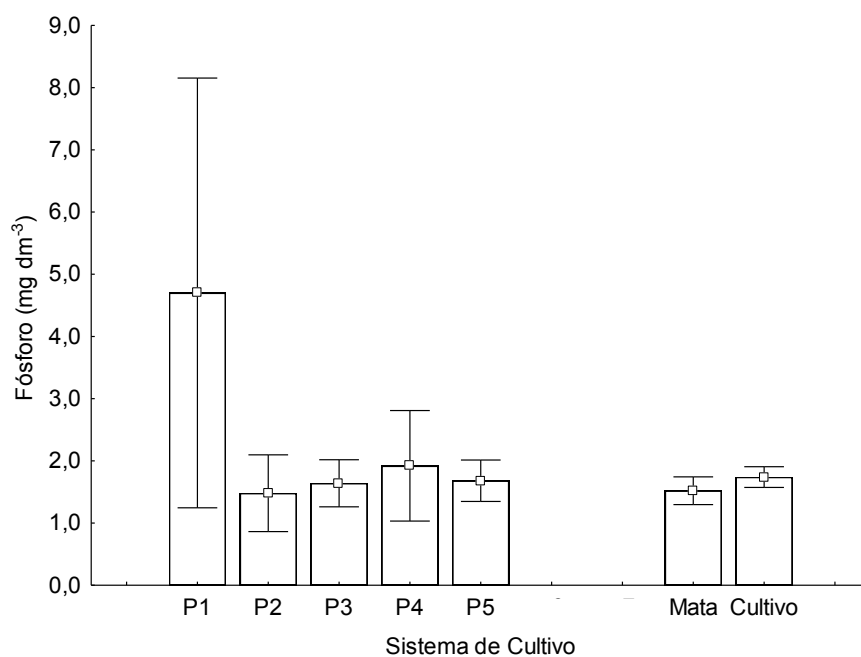
No sistema de pousio P1, para as camadas estudadas, ocorreram os maiores aportes de fósforo (P). Na camada de 0 a 0,20 m os sistemas de manejo Mata, cultivo, P2, P3, P4 e P5 não diferiram quanto aos teores de P (Figura 6a e 6b). Na camada de 0,20 a 0,40 m todos os sistemas de manejo apresentaram resultados semelhantes. Deve-se destacar que, nas duas camadas, os teores de fósforo na Mata e aos 25 anos de pousio (P5) não diferiram significativamente), indicando tendência à regeneração da fertilidade do solo (Figura 7a e 7b), que é aquela sob mata.

De acordo com classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo trocável, em todos os tempos de pousio avaliados, os valores são muito baixos ($< 6 \text{ mg dm}^{-3}$), mesmo sendo sistemas caracterizados pela ausência de revolvimento do solo e nos quais se priorizou o aporte de resíduos vegetais na superfície do solo (Figura 7a e 7b).

Em relação ao Potássio (K^+) o maior aporte ocorreu no sistema P1 (5 anos de pousio) para as duas profundidades. Diferenças significativas entre os sistema de Mata, Cultivo, P2, P3, P4 e P5 ocorreram na camada de 0 a 0,20 m, Entretanto, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, todos os sistemas de manejo não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Figura 8a e 8b).

Há relatos na literatura que a derruba e queima da vegetação para a implantação de campos agrícolas promove incremento nos teores de K^+ . Tal incremento no solo ocorre em diferentes profundidades sendo maiores, entretanto, nas camadas mais superficiais, o que foi constatado em Nova Aliança, Pará e na Amazônia Peruana. Os autores relataram que tais incrementos ocorrem devido aos altos teores de K^+ nas cinzas, os quais são liberados para a solução do solo e disponibilizados para as plantas (SOARES, 2007).

a



b

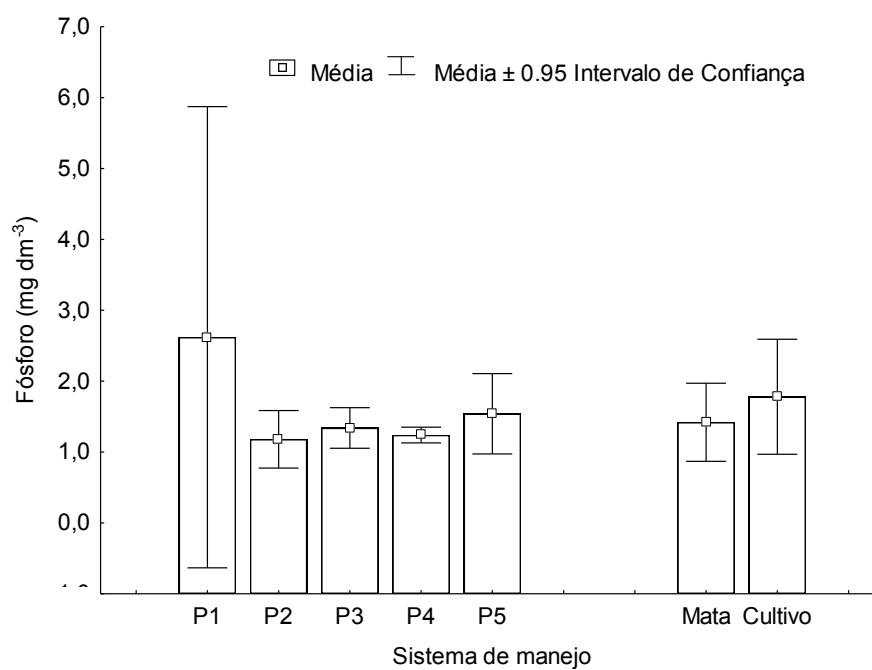
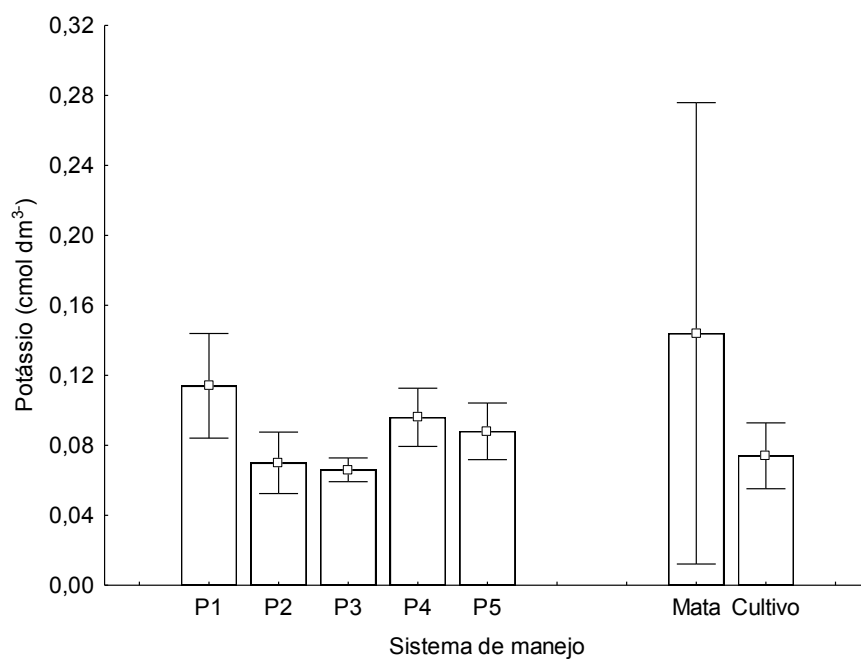


Figura 7. Teores de fósforo em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, com floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

a



b

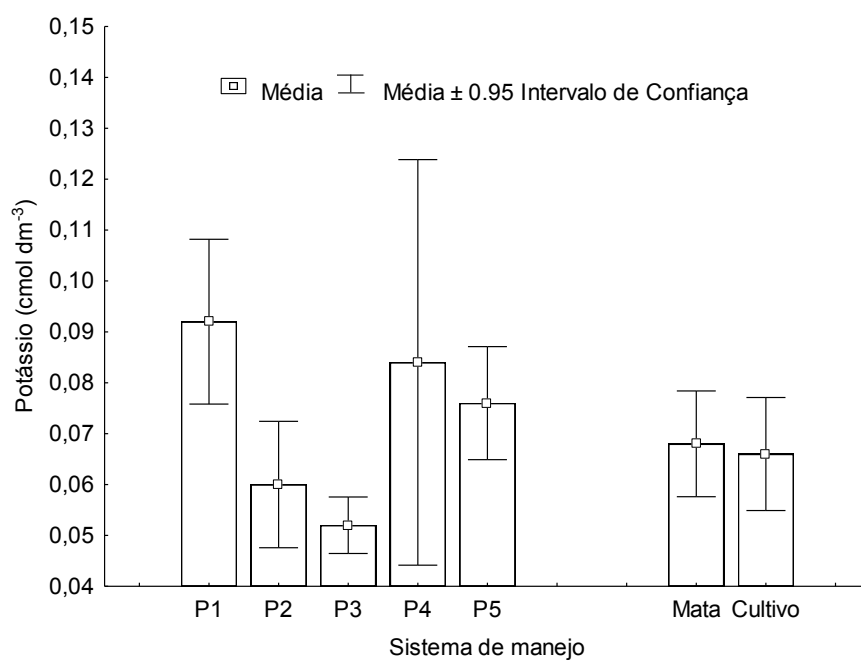


Figura 8. Teores de potássio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

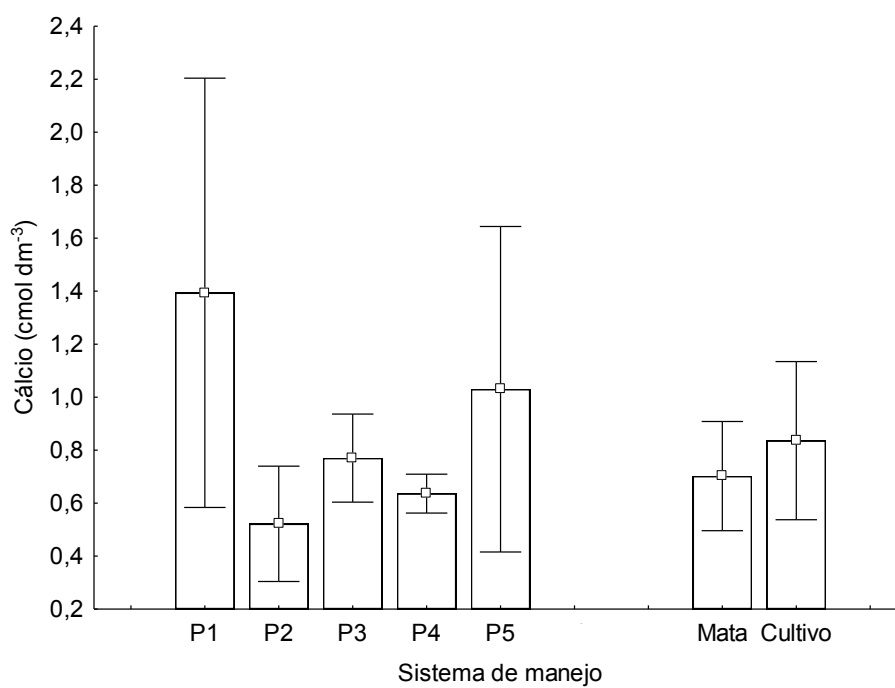
Na profundidade de 0,20 a 0,40 m também ocorreram variações significativas nos teores de Cálcio (Ca^{2+}), nos diferentes tempos de pousio, em relação ao controle (Figura 9a e 9b). Os menores teores foram registradas em P2 e P4 e os maiores teores foram observados nos sistemas cultivo, P1, P3 e P5. Estudos sobre o impacto da agricultura de corte e queima no solo da floresta tropical, conforme Pedroso Junior et al. (2008, 2009), podem indicar se tal impacto é positivo ou negativo. Entre os impactos positivos, há um aumento da fertilidade do solo após a conversão da mata para sistema agrícola, com um aumento do teor de Ca^{2+} e outros nutrientes, indicando que os estoques desses macronutrientes não são afetados.

O presente estudo comprova que ocorreram acréscimos de cálcio (Ca^{2+}), em relação ao controle (Mata), nos sistemas cultivo, P1, P3 e P5 na camada de 0 a 0,20 m; na profundidade de 0,20 a 0,40 m ocorreram aumentos, também em relação ao controle, nos sistemas de manejo cultivo, P1, P3 e P5 (Figuras 9a e 9b).

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) variaram de 0,70 a 1,39 cmol dm^{-3} e 0,54 a 1,05 cmol dm^{-3} respectivamente nas camadas de 0 a 20 e 0,20 a 0,40 m, sendo que as maiores quantidades foram na primeira camada e no sistema de manejo P1. Em relação ao sistema mata (controle) os teores de Ca^{2+} foram maiores com o cultivo, P1, P3 e P5 e menores com P2 e P4, para as duas profundidades. Além do exposto, observou-se que os teores de Ca^{2+} nos sistemas de manejo mata e P5 (25 anos de pousio) não apresentaram diferenças significativas entre si.

Comparando-se os sistemas de manejo (Figuras 10a e 10b) comprova-se que, em relação ao controle (mata), ocorreram aumentos dos teores de Mg^{2+} em P1, P4 e P5 na profundidade de 0 a 0,20 m e, em cultivo, P1, P2, P4 e P5 na camada de 0,20 a 0,40 m.

a



b

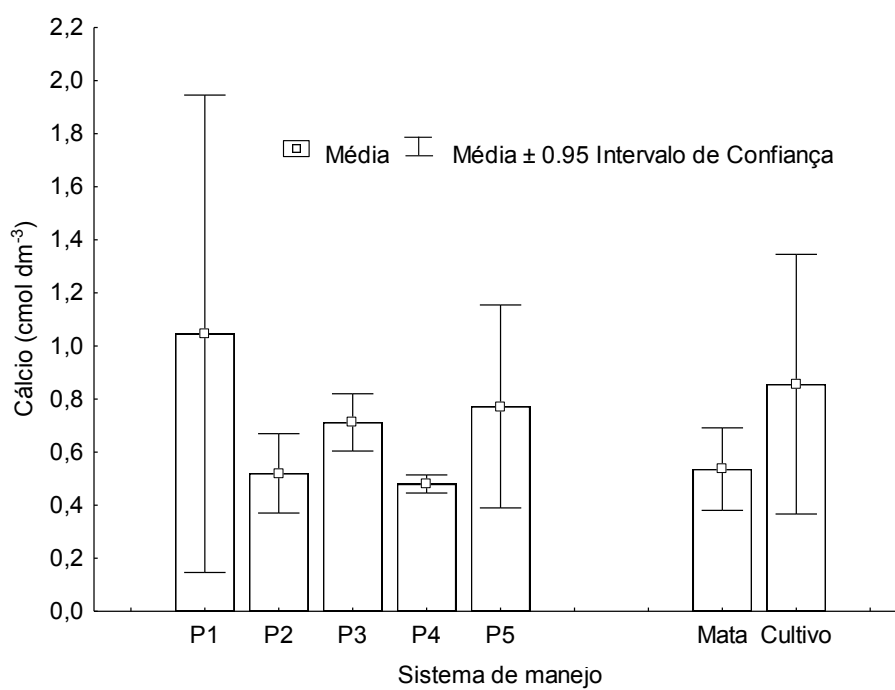


Figura 9. Teores de cálcio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

Os estoques de Mg^{2+} não foram afetados na conversão da floresta em sistema de agricultura de corte e queima, contribuindo para o aumento da fertilidade do solo, conforme relatado por Ribeiro Filho et al. (2013), quando ressaltaram que a maioria dos estudos, em florestas tropicais, demonstram que o benefício deste impacto é provocado pela absorção de cinzas pelo solo (Figuras 10a e 10b).

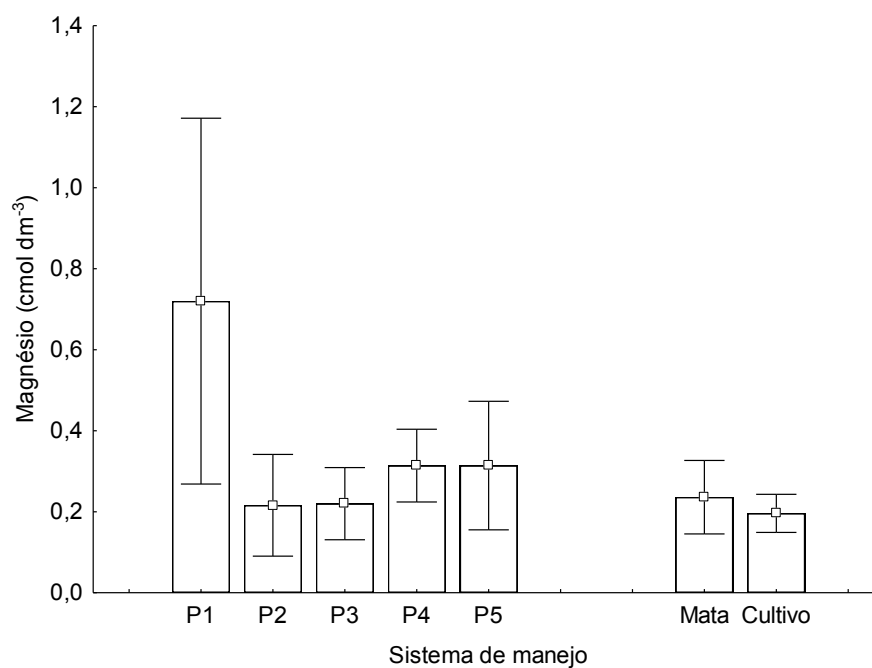
Como a melhor relação Ca/Mg, para a maior parte das plantas cultivadas é entre 3 e 5, a melhor relação encontra-se na profundidade de 0,20 a 0,40 m, com os menores teores de Ca^{2+} no sistema de manejo P4 para Ca^{2+} e P4 Mg (Figuras 8a e 8b).

4.3 Alumínio trocável (Al^{3+}) e capacidade de troca catiônica (CTC)

À medida que o pH do solo diminuiu aumentou a atividade do alumínio no solo e, conseqüentemente, ocorreu potencialização dos efeitos nocivos e deletérios deste elemento para as culturas. A perda da produtividade do solo ocorre devido à baixa disponibilidade de nutrientes no solo e à elevada concentração de alumínio em solução. A presença de alumínio tóxico em níveis elevados provoca menor crescimento e engrossamento das raízes (ROSOLEM; MARCELLO, 1998).

Os teores de alumínio foram menores na profundidade de 0 a 0,20 m e maiores em 0,20 a 0,40 m (Figura 11a e 11b), reação que ocorre devido a maior presença de matéria orgânica na camada mais superficial do solo, que possui radicais carboxílicos e hidroxílicos, que formam complexos com o Al^{3+} , impedindo que este possa atingir teores trocáveis elevados e tóxico aos cultivos (SOARES, 2007).

a



b

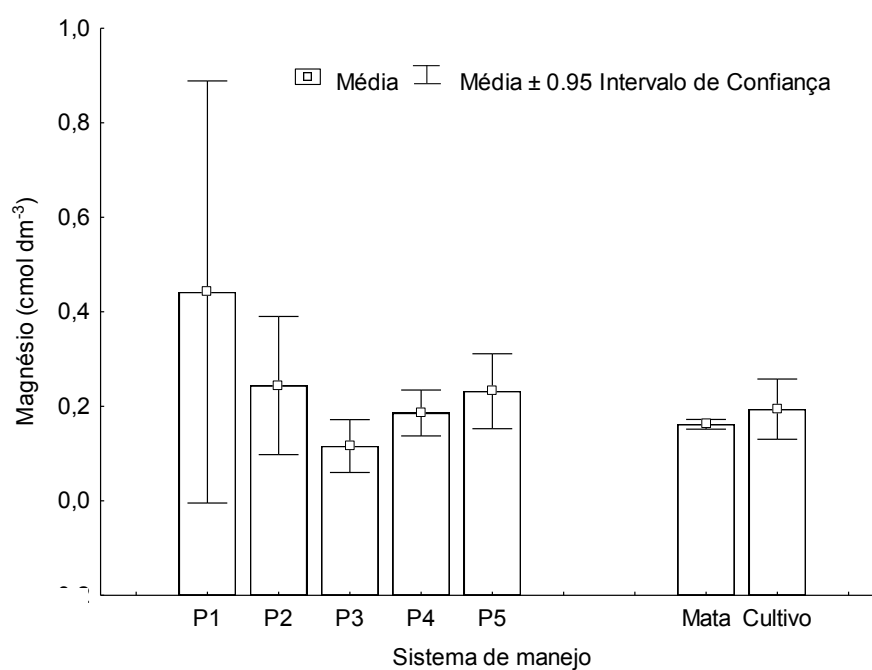
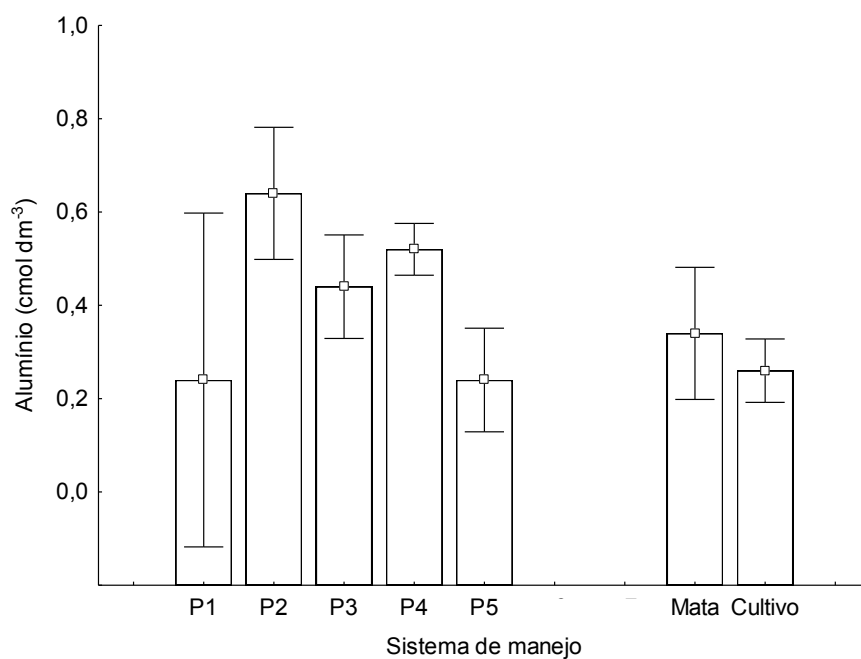


Figura 10. Teores de magnésio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

a



b

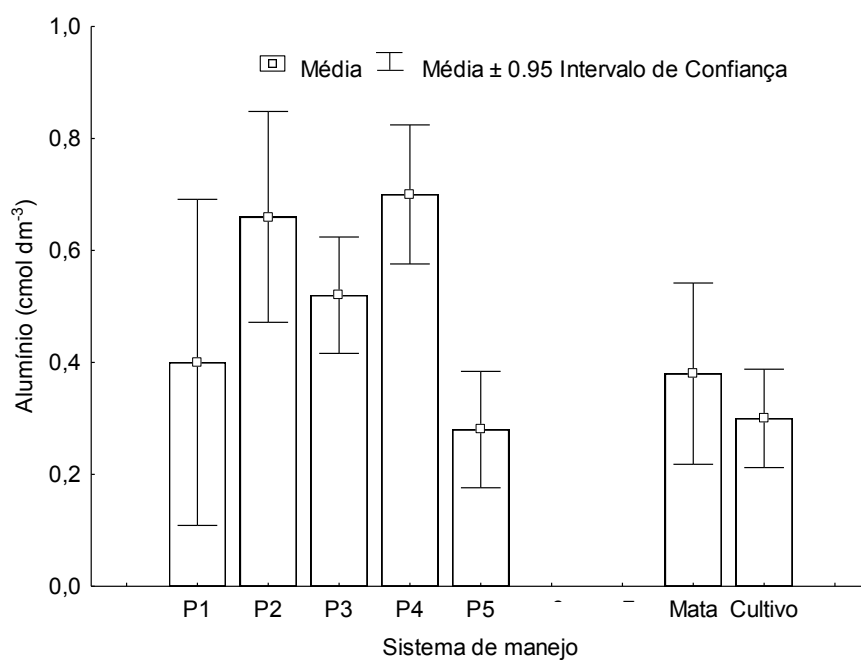


Figura 11. Teores de alumínio em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

Os valores de alumínio obtidos são menores do que aqueles encontrados em experimentos na Amazônia, em matas secundárias em pousio na comunidade Guanabara II e Nova Aliança no Estado do Pará (Figura 11a e 11b). Também em Manaus e Tabatinga e mais próximos dos teores obtidos em matas secundárias em pousio de 4 a 10 anos em Argissolo Amarelo, na Amazônia Oriental (KATO et al., 2005; SOARES, 2007).

Redução dos teores de Alumínio trocável (Al^{3+}) foi encontrada após a queima de mata secundária em pousio de sete anos no Pará. É esperado ocorrer reduções dos teores de Alumínio trocável após a queima da vegetação que adiciona cinza que age como corretivo da acidez, a qual precipita os íons Al^{3+} em forma não absorvível pelas plantas cultivadas, resultando em efeito benéfico para o crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas (SOARES, 2007).

Em comparação com o sistema de manejo mata ocorreram reduções de Alumínio trocável em cultivo, P1 e P5 e aumentos em P2 (o maior), P3 e P5, período tempo com menor efeito das cinzas agindo como corretivo do solo. Desta forma, os teores de alumínio sofreram variações nos diferentes sistemas de manejo estabilizando-se em P5 quando não apresentou diferenças em relação ao controle (mata). Os resultados aqui obtidos guardam grandes semelhanças com aqueles apresentados por Soares (2007).

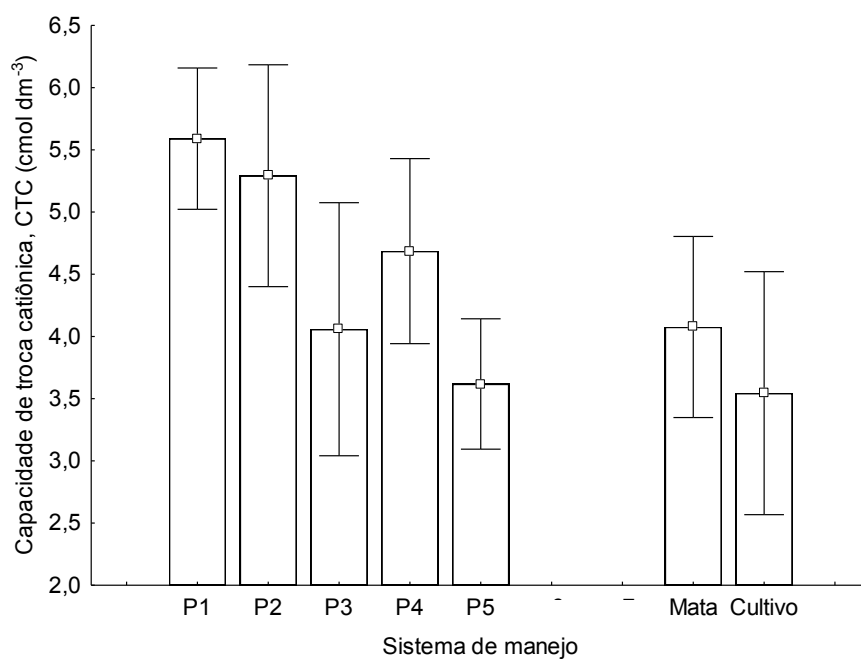
Os solos amazônicos são em sua maioria ácidos, o que promove o aparecimento de elementos tóxicos às plantas como Al e Mn, bem como a diminuição do teor de nutrientes como P, K Ca, Mg e a baixa saturação por bases. Em solos ácidos (em pH menor que 5,5), predominam na solução do solo o alumínio na forma de íon Al^{3+} , sendo esta forma tóxica às plantas, onde, sob tais condições, o crescimento das raízes das culturas é restrito, causando menor absorção de água e de nutrientes, afetando o desenvolvimento da parte aérea (WENDLING, 2012).

Os teores de alumínio foram maiores em P2, P3 e P4 nas duas profundidades sendo que os menores valores ocorreram na camada de 0,20 a 0,40 m. Convém destacar que menores valores encontrados no sistema de manejo cultivo (com arroz, milho e mandioca) trouxe benefícios para as culturas agrícolas com a redução da toxidez promovida pelo alumínio.

Os valores da CTC foram mais expressivos nos sistemas de manejo P1, P2 e P5 (Figuras 12a e 12b), para as duas profundidades indicando maior quantidade de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}) sendo, portanto, favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas. Pode-se deduzir, pelos resultados obtidos, que tais sistemas de manejo disponibilizaram maior quantidade de cátions trocáveis do que no sistema mata nativa (controle) e que a queima da vegetação contribui para este fenômeno.

Observou-se ainda, que na camada de 0 a 20 os valores CTC são iguais entre si e diferentes dos demais sistemas de manejo. Na camada de 0,20 a 0,40 m são iguais os sistemas de manejo mata, P1 e P3, diferindo dos demais. Tal resultado indica que a qualidade do solo exhibe uma tendência de conservação, segundo Ribeiro Filho et al. (2013).

a



b

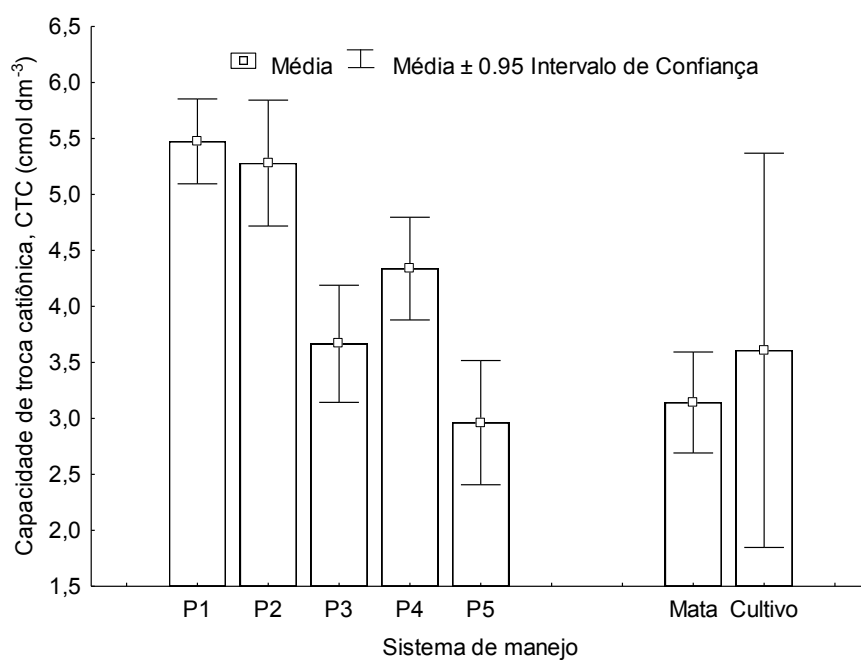


Figura 12. Valores de capacidade de troca catiônica (CTC) em área com pousio de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, floresta primária e cultivo: a) 0,00–0,20 m; b) 0,20–0,40 m de profundidade.

4.4 Associação entre os nutrientes nos sistemas de pousio

Nas áreas com pousio houve correlação significativa e positiva entre pH e P, K, Ca e Mg (Figuras 13 e 14), independentemente da profundidade analisada. Isto indica que o aumento do pH contribui para com a disponibilidade destes elementos, o que corrobora resultados obtidos por Matos et al. (2012). Estes autores também observaram correlação positiva entre acidez potencial e carbono orgânico, o que também foi verificado no presente trabalho.

As correlações positivas entre matéria orgânica e acidez potencial são características dos solos altamente intemperizados da região Amazônica, nos quais a matéria orgânica é a principal fonte de acidez (RUIVO et al., 2007).

É possível observar que há correlação positiva entre MO e CTC, o que indica que a maior parte da capacidade de troca catiônica desses solos é decorrente dos colóides da matéria orgânica, o que concorda com resultados de Matos et al. (2012).

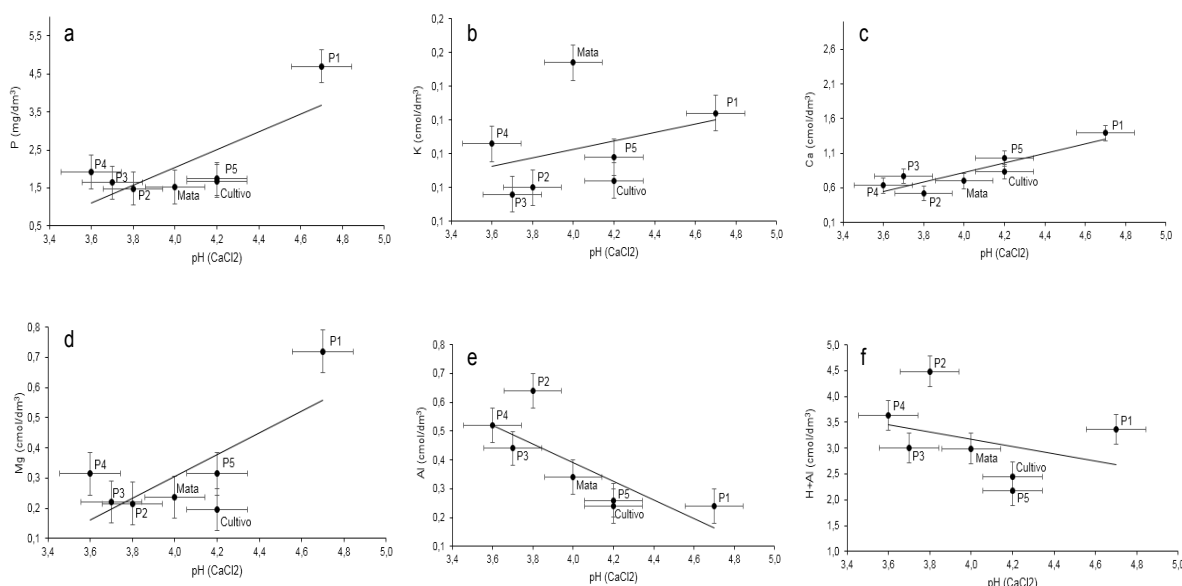


Figura 13. Correlação entre o pH e demais atributos químicos nos diferentes sistemas avaliados na camada de 0,00-0,20 m; (a) P, $r = 0,78$; $p < 0,05$; (b) K^+ , $r = 0,68$; $p < 0,05$; (c) Ca^{2+} , $r = 0,87$; $p < 0,05$; (d) Mg^{2+} , $r = 0,86$; $p < 0,05$; (e) Al^{3+} , $r = -0,81$; $p < 0,05$ e (f) $H+Al$, $r = -0,46$; $p < 0,05$. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

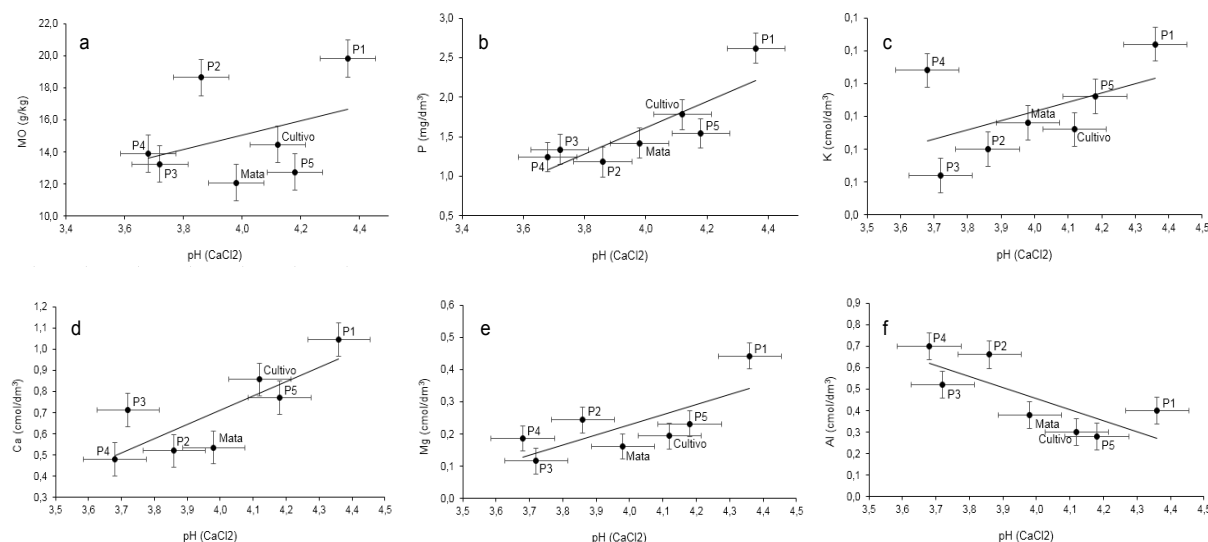


Figura 14. Correlação entre o pH e atributos químicos nos diferentes sistemas avaliados na camada de 0,20-0,40 m; (a) MO, $r = 0,47$; $p < 0,05$; (b) P, $r = 0,84$; $p < 0,05$; (c) K^+ , $r = 0,41$; $p < 0,05$; (d) Ca^{2+} , $r = 0,89$; $p < 0,05$; (e) Mg^{2+} , $r = 0,83$; $p < 0,05$ e (f) Al^{3+} , $r = -0,79$; $p < 0,05$. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

4.5 Análise multivariada

Na análise de fatores para identificar se todas as variáveis são importantes, observou-se que em ambas as profundidades estudadas, o K^+ não foi significativo. Sendo assim, nas análises seguintes retirou-se o K^+ (Tabela 1). Os atributos físicos Argila, silte e areia também não foram significativos. Logo, também foram retirados das análise seguintes a exemplo do K^+ .

As variáveis que melhor explicaram a variação total dos dados na profundidade de 0 a 0,20 m foram pH (-0,92), P (-0,88), Ca^{2+} (-0,93), Mg^{2+} (-0,93), Al^{3+} (0,76) com o fator fertilidade e MO (-0,88), H+Al (-0,84) e Ds (0,88) com o fator manejo do solo (Tabela 1). Já na profundidade 0,20 a 0,40 m a variação total dos dados pode melhor ser explicada por pH (-0,91), P (-0,91), Ca^{2+} (-0,88), Mg^{2+} (-0,92) com o fator fertilidade e MO (-0,70), Al^{3+} (-0,73), H+Al (-0,95) e Ds (0,70) com o fator manejo do solo.

Tabela 1. Análise fatorial dos atributos do solo nas duas profundidades estudadas com os fatores fertilidade e manejo do solo.

Variáveis	Fertilidade	Manejo do Solo	Fertilidade	Manejo do Solo
	Profundidade 0 – 0,20 m		Profundidade 0 – 0,40 m	
Ph	-0,915050	0,159841	-0,907926	0,300952
MO	-0,426292	-0,881794	-0,668236	-0,703778
P	-0,877142	-0,139087	-0,910687	0,190785
K+	-0,339396	0,164370	-0,534283	-0,141640
Ca ²⁺	-0,930347	0,086971	-0,889211	0,177576
Mg	-0,929196	-0,193522	-0,922840	-0,090369
Al ³⁺	0,764564	-0,573911	0,548374	-0,734269
H+Al	0,393519	-0,843337	0,096636	-0,953143
Ds	0,426292	0,881794	0,668236	0,703778

Ds – Densidade do solo (kg dm^{-3}); Valores em negrito guardam relação significativa com os fatores fertilidade ou manejo do solo.

A partir dos atributos com maiores poderes discriminatórios, realizou-se a análise de agrupamento. Com esta análise, foi possível observar a separação dos ambientes (Figura 15), os quais foram agrupados com base no grau de semelhança em grupos homogêneos. Os critérios de definição dos agrupamentos foram a inspeção visual do dendrograma e o fato de que se deveria obter unidades administrativas de manejo (agrupamentos homogêneos) que não fossem excessivamente pequenas. O exame do dendrograma revelou a existência de seis agrupamentos bem distintos quando a linha fenon ou linha de corte foi traçada no nível de homogeneidade de 4,7% (Figura 15a) e 3,2% (Figura 15b). Além dos critérios apresentados, o nível de corte foi escolhido, porque delineava agrupamentos bem distintos, posto que ocorreu considerável mudança de níveis. Deste modo, os ambientes cultivo, mata e pousio 5 constituíram o que se designou o grupo I, pousios 3 e 4 o grupo II e pousios 1 e 2 o grupo III para a profundidade 0 a 0,20 m. Na profundidade de 0,20 a 0,40 m cultivo e pousio 5 constituíram o grupo I, mata e pousios 3 e 4 o grupo II e pousios 1 e 2 o grupo III.

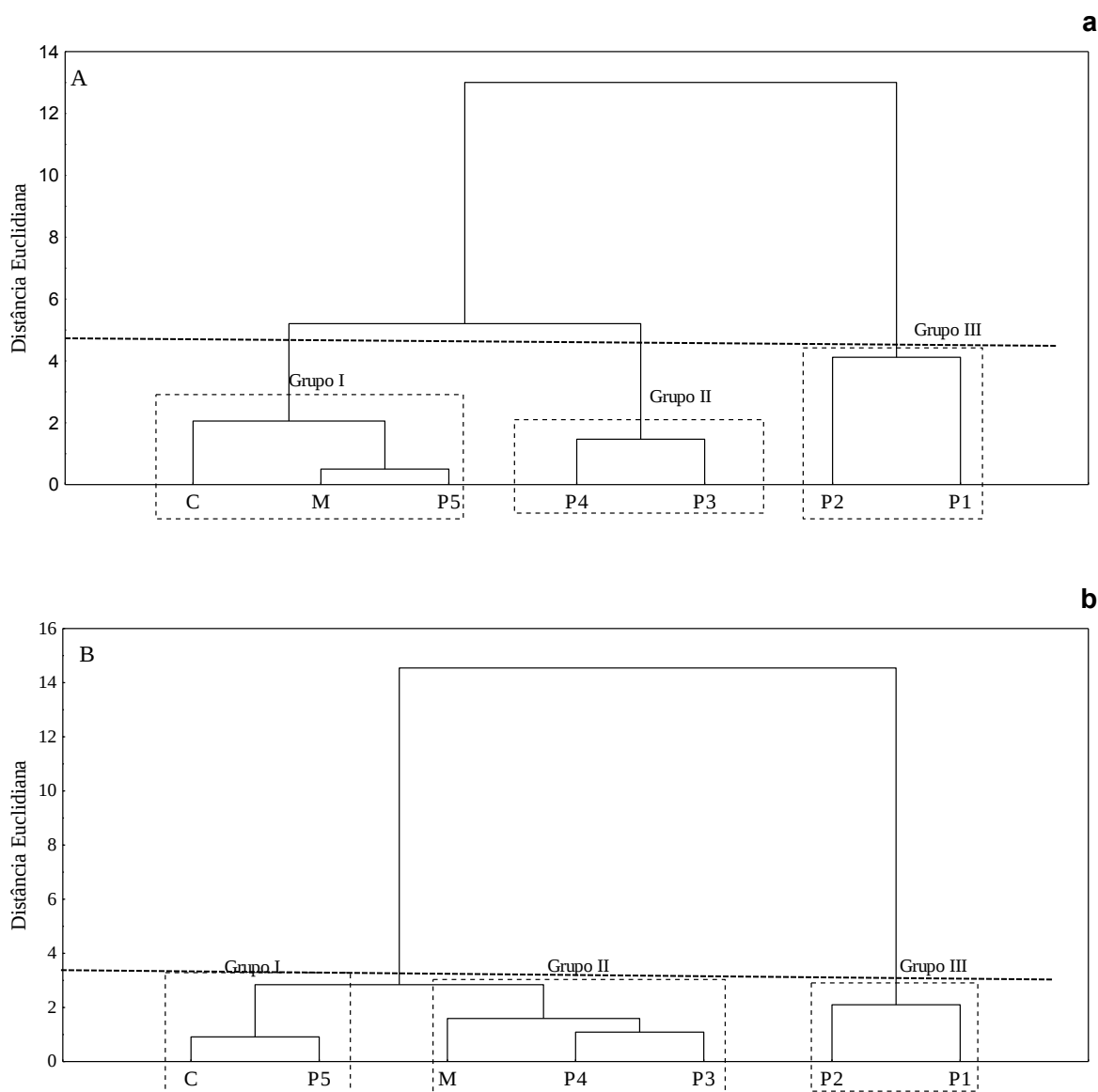


Figura 15. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos mostrando a formação de grupos segundo as variáveis estudadas nos pousios, no sistema convencional e mata nativa. a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

Com a análise de componentes principais (ACP) foi possível identificar as variáveis com os maiores potenciais discriminatórios para cada pousio e demais ambientes (Tabela 2).

A partir dos resultados da Figura 16 observa-se, para a profundidade de 0 a 0,20 m, que as variáveis M, C e P3 foram influenciadas principalmente pela densidade do solo. Já a variável P1 foi influenciada por P, Mg^{2+} e MO, enquanto que as variáveis P2 e P4 foram mais influenciadas por H+Al e Al^{3+} . Já a variável P5 foi influenciada principalmente por pH e Ca^{2+} .

Tabela 2. Autovalores e % da variância pela Análise dos Componentes Principais variáveis estudadas nos pousios, no sistema convencional e mata nativa.

Componente	Autovalores	% dos	% Cumulativas
		Autovalores	dos Autovalores
	Profundidade 0 – 0,20 m		
Fertilidade	4,462147	55,77684	55,7768
Manejo do solo	2,693672	33,67090	89,4477
	Profundidade 20 – 40 cm		
Fertilidade	4,545573	56,81966	56,8197
Manejo do solo	2,608871	32,61089	89,4305

Para a profundidade de 0 a 40 cm observa-se que P1 e P2 foram influenciadas por Mg^{2+} e MO. Já a M, C e P3 também foram influenciadas pela densidade do solo, a exemplo da profundidade de 0 a 0,20 m. P4, a exemplo da profundidade de 0 a 0,20 m, foram mais influenciada por H+Al e Al^{3+} . Já a variável P5 foi influenciada principalmente por P, pH e Ca^{2+} .

Com o objetivo de verificar as associações entre os ambientes e seus atributos analisados e identificar quais deles foram mais relevantes na separação das áreas amostradas foi aplicado à técnica complementar de análise discriminante (Figura 17), o que permitiu classificar, os resultados obtidos para todos os ambientes.

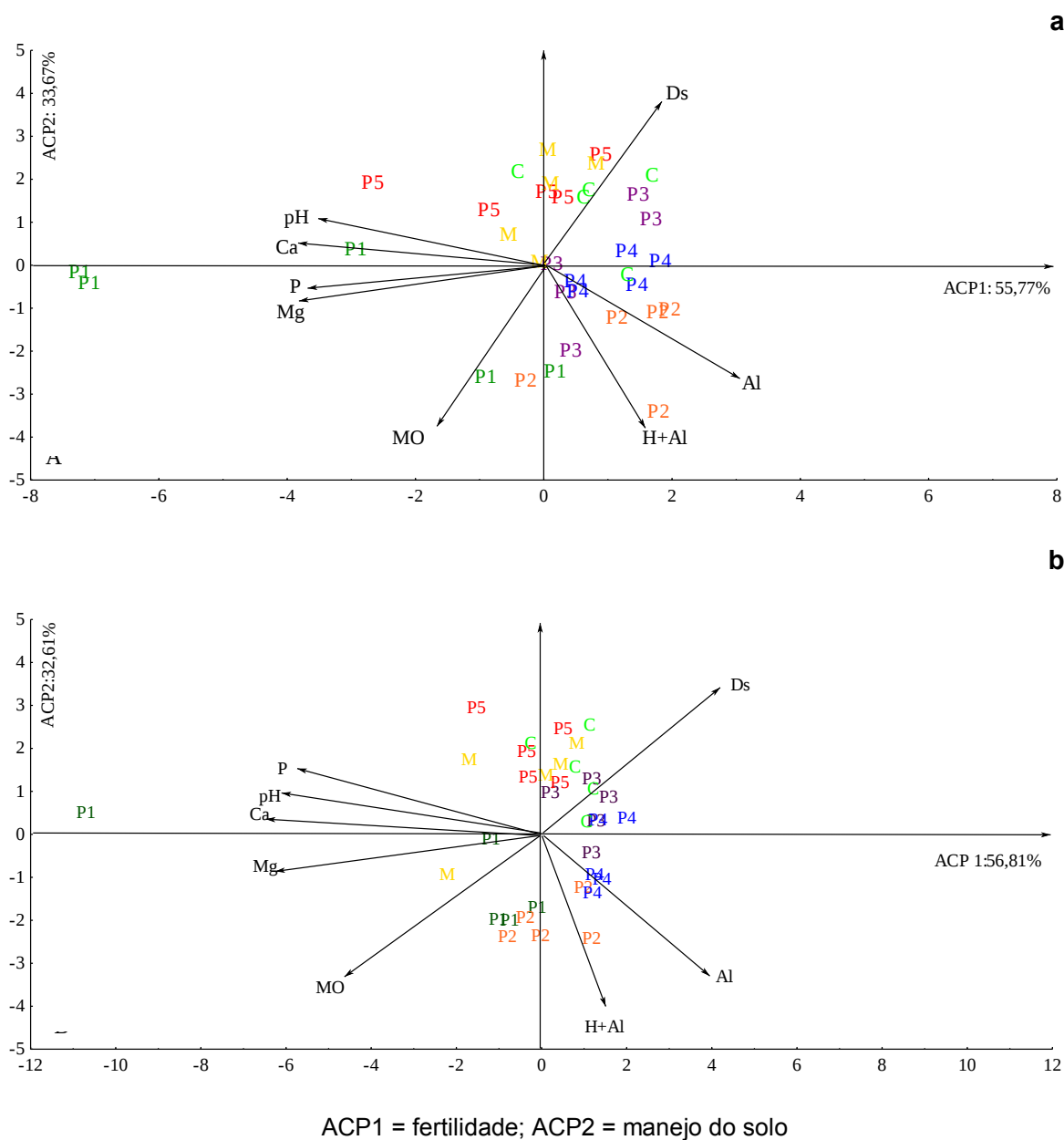


Figura 16. Análise de componentes principais dos atributos do solo nos ambientes estudados nos pousios (P1 a P5), no sistema convencional (C) e mata nativa (M). a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

Pela análise discriminante, 91,11% da variabilidade das relações estudadas foram explicadas nas duas primeiras raízes. A primeira raiz discriminante 1 (00%), e a segunda raiz discriminante com 93,37% (Figura 17). Nota-se que mata, cultivo e

P5 são totalmente diferentes dos demais ambientes se analisarmos o eixo discriminante 1, para ambas profundidades.

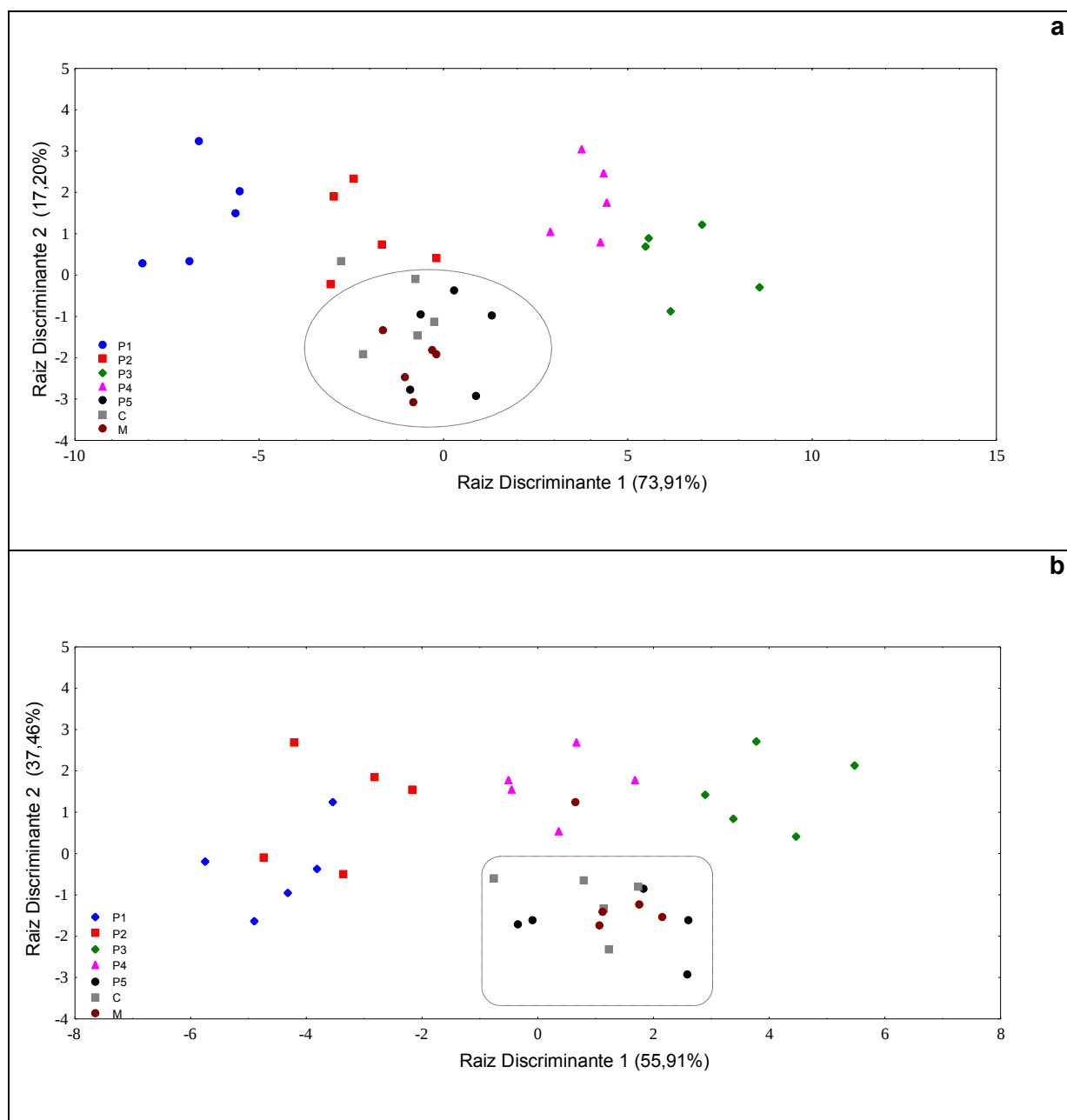


Figura 17. Agrupamento das áreas pela Análise Discriminante Canônica 1 e 2 das variáveis estudadas nos pousios (P1 a P5), no sistema convencional (C) e mata nativa (M). a: profundidade 0,00–0,20 m; b: profundidade 0,20–0,40 m. Pousios: P1 a P5 = 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

5 CONCLUSÕES

O pousio florestal é uma técnica que possibilita a recuperação natural da fertilidade do solo, desde que o tempo para tal seja suficiente o bastante para que o solo seja capaz de repor as perdas de nutrientes exportadas pelo plantio.

No caso estudado, no sistema de cultivo de corte e queima, durante o período de 5 a 25 anos, as perdas e ganhos de macronutrientes, aproximaram-se da área controle, o que permite deduzir que o pousio florestal é uma técnica eficiente que poderá garantir às culturas anuais (arroz, milho e mandioca) um desenvolvimento satisfatório.

A matéria orgânica (MO) em solos ácidos é realmente a grande responsável pela disponibilidade de nutrientes como P, K, Ca e Mg, pois grande parte da CTC desses solos é decorrente da MO.

6 REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 120 p. (Série Estudos Rurais).

ALTIERI, M.; WEID, J. M. van der. Perspectivas do manejo de recursos naturais com base agroecológica para agricultores de baixa renda no século XXI. In: LIMA, D. M. A.; WILKINSON, J. (Org.). **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília: CNPq/Paralelo 15, 2002. p. 10-25.

ANDRADE, M. C. de. **Paisagens e problemas do Brasil**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1973. 273 p.

ANDRADE, M. P. **Terra de índio: identidade étnica e conflito em terras de uso comum**. São Luís: UFMA, 1999. 215 p.

BARRERA-BASSOLS, N.; ZINCK, J.A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. **Geoderma**, Amsterdam, v. 111, n. 3-4, p. 171-195, 2003.

BERTOLINO, A. V. F. A.; BERTOLINO, L. C. Agricultura migratória e seus efeitos sobre o solo. In: CARNEIRO, M. J. **Agricultores e território: práticas e saberes**. Rio de Janeiro: Trasso Comunicação/CNPq/Faperj, 2010.

BIRMINGHAM, D.M. Local knowledge of soils: the case of contrast in Côte d'Ivoire. **Geoderma**, v. 111, n. 3-4, p. 481-502, 2003.

CARNEY, J. A.; MARIN, R. A. Saberes agrícolas dos escravos africanos no Novo Mundo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 205, p. 26-33, 2004.

CARVALHO, A. F. **Caracterização física, química e mineralógica dos solos do Município de Humaitá – AM**. 1986. 166 p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu, 1986.

DIAS, M. N. **Fomento e mercantilismo: a companhia geral do comércio do grão Pará e Maranhão (1755-1778)**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1970. v. 1.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. B. **Sistemas e práticas agroflorestais para Amazônia**: manual agroflorestal para a Amazônia. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996. p. 2-27.

ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações. In: ENGEL, V. L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p. Disponível em: <saf.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/01.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solo do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro. 1986. (Boletim de Pesquisa, 35)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA SOLOS. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF. 2013. 353 p.

FALCÃO, N.; MOREIRA, A.; COMENFORD, N. B. A fertilidade dos solos da terra preta de índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2009. 2 CD-ROMs.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005. Disponível em: <www.dcs.ufla.br/.../pdf/Prof.../Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf>. Acesso em: 08 maio 2014.

FERREIRA, M. S. F. D.; DIAS, F. M. S. Comparação da forma de uso do espaço destinado aos quintais em dois bairros da cidade de Cuiabá-MT. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 4., 1993, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SMAPR, 1993. 1 CD-ROM.

FREITAS, I. C. de, SANTOS, F. C. V. dos, CUSTÓDIO FILHO, R. O.; CORRECHEL, V.; SILVA, R. B. da. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 12, p. 1310–1317, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n12/v17n12a09.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

GAYOSO, R. J. de. **Compêndio histórico-político dos princípios da lavoura do Maranhão**. Rio de Janeiro: Livros de Mundo Inteiro, 1970. 337 p.

GRAY, L.C.; MORANT, P. Reconciling indigenous knowledge with scientific assessment of soil fertility changes in southwestern Burkina Faso. **Geoderma**, Amsterdam, v. 111, n. 3-4, p. 425-437, 2003.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em argissolo vermelho-amarelo do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

IZIDRO, R. **Reação do solo e matéria orgânica**. Campina Grande: Universidade Federal, 2011. Disponível em: <http://www.cdsa.ufcg.edu.br/portal/outras_paginas/arquivos/aulas/renato_isidro/reacao_e_mo_do_solo.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2015.

JANSEN, S.; SMETS, E.; HARIDASAN, M. Aluminum accumulation in flowering plants. In: BLUMEL, D. D.; RAPPAPORT, A. (Ed.). **Yearbook of science and technology**. New York: McGraw-Hill, 2003. p. 11-13.

KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, C. R. F. Manejo da vegetação secundária na Amazônia visando o aumento da sustentabilidade do uso agrícola do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 2 CD-ROMs.

KIEHL, E. J. **Manual da edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000100006>>.

LOCATELLI, M.; GONÇALVES, E. L.; MARCOLAN, A. L.; FERNANDES, S. R.; PEQUENO, P. L. L.; VIEIRA, A. H.; MARCANTE, P. H. Características Químicas do solo como resultado do corte e trituração de capoeira em Porto Velho, Rondônia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30., 2012, Maceió. **Anais...** Maceió: SBSCS, 2013. 1 CD-ROM.

LOPES, A. S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: LOPES, A. S.; YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto Potassa, 2005. p. 21-32.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. (Boletim Técnico, 2). Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimidia/boletim_02.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2015.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 33-36, 2007. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S000967252007000300014&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 abr. 2015.

LUIZÃO, F. J.; FEARRSIDE, P. M.; CERRI, C. E. P. C.; LEHMANN, J. A Manutenção da fertilidade do solo em sistemas manejados na Amazônia. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.). **Amazonia e mudança global**. The American Geophysical Union, 2009. (Geophysical Monograph Series). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1029/2008GM000742>>.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2009. p. 174-187.

MAGALHÃES, S. S. A.; WEBER, O. L. S.; SANTOS, C. H. dos; VALADÃO, F. C. A. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 1, p. 65-74, 2013.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impacto de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.

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

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 35-106.

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

MARTINS, F. C. **Relação solo-vegetação em área de cerrado no nordeste do Maranhão, Brasil**. 2014. 89 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

MATOS, F. O.; CASTRO, R. M. S.; RUIVO, M. L. P.; MOURA, Q. L. de. Teores de nutrientes do solo sob sistema agroflorestal manejado com e sem queima no estado do Pará. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 257-266, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.031>>.

MAZOYER, M. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 568 p.

MEIRELLES, M. **História de São Luís**. São Luís: Faculdade Santa Fé, 2012.

MENEZES, J. M. T.; LEEUWEN, J. V.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; LEANDRO, R. C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 893-898, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n2/43.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

MUNIZ, F. H. **Estrutura e dinâmica da floresta pré-amazônica na reserva florestal de Buriticupu**. 1998. 228 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo. 1998.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. ICRAF/ Kluwer Academic Publishers, 1993. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/32_An_introduction_to_agroforestry.pdf?n=161>. Acesso em: 12 mar. 2015.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENESES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 200-208, 2006.

OSTERROHT, M. von. Implantação de agrofloresta. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 15, p. 8-11, 2002.

PEDROSO JUNIOR, N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. Agricultura: um sistema em transformação. In: BEGOSSI, A.; LOPES, P. (Org.). **Tendências atuais em ecologia humana**. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, 2009. p. 12-34.

PEDROSO JUNIOR, N. N.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - ciências humanas**, Belém, v. 3, n. 2, p. 153-174, 2008. Acesso em 08 abr. 2014.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2002. 226 p.

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-PA**. 2009. Tese (Doutorado) - Belém: Universidade Rural da Amazônia; Belém, 2009.

RIBEIRO FILHO, A. A.; ADAMS, C.; MURRIETA, R. S. S. Impactos da agricultura itinerante sobre o solo em florestas tropicais: uma revisão. **Boletim do Museu Emílio Goeldi - ciências humanas**, Belém, v. 8, n. 3, p. 693-727, 2013.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa).

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

RUIVO, M. L. P.; BARREIROS, J. A. P.; BONALDO, A. B.; SILVA, R. M. da; SÁ, L. D. A.; LOPES, E. L. N. LBA - esecaflo artificially induced drought in Caxuanã Reserve, East Amazonia: soil properties and litter spider fauna. **Earth Interactions**, Washington, v. 11, n. 8, p. 1-13, 2007.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agroflorestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148 p. (Documentos, 305).

SILVA L. F. da. **Solos tropicais: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo**. São Paulo: Terra Brasilis Editora, 1996. 137 p.

SILVA, R. J. N.; SILVA, M. M. Avaliação de sistemas agroflorestais em áreas degradadas com indicadores ambientais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 18, n. 2, 2013. Disponível em: <www.abagroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/.../9902>. Acesso em: 15 abr. 2015.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; CAMPOS, M. C. C.; AMORIM, L. B. Discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN, com o uso de análise multivariada. **Ambiência**, Guataparava, v. 2, n. 2, p. 261-270, 2010.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2011. Disponível em: <<file:///C:/Users/Admin/Downloads/2320-8109-1-PB.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

SOARES, A. E. S. **Análise química de nutrientes em áreas com diferentes sistemas de uso da terra no município de Benjamin Constant, Amazonas**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

SOUSA, A. R. Plagiclásios calco-sódicos de solos do nordeste: determinação por difração de raios-X e implicações na sodificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 271-273.

STATISTICA. **Statistica 7.0**, EUA Software. Baltimore: StatSof, 2005. 250 p.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Agroforestry in acid soils of humid tropics. **Advances in Agronomy**, Washington, v. 45, p. 275-301, 1991.

TORQUEBIAU, E. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? **Agricultura, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 189-207, 1992.

VASCONCELOS, M. C. A.; SILVA, A. F. A. da; LIMA, R. S. Cultivo em aléias: uma alternativa para pequenos agricultores. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 18-21, 2012.

VIANA, V. M.; DUBOIS, J. C. L.; ANDERSON, A. A importância dos sistemas agroflorestais para a Amazônia. In: DUBOIS, J. C. (Org.). **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996. p. 2-27.

WENDLING, G. F. D. **Formas de alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.