

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Área de Concentração: Solos



Dissertação

**Atributos químicos de solos cultivados com arroz na
região sul do estado do Amazonas**

Vairton Radmann

Pelotas, 2011

VAIRTON RADMANN

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS CULTIVADOS COM
ARROZ NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Solos).

Orientador: Professor Dr. Rogério Oliveira de Sousa

Co-orientador: Professor Dr. Ledemar Carlos Vahl

Pelotas, 2011

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

R124a Radmann, Vairton

Atributos químicos de solos cultivados com arroz na região sul do estado do Amazonas / Vairton Radmann ; orientador Rogério Oliveira de Sousa; co-orientador Ledemar Carlos Vahl. Pelotas, 2011.-113f. ; il.- Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1. Oryza sativa L., 2. Fertilidade do solo, 3. Acidez potencial, 4. Solos amazônicos I Sousa, Rogério Oliveira de(orientador)
II .Título.

CDD 631.42

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rogério Oliveira de Sousa (Orientador)
Depto. Solos - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – UFPel

Prof. Dr. Gustavo Krüger Gonçalves
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Profa. Dra. Flavia Fontana Fernandes
Depto. Solos - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – UFPel

Dedico:

A minha esposa Ana Paula

Aos meus filhos, Maria Luiza e Luiz Felipe

Aos meus pais, Validio e Nilva

Aos meus irmãos, Vanderlei e Iberê

Aos meus avôs, Wilmuth e Venilda Bühring (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu saúde, força e o privilégio de alcançar mais este objetivo.

A minha esposa Ana Paula e filhos Maria Luiza e Luiz Felipe, que me apoiaram e me acompanharam nessa caminhada.

Ao professor Rogério Oliveira de Sousa, pela orientação, amizade, confiança e contribuição na minha formação.

Ao professor Ledemar Carlos Vahl, pela co-orientação, pelos ensinamentos e apoio.

À Universidade Federal do Amazonas, pela liberação para realização do curso de Mestrado.

À Universidade Federal de Pelotas, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia e ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Solos) pelos ensinamentos.

Aos bolsistas Gerson Lübke Buss e Claudia Filomena Schneider Sehn, pela amizade, convívio e ajuda na execução dos experimentos.

Ao aluno do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA, Douglas Pinheiro, pelo apoio na coleta das amostras de solo.

Aos colegas professores do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente - IEAA, que viabilizaram a minha saída para cursar o Mestrado, em especial, o Prof. Rogério Fonseca e o Prof. Heron Salazar Costa.

Aos colegas de curso, pelas discussões, estudos e companheirismo, em especial a Roberto Carlos Döring Wolter, Manoel Holanda Neto, Marcos do Vale, Otávio dos Anjos Leal, Lizete Stumpf, Marília Alves Brito Pinto, Patrícia Bianca Dupont, Jonas Wesz.

Aos Funcionários do Departamento de Solos e do Programa de Pós-graduação em Agronomia, em especial ao Paulo, a Rosane e a Juliana, pela amizade e apoio na execução das análises de solos em laboratório.

Ao Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal do Estado do Amazonas - IDAM em nome do Dr. Edson Barcellos, Edimar Vizolli, Carlos Antonio Pantoja e funcionários com destaque a unidade do IDAM de Humaitá e, em especial, ao Dr. Airton José Schneider, pela amizade e apoio nas mais variadas ações de trabalho.

Aos meus familiares Werno Bühring e Valter Bühring pela oportunidade de iniciar uma longa jornada de trabalho na Amazônia e o apoio ao longo desses anos.

Aos meus pais, irmãos e demais familiares pelo apoio e incentivo.

Aos demais amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para a viabilização deste trabalho, um sincero muito obrigado.

RESUMO

RADMANN, Vairton. **Atributos químicos de solos cultivados com arroz na região sul do Estado do Amazonas**. 2011. 113f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.

Ao longo tempo de cultivo de arroz de terras altas na região sul do Estado do Amazonas constata-se baixas produtividades atribuídas a vários fatores, dentre os quais, atributos químicos de solo limitantes. No entanto, poucos estudos têm sido realizados relacionados ao nível de fertilidade dos solos cultivados com arroz. O presente estudo tem por objetivo avaliar os principais atributos químicos de 72 amostras de solos dos campos naturais cultivados, identificando as possíveis limitações químicas bem como estabelecer relações entre os atributos do solo. Para isto, foram coletadas 72 amostras de solos em campos naturais cultivados com arroz, na profundidade de 0 a 20 cm (camada arável) abrangendo os municípios de Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Canutama e determinados os teores de areia, silte, argila, carbono orgânico, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio, cobre, manganês, zinco, ferro, acidez ativa e potencial, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e saturação por alumínio. Os resultados foram submetidos a análise estatística descritiva e análise de regressão. Em geral, os solos de campos naturais cultivados apresentam texturas areia, franco-siltosa e franco-argilo-siltosa. São baixos os teores de potássio, cálcio, cobre, manganês e zinco, altos teores de ferro, baixos e adequados teores de magnésio, teores de fósforo muito baixo. Os teores são médios e adequados de matéria orgânica, baixo e médio pH em CaCl_2 e médio e adequado pH em água, capacidade de troca de cátions com nível médio, adequado e alto, saturação por bases baixa e médio e a saturação por alumínio alta e muito alta. O pH SMP foi eficiente para estimar a

acidez potencial e os teores de argila e carbono orgânico total são eficientes para estimar a capacidade de troca de cátions dos solos de campos naturais cultivados no sul do estado do Amazonas. As principais limitações químicas para o cultivo dos solos são: elevada acidez potencial, baixa e média saturação por bases e muito baixa disponibilidade de fósforo.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., fertilidade do solo, acidez potencial, solos amazônicos.

ABSTRACT

RADMANN, Vairton. **Chemical Attributes of Soils Cultivated with Rice in Sounthern Region of Amazonas State**. 2011. 113f. Dissertation (Master of Science) – Agronomy Graduate Program, Area of Concentration: Soils. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brazil.

Over time Upland rice cultivation in southern Amazonas State has shown low productivity attributed to several factors, among which chemical attributes of limiting soils. However few studies about soil fertility under rice crop have been conducted. This study aims to evaluate the main chemical attributes of 72 soil samples of cultivated grasslands, identify possible chemical limitations, as well as establish relationship between these soil attributes. Seventy-two soil samples at depth of 0 to 20 cm (top soil) were collected in grasslands planted with rice, including the municipalities of Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã e Canutama. Distribution of sand, silt, clay, organic carbon, phosphorous, potassium, sodium, calcium, magnesium, aluminum, copper, manganese, zinc, iron contents were determined. Active and potential acidity, cation exchange capacity, base saturation and aluminum saturation were also established. The results were submitted to descriptive statistical analysis and to regression analysis. As a general rule, soils of cultivated grasslands have sandy, loamy silt and silt clay loam texture low potassium, calcium, copper, manganese, and zinc content, high iron content, low and appropriate magnesium content, very low phosphorous content. It was also achieved on that soils, medium and appropriate organic matter content. Low and medium pH in CaCl_2 and medium and appropriate pH in water, cation exchange capacity in medium, to high levels, low and medium base saturation, high and very high aluminum saturation. SMP pH was efficient for estimating potential acidity; clay and total organic carbon are efficient for estimating soil cation exchange capacity in grasslands planted in southern Amazonas

State. The main chemical limitations for soil cultivation are: high potential acidity, low and medium base saturation and very low phosphorous availability.

KEY WORDS: *Oryza sativa* L, soil fertility, potential acidity, Amazonian soils.

Lista de Figuras

Figura 1	Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em topossequência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	22
Figura 2	Mapa ilustrando as áreas de campos naturais em vermelho com contorno irregular apresentando pontos em amarelo indicando o local de coleta das amostras de solos e floresta de coloração verde na região sul do Estado do Amazonas.....	36
Figura 3	Mapa de localização da coleta de 72 amostras de solos (pontos em vermelho) ao longo das rodovias BR 230, BR 319 e rodovia do estanho nos municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré e Novo Aripuanã no Estado do Amazonas.....	37
Figura 4	Distribuição de freqüências e mediana do teor de argila (g kg^{-1}) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	45
Figura 5	Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de matéria orgânica de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	48
Figura 6	Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de fósforo disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	52
Figura 7	Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de potássio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	55
Figura 8	Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de cálcio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	58
Figura 9	Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de magnésio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	60

Figura 10 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de saturação por alumínio de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.	61
Figura 11 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de pH em água (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.	62
Figura 12 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de pH em CaCl_2 (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.	63
Figura 13 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.	64
Figura 14 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de saturação por bases (V%) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	66
Figura 15 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de cobre disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.	68
Figura 16 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de manganês (Mn) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	70
Figura 17 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de zinco (Zn) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	72
Figura 18 Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de ferro (Fe) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.....	73
Figura 19 Relação (a) entre o pH em água (1:2,5 solo:solução) e pH em água (1:1); relação (b) entre pH em água (1:2,5) e pH em CaCl_2 (1:2,5), de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural.....	75
Figura 20 Relação entre o pH SMP em água (1:1 solo:solução) e a concentração de (H+Al) (a), pH SMP em água (1:2,5) e (H+Al) (b), pH SMP em CaCl_2 (1:2,5) e (H+Al) (c) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural.....	77
Figura 21 Relação entre o pH em água (1:1 solo:solução) e saturação por alumínio (m%) (a), pH em água (1:2,5) e (m%) (b), pH em CaCl_2 (1:2,5) e (m%) (c), de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural.....	79
Figura 22 Relação entre saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural.	80
Figura 23 Relação entre o pH em água (1:1 solo:solução) e saturação por bases (V%) (a), pH em água (1:2,5) e (V%) (b), pH em CaCl_2 (1:2,5) e (V%) (c), de 72 solos de áreas cultivadas em campo natural.....	82

Lista de Tabelas

Tabela 1	Distribuição de 72 solos cultivados segundo as classes texturais da camada superficial de 0 – 20cm	45
Tabela 2	Modelos ajustados por regressão entre a CTC medida a pH 7,0 e os teores COT e de argila (Arg).....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 O arroz no Brasil e no Estado do Amazonas	17
2.2 Descrição e localização da área	18
2.3 Clima e precipitação pluviométrica	19
2.4 Geologia, geomorfologia e vegetação	19
2.5 Os solos na região sul do Estado do Amazonas	20
2.5.1 Atributos mineralógicos do solo	23
2.5.2 Atributos químicos do solo	23
2.5.2.1 Macronutrientes (Ca, Mg, P, K, Na)	24
2.5.2.2 Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)	25
2.5.2.3 Matéria orgânica (MO)	26
2.5.2.4 CTC efetiva e CTC pH 7.0	27
2.5.2.5 Acidez ativa (pH) e potencial (H+Al)	28
2.5.2.6 Saturação por alumínio (m %)	28
2.5.2.7 Saturação por bases (V%)	29
2.5.3 Frações granulométricas do solo	29
2.6 Relações entre os diferentes atributos do solo	30
2.6.1 Determinação da acidez ativa (pH)	30
2.6.2 Relação entre acidez potencial (H+Al) e índice SMP	31
2.6.3 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por alumínio (m%)	32
2.6.4 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por bases (V%)	33
2.6.5 Relação entre CTC _{pH 7,0} e os teores de argila e matéria orgânica (MO)	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Área de estudo	35
3.2 Coletas das amostras de solo	37
3.3 Determinações físicas do solo	38
3.3.1 Granulometria	38

3.4 Determinações químicas do solo.....	38
3.4.1 Carbono orgânico total.....	38
3.4.2 Fósforo, potássio e sódio disponível.....	39
3.4.3 Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.....	39
3.4.4 Acidez ativa (pH).....	40
3.4.5 Acidez potencial (H+Al).....	40
3.4.6 Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC _e), CTC _{pH7,0} e saturação por bases (V%).....	41
3.4.7 Saturação por alumínio (m%).....	42
3.4.8 Micronutrientes (cobre, manganês, zinco, ferro).....	42
3.5 Análise estatística dos resultados.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 Atributos físicos e químicos dos solos cultivados com arroz na região sul do AM.....	44
4.1.1 Textura dos solos.....	44
4.1.2 Matéria orgânica.....	47
4.1.3 Fósforo disponível.....	51
4.1.4 Potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.....	54
4.1.5 Acidez ativa.....	62
4.1.6 Capacidade de troca de cátions (CTC _{pH 7,0}) e saturação por bases (V%).....	64
4.1.7 Micronutrientes (cobre, manganês, zinco, ferro).....	67
4.2 Relações entre os atributos de 72 solos cultivados com arroz em campo natural na região sul do AM.....	74
4.2.1 Relações na determinação da acidez ativa (pH).....	74
4.2.2 Relação entre a acidez potencial (H+Al) e o pH SMP de 72 solos de campo natural cultivados com arroz.....	76
4.2.3 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por alumínio (m%) em solos de campo natural cultivados com arroz.....	78
4.2.4 Relação entre saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).....	80
4.2.5 Relação entre a acidez ativa (pH) e a saturação por bases (V%) de solos em campo natural cultivados com arroz.....	81
4.2.6 Relação entre CTC _{pH 7,0} e os teores de carbono orgânico total (COT) e argila.....	83
5 CONCLUSÕES.....	85
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
APÊNDICES.....	92

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Amazonas está entre os estados brasileiros que cultivam as menores áreas de arroz, com uma produção total de 10,3 mil toneladas em uma área de 4800ha e produtividade média de 2146kg ha^{-1} na safra 2009/10 (CONAB, 2010). O Estado caracteriza-se pelo sistema de cultivo de arroz de terras altas, concentrando a maior área de exploração contínua e mecanizada em áreas de campos naturais na região sul do Estado.

A região sul do Estado compreende os municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré, Lábrea e Novo Aripuanã, onde a exploração mecanizada de arroz de terras altas ocorre em campos naturais favorecida pela topografia plana a suavemente ondulada, precipitação pluviométrica com variação de 2.250mm a 2.750mm com época bem definida e outras variáveis que potencializam a região para o cultivo de arroz.

Os solos em áreas de vegetação sob campos naturais não cultivados no município de Humaitá e região apresentam valores de pH em água muito baixos, teores de fósforo normalmente muito baixos, teores de potássio, cálcio e magnésio considerados baixos. O teor de alumínio, por sua vez, é considerado alto, assim a saturação por alumínio (RAMALHO et al., 1994; MARTINS et al., 2006; CAMPOS 2009; EMBRAPA, 2000).

Para tornar os solos sob campo natural produtivos, elevados foram e continuam sendo os gastos com insumos agrícolas para elevar o nível de fertilidade desses solos por parte do produtor rural, incentivado por programas do governo do Estado do Amazonas na busca de viabilizar a produção de arroz na região de estudo. O início do ciclo produtivo principalmente no cultivo de arroz ocorreu no ano de 1994, tendo o seu auge de área cultivada no ano de 1997, decrescendo nos anos

seguintes e mantendo-se estável até por volta do ano de 2005, quando novamente houve um decréscimo da área cultivada e permanecendo até a atualidade (IDAM, 2010).

Ao longo dos anos de cultivo, constatavam-se baixas produtividades do arroz, que podem ser atribuídas a vários fatores, dentre os quais atributos químicos de solo limitantes. No entanto, poucos estudos têm sido realizados relacionados ao nível de fertilidade dos solos cultivados com arroz.

Em função do exposto, foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar os principais atributos químicos de solos da região, identificando as possíveis limitações químicas bem como estabelecer relações entre os atributos dos solos cultivados com arroz dos campos naturais da região sul do Estado do Amazonas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O arroz no Brasil e no Estado do Amazonas

A área total do Brasil cultivada com arroz foi de 2,9 milhões de hectares na safra 2008/09, correspondendo a um aumento de 1,2% em relação à safra anterior (CONAB, 2009). Já na safra 2009/2010, a área total cultivada no país diminuiu para 2,76 milhões de hectares devido a problemas climáticos que ocorreram no Rio Grande do Sul (CONAB, 2010). O Rio Grande do Sul, Estado maior produtor nacional de arroz, apresentou uma produção de 7,905 milhões de toneladas e uma produtividade média de 7.150kg ha^{-1} na safra 2008/09 (CONAB, 2009) e na safra seguinte, a produção e produtividade atingem patamares mais baixos em função dos problemas climáticos (CONAB, 2010).

Da região norte do país, o Estado do Amazonas é o sexto colocado entre os sete estados que cultivam o arroz. Apresentou uma produção de 10,3mil toneladas em 4800ha com produtividade média de 2146kg ha^{-1} na safra 2009/10 (CONAB, 2010). O Estado caracteriza-se pelo sistema de cultivo de arroz de terras altas, concentrando a maior área de exploração contínua e mecanizada em áreas de campos naturais na região sul do estado, nos municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré, Lábrea e Novo Aripuanã.

Segundo informações do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas - IDAM, a área total cultivada com arroz na região sul do Estado teve seu pico na safra agrícola 1997/98, em função dos incentivos ao setor por parte do Governo do Amazonas, alcançando uma área total de 10.210ha, sendo 9.365ha com arroz de terras altas, 545ha com soja e 300ha com milho. Nas safras seguintes a área total cultivada foi decrescendo

gradativamente. A queda significativa ao longo dos anos se deve a vários fatores: endividamento dos produtores rurais, ausência da continuidade de programas de apoio ao setor como Procalcário por parte do governo do Estado, baixos preços dos produtos, ausência de licenciamento ambiental das propriedades, carência da pesquisa, etc.

A produção de arroz no Estado é insuficiente para atender a demanda por este importante alimento. O Estado de Roraima foi, por muito tempo, o principal fornecedor de arroz para o Estado do Amazonas. Porém, as áreas de produção de arroz daquele Estado foram incorporadas a reserva indígena, e hoje o arroz consumido no Amazonas vem das regiões sul e centro-oeste do Brasil e até mesmo da Argentina, o que encarece o produto no comércio local e torna a região dependente de fornecedores externos.

2.2 Descrição e localização da área

A área em estudo é composta pelos municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré e Novo Aripuanã, situados no sul do Amazonas. Ao sul do município de Humaitá, estradas Humaitá – Porto Velho e Humaitá – Manaus, a região é bastante plana e encontram-se grandes áreas de campos e campo cerrado (VOLKOFF; CERRI, 1981).

Os municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama, possuem cerca de 560.000ha de campos naturais, sendo que, 190.000ha pertencem à FUNAI. A Unidade de Conservação dos Campos Amazônicos, criada recentemente pelo Governo Federal, abrange grande parte dos campos naturais localizados nos municípios de Manicoré e Novo Aripuanã. Assim, estima-se que a área pertencente aos produtores é de aproximadamente 50.000ha.

O município de Humaitá encontra-se em uma altitude de 90m acima do nível do mar, a 588km de Manaus em linha reta e 959km via fluvial. Este município está a 200km de Porto Velho, capital de Rondônia, via BR – 319. Por esta rodovia o município é ligado a Manaus, porém o trecho encontra-se intransitável atualmente.

A sede dos demais municípios não é acessada por rodovias, com exceção de Novo Aripuanã, ligada pela BR 230 (transamazônica)

2.3 Clima e precipitação pluviométrica

A temperatura média da região varia em torno de 24°C a 26°C. A umidade relativa do ar varia de 80% a 90%. A pluviosidade varia de 2.250mm a 2.750mm, com período chuvoso iniciando no mês de setembro e estendendo-se até o mês de maio (BRASIL, 1978). Ao longo dos anos se observa que os maiores índices pluviométricos ocorrem nos meses de janeiro a março. O clima é do tipo tropical chuvoso pela escala de Köppen e se enquadra na classe Am, que apresenta um período seco curto (RAMALHO et al., 1994).

2.4 Geologia, geomorfologia e vegetação

Quanto à geologia, há uma diversidade dos materiais relacionados à sua natureza e idade geológica na região do médio Rio Madeira. As áreas de campos naturais na região do Médio Madeira são formadas a partir de aluviões Indiferenciados ou Antigos, oriundos do Holoceno e advindos de dois ciclos de sedimentação. O primeiro denominado banco arenoso, inferior, que representa a sedimentação plúvio-fluvial e o segundo ciclo, por sedimentos argilosos superiores, indicando sedimentação lacustrina. Constituído por argilas, siltes e areias muito finas a grossas, diminuindo a granulometria para o topo. Predominam areias finas, localmente com estratificações plano-paralelas horizontais e cruzada tabular de pequeno a médio porte; intercalações e interdigitações de material siltico e argiloso, níveis de concentração ferruginosa com lâminas liminólicas, pelotas de argila dispersa e, ocasionalmente, lentes de conglomerados (BRASIL, 1978).

O Zoneamento Econômico Ecológico – ZEE do Sul-Sudeste do Amazonas (2008) mostra que o relevo da planície Amazônica tem como principal característica a presença de uma superfície pediplanada, localmente interrompida por colinas de topo plano, onde forma uma zona de transição, a Depressão Marginal Sul Amazônica, esculpida sobre os terrenos do embasamento cristalino, caracterizada por colinas, superfícies tabulares e formas de relevo residual.

Nos campos naturais e zona de transição para floresta, o relevo é aproximado ao do tipo “tabuleiro”, com bordos ligeiramente abaulados e pequenos desníveis. Da cota mais baixa nos igarapés em relação à cota mais elevada no

terreno, ocorre um desnível de 15 a 20 metros, geralmente de maneira súbita (BRAUN; RAMOS, 1959).

Com relação à vegetação, a região é destacada pela floresta e pelos campos naturais.

No caso dos campos naturais da região sul do Estado do Amazonas são encontradas diferentes denominações descritas por vários autores, como Savana ou Cerrado, que se diferenciam em Savana Arbórea, Savana Parque e Savana Arbórea densa; Campos de Puciari–Humaitá e inclui várias formações campestres, onde a vegetação que prevalece é a gramíneo-lenhosa baixa, que se alternam, às vezes, pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios, numa referência às unidades isoladas que ocorrem entre os rios Ituxi e Madeira; campo limpo em menor proporção e campo sujo, coberto por gramíneas associadas a arbustos e árvores com predomínio de mangabeira (*Hancornia speciosa*); campo e cerrado (CARVALHO, 1986; BRASIL, 1978; RAMALHO et al., 1994; BRAUN; RAMOS, 1959).

Na tipologia vegetal de Florestas, destaca-se a Floresta Tropical Densa, da bacia do rio madeira, sendo uma cobertura densa, de alto porte e com grande diversidade genética, e a Floresta Tropical Aberta, onde predominam as palmáceas, com destaque para o babaçu (BRASIL, 1978).

As espécies vegetais mais encontradas na região são mangaba (*Hancornia speciosa*), babaçu (*Orbignya sp*), pataná (*Oenocarpus batana*), murici (*Byrsonima coccolobifolia*), buriti (*Mauritia flexuosa*), *Byrsonima verbascifolia*, lixeira (*Curatella americana*), *Roupala complicata*, *Antoria ovata*.

2.5 Os solos na região sul do Estado do Amazonas

A região de abrangência deste estudo no sul do Estado do Amazonas carece de mapeamentos mais detalhados de seus solos em campos naturais diante da enorme diversidade de solos na região.

No entanto, os solos sob campos naturais da rodovia do estanho, as classes de solo apontadas são Plintossolo Háplico Distrófico e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico de textura média (EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006).

Na região do Rio Madeira, as unidades de solo que predominam são Plintossolos Háplicos Distróficos, com argila de atividade baixa e os Argissolos

Vermelho-Amarelo Distróficos plínticos, com argila de atividade baixa, recoberto pelo contato savana/floresta aberta em relevo plano (BRASIL, 1978; EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006).

De acordo com o Zoneamento Ecológico e Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas (2008), os solos variam com as fisiografias onde os mesmos se encontram. A área localizada no ambiente fisiográfico formado por campo/floresta apresenta três principais classes de solos. Os Plintossolos nas áreas de campos naturais e os Latossolos nas áreas de florestas e Argissolos na transição.

Martins et al., (2006) descreveram os atributos diferenciais de solos em campo nativo e matas adjacentes na região de Humaitá, sendo em campo nativo o Plintossolo Argilúvico Alumínico típico (FTa) e em mata adjacente como Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico (PVAa) (EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006).

No levantamento realizado mais recentemente por Campos (2009), classificou solos em ambiente não antropizado localizado em terras do 54º Batalhão de infantaria de Selva do Exército, situado nas coordenadas geográficas de 7° 30' 24" e 63° 04' 56", município de Humaitá-AM, em toposseqüência na seqüência Campo/Floresta subdividida com base na vegetação e no relevo em quatro unidades pedoambientais (Fig. 1): campo alto com posição mais elevada no relevo, campo baixo em posição mais baixa, zona de ecótono em posição mais rebaixada e floresta nas áreas mais elevadas. Na primeira unidade pedoambiental, campo alto, o solo foi classificado em Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, A moderado, apresentando horizonte plíntico a 90cm de profundidade. Na segunda unidade pedoambiental, campo baixo, o solo foi classificado em Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado, restritas as condições de drenagem, com cores de redução a partir dos 27cm. Na terceira unidade pedoambiental, zona do ecótono, o solo foi classificado em Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado, menos evoluído, com pior condição de drenagem entre os cambissolos, comprovada pela presença de um horizonte glei a 90cm de profundidade. Na quarta unidade pedoambiental, sob floresta, o solo foi classificado em Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média (leve)/média, A moderado, mais bem drenado, contribuindo para um maior desenvolvimento pedogenético, apresentando horizonte plíntico a 130cm.

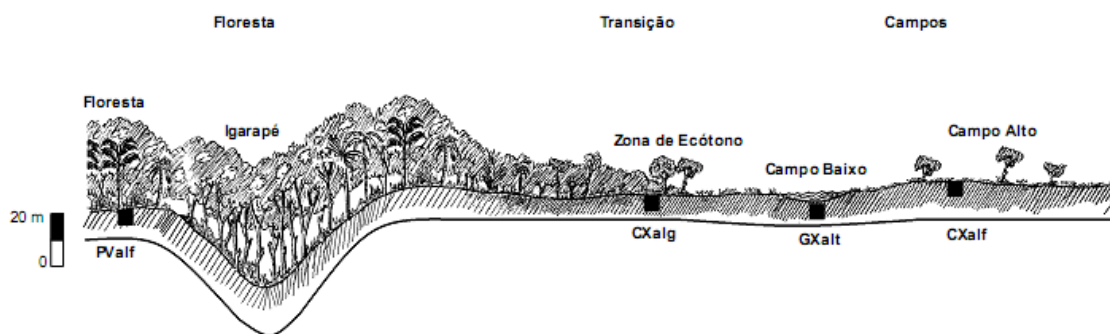


Figura 1. Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em topossequência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.

Fonte: Campos (2009) adaptado de Braun e Ramos (1959).

Os solos da Fig. 1 são: Gleissolo Háplico (GXalt); Cambissolo Háplico (CXalg); Cambissolo Háplico (CXalf) e Argissolo Vermelho (PValf) (CAMPOS, 2009).

Segundo Martins et al., (2006), a ocorrência de solos com maior profundidade efetiva, melhor drenagem e maior volume de armazenamento de água, estão relacionados com uma maior inclinação do horizonte plintico no sentido do igarapé, que aumenta o fluxo de água nesta direção e favorece o aparecimento da vegetação de floresta. Em condições opostas a estas, a pior drenagem favorece o aparecimento da vegetação de campo natural. A ocorrência de solos pedogeneticamente mais velhos, considerados mais profundos, ocorre sob vegetação de florestas, enquanto solos menos desenvolvidos e mais rasos ocorrem sob vegetação de campo natural (MARTINS, 2001).

Braun e Ramos (1959) indicam que os solos dos campos naturais se originam das argilas siltosas da formação Barreiras, num clima quente e úmido, sob uma drenagem deficiente devido o terreno ser bastante plano.

Embora os dados disponíveis especificamente para a região não permitam uma análise mais precisa, as principais limitações dos solos das áreas visitadas em Humaitá são baixa fertilidade natural, alta porcentagem de saturação por alumínio e drenagem deficiente nas áreas de menores cotas, onde predominam texturas que variam de argilosas até arenosas (RAMALHO et al., 1994).

Os Plintossolos requerem manejo especial visando à conservação de seu horizonte superficial e, provavelmente, o cultivo mínimo seja a prática mais adequada para a produção continuada (CARVALHO, 1986).

2.5.1 Atributos mineralógicos do solo

A composição mineralógica dos solos apresenta uma riqueza em minerais silicatados, com pequenas variações nos diferentes pedoambientes em campos naturais (CAMPOS, 2009).

No estudo realizado por Campos (2009) em áreas de campos naturais não cultivados através de uma topossequência, mostra que a fração areia comportou-se de maneira uniforme nos diferentes pedoambientes, composta exclusivamente por quartzo. Em relação à mineralogia da fração silte, com exceção do pedoambiente de campo baixo, todos os demais apresentaram nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (Bi e Bt₁) presença da muscovita. Esta fração ainda apresentou outros componentes mineralógicos, como feldspato, anatásio e quartzo. Por outro lado, caulinita, gibbsita e ilmenita foram observados apenas nos pedoambientes de campo alto e floresta. A fração argila apresentou composição mineralógica semelhante, com caulinita, mica (ilita), quartzo, feldspatos e anatásio. Ainda na fração argila, foram encontrados em alguns pedoambientes a goethita, pirofilita, vermiculita, etc.

2.5.2 Atributos químicos do solo

Os teores dos atributos químicos dos solos em campos naturais não cultivados são muitos semelhantes segundo os trabalhos realizados na região.

Ramalho et al., (1994) realizaram a coleta de seis amostras de solo de 0 a 20cm de profundidade em áreas de vegetação sob campo cerrado não cultivado no município de Humaitá – AM, com o objetivo de avaliar os atributos químicos dos solos, período que se iniciava o cultivo de arroz na região. Martins et al., (2006) estudaram os atributos diferenciais de solos em campo nativo e matas adjacentes na região de Humaitá, localizado a 15Km de Humaitá no lado direito da BR-319, sentido Humaitá – Porto Velho, sob coordenada geográfica de 7°37'S, e 63°05'W.Gr, avaliando 10 perfis, sendo 5 sob mata e 5 sob campo cerrado nativo não cultivado. Tais amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 60-80cm, em trincheiras.

Estudo semelhante em solos sob campos naturais foi realizado por Campos (2009), onde classificou solos em ambiente não antropizado localizado em terras do 54º Batalhão de infantaria de Selva do Exército, situada nas coordenadas geográfica de 7° 30' 24" e 63° 04' 56", a 5Km da sede do município de Humaitá-AM, em topossequência Campo/Floresta subdividida com base na vegetação e no relevo em quatro unidades pedoambientais (Fig. 1): campo alto com posição mais elevada no relevo, campo baixo em posição mais baixa, zona de ecótono em posição mais rebaixada e floresta nas áreas mais elevadas. Foram coletadas 20 amostras de solo laterais aos perfis modais em cada pedoambiente.

Em três áreas sob campo natural já cultivado foi conduzido o estudo por Kramer (2006), duas localizadas no Km 30 da BR 319 e uma terceira no Km 20 da mesma BR sentido Porto Velho. Foram coletadas 18 mais 18 amostras simples de solo na profundidade de 0-20cm e 20-40cm, respectivamente em cada área para avaliar o nível de fertilidade e posteriormente a produtividade de arroz obtida entre outras variáveis. Os teores médios obtidos dos atributos do solo de 0-20cm nos estudos citado acima foram referenciados no presente estudo.

2.5.2.1 Macronutrientes (Ca, Mg, P, K, Na)

A existência de campos cerrados está comprovadamente associada à presença de solos extremamente pobres em nutrientes, especialmente fósforo e bases trocáveis. A maioria dos solos altamente intemperizados tem pouca reserva de Ca e Mg intemperizáveis, sendo o Al o cátion que se liga à maior parte das cargas negativas do solo.

No estudo de Campos (2009), as bases trocáveis, cálcio, magnésio, sódio e potássio apresentam valores baixos em todos os pedoambientes.

Os resultados obtidos por Ramalho et al., (1994) em campo cerrado nativo, apresenta valores médios de alguns atributos químicos do solo: P com valor de 2,2mg dm⁻³, considerado baixo; K com valor de 0,044cmol_c dm⁻³, considerado médio; Ca igual a zero; Ca + Mg com valor de 0,44cmol_c dm⁻³ e interpretado baixo. No estudo de Martins et al., (2006) em áreas de campo nativo de Humaitá (AM) após avaliação de 5 perfis de solo em 3 diferentes camadas, sendo que os valores aqui apresentados correspondem a valores médios de atributos químicos de 0 a 20cm de

profundidade: P igual a $1,0\text{mg dm}^{-3}$; K igual a $0,0327\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Ca igual a $0,38\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg igual a $0,16\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; S igual a $0,54\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Em três áreas de segundo ano de cultivo com arroz de terras altas, Kramer (2006) não verificou diferença significativa da soma de Ca + Mg, os valores obtidos foram $1,3$, $1,2$ e $1,0\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, no entanto abaixo do exigido pela cultura que é $2,0\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. No mesmo estudo, Kramer (2006) verificou que os níveis de potássio variaram de $0,05$ a $0,08\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e em média $0,06\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, já a variação nos teores de P foi $1,4$ a $3,9\text{mg kg}^{-1}$.

Os teores dos cátions trocáveis Ca, Mg e K e de P disponível em solos não cultivados com arroz (RAMALHO et al., 1994; MARTINS et al., 2006; CAMPOS, 2009) são muitas vezes menores que os valores obtidos em áreas cultivadas (KRAMER, 2006), porém ainda são considerados aquém do satisfatório para a cultura.

2.5.2.2 Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)

De acordo com Shuman (1991 apud ABREU et al., 2007), os micronutrientes estão associados: a solução do solo; à superfície inorgânica (troca iônica e adsorção específica); à matéria orgânica; aos óxidos; e aos minerais primários e secundários. Dentre os fatores que influem na retenção dos micronutrientes podem ser citados: textura, pH, umidade, teor de matéria orgânica, teor de óxidos de ferro, de alumínio e de manganês, espécie e concentração dos constituintes na solução do solo e sua velocidade de percolação (CAMARGO, 2006).

Com o aumento do pH no solo, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes catiônicos como zinco, manganês, cobre e ferro. Com adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade, na faixa de pH entre $5,5$ e $6,3$ ou em saturação por bases entre 40 e 60% (SOUSA; LOBATO, 2004)

Kramer (2006) avaliou os teores de micronutrientes em três áreas de cultivo e observou valores médios de Cu entre $0,21$ e $0,59\text{mg kg}^{-1}$, Fe entre $6,9$ e $15,5\text{mg kg}^{-1}$, Mn entre $0,8$ a $1,5\text{mg kg}^{-1}$ e Zn entre $0,11$ e $0,23\text{mg kg}^{-1}$. Segundo a tabela de interpretação dos micronutrientes para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004), os valores do Cu permaneceram nas classes baixo a médio, os do Fe, nas classes de baixo a médio, Mn, na classe baixo e o Zn, na classe baixo.

2.5.2.3 Matéria orgânica (MO)

Grande parte da estabilidade da matéria orgânica no solo (MOS) ainda não é completamente entendida. Sabe-se que, além da proteção coloidal e física, parte da MOS advém de sua estabilidade bioquímica (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A proteção química ou coloidal é atribuída à associação da MOS com as frações argila e silte do solo, formando complexos argilo-orgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Na estabilização física, as partículas primárias do solo (areia, silte e argila) são arranjadas em agregados, e esses por sua vez mostram importante papel na estabilização da MOS. Os agregados do solo atuam fisicamente, diminuindo o acesso pela microbiota e seu sistema enzimático, bem como reduzindo a difusão de oxigênio nos microporos (SILVA; MENDONÇA, 2007). Em solo arenoso com predomínio de poros entre 6 e 30 μm , microrganismos são encontrados tanto na superfície como dentro dos agregados, mas, em solo argiloso com diâmetro de poro $<0,2\mu\text{m}$, os microrganismos são encontrados apenas na superfície do agregado (CHENU et al., 2001 apud SILVA; MENDONÇA, 2007).

Os cátions são importantes na estabilização da MOS, pois servem de ponte entre os compostos orgânicos e as argilas. Em solos tropicais ácidos, sob condições naturais, o Al é dos cátions mais abundantes e desempenha papel importante na agregação e na estabilização da MOS. Em solos cultivados onde foi efetuada a calagem, o Ca é o cátion que predomina, atua na estabilização física, permitindo maior floculação das partículas do solo, conseqüentemente melhorando a agregação, bem como leva a um aumento na condensação das moléculas orgânicas em decorrência do contrabalanceamento de cargas negativas em grupamentos funcionais da MOS (SILVA; MENDONÇA, 2007). Adicionalmente, o Ca participa de pontes metálicas entre a MOS e os minerais das frações mais finas do solo (MUNEER; OADES, 1989 apud SILVA; MENDONÇA, 2007).

A estabilização bioquímica deve-se à complexa composição química dos compostos orgânicos. Essa complexidade pode ser inerente ao próprio resíduo vegetal adicionado ao solo (com, por exemplo, alto teor de compostos fenólicos, lignina, taninos, etc.) ou aos processos de condensação e polimerização que

ocorrem durante a decomposição dos resíduos vegetais (humificação), tornando-os mais resistentes à decomposição (SILVA; MENDONÇA, 2007).

A capacidade de troca catiônica (CTC) da matéria orgânica em solos tropicais pode representar um grande percentual da CTC total do solo, atuando na retenção de nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (BAYER; MIELNICZUK, 2008). A fração húmica da matéria orgânica apresenta em torno de 400–800 cmol_c kg⁻¹, superior as estimativas feitas para a matéria orgânica do solo como um todo, devido à maior concentração de radicais carboxílicos nessa fração (SPOSITO, 1989). Bayer e Mielniczuk (1997 a) relatam em estudo realizado em solo sob plantio direto, em que a elevação da CTC está relacionada ao aumento dos teores de matéria orgânica, a qual apresentou uma CTC em torno de 314 cmol_c kg⁻¹.

A MOS contribui com 20-90% da CTC das camadas superficiais de solos minerais e, praticamente toda a CTC de solos orgânicos. Em solos tropicais, com cargas predominantemente variáveis, dependentes de pH, em estágio avançado de intemperismo, com a fração argila dominada por caulinita e oxihidróxidos de Fe e Al, a contribuição da MOS é maior, principalmente quando em baixos teores de argila (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Os teores de MO nos solos de campos naturais do sul do Estado do Amazonas variam de 8,2 a 18,9 g kg⁻¹ (MARTINS et al., 2006; RAMALHO et al., 1994; KRAMER, 2006).

2.5.2.4 CTC efetiva e CTC pH 7.0

A capacidade de troca de cátions (CTC) expressa a quantidade de cátions que o solo pode reter na forma de complexos de esfera externa (íons trocáveis) e representa indiretamente a quantidade de cargas negativas presentes no solo. Em solos tropicais e subtropicais predominam argilominerais 1:1 (caulinita) e ocorrem elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio, o que resulta em baixos valores de CTC (SILVA et al., 2006).

Os solos de cerrado são bastante intemperizados, sua fração argila é pobre em cargas e uma CTC adequada depende em essência da matéria orgânica do solo (SOUSA; LOBATO, 2004). Assim, nesses solos, a presença de baixos teores de MO está relacionada à baixa CTC.

Nos solos sob campo nativo na região sul do AM, os valores da CTC efetiva variam de 2,26 a 9,78 cmol_c dm⁻³ (MARTINS et al., 2006; RAMALHO et al., 1994), já a CTC pH 7,0 varia de 4,89 a 10,3 cmol_c kg⁻¹ (MARTINS et al., 2006; CAMPOS, 2009).

2.5.2.5 Acidez ativa (pH) e potencial (H+Al)

A acidez ativa é determinada pelo potencial de H⁺ na solução do solo, em equilíbrio com os colóides e a sua medida é expressa pelo índice pH, que é igual ao logaritmo negativo da concentração molar de H⁺ na solução (RAIJ, 1991). Em solos com baixo pH, a disponibilidade de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) e P diminui e os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn têm sua disponibilidade aumentada, podendo em algumas situações, atingir níveis tóxicos para as plantas (MALAVOLTA, 1976).

A acidez potencial é constituída pelo somatório de todas as fontes de H⁺ que existem nos componentes sólidos do solo, principalmente, o alumínio trocável e os grupos funcionais orgânicos e inorgânicos. Ela é, portanto, proporcional aos teores de alumínio, de argila e de matéria orgânica existentes no solo e determina a necessidade de calcário (ERNANI, 2008).

Os valores de pH em água do solo em campo nativo não cultivado apresentam uma amplitude de 3,80 a 5,20 (RAMALHO et al., 1994; MARTINS et al., 2006; CAMPOS, 2009). A acidez potencial (H+Al) nesses mesmos solos apresenta valores médios que variam de 4,19 a 10,74 cmol_c kg⁻¹ (RAMALHO et al., 1994; MARTINS et al., 2006; CAMPOS, 2009). Os resultados obtidos por Kramer (2006), em três áreas cultivadas com arroz, são valores médios de pH em água e pH em CaCl₂ variando de 4,5 a 4,7 e 4,0 a 4,2, respectivamente. O pH em água se manteve em média 0,4 e 0,5 pontos superior ao pH em CaCl₂. Os valores da acidez potencial (H+Al) variaram de 5,5 a 12,5 cmol_c kg⁻¹ (KRAMER, 2006).

2.5.2.6 Saturação por alumínio (m %)

A saturação por alumínio expressa o quanto da CTC efetiva está preenchida por alumínio trocável. De acordo com Lopes e Guilherme (2004), em termos práticos, reflete a percentagem de cargas negativas do solo, próxima ao pH natural, que está “ocupada” por Al trocável. Em geral, quanto mais ácido um solo, maior o

teor de Al trocável em valor absoluto, menores teores de Ca, Mg e K, menor a soma de bases e maior a percentagem de saturação por alumínio.

Nos solos sob campo nativo não cultivado, os teores de Al variam de 1,72 a 6,70 cmol_c kg⁻¹ (RAMALHO et al., 1994; MARTINS et al., 2006; CAMPOS, 2009). Já a saturação por alumínio (m%) determinado por Martins et al., (2006), encontrou valor médio de 75%, sendo que no estudo de Campos (2009), estes valores variaram de 76 a 93%. Segundo Kramer (2006), a saturação por alumínio (m%) variou de 54,8% a 73,1% em área já cultivada. Alguns autores consideram que valores de m% maiores que 45%, são tóxicos para a cultura do arroz.

2.5.2.7 Saturação por bases (V%)

A porcentagem de saturação por bases indica o quanto da CTC a pH 7,0 é ocupada por cátions básicos (Ca, Mg, K e Na).

Dados obtidos experimentalmente no cerrado indicam que a produtividade de grãos das culturas de sequeiro, (soja, milho, trigo e feijão) aumenta com a saturação por bases até 40% e estabiliza entre valores de 40% e 60%. Quando a V% for superior a 60%, o pH em água do solo será maior que 6,3 (SOUSA; LOBATO, 2004).

Conforme o estudo realizado por Martins et al., (2006) em áreas de campo nativo de Humaitá (AM), o valor médio de saturação por bases (V%) obtido corresponde a 8,02%. A soma de bases e saturação por bases é muito baixa em todos os pedoambientes estudados por Campos, (2009).

O estudo realizado por Kramer (2006) determinou valores médios de V% variando de 9,2 a 22,1%, considerado bem abaixo do exigido pela cultura de arroz de Terras Altas que é de 40%.

2.5.3 Frações granulométricas do solo

A proporção de areia, silte e argila afetam as propriedades físicas e químicas do solo e se constitui em fator importante para o potencial produtivo dos solos.

No estudo realizado por Martins et al., (2006), o valor médio obtido de areia corresponde a 180g kg⁻¹, silte 640g kg⁻¹ e argila 180g kg⁻¹, enquadrando estes solos na classe textural franco-argilo-siltosa.

No estudo realizado por Campos (2009), foi verificado que os solos dos pedoambientes de campo alto apresentam textura franca, enquanto que no campo baixo e zona do ecótono, a classe textural dominante foi franco-argilo-siltosa. A fração argila foi bastante semelhante em todos os pedoambientes, apresentando valores mais altos no Gleissolo da parte mais baixa da paisagem. Já os teores de areia foram menores nos pedoambientes de campo baixo e zona do ecótono quando comparados aos pedoambientes de campo alto e floresta e a fração silte é dominante em todos os pedoambientes.

No campo baixo e em parte da área de campo médio, as operações agrícolas às vezes são dificultadas no período mais intenso das chuvas em função do solo não oferecer um suporte adequado para máquinas agrícolas. Com o passar dos cultivos, esse problema tem diminuído, acredita-se que seja em função da formação de uma camada compactada do solo ocasionada pela gradagem pesada em mesma profundidade no momento do preparo do solo. Já no campo alto, é mais difícil ocorrer esse problema.

2.6 Relações entre os diferentes atributos do solo.

2.6.1 Determinação da acidez ativa (pH)

Nas determinações da acidez ativa (pH em água), as relações solo:solução mais utilizadas são 1:1 e 1:2,5, pois em geral, o aumento da relação determina maior valor de pH (MOTTA et al., 2009).

O pH em água é afetado pela força iônica da solução que é variável entre os solos, e o uso do CaCl_2 tende a diminuir o problema, já que uniformiza a força iônica.

Na determinação do pH utilizando soluções de KCl N ou CaCl_2 0,01M, os cátions K e Ca permutam com os H trocáveis existentes na superfície do colóide, passando para a solução. Por essa razão, o pH determinado na suspensão de terra em KCl ou CaCl_2 apresenta valores de pH com cerca de uma unidade abaixo do pH encontrado usando água destilada (KIEHL, 1979). Corroborar com a afirmação anterior Kaminski et al., (1989) que, o menor valor de pH determinado na suspensão de terra em KCl ou CaCl_2 em relação ao pH em água, é devido, entre outros, ao deslocamento de íons H adsorvidos às cargas negativas do solo pelo cátion do KCl ou CaCl_2 , e este, por sua vez é menos sujeito do que o pH em água às freqüentes

variações dos teores de sais solúveis no solos resultantes da atividade microbiana e outras causas. Quaggio e Raij (2001), mostra que o pH determinado em solução $0,01\text{mol L}^{-1}$ de CaCl_2 é, em média, 0,6 unidades menor do que o pH em água, embora as diferenças sejam bastante variáveis.

O pH em cloreto de cálcio é uma determinação mais precisa do que o pH determinado em água que é muito afetado por pequenas quantidades de sais presentes no solo (SCHOFIELD; TAYLOR, 1955; DAVEY; CONYERS, 1988; apud QUAGGIO; RAIJ, 2001).

2.6.2 Relação entre acidez potencial (H+Al) e índice SMP

A determinação da acidez potencial (H+Al) nos laboratórios de rotina requer muito tempo e gastos com reagentes. Em função disso, muitos laboratórios optaram para fazer a determinação da acidez potencial de forma indireta baseados na relação conhecida entre o pH SMP ou índice SMP e o H+Al. Tendo em vista as diferentes condições edafoclimáticas, como o caso do Estado do Amazonas, a determinação de um modelo matemático para estimar as concentrações de H+Al retidas no solo, requer um estudo regional prévio (PAVAN et al., 1996; QUAGGIO; RAIJ, 2001).

A determinação da acidez potencial (H + Al) é extraída com solução de acetato de cálcio $0,5\text{mol L}^{-1}$ a pH 7 e titulada com hidróxido de sódio 0,025N (EMBRAPA, 1997).

A solução tampão SMP, sigla que deriva do nome dos autores do método, Shoemaker, McLean e Pratt (1961), é uma mistura de reagentes (p-nitrofenol, trietanolamina, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio), em proporção tal que a curva da titulação fornece uma reta (RAIJ, 1991). No laboratório, o tampão, inicialmente a pH 7,5, é misturado com o solo, agitado, e o pH do equilíbrio resultante é lido, sendo que a depressão de pH reflete diretamente a acidez transferida do solo para a solução tampão (RAIJ, 1991).

No método de rotina o tampão SMP é usado para estimar a acidez total (H+Al), de acordo com QUAGGIO et al., (1985), que adaptaram esse método para determinação direta da acidez total (QUAGGIO; RAIJ, 2001). Para isso, o método é calibrado através da correlação entre os valores de pH dos solos no tampão SMP e

a acidez total dos solos determinada pelo método do acetato de cálcio (QUAGGIO; RAIJ, 2001).

Analisando 246 amostras de solo provenientes de diversas localidades no estado do Amazonas, Moreira et al., (2004) observaram que o modelo de melhor ajuste dos dados foi o linear para estimar o H+Al a partir do pH SMP medido em água e em solução de CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$. Mesmo apresentando menor coeficiente de correlação ($r=0,89^*$), a equação 01 obtida em água foi mais eficiente que a equação 02 obtida em solução CaCl_2 ($r=0,91^*$), a qual subestima os valores da acidez potencial.

$$H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 30,646 - 3,848pH \text{ SMP } (r = 0,89) \quad (01)$$

$$H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 30,155 - 3,834pH \text{ SMP } (r = 0,91) \quad (02)$$

No estudo de Pereira et al., (1998), a curva de regressão estimada adequou-se ao modelo exponencial para solos do Rio de Janeiro. Para o estado do Rio Grande do Sul, a curva de regressão estimada adequou-se ao modelo exponencial (KAMINSKI et al., 2002). Para solos do nordeste Paraense, o modelo quadrático ajustou-se melhor aos resultados obtidos (GAMA et al., 2002).

2.6.3 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por alumínio (m%)

Existe um equilíbrio entre os diferentes componentes da acidez e de cátions básicos e uma das relações mais estudadas é entre a acidez ativa (pH) e a acidez trocável (Al^{3+} - KCl 1mol L^{-1}) ou saturação por alumínio (MOTTA; MELO, 2009). O Al^{3+} , em geral, tem relação inversa com o pH, sendo ajustáveis equações não-lineares, como equação logarítmica dentre outras (PIONKE; COREY, 1967; FOX, 1982; LIMA, 1986; FIGUEIREDO; ALMEIDA, 1991, citado por MOTTA; MELO, 2009). Resultados obtidos por Lima (1993 apud MOTTA; MELO, 2009), da relação entre Al^{3+} trocável e o pH em água (1:1) em cinco solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul, mostra que a completa hidrólise do Al^{3+} acontece quando o pH atinge valores próximos a 4,8 em CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$ ou 5,4 em água. Existe uma correlação negativa muito estreita entre pH e o teor de Al^{3+} trocável, desaparece do solo a partir de pH 5,7 (CATANI; ALONSO, 1969 apud MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985).

2.6.4 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por bases (V%)

A saturação por bases expressa a parte da CTC ocupada por cálcio, magnésio e potássio e tem uma relação de seus valores com o pH, demonstrada em inúmeros trabalhos e regiões do mundo (RAIJ, 1991).

Mehlich, (1941, 1942b apud MOTTA; MELO, 2009), relacionou o pH em água (1:1) com V% (relativo à CTC pH 8,2) e constatou grande diferença em função da mineralogia e da presença de componentes orgânicos. Mostrou que a relação apresenta-se de forma linear para caulinita e haloisita, já outros minerais tem comportamento não-linear, com curvaturas convexas, como as argilas 2:1 (beidelita, montmorilonita e illita) e os ácidos húmicos.

Em decorrência da natureza das cargas de superfície (permanentes ou dependentes de pH) e da acidez dos grupos funcionais, para um mesmo pH, maiores valores de V% são obtidos para minerais 2:1 comparativamente aos 1:1, indicando menor poder de dissociação dos componentes da acidez do mineral 1:1, isto é, agem como ácidos mais fracos que nos 2:1 (MOTTA; MELO, 2009). Existe na argila 1:1, proporcionalmente, mais grupos -AlOH que na 2:1, e o inverso para os grupos -SiOH, sendo os grupos -AlOH de menor acidez (MOTTA; MELO, 2009).

Regressões lineares entre pH e V para o horizonte A de grupo variado de solos do Estado de São Paulo, observado por Catani e Gallo (1955 apud RAIJ, 1991). A relação linear pode estar relacionada com a formação de cargas predominantemente na matéria orgânica, que apresenta maior homogeneidade de grupos funcionais: cargas principalmente de grupos carboxílicos (MOTTA; MELO, 2009).

Na relação de saturação por bases e pH, trabalho realizado por Catani e Gallo (1955 apud RAIJ, 1981), e outros trabalhos recentes mostram que a correlação é a mesma para outros solos ou mesmo outras regiões, assim adotou uma equação aproximada (03) para estimar o pH (1:2,5), onde por ela para uma V de 40% corresponde um pH de 5,5, e a uma saturação de 60%, corresponde pH 6,0 (RAIJ, 1981),

$$pH = 4,50 + 0,025V \quad (03)$$

Para calcular a necessidade de calagem para elevar a saturação em bases (equação 04), é preciso saber até quanto se quer chegar, ou seja, qual o valor desejado de V_2 na equação 04. Para isto, é necessário observar a relação entre a

saturação de bases e o pH do solo (RAIJ, 1981). As culturas e os cultivares dentro de uma mesma cultura, variam em tolerância à acidez e, portanto, as necessidades de calagem irão variar (RAIJ, 1981).

$$\text{Necessidade de calagem } NC = \frac{(V_2 - V_1)CTC}{100} \quad (04)$$

Nota-se que o pH não é envolvido nos cálculos (equação 04), utilizando-se a correlação expressa pela equação 03 apenas para indicar os valores aproximados do pH que deverão ser obtidos (RAIJ, 1981).

2.6.5 Relação entre $CTC_{pH\ 7,0}$ e os teores de argila e matéria orgânica (MO)

Na estimativa da CTC de latossolos como variável do teor de carbono orgânico total (COT) e da fração argila, seu coeficiente de regressão pode ser negativo (MENDONÇA; ROWELL, 1996; citado por SILVA; MENDONÇA, 2007). Comparando os coeficientes da equação 05 de $R^2 = 0,82$, pode-se determinar que o COT é 121 vezes mais importante que a fração argila como responsável pela CTC do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007).

$$CTC(cmol_c\ kg^{-1}) = 0,482 + 0,363COT(dag\ kg^{-1}) - 0,003arg(dag\ kg^{-1}) \quad (05)$$

Fageria et al. (1994) observaram uma relação positiva e significativa entre carbono orgânico total (COT) e teor de argila, indicando que solos argilosos são mais ricos em matéria orgânica.

Avaliando solos das várzeas do Rio Grande do Sul cultivadas com arroz, Reis (2008) efetuou regressões lineares múltiplas para estimar a CTC a pH 7,0, empregando dois métodos de determinação de COT (Walkley & Black e análise elemental) obtendo coeficientes de determinação significativos 0,64 e 0,70, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

As áreas amostradas para o presente estudo compreendem os campos naturais não cultivados e cultivados com arroz, soja e milho e utilizados para pastagem, localizados na região sul do Estado do Amazonas, mais especificamente abrangendo os municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré e Novo Aripuanã (Fig. 02 e 03).

As áreas estão localizadas ao longo de 3 rodovias, BR 230, BR 319 e Rodovia do Estanho. Na BR 230 foram amostradas áreas em um trecho de 20km em direção ao município de Lábrea, a partir do município de Humaitá. Na BR 319 foram amostradas áreas em um trecho de 172km em direção ao município de Porto Velho - RO, a partir do município de Humaitá e na rodovia do estanho foram amostradas as áreas compreendidas entre o rio branco e o final dos campos naturais ao longo de uma extensão de 60km em direção a Machadinho do Oeste – RO.

A determinação das classes de solos da área de estudo foi baseada segundo levantamentos anteriores realizados por pesquisadores e órgãos de pesquisa assim, as amostras foram agrupadas em função de sua localização e a ocorrência das principais classes de solo da região (Apêndice 1).

As amostras de solo coletadas localizadas no trecho da BR 230 município de Humaitá representam 15,28% do total e do trecho da BR 319 municípios de Humaitá e Canutama representam 51,39%, sendo que as classes de solo que predominam são: Plintossolo Háplico Distrófico, com argila de atividade baixa e os Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico plíntico, argila de atividade baixa, recoberto pelo contato savana/floresta aberta em relevo plano (RADAM BRASIL, 1978; EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006). Plintossolo Argilúvico Alumínico típico (FTa)

(EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006). Cambissolo Háplico Alítico plântico, textura média, A moderado (campo alto); Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, A moderado (campo baixo) e Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, A moderado (zona do ecótono). (CAMPOS, 2009). Há indícios da predominância de Cambissolos e Gleissolos na área de estudo e eventualmente a ocorrência de Plintossolos.

As amostras de solo localizadas no trecho da rodovia do estanho municípios de Manicoré e Novo Aripuanã representam 33,33% do total, onde as classes de solo que predominam são Plintossolo Háplico Distrófico e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico de textura média (EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006).

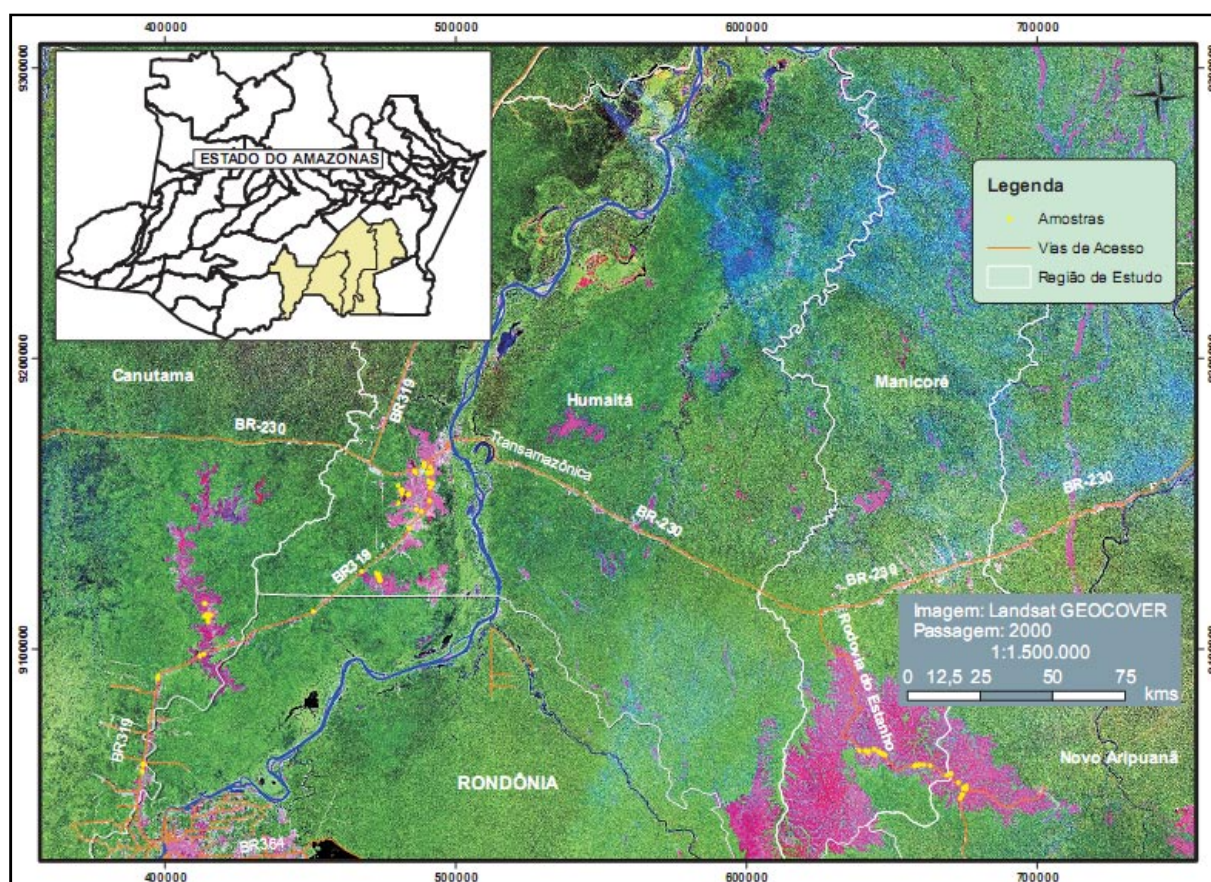


Figura 2. Mapa ilustrando as áreas de campos naturais em vermelho com contorno irregular apresentando pontos em amarelo indicando o local de coleta das amostras de solos e floresta de coloração verde na região sul do Estado do Amazonas.

Fonte: BRASIL, 2011.

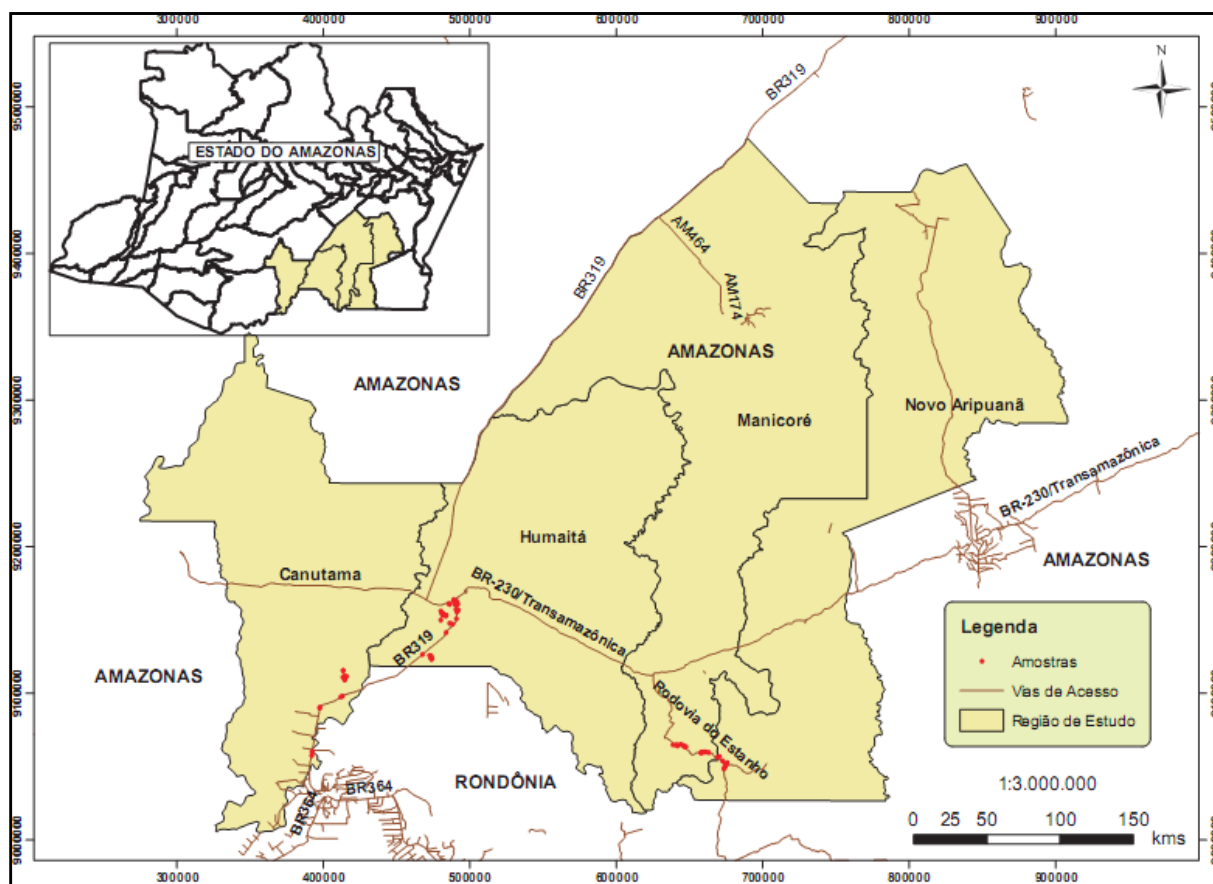


Figura 3. Mapa de localização da coleta de 72 amostras de solos (pontos em vermelho) ao longo das rodovias BR 230, BR 319 e rodovia do estanho nos municípios de Humaitá, Canutama, Manicoré e Novo Aripuanã no Estado do Amazonas.

3.2 Coletas das amostras de solo

A coleta das amostras de solo foi realizada no período seco da região, entre os meses de julho e agosto/2009. Das áreas amostradas, 13 nunca foram cultivadas, 33 foram anteriormente cultivadas e se encontram em pousio, 16 foram anteriormente cultivadas e no momento com pastagem e 10 estão sendo cultivadas.

Foram coletadas 72 amostras com aproximadamente 500g de solo, em um único ponto em cada local de amostragem a uma profundidade de 0 a 20cm utilizando-se uma pá de corte. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de 2kg, devidamente identificados. Os pontos de amostragem foram identificados através de coordenadas geográficas com o uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global) de navegação (Apêndice 02) com o registro de informações referentes ao local.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de aço inoxidável com abertura de malha de 2mm. As determinações físicas e químicas dos solos foram realizadas no laboratório de solos da UFPel.

3.3 Determinações físicas do solo

3.3.1 Granulometria

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), sendo a dispersão proporcionada pelo emprego de hidróxido de sódio 1N (NaOH) e agitação mecânica lenta por 16 horas. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação, segundo a lei de Stokes. A fração areia foi separada em areia grossa e fina por tamisação.

As amostras de solo foram enquadradas nas classes texturais de acordo com o triângulo textural do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SANTOS et al., 2005).

A apresentação da distribuição de freqüências para o teor de argila e respectiva textura das 72 amostras de solos foi baseada na tabela de interpretação de análise de solo do cerrado individualizando as classes texturais em: menor ou igual a 15% (textura arenosa), 16 a 35% (textura média), 36 a 60% (textura argilosa) e maior que 60% (textura muito argilosa) (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4 Determinações químicas do solo

3.4.1 Carbono orgânico total

O teor de carbono orgânico total (COT) foi determinado segundo o método de combustão de Walkley-Black descrito em Tedesco et al., (1995), que consiste em oxidar os compostos orgânicos do solo com dicromato de potássio em meio ácido (ácido sulfúrico). O conteúdo de COT foi obtido a partir do volume de sulfato ferroso gasto na titulação das amostras de solos. A matéria orgânica do solo (MO) foi estimada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724 (fator de van Bemmelen).

A distribuição de freqüências do teor de matéria orgânica das 72 amostras de solo foi realizada, separando-se os solos nos intervalos de classes em níveis baixa, média, adequada e alta em função da textura de cada solo, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.2 Fósforo, potássio e sódio disponível

O fósforo, sódio e potássio disponível foram extraídos com solução *Mehlich-1* (EMBRAPA, 1997). O teor de fósforo disponível foi determinado em espectrofotômetro com comprimento de onda de 660nm. A partir dos mesmos extratos, foram retiradas alíquotas para a avaliação simultânea de potássio disponível e sódio em fotômetro de chama.

Para o teor de fósforo, o intervalo das classes (níveis de fósforo) utilizado para apresentação da distribuição de freqüências das amostras de solo foi separado em níveis muito baixo, baixo, médio, adequado e alto em função da textura de cada solo, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

Para o teor de potássio, o intervalo das classes (níveis de potássio) utilizado para a apresentação da distribuição de freqüências destes teores nos solos foi separado em 4 níveis: baixo, médio, adequado e alto, previamente separados em função da CTC a pH 7,0 menor que $4\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ e igual ou maior que $4\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.3 Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

A análise dos teores de cálcio, magnésio e alumínio foi realizada por extração com cloreto de potássio 1mol L^{-1} , seguida da determinação da absorbância dos nutrientes de cálcio e magnésio em espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). A partir dos mesmos extratos, foi retirada uma alíquota para a determinação do teor de alumínio através da titulação com NaOH 0,0125M.

Na interpretação dos teores de cálcio e magnésio, o intervalo das classes (níveis de cálcio e magnésio) atribuídas para a distribuição de freqüências das

amostras de solo foi: baixo, adequado e alto, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.4 Acidez ativa (pH)

A acidez ativa foi avaliada através de medição de pH em solução aquosa e CaCl_2 , utilizando a relação 1:2,5 de solo:solução segundo método descrito em Embrapa (1997) e pelo método apresentado por Tedesco et al., (1995) onde a acidez é determinada pelo pH em solução aquosa com a relação solo:solução 1:1. Segundo a metodologia descrita em Embrapa (1997), pesou-se 10 gramas de solo em frasco plástico e adicionou-se 25ml de água destilada e ou solução CaCl_2 0,01M, agitando com bastão de vidro, permanecendo em repouso por 60 minutos. Decorrido esse tempo, as amostras novamente foram agitadas e foi determinado o pH em água. Segundo a metodologia descrita por Tedesco et al., (1995), pesou-se 10 gramas de solo em frasco plástico e adicionou-se 10ml de água destilada agitando com bastão de vidro, permanecendo em repouso por 30 minutos. Decorrido esse tempo, as amostras novamente foram agitadas e foi determinado o pH em água.

A apresentação da distribuição de frequências do pH em solução aquosa e CaCl_2 , utilizando a relação 1:2,5 de solo:solução segundo método descrito em Embrapa (1997) das amostras de solo foi baseada nos intervalos de classes em níveis baixo, médio, adequado, alto e muito alto, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.5 Acidez potencial (H+Al)

A acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução de acetato de cálcio $0,5\text{mol L}^{-1}$ a pH 7 (Embrapa, 1997). Na determinação da acidez potencial, 5 gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) e 75mL de solução extratora de acetato de cálcio ($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) $0,5\text{mol L}^{-1}$ a pH 7,0 foram colocados em frasco “snap-cap” de 50mL. Após agitação por 30 minutos em agitador horizontal com 120rpm e repouso por 16 horas, retirou-se uma alíquota de 25mL do sobrenadante e, a seguir, adicionou-se 4 gotas de fenolftaleína a 1% e determinou-se a quantidade de H+Al por titulação com NaOH 0,0125M padronizado com ácido sulfúrico 0,025M.

Visando estimar a acidez potencial, foi determinado o índice SMP após a determinação do pH em água e CaCl_2 segundo o método descrito pela Embrapa (1997), foram adicionados 5ml da solução tampão SMP nos mesmos frascos nos quais anteriormente foi medido o pH, os mesmos foram homogeneizados por agitação manual com bastão de vidro e permaneceram em repouso por 60 minutos. Decorrido o intervalo de tempo, novamente se fez a agitação e o eletrodo foi submerso, de modo que esse tocasse ligeiramente na camada sedimentada depositada no fundo do frasco, determinando pH SMP.

Para determinar pH SMP segundo método descrito por Tedesco et al., (1995) na relação 1:1 de solo:solução, no mesmo frasco anteriormente medido o pH em água, foi adicionado 5ml da solução tampão SMP e agitado manualmente permanecendo em repouso por 20 minutos, novamente agitou-se e determinando o pH SMP.

3.4.6 Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e), $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ e saturação por bases (V%)

A capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) no pH original do solo, foi calculada pela soma das bases trocáveis Ca, Mg, K e Na somado ao Al trocável (equação 07), e o resultado é expresso em centimol de carga por quilograma de solo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

$$S \text{ (soma das bases)} = Ca + Mg + K + Na \quad (06)$$

$$\text{CTC}_e = S + Al \quad (07)$$

A $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ foi calculada pela soma de bases (S) com H+Al (equação 08).

$$\text{CTC}_{\text{pH}7,0} = S + (H + Al) \quad (08)$$

A saturação por bases representa a proporção (%) da $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ ocupada por bases trocáveis Ca, Mg, K, Na (equação 09).

$$V(\%) = \frac{S}{\text{CTC}} * 100 \quad (09)$$

A apresentação da distribuição de freqüências da $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ dos solos foi baseada nos intervalos de classe nos níveis: baixa, média, adequada e alta, levando em consideração a textura do solo, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

A apresentação da distribuição de freqüências da saturação por bases (V%) nos solos foi baseada nos intervalos de classes em níveis baixo, médio, adequado, alto e muito alto, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.7 Saturação por alumínio (m%)

A saturação por alumínio representa a proporção (%) da CTC_e que é ocupada por Al trocável (equação 10).

$$m(\%) = \frac{Al}{CTC_e} * 100 \quad (10)$$

A saturação por alumínio (m%) foi representada através da distribuição de freqüência das amostras de solo baseada nas classes de níveis baixa, alta e muita alta, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.8 Micronutrientes (cobre, manganês, zinco, ferro)

A análise dos teores de cobre, manganês, zinco e ferro foi realizada utilizando o extrator *Mehlich 1*, seguida da determinação da absorbância dos nutrientes por espectrofotômetro de absorção atômica (EMBRAPA, 1997).

Na interpretação dos teores de cobre, manganês, zinco e ferro, o intervalo das classes atribuídas para a distribuição de freqüências das amostras de solos foi o seguinte: baixo, médio e alto, conforme tabela de interpretação de análise de solo do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.5 Análise estatística dos resultados

Os resultados foram inseridos e tabulados (Apêndices 03, 04, 05 e 06) no programa Microsoft Office Excel 2007[®], a fim de proceder à análise estatística descritiva (Apêndice 07), a distribuição de freqüências de cada parâmetro avaliado do solo, o grau de associação entre estes a partir da análise de correlação e regressões lineares e não-lineares.

O intervalo das classes da distribuição de freqüências foi determinado a partir das tabelas de interpretação de análise de solo do cerrado de acordo com as classes de fertilidade para cada nutriente (SOUSA; LOBATO, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos e químicos dos solos cultivados com arroz na região sul do AM

4.1.1 Textura dos solos

Na Fig. 4 são apresentadas as distribuições de frequência dos teores de argila dos solos e na tab. 1 constam as porcentagens dos solos em cada classe textural, segundo a escala textural do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SANTOS et al., 2005).

A Fig. 4 mostra que aproximadamente 40% e 44% dos solos apresentam teores de argila menor ou igual a 150g kg^{-1} (textura arenosa) e de $150,1$ a 350g kg^{-1} (textura média), respectivamente. Apenas 16% dos solos apresentaram teores de argila superiores a 350g kg^{-1} , representando as classes argilosa e muito argilosa. A amplitude de variação dos teores de argila foi de $25,75$ a $651,19\text{g kg}^{-1}$ com valor da mediana de $185,47\text{g kg}^{-1}$. Campos (2009), no levantamento realizado em área de campo natural não antropizada, determinou valores médios de $202,40$, $329,00$ e $256,74\text{g kg}^{-1}$ de argila em campo alto, campo baixo e zona de ecótono, respectivamente. Os valores médios observados por este autor enquadram-se na classe textural média, a qual apresentou maior frequência no presente estudo.

As classes texturais predominantes nos 72 solos (tab. 1) representam 29,17%, 22,22% e 22,22%, franco-siltosa, franco-argilo-siltosa e areia respectivamente. No estudo realizado por Martins et al., (2006), o valor médio obtido de areia corresponde à 180g kg^{-1} , silte 640g kg^{-1} e argila 180g kg^{-1} , textura franco-argilo-siltosa observada entre as de maior frequência no presente estudo.

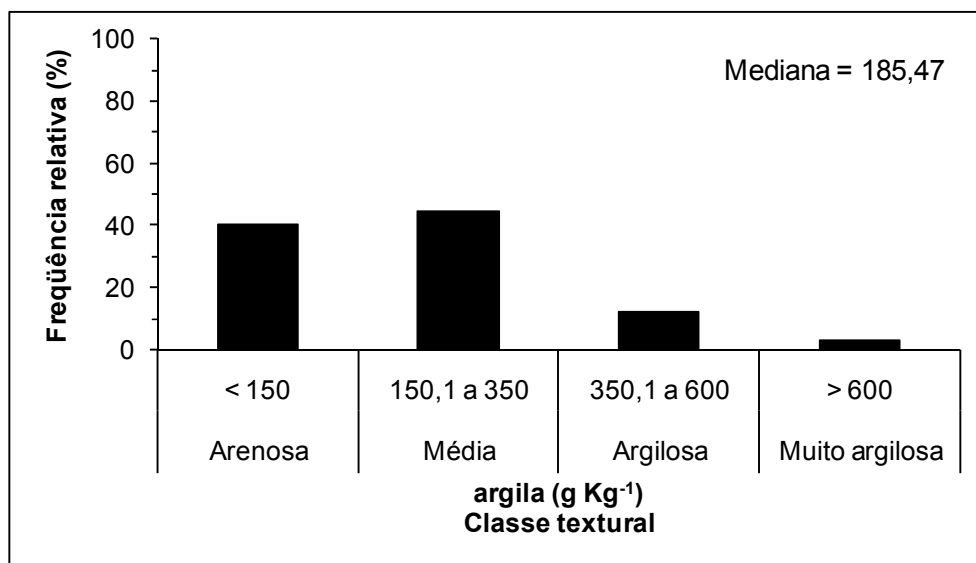


Figura 4. Distribuição de freqüências e mediana do teor de argila (g kg⁻¹) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Tabela 1. Distribuição de 72 solos cultivados segundo as classes texturais da camada superficial de 0 – 20cm

Classificação textural ¹	% dos solos
Areia	22,22
Areia-franca	6,94
Franco-arenosa	4,17
Franco-argilo-arenosa	1,39
Franca	6,94
Franco-argilosa	2,78
Muito-argilosa	2,78
Argilo-siltosa	1,39
Franco-argilo-siltosa	22,22
Franco-siltosa	29,17

¹ Definição das classes texturais de acordo com SANTOS et al., (2005).

Os solos de textura arenosa apresentam características que merecem atenção e que levam a algumas implicações no seu manejo. Das características mais importantes podemos citar: CTC baixa; baixa adsorção de fósforo; elevada suscetibilidade à erosão; drenagem excessiva, favorecendo a lixiviação de nutrientes, pequena retenção de água e das implicações no seu manejo como,

menor requerimento de adubação fosfatada; necessidade de parcelamento dos adubos potássicos e nitrogenados; risco elevado para a agricultura de sequeiro relacionado à ocorrência de deficiências hídricas, etc.

Solos de textura média, no caso os de franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, são solos mais fáceis de serem trabalhados, tem comportamento intermediário entre os solos arenosos e argilosos. Porém, os solos do presente estudo de textura franco-siltosa e franco-argilo-siltosa somam mais de 50%, caracterizados pela presença elevada da fração silte. Na prática se apresentam viscosos quando úmidos excessivamente dificultando seu preparo para o cultivo e extremamente duros no período seco, formando torrões muitas vezes difíceis de serem quebrados. Para a realização de sucessivos cultivos, os produtores se obrigaram a efetuar a drenagem desses solos, caracterizados pela deficiente drenagem natural, terreno plano, índice pluviométrico intenso, lençol freático elevado, etc. As operações agrícolas de cultivo muitas vezes eram dificultadas nesses solos por não darem sustentação suficiente às máquinas pesadas, principalmente nas áreas de campo baixo e médio, o que foi mudando com o passar dos cultivos, observando-se uma camada compactada nesses solos, que no caso era visto como um aspecto positivo pelo produtor rural. O momento de emergência da cultura plantada muitas vezes é dificultado pelo selamento que se forma na superfície do solo quando do plantio seguido de uma chuva pesada, forçando o produtor a repetir o plantio em algumas áreas das culturas de sequeiro.

Alguns aspectos são relacionados por Buckman e Brady (1974), que a presença de silte e especialmente de argila num solo lhe assegura textura fina e movimentação lenta de ar e de água. Tal solo é altamente plástico, tornando-se viscoso quando umedecido em demasia assim como duro e entorroadado quando seco, a menos que seja devidamente manuseado. São grandes a expansão e contração em consequência do umedecimento e da secagem. É quase sempre elevada a capacidade de retenção de água dos solos argilosos e silticos.

As frações mais finas do solo, argila e matéria orgânica, são também conhecidas como sendo de natureza coloidal, têm alta atividade de superfície, significando isso alta capacidade de retenção de cátions (CTC), de água e de adsorção de fósforo. Os minerais de argila e matéria orgânica apresentam cargas negativas, responsáveis pela importante propriedade de troca de cátions, já os óxidos hidratados de ferro e de alumínio têm elevada capacidade de adsorção de

fósforo. Solos excessivamente arenosos não apresentam essas propriedades com grande intensidade, o que acarreta alguns problemas para seu uso agrícola, decorrentes da baixa CTC e de disponibilidade de água (RAIJ, 1991). Quanto ao tipo de mineral de argila, sabe-se que a caulinita apresenta superfície específica de 10 a $30\text{m}^2\text{ g}^{-1}$, os óxidos de Fe de 100 a $400\text{m}^2\text{ g}^{-1}$, e a montmorilonita, no outro extremo, de 700 a $800\text{m}^2\text{ g}^{-1}$, segundo citações de Grohmann (1975 apud NOVAIS; MELLO, 2007).

A variação dos teores de argila nos solos pode apresentar comportamentos variados relacionados aos nutrientes. Tomando como exemplo o Ca, quase todo no complexo de troca e em menor concentração na solução do solo, tem uma relação quantidade (Q)/intensidade (I) muito alta, o que indica um solo com elevado poder tampão (PT), caracterizado por ter muitas cargas negativas (CTC efetiva alta), o que é próprio dos solos mais argilosos (particularmente aqueles com argilas mais ativas, como silicatadas do tipo 2:1 e, ou, com maiores teores de matéria orgânica). Para os nutrientes P, Zn, entre outros, com elevados valores de poder tampão (PT), em comparação àqueles fracamente adsorvidos, como base geral (Ca, Mg, e K), com baixos valores de poder tampão, as doses de fertilizantes são dependentes desta propriedade do solo – os mais argilosos deverão receber doses maiores para que a planta tenha algum excedente para si. Para contornar ou minimizar o problema, esses nutrientes são aplicados mais localizadamente, de modo a diminuir o contato com o solo (o dreno indesejável pelo seu poder excessivo), e suas fontes idealmente utilizadas na forma granulada. No caso de K e NO_3^- , as perdas poderão ocorrer por lixiviação, devendo-se, com frequência, parcelar o nutriente durante o ciclo da cultura para compensar as perdas; no caso do P e Zn, como exemplos, embora presentes no solo (praticamente não são lixiviados), eles são, em grande parte, fixados tornando-se menos acessíveis às plantas (NOVAIS; MELLO, 2007).

4.1.2 Matéria orgânica

A distribuição de frequências relativas dos níveis de matéria orgânica (MOS) dos solos é apresentada na Fig. 5 e os teores individuais dos solos no Apêndice 6. Predominam os níveis médios e adequados de matéria orgânica em 38% e 28% dos solos, respectivamente. O nível baixo e alto está presente em 12% e 22% dos solos

amostrados, respectivamente. A amplitude do teor de matéria orgânica nos solos é de 3,58 a 46,05g kg⁻¹ na camada arável.

Em análise mais detalhada, aproximadamente 48% e 35% dos solos de textura arenosa apresentam nível médio e adequado de MOS, respectivamente e 33%, 50% e 50% dos solos de textura média apresentam nível médio, adequado e alto de MOS, respectivamente. Os valores mostram níveis mais elevados de MOS nos solos quando aumenta o teor de argila e silte.

No levantamento realizado por Campos (2009) em área não antropizada de campo nativo, os solos apresentaram valores médios de matéria orgânica de 1,9; 3,0 e 2,0g kg⁻¹ em campo alto, campo baixo e zona do ecótono, respectivamente. No estudo realizado por Martins et al., (2006), o valor médio de matéria orgânica obtido foi de 17,0g kg⁻¹. Já Ramalho et al., (1994), mostrou que a matéria orgânica variou de 8,2 a 18,9g kg⁻¹ com valor médio de 14,6g kg⁻¹. Os valores obtidos nos dois últimos estudos são superiores ao estudo de Campos (2009), com tendência de serem inferiores aos resultados do presente estudo.

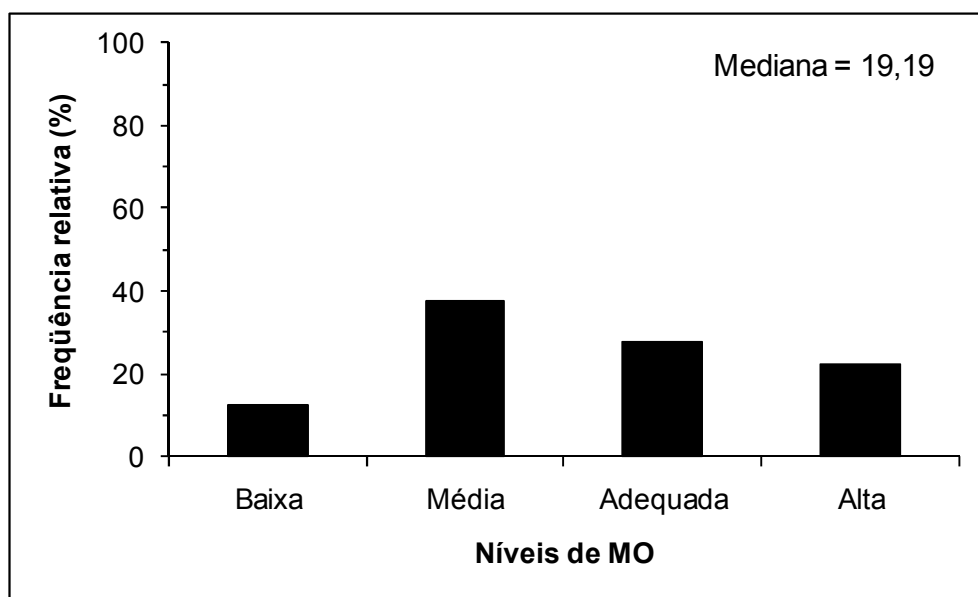


Figura 5. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de matéria orgânica de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

As características químicas afetadas pela MOS, destacam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. A MOS é uma fonte fundamental de nutrientes para as plantas, disponibilizando elementos como N, P e

S. Nos solos tropicais e subtropicais, a CTC da MOS pode representar um grande percentual da CTC total, sendo a manutenção ou o aumento dos teores de MOS fundamentais na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação. Quanto aos micronutrientes, a formação de complexos com compostos orgânicos reduz a possibilidade da precipitação como óxidos do solo. Dessa forma, a complexação (quelação) de Zn e Cu, entre outros, por ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumenta a sua disponibilidade, pois o quelato torna-se uma forma de depósito desses elementos (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A principal característica física do solo afetado pela MOS é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente são afetadas as demais características físicas do solo, como densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e a infiltração de água, entre outras, que são fundamentais à capacidade produtiva do solo. Após a aproximação das partículas minerais, a MOS apresenta importância fundamental como um dos fatores determinantes na estabilização dos agregados. Na formação e estabilização de agregados (microagregados) várias formas de ligação ocorrem concomitantemente. As macromoléculas húmicas apresentam uma grande quantidade de radicais orgânicos que interagem de forma distinta com a superfície mineral. Adicionalmente às ligações eletrostáticas, coordenação e ponte de cátions, a alta resistência dos organominerais se deve a outras formas de atração, como pontes de H, forças de van der Waals e aumento da entropia do sistema. Outra categoria de compostos orgânicos importante na estabilização de agregados (microagregados) são os polissacarídeos (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Os polissacarídeos do solo são mucilagens provenientes do metabolismo microbiano (STEVENSON, 1994 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008) e da decomposição de raízes, resíduos vegetais e animais e da exsudação radicular (OADES, 1984 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008). Os microagregados são estáveis à ruptura provocada pelo umedecimento rápido e por distúrbios mecânicos do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Em relação à estabilidade dos macroagregados, formados a partir da união de microagregados, os componentes orgânicos mais importantes são os polissacarídeos e as hifas de fungos. Estudos têm demonstrado que os polissacarídeos são facilmente atacados pelos microrganismos. No caso das hifas de fungos, a atuação na estabilização dos macroagregados é mecânica (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Como para os polissacarídeos, a agregação através desse

mecanismo é efêmera, e a estabilidade dos agregados depende da manutenção de alto conteúdo de hifas de fungos (EASH et al., 1994 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A MOS afeta diretamente as características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, através da mineralização do N e S orgânico atua como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos. O efeito da MOS sobre os microrganismos pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana, parâmetros que representam uma integração de efeitos desta sobre as condições biológicas do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Diversos estudos têm demonstrado que a baixa disponibilidade de N é o principal fator limitante à produção de biomassa vegetal em solos degradados (BAYER et al., 1997 a, b; BURLE et al., 1997; AMADO et al., 2001 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008), com todas as implicações que isto representa para a recuperação dos estoques de matéria e demais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nesse sentido, ênfase deve ser dada a inclusão de leguminosas em sistemas de culturas quando se visa a recuperação dos estoques de C e N do solo. Estas espécies, além do C fotossintetizado que adicionam ao solo pela biomassa vegetal, adicionam também, via resíduos vegetais, o N₂ atmosférico fixado simbioticamente. A mineralização do N dos resíduos, e o N orgânico acumulado no solo, aumentam o suprimento deste nutriente a espécies não leguminosas que participam do sistema de rotação, o que contribui para a maior adição de C fotossintetizado ao solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Normalmente, solos argilosos e com predomínio de minerais da carga variável, como os latossolos, apresentam menores taxas de decomposição da MOS, além do que estas são menos afetadas pelos sistemas de preparo de solo, em comparação a solos arenosos e menos intemperizados (BAYER, 1996 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008). Um solo argissolo comparado ao latossolo mostra que, a capacidade do solo em proteger fisicamente a MOS é menor, além da sua menor estabilidade química, devido ao menor teor de óxidos de Fe do solo. Neste solo, o revolvimento, ao promover uma exposição dos agregados do solo a ciclos de umedecimento e secamento, e ao impacto das gotas de chuva (BALESDENT et al., 2000 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008), disponibiliza a MOS, anteriormente protegida no interior dos agregados, à ação dos microrganismos e de suas enzimas.

Como consequência, a eliminação do revolvimento do solo conserva a agregação, refletindo numa maior proteção física da MOS e, portanto, na recuperação dos estoques de C e N, em solos mais arenosos do que nos argilosos (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Estudo tem mostrado, que o não revolvimento do solo no sistema plantio direto, a quantidade de C necessária para manter os estoques estáveis de C orgânico no solo ($dC/dt=zero$) no Sul do Brasil reduziu para $4,4Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, em comparação as $8,5Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ necessárias no solo em preparo convencional. Isso se deve ao fato que a taxa de decomposição da matéria orgânica no solo diminui de 3,2% ($0,032\ ano^{-1}$) no solo em preparo convencional, para aproximadamente 1,7% ($0,07\ ano^{-1}$) no solo em plantio direto (LOVATO et al., 2004 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008). A alteração nos regimes de temperatura e umidade do solo, menor fracionamento e não incorporação dos resíduos vegetais diminuindo o contato solo-resíduo, mas principalmente, a proteção física da MOS no interior de agregados de solo, são fatores fundamentais na diminuição da decomposição microbiana da matéria orgânica em solos sob plantio direto (FELLER; BEARE, 1997; BALESSENT et al., 2000 apud BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A manutenção e aumento dos níveis de matéria orgânica nos solos do presente estudo poderá ser através do cultivo de preparo mínimo do solo, substituição do sistema convencional de cultivo pelo sistema plantio direto, rotação de culturas com o emprego de leguminosas, adubações equilibradas, etc.

Baseado na recomendação de adubação para a cultura de arroz de terras altas no cerrado segundo Sousa e Lobato (2004), considera que o solo irá suprir em $50kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio (N) a cultura e a eficiência de aplicação do fertilizante será de 75%. Com expectativa de rendimento de $4000kg\ ha^{-1}$, na ocasião da semeadura deverá ser aplicado $20kg\ ha^{-1}$ de N e mais $20kg\ ha^{-1}$ em cobertura, sendo que 50% da dose deverá ser aplicado na fase de perfilhamento e os 50% restante no primórdio floral do arroz, podendo essa quantidade ser aumentada ou diminuída em função de algumas variáveis do solo e da cultivar plantada.

4.1.3 Fósforo disponível

Os teores de fósforo (P) em 93% dos solos amostrados (Fig. 6) apresentaram-se na classe muito baixo, enquanto que nas classes baixo e alto

foram enquadrados apenas 6% e 1% dos solos amostrados, respectivamente. Dos 72 solos analisados, 71 evidenciaram teores de P variando de 0,60 a 8,10mg kg⁻¹. No entanto, apenas uma amostra apresentou teor muito discrepante das demais (28,02mg kg⁻¹), constituindo isoladamente a última classe da distribuição de freqüências.

Campos (2009) determinou valores médios de 0,8 e 1,1mg kg⁻¹ em solos de campo alto e campo baixo não antropizados, respectivamente. Kramer (2006) encontrou valores médios de 1,4, 2,1 e 3,9mg kg⁻¹ em áreas de campos naturais cultivados com arroz nas glebas alta, média e baixa, respectivamente. Em geral, teores de P disponível em solos cultivados são superiores em relação a solos não cultivados, mas seu nível continua muito baixo.

Desse modo, o nível de fósforo é muito baixo na maioria dos solos, havendo, assim, a necessidade da aplicação corretiva e de manutenção de fósforo para as culturas.

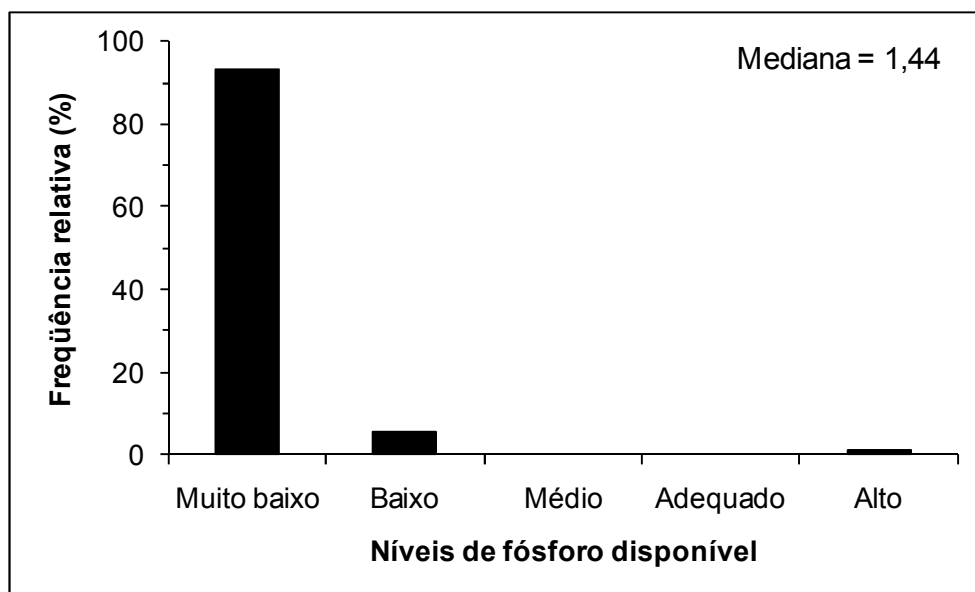


Figura 6. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de fósforo disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Com o aumento do grau de intemperismo, há uma mudança gradual de características de um solo, no sentido de torná-lo menos eletronegativo e, como consequência, mais eletropositivo, com mudanças, direta ou indiretamente, ligadas a esse perfil de carga. A saturação por bases e a capacidade de troca catiônica

(CTC_e) diminui, a adsorção aniônica aumenta, ocasionando aumento gradual da retenção de ânions, como o fosfato, o sulfato, o molibdato, etc (NOVAIS et al., 2007).

Com o intemperismo, os solos passam gradualmente de fonte para dreno de P em condições extremas de intemperismo, como acontece em alguns latossolos de cerrado. Para torná-lo fonte, são necessárias grandes quantidades de fertilizante fosfatado (NOVAIS et al., 2007).

A retenção do P adicionado ao solo, em formas lábeis ou não, ocorre tanto pela precipitação do P em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, como, principalmente, de maneira mais significativa, pela sua adsorção pelos oxidróxidos de Fe e de Al, presentes, de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais mais intemperizados, de modo particular nos mais argilosos (SANCHEZ; UEHARA, 1980; SANYAL; De DATTA, 1991; VALLADARES et al., 2003; ROLIM NETO et al., 2004 apud NOVAIS et al., 2007).

Na fase inicial de rápida adsorção de P no solo, há uma atração eletrostática inicial, seguida pela adsorção por oxidróxidos, por meio de troca de ligantes (GOLDBERG; SPOSITO, 1985; SANYAL; De DATTA, 1991; LABOSKI; LAMB, 2003 apud NOVAIS et al., 2007). Nessa reação, denominada quimiossorção, há troca de ligantes, como OH⁻ e OH₂⁺, da superfície dos óxidos, por fosfato da solução. É uma ligação predominantemente covalente (“adsorção específica”), ao contrário do NO₃⁻ ou do Cl⁻, adsorvidos por atração eletrostática (“adsorção não-específica”) (PARFITT et al., 1975; PARFITT, 1978 apud NOVAIS et al., 2007).

Com o aumento do pH, a carga superficial de partículas do solo torna-se cada vez mais negativa, aumentando a repulsão (menor adsorção) entre fosfato e superfície adsorvente e diminuindo o potencial eletrostático do plano de adsorção (HAYNES, 1984; BARROW, 1985 apud NOVAIS et al., 2007). Como consequência, a adsorção de P pelo solo deve ser máxima com baixos valores de pH (NOVAIS et al., 2007).

Em solos com maior adsorção de P, como os mais argilosos e, de modo particular, os mais intemperizados, a relação entre quantidade (Q) e intensidade (I) será maior que em solos com menor adsorção, como nos arenosos e, se argilosos, menos intemperizados. Portanto, para o mesmo valor de Q + I, um solo argiloso terá menos P em solução (I) e mais P-lábil (Q) que um solo arenoso. Por outro lado, para solos com mesmo valor de I, a planta terá mais P à sua disposição naquele com maior Q (maior fator capacidade de P). A recíproca é verdadeira: para valores iguais

de Q, a planta será beneficiada no solo com maior I (menor fator capacidade de P) (NOVAIS et al., 2007).

Com base na interpretação e recomendação de P segundo Sousa e Lobato (2004), foi efetuado o cálculo para uma adubação corretiva e de manutenção para a cultura do arroz de terras altas com expectativa de produtividade de 4000kg ha^{-1} , considerando o nível de P muito baixo para os 93% dos solos amostrados e para os solos de textura arenosa e média, por serem os mais representativos do estudo.

A recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual em cinco anos, para os solos de textura arenosa, a dose anual será de 70kg ha^{-1} de P_2O_5 . Para a adubação de manutenção, a dose será de 60kg ha^{-1} de P_2O_5 . Nesse caso, a dose total de fosfato a ser aplicado na ocasião da semeadura será de 130kg ha^{-1} de P_2O_5 ao ano.

Para os solos de textura média, a recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual em cinco anos, será de 80kg ha^{-1} de P_2O_5 ao ano. Para a adubação de manutenção, a dose será de 60kg ha^{-1} de P_2O_5 . Somando-se as doses, o total de fosfato a ser aplicado será de 140kg ha^{-1} de P_2O_5 ao ano. As doses acima calculadas podem sofrer ajustes em função das cultivares utilizadas, expectativa de produtividade, etc.

Produtores rurais que utilizaram a dose de 60kg ha^{-1} de P_2O_5 na adubação de manutenção e os demais nutrientes em quantidades suficientes para atender a demanda da planta, obtiveram produtividade média de 3.000kg ha^{-1} de arroz de terras altas da cultivar BRS primavera.

4.1.4 Potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

A Fig. 7 apresenta a distribuição de freqüências relativas dos níveis de potássio (K) disponível que variaram de $0,01$ a $0,16\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ nos solos avaliados (Apêndice 5). O estudo mostrou que aproximadamente 81% dos solos apresentaram nível baixo, 18% nível médio e apenas 1% nível alto de K disponível. Considerando os solos com $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0} < 4,0$, 100% destes apresentaram nível baixo de K.

No estudo realizado em três áreas amostradas cultivadas com arroz, Kramer (2006) determinou valor médio de $0,06\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ de K. Martins et al., (2006), no estudo realizado em campo nativo não cultivado determinou valor médio de

0,03cmol_c dm⁻³ de K, com incremento de K no solo em áreas não cultivadas para as já cultivadas.

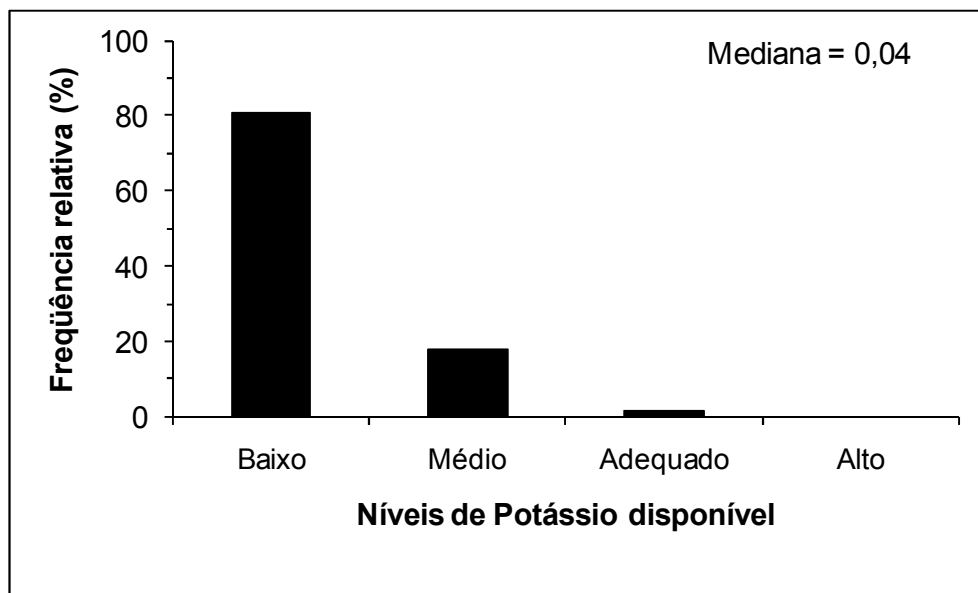


Figura 7. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de potássio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

A concentração de potássio encontra-se no nível baixo para a maioria dos solos, demonstra a necessidade de aplicação de fertilizantes potássicos a fim de elevar o nível no solo e promover o desenvolvimento adequado da cultura do arroz, bem como uma alta produtividade. Em função da alta precipitação pluviométrica na região aliada à maior parte dos solos de textura arenosa e média, recomenda-se o parcelamento das doses de potássio.

As reservas de potássio (K) da maioria dos solos da região do cerrado são baixas e insuficientes para suprir as quantidades extraídas pelas principais culturas em plantios sucessivos. Portanto, seu suprimento às plantas deve ser por meio da adubação. Para esses solos, o K trocável é a fonte mais importante para as plantas (SOUSA; LOBATO, 2004). Segundo Raij (1991), na maioria dos países, o índice mais usado para avaliar a disponibilidade de potássio é a sua forma trocável.

O K trocável é constituído do K adsorvido eletrostaticamente às cargas negativas da superfície da matéria orgânica e de argilominerais, como complexos de esfera externa (adsorção não-específica) ou na forma de “nuvem” de íons difusíveis (Dupla camada Difusa) (SPOSITO, 1989), sendo facilmente deslocado por outros cátions (MELO et al., 2009).

Entre os fatores que afetam a disponibilidade de potássio (K) no solo, está a atividade de potássio na solução do solo. A atividade na solução do solo é uma propriedade que determina as reações químicas do K com outros elementos ou entidades químicas, assim como a absorção pelas plantas. A atividade depende, portanto, da concentração de K e dos demais íons e moléculas na solução do solo, os quais em conjunto, determinam a força iônica da solução. Em baixas concentrações, a atividade e a concentração são praticamente iguais; em determinadas microrregiões do solo, entretanto, como acontece próximo aos grânulos dos fertilizantes, a atividade é bem menor que a concentração (ERNANI et al., 2007).

Outro fator que afeta a disponibilidade de K no solo, é o Poder Tampão de Potássio (PTK), que é a capacidade que o solo tem de manter estável a concentração de K na solução, à medida que o K é adicionado ou retirado do solo. Graficamente, ele é representado pela relação fator quantidade (Q) e intensidade (I) (Q/I), em que Q (K lábil ou, idealmente, trocável) representa a quantidade de K na fase sólida que pode passar para a solução do solo em curto espaço de tempo, e I representa a atividade de K na solução do solo, ou fator intensidade de K. O restabelecimento de K na solução do solo (I) é feito principalmente pelo K trocável (Q), havendo, em algumas circunstâncias, contribuição de outras formas de K no solo. Quando o equilíbrio é mantido predominantemente pelo K trocável, ele é rápido e acontece em alguns minutos; quando é pelas outras formas de K, ele é variável e bem mais lento (ERNANI et al., 2007).

Em termos de disponibilidade às plantas, é importante que haja uma relação Q/I alta, porém acompanhada de um valor alto do fator intensidade, significa boa concentração de K na solução do solo, junto às raízes, e isso facilita sua absorção pelas plantas. Um valor alto para Q garante grande estoque trocável e um restabelecimento rápido da concentração de K na solução do solo, e ao mesmo tempo mantém essa reposição por um longo período de tempo, à medida que o K for absorvido pelas plantas (ERNANI et al., 2007).

O pH afeta a disponibilidade de K no solo porque influencia o crescimento das raízes e o poder tampão de K (PTK). Solos com pH muito baixo, normalmente inferior a 5,2, revelam Al em teores tóxicos, o qual inibe o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Plantas com sistema radicular restrito exploram menor volume de solo conseqüentemente, tem acesso a menor quantidade de K. Nesse

caso, solos com altos níveis de Al, há necessidade de adição de maior quantidade de fertilizantes potássicos do que em solos isentos dessa toxidez (ERNANI et al., 2007).

A elevação do pH promove aumento das cargas negativas do solo (ALBUQUERQUE et al., 2000), fazendo com que parte do K da solução migre para as cargas criadas (DEFELIPO; BRAGA, 1983), elevando, assim, o PTK. Como a elevação do PTK, nesse caso, foi consequência da alteração do equilíbrio entre as formas disponíveis de K e não o aumento do K no solo pode haver diminuição da disponibilidade de K às plantas. Caso a disponibilidade de K seja média ou baixa, há necessidade da adição de fertilizantes potássicos após a calagem (ERNANI et al., 2007).

Em solos de cerrado, mais intemperizados, é menos relevante considerar o poder tampão de K (PTK), pois os minerais de solo predominantes (argilas 1:1 e oxihidróxidos de Fe e Al) conferem muito baixo poder tampão ao solo, quando comparados ao poder tampão de P nessas condições. Por outro lado, a CTC_e pode ser comparativamente, mais útil, pois a maior aquisição do K pelas plantas está relacionada, em boa parte, com seus valores e com os teores de matéria orgânica que podem adsorver esse cátion, diminuindo sua perda por lixiviação (ERNANI et al., 2007).

Pesquisadores recomendam que a fertilização potássica seja aplicada parcelada ou a lanço quando a dose de K₂O for maior que 40 ou 100kg ha⁻¹, respectivamente, em solos com CTC inferior a 4,0 ou superior ou igual a 4,0cmol_c kg⁻¹ (ERNANI et al., 2007).

Na recomendação de adubação potássica do presente estudo, foi apresentado uma recomendação para solos com CTC abaixo e igual ou superior a 4,0cmol_c dm³. Para os solos com CTC menor que 4,0cmol_c dm³ e com teores baixos do nutriente, basicamente são os solos de textura arenosa do presente estudo, são necessários aplicar 70kg ha⁻¹ de K₂O, dessa forma se estará efetuando a adubação corretiva gradual mais de manutenção para a cultura de arroz de terras altas com expectativa de produtividade de 4000kg ha⁻¹. Nesse caso, a dose de 70kg ha⁻¹ de K₂O é superior a 40kg ha⁻¹, deverá ser efetuado o parcelamento ou aplicação a lanço para evitar perdas excessivas. Caso for considerada somente a adubação de manutenção, essa dose se reduzirá para 50kg ha⁻¹ de K₂O.

Para os solos com CTC igual ou maior que $4,0\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ e com teores também baixos do nutriente, basicamente são os solos de textura média e argilosa do presente estudo, são necessários aplicar 80kg ha^{-1} de K_2O , dessa forma se estará efetuando a adubação corretiva gradual mais de manutenção para a cultura de arroz de terras altas com expectativa de produtividade de 4000kg ha^{-1} . Nesse caso, sugere-se aplicar a dose de 50kg ha^{-1} de K_2O na ocasião da semeadura e o restante de 30kg ha^{-1} , aplicar em cobertura juntamente com a adubação nitrogenada. Caso for considerada somente a adubação de manutenção, essa dose se reduzirá para 50kg ha^{-1} de K_2O .

Na distribuição de freqüências relativas apresentadas na Fig. 8 verifica-se que, aproximadamente 90% dos solos apresentaram nível baixo e apenas 10% com nível adequado de cálcio (Ca). A amplitude de variação dos teores de Ca foi de 0,03 a $3,34\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ (Apêndice 7). Os resultados demonstraram que a maior parte dos solos apresenta teores de Ca inferior ao exigido pelas culturas de sequeiro, necessitando de correção para o bom desenvolvimento das culturas (Apêndice 5).

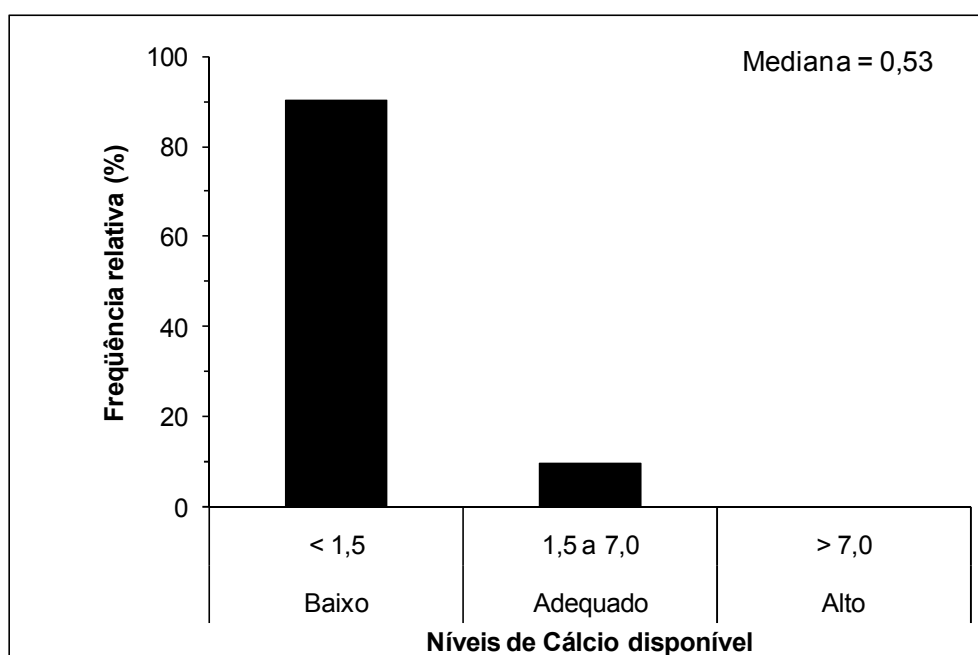


Figura 8. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de cálcio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Valores médios de Ca interpretados em níveis baixos foram encontrados por Kramer (2006), de 0,9, 0,7 e $0,6\text{cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ em três áreas amostradas anteriormente cultivadas. Martins et al., (2006), determinou valor médio de Ca igual à $0,38\text{cmol}_c$

dm^{-3} , valores médios semelhantes foram determinados por Campos (2009), $0,37\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca ambos em solos não cultivados.

A alta saturação em Al^{3+} do complexo de troca dos solos do cerrado é sinônimo de baixa saturação em bases, principalmente Ca^{2+} : O tempo e água, dois fatores de formação do solo, se incumbiram de lixiviar o cálcio deixando em seu lugar o alumínio que veio do intemperismo dos aluminossilicatos. Os níveis insatisfatórios de Ca têm como consequência direta a deficiência do nutriente em algumas culturas e indiretamente, as plantas deficientes em Ca têm sistema radicular menos desenvolvido tanto na camada superficial quanto em profundidade. (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985).

A absorção de Ca está associada às relações de equilíbrio com o Mg e K na solução do solo (SOUSA et al., 2007). A dinâmica do Ca e Mg na solução é menos complexa que a do K, e os elementos podem ser perdidos por lixiviação, absorvidos por planta e, ou, microrganismos e adsorvidos aos colóides do solo (MELO et al., 2009).

O Ca é retido no complexo de troca com mais força que o Mg, sendo o cátion predominante na CTC dos solos, comparativamente ao Mg. Isso se explica por sua posição na série liotrópica ($\text{Al}^3 > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$), decorrente do seu menor raio iônico hidratado. O Mg tem um raio iônico hidratado maior e fica a uma distância maior da carga negativa no sítio de troca, resultando uma menor força de adsorção (MELO et al., 2009).

As concentrações de magnésio (Mg) trocável nas amostras de solos variaram de $0,04$ a $2,95\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Apêndice 7). Segundo a distribuição de freqüências relativas (Fig. 9), aproximadamente 61% das amostras de solo apresentaram nível baixo de Mg, 35% apresentam nível adequado e 4% nível alto. Esses resultados demonstram que 61% dos solos apresentam níveis de Mg que não atendem as exigências das principais culturas de sequeiro. Nos estudos realizados por Martins et al., (2006) e Campos (2009), foram observados valores médios de Mg igual à $0,16\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,22\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, ambos em campos naturais. Kramer (2006) em seu estudo observou valores médios de Mg em três áreas já cultivadas de $0,5\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, valor mínimo exigido pelas principais culturas de sequeiro. Observando os estudos realizados, verifica-se incrementos significativos de Mg nos solos já cultivados, mas que nem sempre atendem as exigências das culturas.

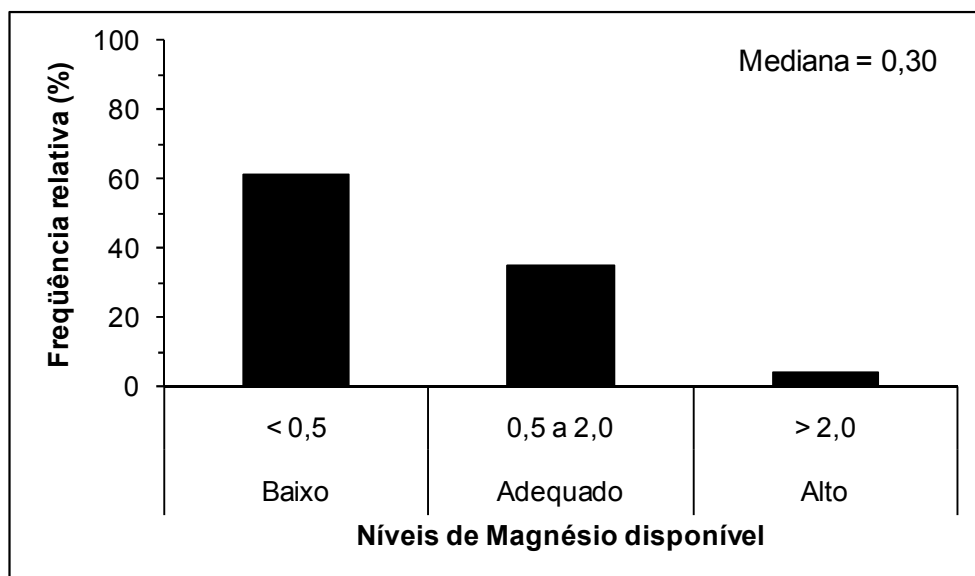


Figura 9. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de magnésio disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Os teores insuficientes de Mg no cerrado, conseqüência, como no caso do Ca, de intemperismo e lixiviação e, não se pode esquecer, da pobreza do material de origem (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985). A carência de Mg encontrada em culturas anuais e perenes pode ainda ser induzida ou acentuada por altos níveis de K_2O fornecidos na adubação. A deficiência de Mg tem como efeito indireto: diminui o aproveitamento do P do solo ou do adubo cuja absorção somente é máxima se houver um suprimento adequado de magnésio. Além disso, o Mg compete com o Al e Fe pelo íon $H_2PO_4^-$ formando no solo fosfatos de magnésio que são mais disponíveis que os de alumínio e de ferro (MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985).

A absorção de Mg está associada às relações de equilíbrio com o Ca e K na solução do solo (SOUSA et al., 2007). O Ca e o Mg são absorvidos em quantidades variadas pelas diferentes culturas. Para o suprimento de Ca são necessárias doses de 10 a 200kg ha^{-1} , e entre 10 a 40kg ha^{-1} para o Mg, valores que atendem às necessidades da maioria das culturas (RAIJ, 1991). Ao fazer a calagem no solo com uso de calcário dolomítico, basicamente se estará elevando os níveis de Ca e Mg a níveis que atendem as exigências das culturas.

A saturação por alumínio (m%) variou de 4,40% a 95,25% (Apêndice 7). Observando a Fig. 10, verifica-se que aproximadamente 6% dos solos apresentaram m% baixa, 44% alta e 50% muito alta. Assim, 94% dos solos apresentaram níveis de alumínio que são prejudiciais ao desenvolvimento das culturas de sequeiro.

Valores médios de m% correspondentes a 64,4%, 54,7% e 72,3%, que são considerados elevados foram observados por Kramer (2006) em três áreas cultivadas com arroz. Campos (2009) e Martins et al., (2006), determinaram valores médios de m% de 80,49% e 74,96%, respectivamente, em solos não cultivados. Os níveis de alumínio em solos cultivados são inferiores aos não cultivados, mas ainda considerados altos a muito altos em sua maioria.

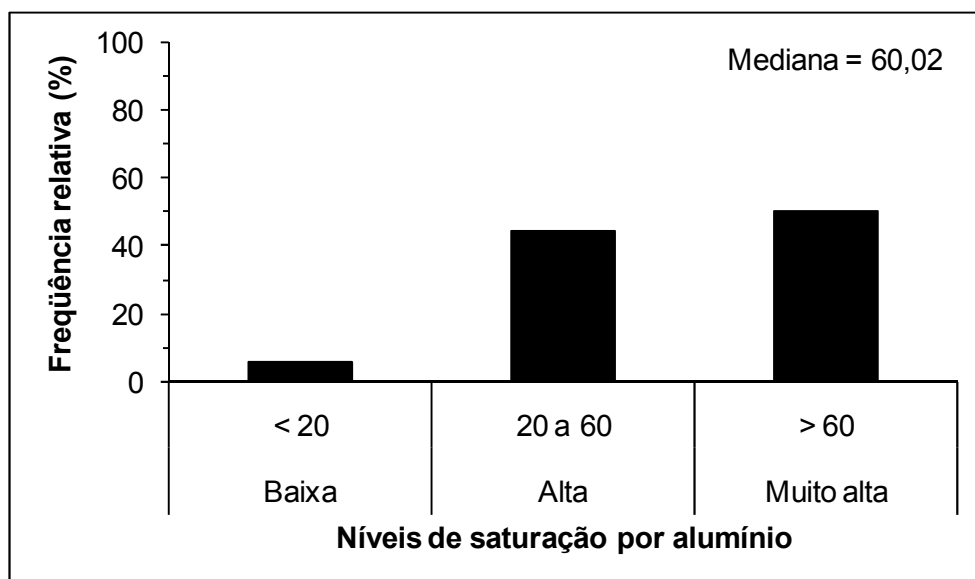


Figura 10. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de saturação por alumínio de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Dentre os minerais hidróxidos e oxihidróxidos de Al, a gibbsita $[(Al(OH)_3]$ é o mais comum nos solos. A gibbsita forma-se a partir da dissolução de qualquer aluminossilicato em ambiente de forte intemperização (alta pluviosidade e fluxo livre da água), com intensa lixiviação de Si (dessilicação extrema) (KÄMPF et al., 2009).

Os óxidos de alumínio apresentam baixa capacidade de troca, relativamente alta capacidade de absorver P e Si e condições de adsorver ânions como sulfato e mesmo nitrato (KÄMPF et al., 2009).

Sob condições muito ácidas, grande quantidade de alumínio se torna solúvel e fica presente como íons Al^{3+} . Possuindo carga trivalente, estes íons são adsorvidos pelos colóides do solo com maior avidez do que os íons de hidrogênio. Assim, um solo muito ácido é dominado por íons H e Al. O alumínio adsorvido está em equilíbrio com os íons Al na solução do solo. Os íons Al na solução do solo são então hidrolisados, formando $Al(OH)_3$ e liberando H diminuindo o pH da solução do

solo. O efeito do hidrogênio e do alumínio adsorvidos é aumentar a concentração dos íons H na solução de solo. Os íons Al parecem dominar a situação sob condições muito ácidas, com o aumento gradual do pH para a faixa comum aos solos agrícolas, os íons H adsorvidos parecem tornar-se mais importantes (BUCKMAN; BRADY, 1974).

Em solos muito ácidos ocorre a dissolução de alumínio, causa de acidez excessiva, sendo um dos responsáveis pelos efeitos desfavoráveis da acidez dos solos sobre os vegetais, por ser um elemento fitotóxico (RAIJ, 1991).

4.1.5 Acidez ativa

A distribuição de freqüência relativa dos valores de pH em água na relação 1:2,5 solo:solução (Embrapa, 1997) é apresentada na Fig. 11. Segundo o critério de interpretação do pH em água utilizado para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004), aproximadamente 21% das amostras apresentaram pH baixo, 32% indicaram pH com nível médio e 47% dos solos avaliados apresentaram pH adequado. Desse modo, aproximadamente 53% dos solos apresentam pH em água inferior a 5,5 que normalmente é usado como referência de valor mínimo para as culturas de sequeiro no cerrado. A amplitude de variação da acidez ativa foi de 4,78 a 6,23 (Apêndice 7).

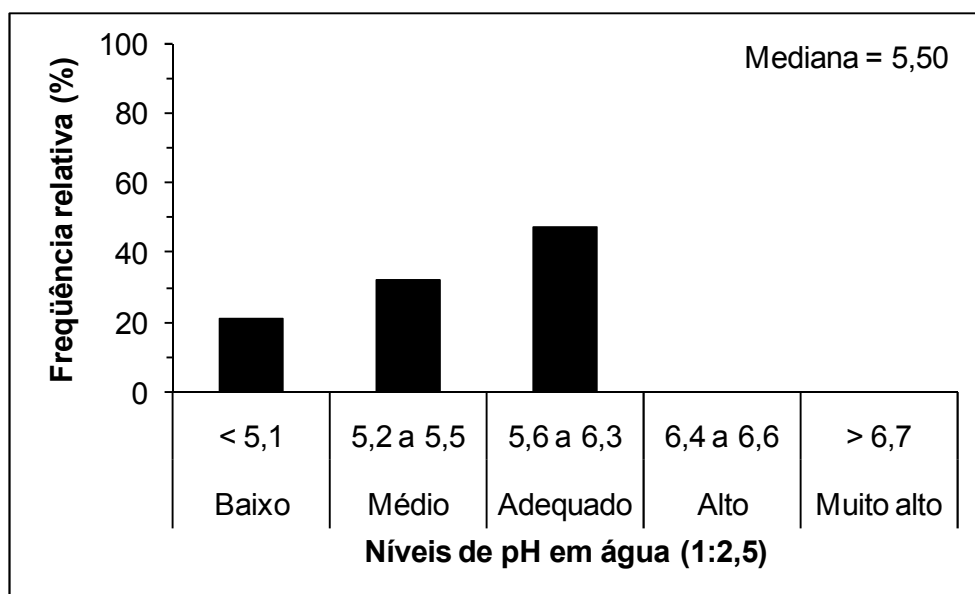


Figura 11. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de pH em água (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Campos (2009) apresentou valores médios de pH em água igual a 4,28 e 4,40, já Martins et al., (2006), valor médio de 4,68, ambos em solos não cultivados. Kramer (2006) determinou valores médios de pH 4,5 em solos já cultivados.

A distribuição da frequência relativa do pH em cloreto de cálcio (CaCl_2) na relação 1:2,5 solo:solução (EMBRAPA, 1997) é representado na Figura 12, apresenta valor mínimo igual a 3,90 e máximo 4,88 (Apêndice 7). Segundo o critério de interpretação do pH em CaCl_2 utilizado para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004), aproximadamente 72% apresentaram nível de pH baixo, 27% médio e apenas 1% adequado. Kramer (2006) apresentou valores médios de pH em CaCl_2 igual a 4,1 em solos já cultivados, considerado de nível baixo. Observando os níveis de pH em CaCl_2 dos 72 solos, apenas 1 solo não se apresenta abaixo do nível adequado.

Os valores de pH em solução de CaCl_2 sofrem pouca influência de sais ou pelo revestimento dos eletrodos com óxidos de Fe e Al mostrando, portanto resultados com menor interferência (EMBRAPA, 1999).

Os solos podem ser naturalmente ácidos, ou pela pobreza de materiais de origem desprovidos de bases, ou por condições de pedogênese ou de formação do solo que favoreçam a remoção dos elementos químicos do solo (RAIJ, 1991).

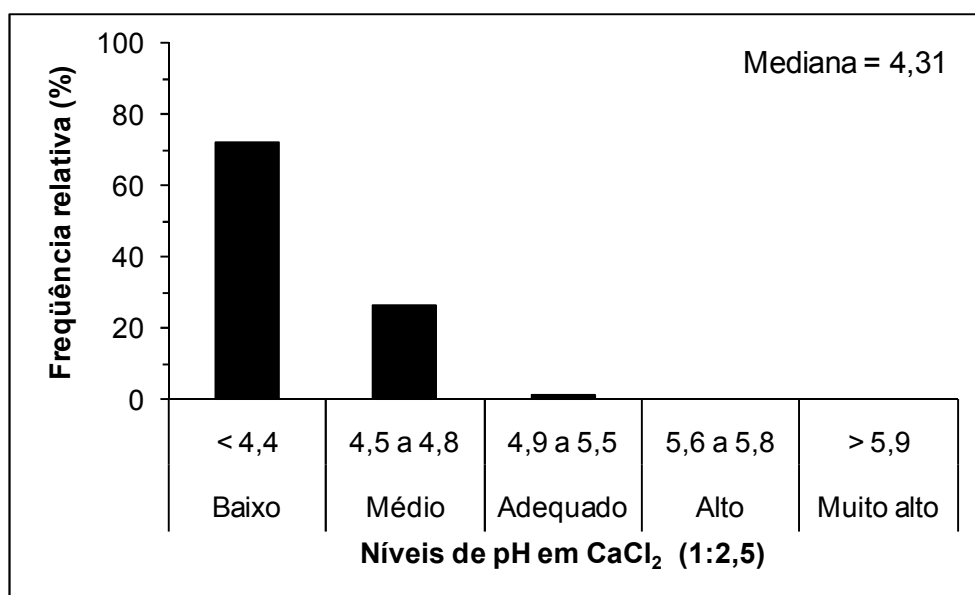


Figura 12. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de pH em CaCl_2 (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

A acidez ativa representa a fração ou parte do hidrogênio do solo que está dissociada na forma de H e é medido pelo índice pH. A parte não dissociada do H é chamada acidez potencial, incluindo-se o Al. A acidez ativa em solução está em equilíbrio com a acidez potencial. As reações desencadeadas pelo carbonato de cálcio, permite que a acidez total do solo seja gradativamente neutralizada, inclusive o íon Al^{3+} , que é precipitado na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ (RAIJ, 1991).

4.1.6 Capacidade de troca de cátions ($\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$) e saturação por bases (V%)

A distribuição de frequência relativa da capacidade de troca de cátions medida a pH 7,0 ($\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$), está apresentada na Fig. 13. Este atributo do solo expressou variação de 1,38 a 15,18 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Apêndice 7). Segundo a distribuição de frequência relativa, aproximadamente 8% dos solos estudados apresentaram nível de $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ baixa, 25% média, 40% adequada e 27% considerada alta. Kramer (2006) apresentou valores médios de $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ 10,3, 6,7 e 13,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de três áreas avaliadas em solo já cultivado. Campos (2009), determinou valores médios de $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ iguais a 4,89 e 11,42 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em campo alto e campo baixo, respectivamente, enquanto que Martins et al., (2006) observaram valores médios de 7,26 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo esses dois estudos realizados em solo ainda não cultivado.

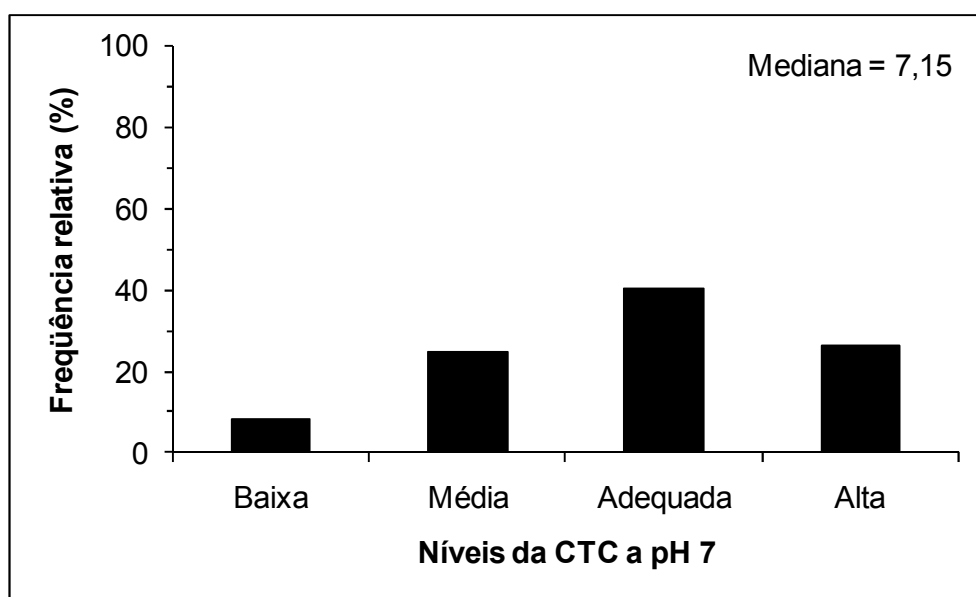


Figura 13. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

De maneira geral, aproximadamente 33% dos solos apresentaram $CTC_{pH7,0}$ baixa e média, estes tendem a apresentar textura arenosa e na sua maioria, ocorrem na região da rodovia do estanho, onde as classes de solos definidas pela Embrapa (1999) em Embrapa (2006) são Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos. Já os solos de textura média, argilosa e muita argilosa, predominam níveis de $CTC_{pH 7,0}$ adequado e alta. Os solos de textura média apresentam maiores níveis de MOS e este por sua vez contribui para o nível adequado e alto de CTC nos solos.

Materiais responsáveis pela troca de íons em solos é a matéria orgânica, os minerais de argila, os óxidos de ferro e alumínio, etc. As cargas negativas do solo podem ser permanentes ou dependentes de pH. As cargas permanentes existem na estrutura dos minerais e, por essa razão estão sempre operantes. As cargas dependentes de pH são influenciadas pela reação do solo e são mais importantes na matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio, os principais materiais responsáveis pela propriedade de troca de íons em solos de regiões tropicais úmidas. No desenvolvimento de cargas dependentes de pH, desempenham papel preponderante os íons H e OH, responsáveis pela transferência de cargas entre a solução e a superfície (RAIJ, 1991).

O mineral de argila mais importante em solos de regiões tropicais úmidas, a caulinita, tem uma CTC relativamente baixa, provavelmente bem abaixo de 10meq 100g de material, com valores maiores para o mineral com cristais mais subdivididos. A capacidade de troca de cátions da matéria orgânica dos solos é muito elevada, apresentando valores da ordem de 200 a 400meq 100g de material. Ela é do tipo pH-dependente, originando-se por dissociação de hidroxilas de grupamentos carboxílicos e fenólicos (RAIJ, 1991).

No desenvolvimento de cargas positivas e negativas na superfície de óxido hidratado de alumínio, a superfície do óxido pode apresentar-se desprovida de carga e o pH a que isso ocorre é chamado de ponto de carga zero (PCZ). Se o pH se elevar acima do PCZ, ocorre a dissociação de hidroxilas da superfície do mineral, com liberação de cargas negativas e aumento de capacidade de troca de cátions. Essas cargas negativas obrigatoriamente serão contrabalançadas por cátions trocáveis. Por outro lado, com a acidificação do meio, ou abaixamento do pH, a superfície do óxido de alumínio adsorve íons H, ou prótons, passando a apresentar capacidade de troca aniônica e a possibilidade de reter ânions como NO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} . Deve-se ressaltar que a troca de ânions aumenta com a diminuição do pH, ao

contrário do que ocorre com a troca de cátions, que aumenta com a elevação do pH (RAIJ, 1991). Óxidos de ferro e alumínio apresentam valores de PCZ, no caso a goethita, hematita e gibbsita, que variam de 8,0 a 9,0. Já a caulinita, apresenta valores PCZ de 4,0 a 5,0 (SPOSITO, 1989). A magnitude das cargas dos óxidos em solos do Brasil provavelmente é de apenas alguns miliequivalentes por 100 gramas de mineral (RAIJ, 1991).

A Fig. 14 mostra a distribuição de freqüência relativa dos níveis de saturação por bases (V%) dos solos, que apresentaram grande variabilidade entre as amostras avaliadas, com os valores variando de 1,46 a 58,54% (Apêndice 7). Aproximadamente 62% dos solos apresentaram níveis baixos de saturação por bases, 32% apresentam nível médio e apenas 6% apresentam nível adequado. Os resultados obtidos por Kramer (2006) sobre a V% com valores médios iguais a 16,5, 20,4 e 9,4% de três áreas avaliadas em solo de cultivo, entram na estatística dos solos com níveis ainda baixos, exceto uma área com tendência ao nível médio. Martins et al., (2006) apresentou valores médios de V% igual à 8,02% em área de campo natural não cultivado, o que demonstra os baixos níveis de V% desses solos na sua condição natural.

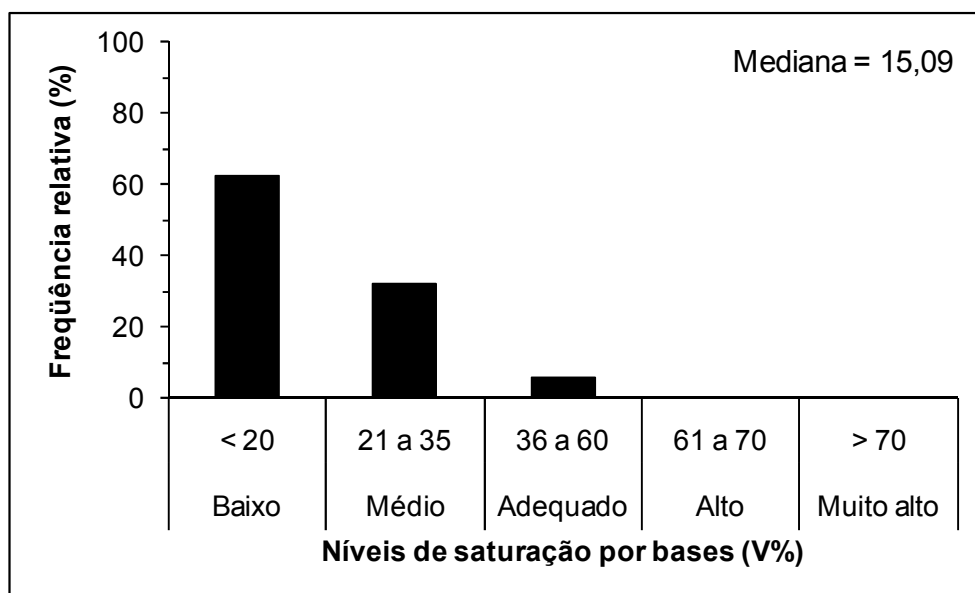


Figura 14. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de saturação por bases (V%) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

A grande maioria dos solos amostrados (94%) não atingiu níveis adequados de saturação por bases. A faixa do nível adequado para V% varia de 36 a 60%

(SOUSA; LOBATO, 2004), enquanto que na recomendação para o cultivo de arroz sequeiro pretende-se elevar a saturação por bases a 50%.

Com base nos resultados obtidos, foi calculada a necessidade de calcário pela equação de saturação por bases, para os solos de textura arenosa e média, considerando o valor de saturação de bases atual do solo (V_1) igual a 15% (mediana = 15,09) e saturação por bases ($V\%$) a ser alcançada igual a 50%. A CTC utilizada para os solos de textura arenosa e média foram 3,6 e 7,5 cmol_c kg⁻¹, com base na tabela de interpretação para cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). O poder relativo de neutralização total do calcário (PRNT) utilizado no cálculo corresponde a 80%. O solo de textura arenosa necessita de aproximadamente 1.600 kg ha⁻¹, de calcário dolomítico e o solo de textura média aproximadamente 3.300 kg ha⁻¹. Estes são valores médios dos solos, devendo-se ajustar o cálculo para cada solo.

Ao longo das safras agrícolas na região sul do Amazonas, o cálculo para a recomendação da dose de calcário foi baseada na saturação por bases no solo, elevando esta para 40% e 50% para a cultura de arroz de terras altas e soja respectivamente.

Segundo Campos (2009), mostra em seu estudo soma de bases (Ca, Mg, K e Na) com valores baixos em todos os pedoambientes. Em oposição, os teores de Al trocável, que, excetuando alguns horizontes superficiais, apresentaram valores > 4 cmol_c kg⁻¹. Acredita que este fato pode estar relacionado com a natureza dos sedimentos que formaram o material de origem.

Quando os solos se formam a partir de rochas ou sedimentos não consolidados, alguns elementos químicos são perdidos, outros sofrem uma concentração relativa. Ocorrem perda de cálcio, magnésio, potássio, sódio e silício. O ferro e o alumínio, que não são em geral removidos, aumentam em concentração, bem como titânio e manganês, que aparece em teores menores. O fósforo, embora para a agricultura seja um elemento pouco móvel no solo, é removido em grande parte nos processos de transformação de rochas em solos (RAIJ, 1981).

4.1.7 Micronutrientes (cobre, manganês, zinco, ferro)

A amplitude de variação dos teores de micronutrientes para os solos estudados foi de 0 a 0,80 mg kg⁻¹ de Cu, 0 a 6,4 mg kg⁻¹ de Mn, 0,03 a 2,38 mg kg⁻¹ de Zn e 13,50 a 355,62 mg kg⁻¹ de Fe (Apêndice 7).

Segundo o critério adotado para interpretação dos níveis de cobre (Cu) disponível para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004), aproximadamente 79% dos solos estudados apresentaram níveis baixo e 21% níveis médios (Fig. 15). Deste modo, o nível de Cu encontra-se abaixo do nível de suficiência para maioria dos solos. Kramer (2006) apresentou valores médios de Cu iguais a 0,52, 0,21 e 0,57mg kg⁻¹ em três áreas avaliadas em solo já cultivado, sendo que duas áreas apresentaram níveis médios, considerados superior em relação à maioria dos solos do presente estudo e uma área apresentou nível baixo.

Segundo recomendação técnica da Potafos, a dose de sulfato de cobre (26% Cu) é de 20kg ha⁻¹ (FAGERIA et al., 1995).

O cobre trocável está preso na interface sólido/solução, nas superfícies carregadas dos constituintes sólidos do solo, por atração eletrostática ou forças de Coulomb, em equilíbrio direto e rápido com a solução do solo, podendo permutar com outros íons em quantidades estequiométricas (ELLIS; KNEZEK, 1972 apud FERREIRA; CRUZ, 1991).

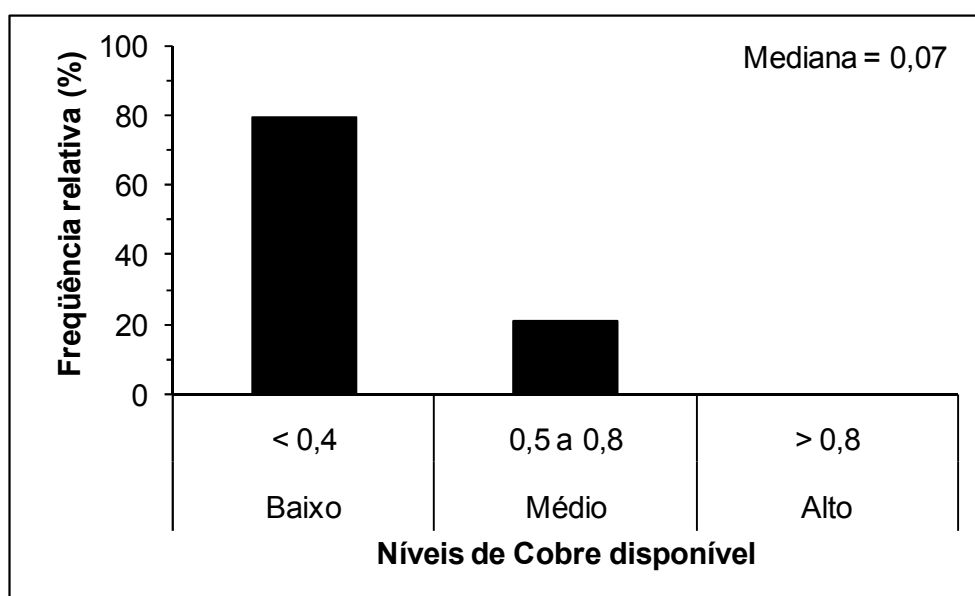


Figura 15. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de cobre disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

As plantas absorvem somente o cobre que está dissolvido na solução do solo, principalmente aquele presente na forma iônica Cu²⁺ (FERREIRA; CRUZ, 1991). Segundo Harmsen e Vlek (1985 apud FERREIRA; CRUZ, 1991), a disponibilidade de cobre é afetada pelo pH, tendendo a diminuir com a sua elevação.

Esse fato seria devido à diminuição na solubilidade do elemento na forma de óxidos, aumento da quantidade adsorvida sobre a superfícies ou precipitada e, ainda, maior estabilidade das ligações com a MOS a valores de pH mais elevados. As formas de cobre em solução se alteram à medida que o pH é aumentado. Os íons cobre, em solução, tendem a sofrer hidrólise, e a forma hidrolisada $\text{Cu}(\text{OH})^+$ passa a predominar em soluções diluídas a valores de pH em água acima de 6,5; a valores maiores do que 7,0 vários precipitados dos tipos sulfato, carbonato, hidróxido e fosfato podem aparecer (KRAUSKOPF, 1972 apud FERREIRA; CRUZ, 1991).

A complexação de cobre pela matéria orgânica é a reação mais importante a determinar o comportamento do elemento na maioria dos solos (RAIJ, 1991). Embora a ligação entre micronutrientes e MOS possa ser vista como troca iônica entre H^+ de grupos funcionais (carboxila, hidroxila, fenólica e alcoólica, quinona, carbonil cetônico, amino e sulfidril) e íons micronutrientes, o alto grau de seletividade mostrado pelas substâncias húmicas por certos micronutrientes revela que eles coordenam diretamente com aqueles grupos funcionais, formando complexos de esfera interna (ABREU et al., 2007). Uma seqüência típica de seletividade tende a ser em ordem decrescente: $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn}$ (ALLOWAY, 1995 apud ABREU et al., 2007). Na MOS, o Cu é retido principalmente pelos ácidos húmicos e fúlvicos, formando complexos estáveis. (ABREU et al., 2007). A força de ligação do Cu com os ácidos húmicos diminui com o aumento da quantidade aplicada de Cu (GOODMAN; CHESHIRE, 1976 apud ABREU et al., 2001); aumenta com o aumento do grau de humificação (STEVENSON; FITCH, 1981 apud ABREU et al., 2001) e com o pH (YONEBAYASHI et al., 1994 apud ABREU et al., 2001). Contudo, nem todo Cu orgânico do solo está em formas insolúveis (STEVENSON; FITCH, 1981 apud ABREU et al., 2001). Conforme McLaren e Crawford (1973 apud ABREU et al., 2001), o Cu da solução do solo disponível para as plantas é reabastecido pelas formas fracamente associadas à MOS (ABREU et al., 2001).

A Fig. 16 mostra a distribuição de freqüência relativa dos solos segundo o critério de interpretação de manganês (Mn) para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Aproximadamente 78% dos solos estudados apresentam níveis baixos de Mn, 19% níveis médios e 3%, níveis altos. Deste modo, o nível de Mn encontra-se abaixo do nível de suficiência para maioria dos solos. Kramer (2006) apresentou valores médios de Mn iguais a 0,9, 0,9 e $1,5\text{mg kg}^{-1}$ em três áreas avaliadas em solo já cultivado, sendo estes níveis considerados baixos.

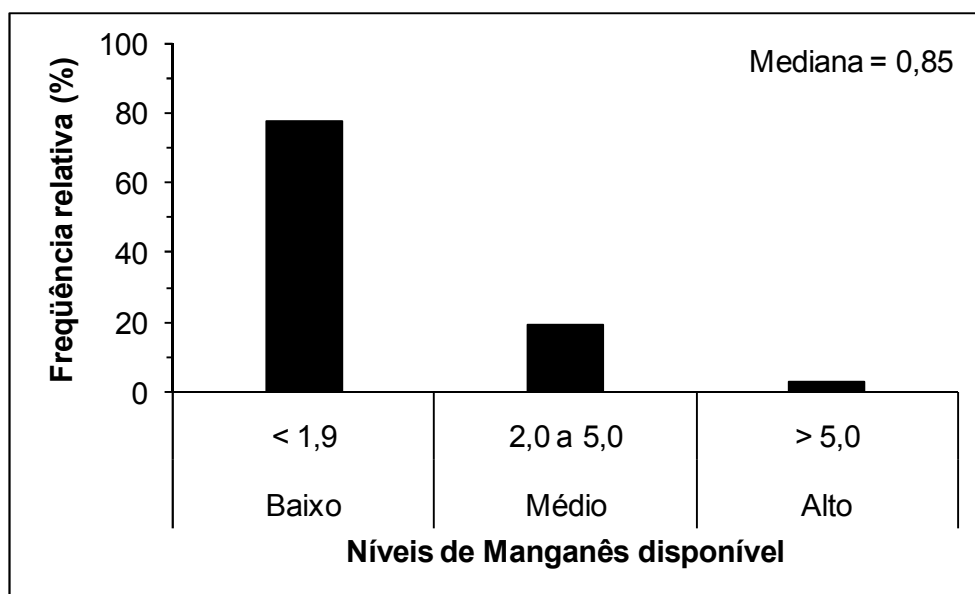


Figura 16. Distribuição de frequências e mediana dos níveis de manganês (Mn) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

O manganês no solo pode ser dividido em: presente na estrutura de minerais, organicamente complexado, trocável e na solução do solo (BORKERT, 1991).

O manganês divalente forma complexos com os compostos orgânicos do solo, os quais podem ser solúveis ou insolúveis. Além da adsorção de cátions na forma facilmente trocável, a MOS pode adsorver cátions que possuem mais de uma valência, formando os complexos de coordenação. Esses complexos não são rapidamente trocáveis com cátions monovalentes e não dissociam facilmente para a solução do solo. Os cátions, Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} e Fe^{2+} podem ser adsorvidos por estes complexos (BORKERT, 1991).

O manganês trocável está ligado às cargas eletronegativas nos colóides minerais e orgânicos do solo (sítios de troca de cátions). Na solução do solo pode-se apresentar de duas formas: em estado iônico (Mn^{2+}) ou combinado com compostos orgânicos solúveis. O manganês pode formar íons simples e complexos na solução do solo e também diversos óxidos de composição variável. Estes óxidos, na sua maioria, são amorfos, podendo também ocorrer algumas formas cristalinas já identificadas em diversos solos. Os óxidos são os principais compostos a manter as reações de equilíbrio entre a fase sólida e líquida e, em função das condições de pH e do potencial redox, mantêm e controlam a atividade das formas iônicas na solução

do solo (BORKERT, 1991). A calagem induz a oxidação do Mn^{2+} a um estado de maior valência e menor solubilidade, pela elevação do pH. O processo de oxidação do manganês pode ser representado pela seguinte reação (BORKERT et al., 2001):



Em solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a altos índices pluviais, são os mais propensos a apresentar problemas de deficiência de manganês (ABREU et al., 2007).

A Figura 17 mostra a distribuição de frequência relativa dos solos segundo o critério de interpretação de zinco (Zn) para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Aproximadamente 93% dos solos estudados apresentaram níveis baixos de Zn, 6% níveis médios e 1% níveis altos. Deste modo, o nível de Zn encontra-se abaixo do nível de suficiência para maioria dos solos. Kramer (2006) apresentou valores médios de Zn igual a 0,12, 0,10 e 0,23mg kg⁻¹ em três áreas avaliadas em solo já cultivado, sendo esses níveis também considerados baixos.

Segundo recomendação técnica da Potafos, a dose de sulfato de zinco (23% Zn) é de 30kg. ha⁻¹ (FAGERIA et al., 1995).

O zinco é fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação, aumentando o efeito residual. Entretanto, solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a chuvas pesadas, podem apresentar problemas de deficiência (ABREU et al., 2007). O Zn tem sua solubilidade afetada pelo pH, calagens a valores de pH acima de 6,0 podem induzir deficiências (RAIJ, 1991). Quando o pH em água é aumentado para aproximadamente 5,5, o Zn é adsorvido pelos hidróxidos de alumínio (KALBASI et al., 1978 apud ABREU et al., 2001), de ferro (KINNIBURGH; JACKSON, 1982; POMBO; KLAMT, 1986 apud ABREU et al., 2001) e de manganês (LOGANATHAN et al., 1977 apud ABREU et al., 2001). No caso dos óxidos, cargas negativas são geradas na sua superfície devido à complexação de OH⁻ da solução do solo ou à dissociação de H⁺ da sua superfície. Nestes materiais, cargas positivas podem ser geradas devido à complexação de H⁺ ou à dissociação de OH⁻ da superfície. Tanto as cargas positivas como as negativas geradas nestas condições são chamadas de dependentes, porque sua presença é alterada pelo pH, força iônica da solução e pela valência do íon predominante (CAMARGO et al., 2001).

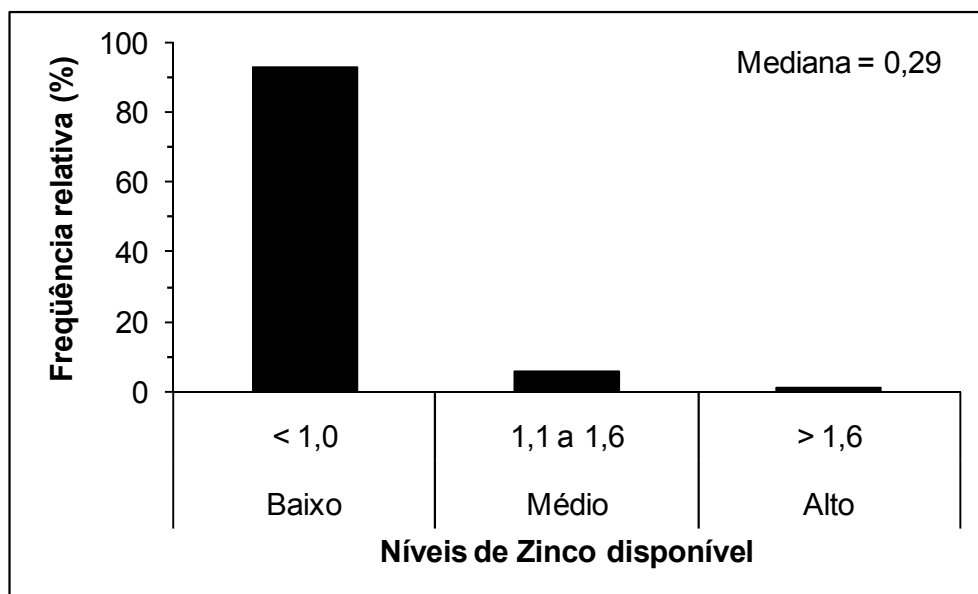


Figura 17. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de zinco (Zn) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

Fosfatos tendem a reduzir a solubilidade de Zn, e são conhecidas deficiências do elemento induzidas por adubações fosfatadas elevadas (RAIJ, 1991). Aplicações de fósforo no solo tendem a aumentar a adsorção de Zn, especialmente em solos ricos em óxidos de ferro e de alumínio hidratados (SAEED; FOX, 1979 apud ABREU et al., 2001), porque aumentam as cargas negativas dos sistemas de óxidos de ferro e de alumínio (ABREU et al., 2001).

A Fig. 18 mostra a distribuição de freqüência relativa dos solos segundo o critério de interpretação de ferro (Fe^{2+}) para solos do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Aproximadamente 1% dos solos estudados apresenta níveis baixos de Fe^{2+} , 9% níveis médios e 90% níveis altos. Deste modo, o nível de Fe^{2+} encontra-se acima do nível de suficiência na maioria dos solos. Kramer (2006) apresentou valores médios de Fe^{2+} igual a 10,2, 6,9 e 15,5 mg kg^{-1} em três áreas avaliadas em solo de cultivo, sendo níveis considerados baixos e médio respectivamente.

O ferro é o elemento metálico mais comum na crosta terrestre. A geoquímica do ferro é complexa e determinada pela facilidade de mudança das valências (Fe^{2+} e Fe^{3+}), em resposta a alterações de condições físico-químicas do meio. Em solos, a ocorrência é principalmente na forma de óxidos e hidróxidos. Os teores de ferro solúvel na solução do solo em cultivos de sequeiro são extremamente baixos. A solubilidade de ferro atinge um mínimo a valores de pH mais altos. Em solos bem

aerados a forma Fe^{2+} contribui pouco, exceto em condições de pH baixo (RAIJ, 1991).

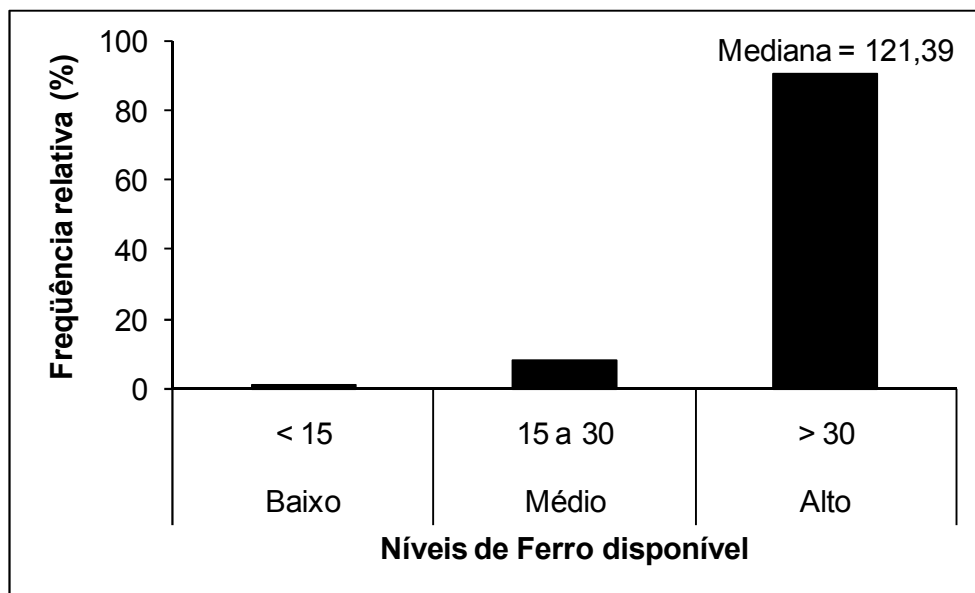


Figura 18. Distribuição de freqüências e mediana dos níveis de ferro (Fe) disponível de 72 solos em áreas cultivadas de campo natural no sul do Amazonas.

A solubilidade do ferro é controlada pela solubilidade dos óxidos hidratados de Fe^{3+} . De acordo com Lindsay (1972 apud BORKERT et al., 2001), a reação que controla essa solubilidade é:



O equilíbrio da reação (12) favorece a precipitação de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e é altamente dependente de pH. O aumento do pH do solo favorece a precipitação de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e decresce a atividade de Fe^{3+} em solução. Nas condições normais de pH, o ferro é absorvido principalmente na forma de Fe^{2+} ou quelatos. A forma Fe^{3+} é de pouca importância, por causa da baixa solubilidade dos compostos de $\text{Fe}(\text{III})$ (BORKERT et al., 2001).

Segundo Lindsay (1974 apud BATAGLIA, 1991), apenas em condições muito ácidas seria possível suprir as necessidades da planta através do transporte por fluxo de massa, quando a concentração do nutriente estaria em torno de 10^{-6}M . Considerando ainda que pelo abaixamento de concentração de ferro na vizinhança da raiz pudesse operar também o mecanismo de difusão, mesmo assim nos baixos níveis de solubilidade, nos valores normais de pH dos solos, as quantidades

fornecidas através dos dois processos seriam ainda insuficientes para o suprimento das necessidades da planta.

Um dos mecanismos que pode aumentar o suprimento de ferro às raízes é a formação de complexos solúveis ou quelatos. Esses agentes quelantes podem se originar como exsudatos de raízes, como substâncias produzidas durante a decomposição da matéria orgânica no solo, através da síntese microbiológica, ou pela adição de fertilizantes quelatizantes ao solo (LINDSAY, 1974 apud BATAGLIA, 1991).

Outro mecanismo pelo qual as plantas aumentam a disponibilidade do ferro é através da habilidade de baixar o pH e de reduzir Fe^{3+} a Fe^{2+} na rizosfera. Nesse aspecto, as plantas conhecidas como eficientes são aquelas com maior capacidade de baixar o pH e de aumentar a redução na superfície da raiz sob condições de baixos níveis do elemento (BATAGLIA, 1991).

Em solos inundados, ocorre a redução de Fe^{3+} , refletindo em aumento acentuado da solubilidade de Fe^{2+} . Essa redução é proporcionada por ação bacteriana (RAIJ, 1991). Solos com elevado teor de ferro e sujeitos a encharcamento podem apresentar concentrações elevadas de Fe^{2+} em solução, provocando a toxicidade (BORKERT et al., 2001).

Em termos gerais, o aumento do pH diminui a presença dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, na solução do solo e nos pontos de troca catiônica.

4.2 Relações entre os atributos de 72 solos cultivados com arroz em campo natural na região sul do AM.

4.2.1 Relações na determinação da acidez ativa (pH)

A Fig. 19(a) mostra a relação do pH em água variando a proporção solo:solução, na relação de 1:2,5 (EMBRAPA, 1997) e 1:1 (TEDESCO et al., 1995). O coeficiente de determinação foi altamente significativo ($R^2 = 0,93$). Os valores de pH em água na relação 1:2,5 sempre foram superiores ao pH na relação 1:1, exceto em um único valor foram iguais. A amplitude da diferença entre os valores observados foi de 0 a 0,36, com média de 0,24 superior na relação 1:2,5. Motta e Melo (2009), Raij (1981) mostram que em geral, o aumento da relação solo:solução determina maior valor de pH.

A Fig. 19(b) mostra a relação de pH em água na relação solo:solução (1:2,5) e pH em CaCl_2 na relação 1:2,5 (EMBRAPA, 1997). O coeficiente de determinação foi significativo ($R^2 = 0,78$). Os valores de pH em água (1:2,5) sempre foram superiores, com amplitude de 0,64 a 1,47 e em média de 1,15.

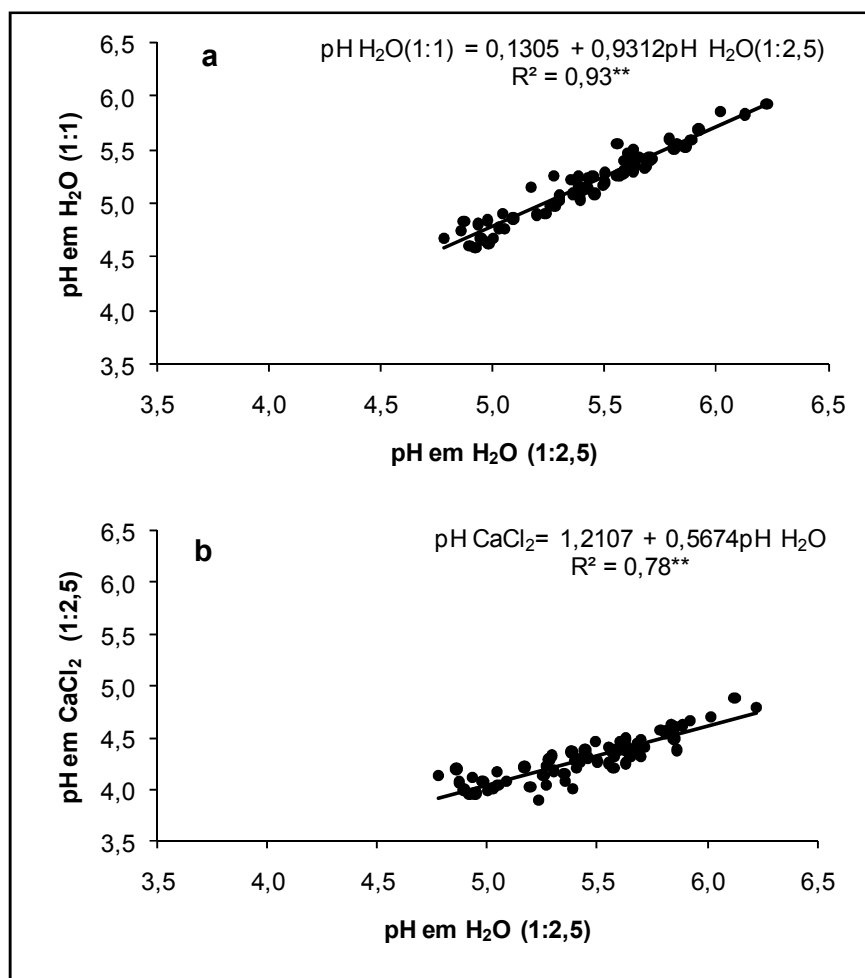


Figura 19. Relação (a) entre o pH em água (1:2,5 solo:solução) e pH em água (1:1); relação (b) entre pH em água (1:2,5) e pH em CaCl_2 (1:2,5), de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Valores médios diferentes foram apontados por Motta e Melo (2009), Quaggio e Raij (2001), mostram que em média 0,6 unidades os valores em água são superiores aos da solução salina, embora as diferenças sejam bastante variáveis segundo Quaggio e Raij (2001). Nota-se que a solução salina, devido, entre outros, deslocou uma maior concentração de íons H adsorvidos às cargas negativas do solo

pelo cátion do sal, fazendo com que essa amplitude entre o pH em água e solução salina fosse maior. Kaminski (1989), explica que a atuação dos fatores de formação dos solos determinam o tipo e a quantidade de ácidos ou bases presentes e conseqüentemente o pH dos solos.

4.2.2 Relação entre a acidez potencial (H+Al) e o pH SMP de 72 solos de campo natural cultivados com arroz.

A Fig. 20 expressa a relação entre o pH SMP em água (1:1 solo:solução) (TEDESCO et al., 1995) e acidez potencial (H+Al); pH SMP em água (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) e H+Al; pH SMP em cloreto de cálcio (CaCl₂) (1:2,5) (EMBRAPA, 1997) e H+Al. Com base nessas três relações, será possível estimar a acidez potencial com base no valor de pH medido na solução-tampão SMP.

Observando a Fig. 20, os valores de pH SMP e as concentrações de H+Al relacionam-se inversamente. O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o exponencial, independente da solução utilizada ou método. As relações expressas pelas equações exponenciais são: $H+Al(cmol_c\ kg^{-1}) = 563,23e^{-0,799pHSMP}$ pH em água (1:1) (Fig. 20 a); $H+Al(cmol_c\ kg^{-1}) = 765,23e^{-0,818pHSMP}$ pH em água (1:2,5) (Fig. 20 b); $H+Al(cmol_c\ kg^{-1}) = 771,89e^{-0,829pHSMP}$ pH em CaCl₂ (1:2,5) (Fig. 20 c); todas significativas, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,91$), indicando que, pelo menos, 91% dos dados são explicados por este ajuste nas diferentes relações.

Moreira et al., (2004), analisando 246 amostras de solos oriundas de vários municípios do Estado do Amazonas, determinou duas equações de regressão linear para estimar a acidez potencial (H+Al) a partir do pH SMP medido em água e em solução de CaCl₂ 0,01mol L⁻¹. Das equações obtidas, considera a equação $H+Al=30,646-3,848pH\ SMP$ em água mais eficiente, mesmo com menor correlação ($r=0,89^*$) que a obtida em solução CaCl₂ ($H+Al= 30,155-3,834\ pH\ SMP$, ($r=0,91^*$), a qual subestima os valores da acidez potencial. O presente estudo mostra que para estimar o H+Al a partir do pH SMP, o modelo que melhor se ajustou foi exponencial, contrastando com estudo realizado por Moreira et al., (2004), ambos estudos de solos do mesmo estado, mas em locais das mais variadas condições edafoclimáticas.

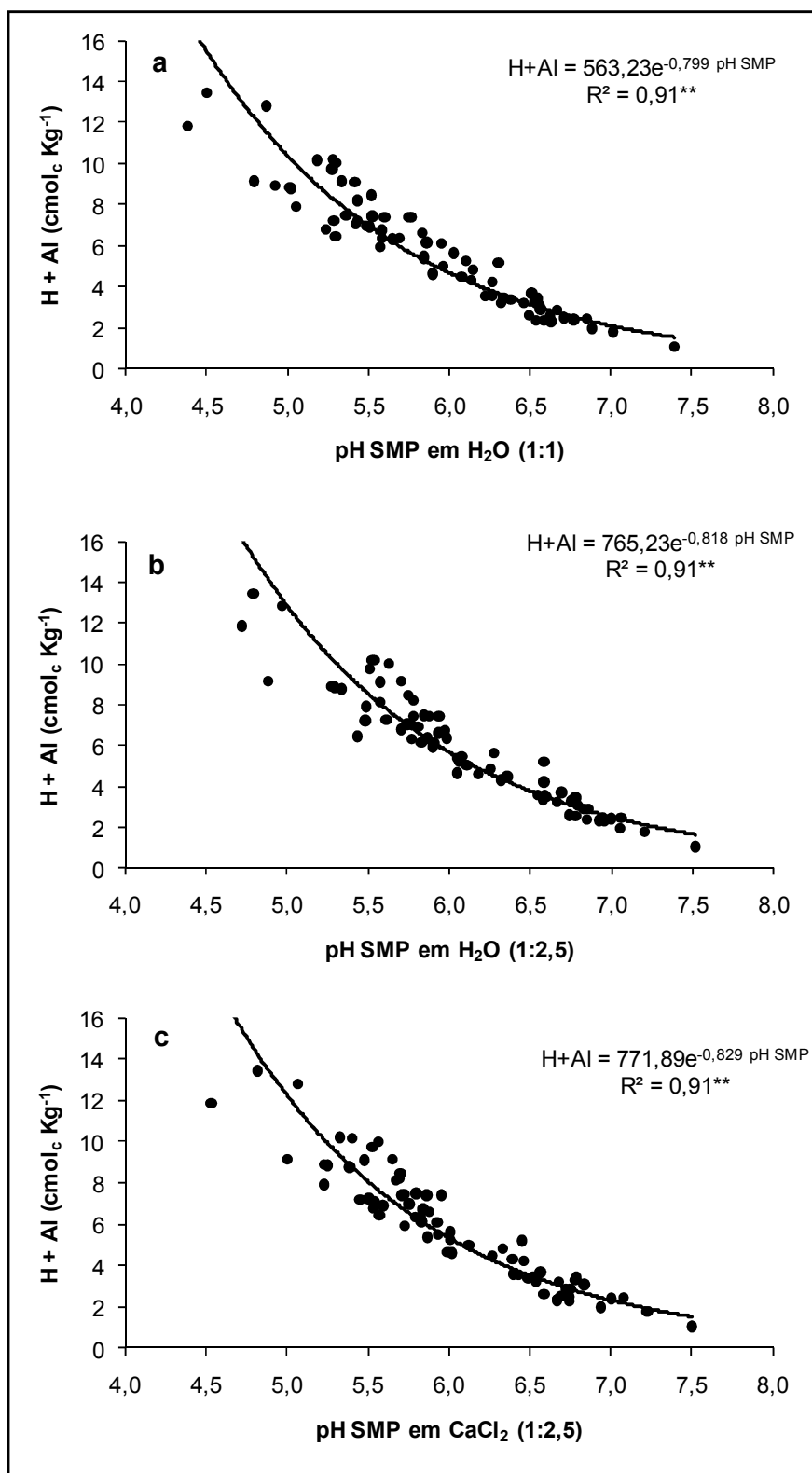


Figura 20. Relação entre o pH SMP em água (1:1 solo:solução) e a concentração de (H+Al) (a), pH SMP em água (1:2,5) e (H+Al) (b), pH SMP em CaCl₂ (1:2,5) e (H+Al) (c) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Curva de regressão estimada que se adequou ao modelo exponencial foram obtidas por Pereira et al., (1998) e Kaminski et al., (2002) para solos do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul, respectivamente.

4.2.3 Relação entre acidez ativa (pH) e saturação por alumínio (m%) em solos de campo natural cultivados com arroz.

A Fig. 21 mostra a relação entre o pH do solo e a saturação por alumínio (m%), sendo o pH determinado em diferentes soluções e relações: pH em água (1:1 solo:solução) (TEDESCO et al., 1997), pH em água (1:2,5 solo:solução) (EMBRAPA, 1997) e pH em cloreto de cálcio (CaCl_2) (1:2,5 solo:solução) (EMBRAPA, 1997). A saturação por alumínio tem relação inversa com o pH, e os dados ajustaram-se melhor a equações lineares, contrastando com Pionke e Corey (1967); Fox (1982); Lima (1986); Figueiredo e Almeida (1991), citado por Motta e Melo (2009), mostrando que o ajuste se dá por equações não-lineares, como equação logarítmica dentre outras. O coeficiente de determinação (R^2) entre o pH e m(%), foram 0,87, 0,88 e 0,79, apresentando uma relação negativa e significativa ($p < 0,01$) das respectivas Fig. 21 a, b e c.

Observando a relação de pH em água (1:1) com m (%), valores de pH em torno de 6,0 o m(%) será praticamente nulo (Fig. 21 a). A relação de pH em água (1:2,5) com m (%) com pH em torno de 6,3, o m(%) será praticamente nulo (Fig. 21 b); pH em CaCl_2 e m (%) (Fig. 21 c) mostra que o pH em torno de 4,9, a saturação por alumínio será praticamente nula. Avaliando cinco solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul, mostra que a completa hidrólise do Al^{3+} acontece quando o pH atinge valor próximo a 5,4 em água (1:1) (MOTTA; MELO, 2009), portanto, inferior ao pH em água (1:1) observado no presente estudo que é igual a 6,0 para haver a completa hidrólise Al^{3+} .

Valor menor de pH em água também é apresentado por Catani e Alonso (1969 apud MALAVOLTA; KLIEMANN, 1985), havendo existir uma correlação negativa muito estreita entre pH e o teor de Al^{3+} trocável, com pH 5,7 não ha Al^{3+} trocável no solo.

A determinação do pH do solo com base nos resultados das relações aqui apresentadas, poderá ser um indicativo do nível de saturação por alumínio presente ou não no solo.

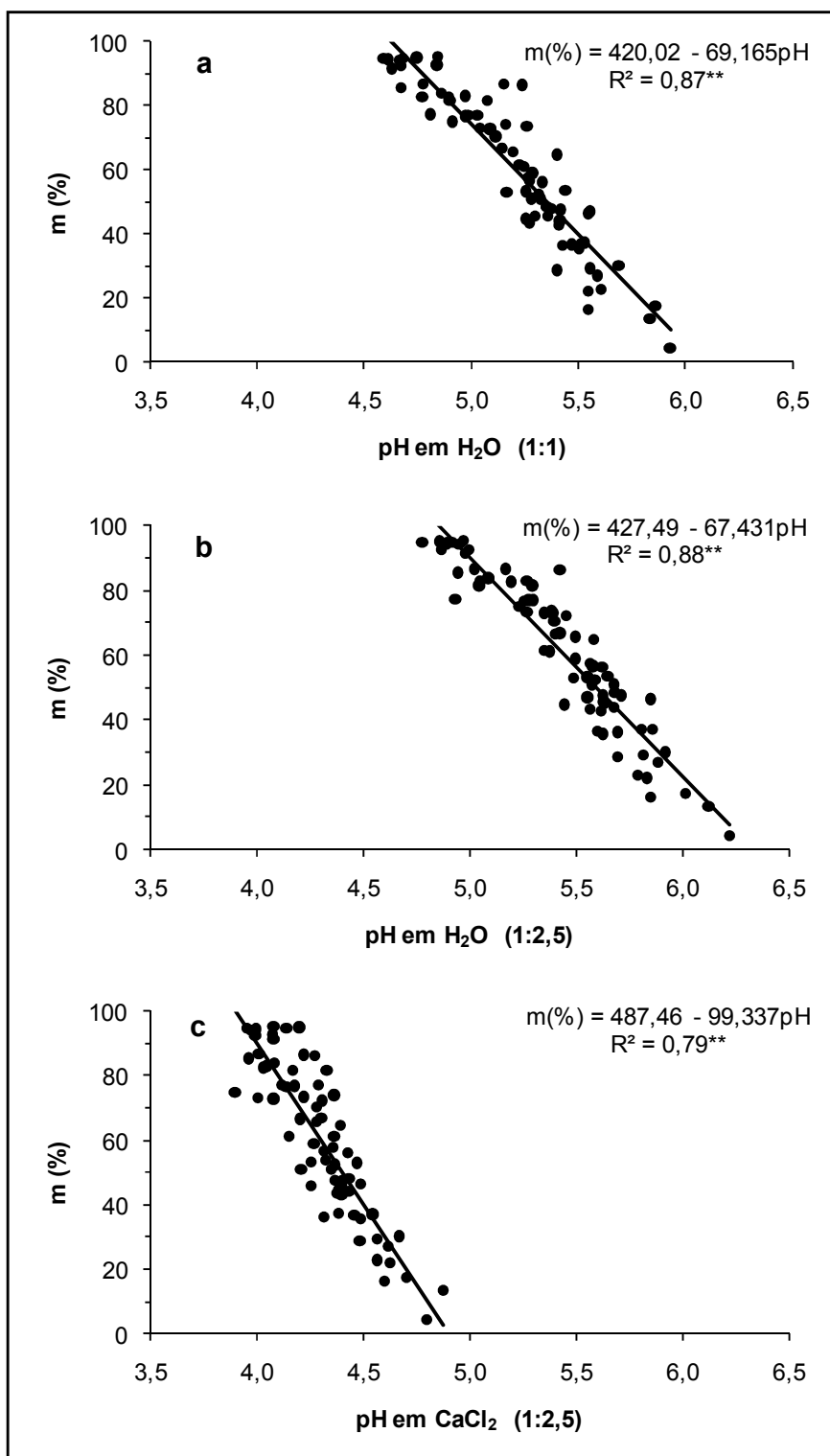


Figura 21. Relação entre o pH em água (1:1 solo:solução) e saturação por alumínio ($m\%$) (a), pH em água (1:2,5) e ($m\%$) (b), pH em CaCl_2 (1:2,5) e ($m\%$) (c), de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A dissolução do carbonato de cálcio desencadeia uma série de reações que resultam na neutralização de acidez do solo. Nessa reação, a hidroxila formada reage com o H da solução do solo, resultando em água. O bicarbonato formado na reação reage também com H, originando CO_2 . A acidez ativa em solução está em equilíbrio com a acidez potencial, isso permite que a acidez total do solo seja gradativamente neutralizada, inclusive o íon Al, que é precipitado na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ (RAIJ, 1991).

4.2.4 Relação entre saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%)

A Fig. 22 mostra a relação de saturação por bases (V%) com a saturação por alumínio (m%). A saturação por alumínio aproxima-se de zero quando a V% assume valores em torno de 49%. Porém, ocorre uma dispersão maior dos pontos na extremidade inferior da reta, contribuindo para uma variação da saturação por bases muito alta neste ponto, podendo ocorrer alguma saturação por alumínio mesmo em V% em torno de 49%. Valor semelhante de saturação por bases em torno de 50% foi determinado para amostras superficiais de solos de São Paulo por Raij (1991).

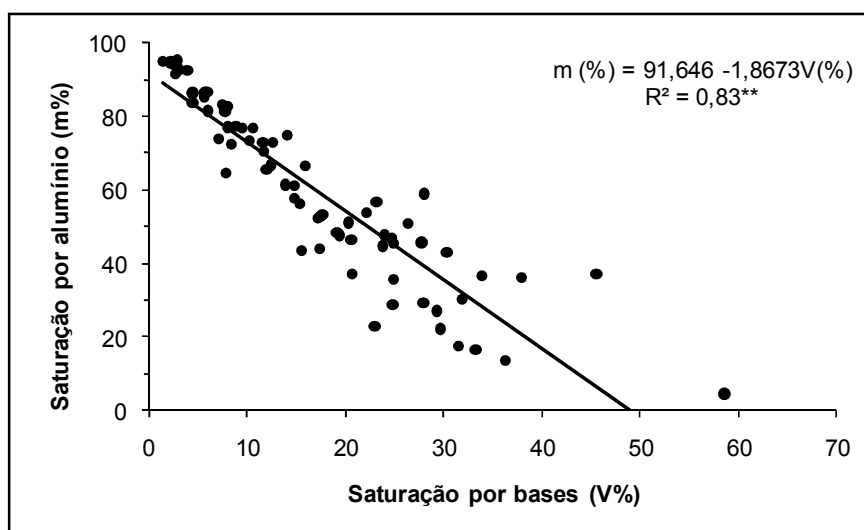


Figura 22. Relação entre saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) de 72 solos de áreas cultivadas de campo natural. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Relações de V% e m%, ainda V% e pH do solo se aplicam muito bem a amostras superficiais de solos por que, na maior parte dos solos brasileiros é a matéria orgânica, e não a fração argila a responsável pela maior parte da CTC (RAIJ, 1991).

4.2.5 Relação entre a acidez ativa (pH) e a saturação por bases (V%) de solos em campo natural cultivados com arroz.

A Fig. 23 mostra a relação entre saturação de bases e acidez ativa determinado por 3 métodos distintos: pH em água (1:1 solo:solução) (TEDESCO et al., 1995), pH em água (1:2,5 solo:solução) (EMBRAPA, 1997) e pH em cloreto de cálcio (CaCl_2) (1:2,5 solo:solução) (EMBRAPA, 1997). A acidez ativa avaliada por esse 3 métodos apresentou relação significativa com a V% com coeficiente de determinação de $R^2 = 0,73$, $R^2 = 0,75$ e $R^2 = 0,57$, respectivamente para pH em água (1:1), pH água (1:2,5) e pH CaCl_2 (1:2,5). Os solos com menor valor de pH apresentaram menor saturação por bases (V). Johnson (2002), analisando a dependência entre pH em água e saturação por bases (V%) em solos do nordeste dos Estados Unidos, não encontrou relações consistentes entre estes atributos do solo. Esse fator demonstra a necessidade de regionalização de modelos matemáticos para a estimativa destes parâmetros, visto que estão associados à composição mineralógica do solo e ao conteúdo da matéria orgânica. Avaliando solos da região amazônica e dos cerrados, Demattê et al., (1993) concluiu que os solos da região amazônica são sensivelmente mais ácidos do que a região do cerrado, para um mesmo valor de V, por exemplo, 5% a 10%, o pH dos solos da região amazônica apresentavam quase em sua totalidade, na faixa de 3,5 a 4,5 e entre 4,8 a 5,2, na região do cerrado. O presente estudo mostrou que na faixa de pH em água (1:2,5) de 4,7 a 5,2, os solos apresentaram um V de até 10%, semelhante aos solos do cerrado.

Observando os valores de pH em água (1:1), (1:2,5) e pH em CaCl_2 (1:2,5) na sequência 6,0, 6,3 e 4,9, respectivamente, obtidos pela equação de regressão para estimativas aproximadas de saturação de alumínio quando estes forem nulos (Fig. 21), estes foram utilizados nas equações para estimar a saturação por bases (Fig. 23), sendo que para pH 6,0, 6,3 e 4,9, os valores estimados de V% foram 42%, 43% e 42%, respectivamente.

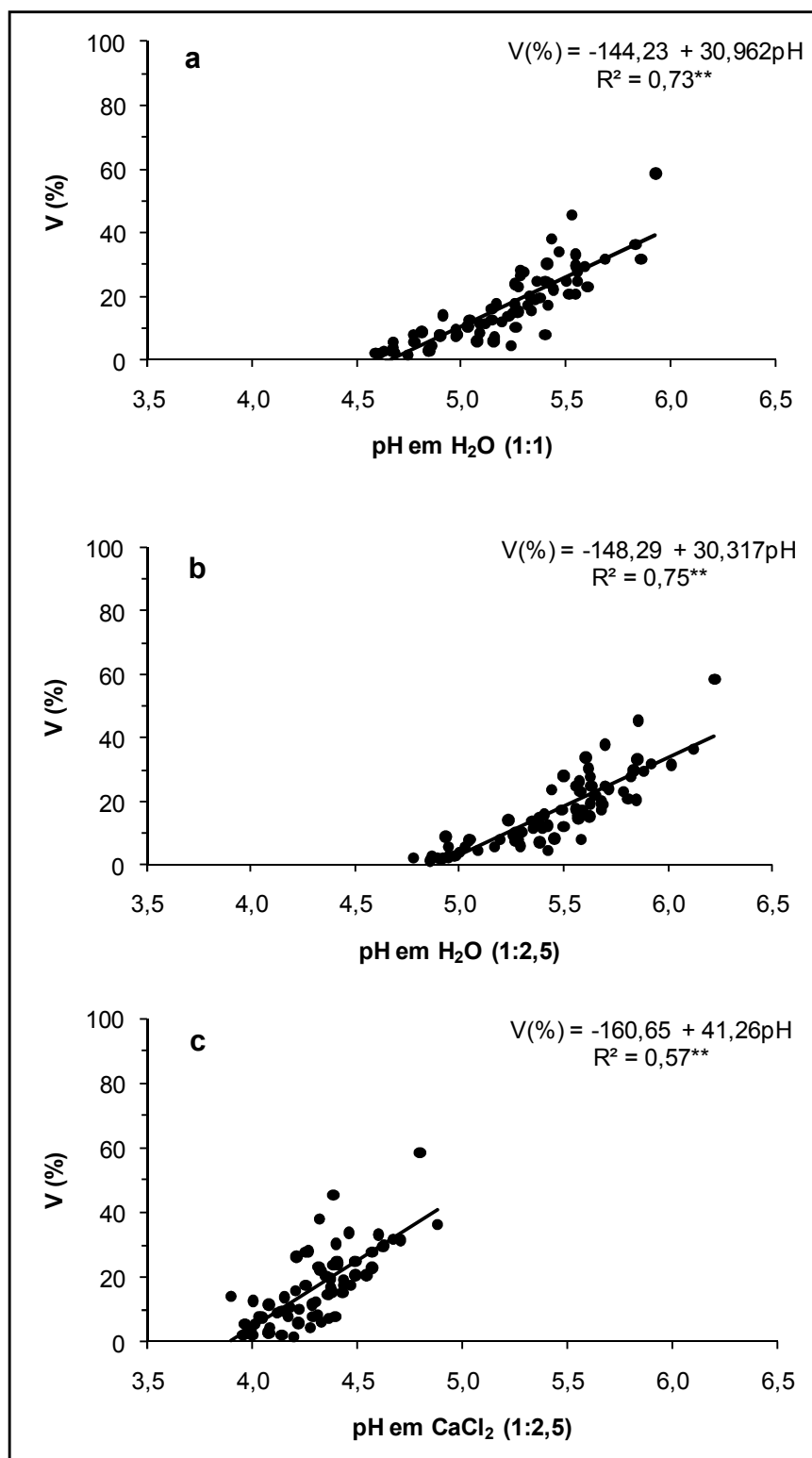


Figura 23. Relação entre o pH em água (1:1 solo:solução) e saturação por bases (V%) (a), pH em água (1:2,5) e (V%) (b), pH em CaCl_2 (1:2,5) e (V%) (c), de 72 solos de áreas cultivadas em campo natural. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

É possível observar na Fig. 23 que os pontos situados no 1/3 da extremidade final da reta apresentaram uma dispersão maior, conseqüentemente uma variação no valor de V% entre os solos.

Na relação de saturação por bases e pH, trabalho realizado por Catani e Gallo (1955 apud RAIJ, 1981), e outros trabalhos recentes mostram que a correlação é a mesma para outros solos ou mesmo outras regiões, assim passou adotar uma equação (03) aproximada para estimar o pH (1:2,5), onde por ela para uma V% de 40% corresponde um pH de 5,5, e a uma saturação de 60 %, corresponde pH 6,0 (RAIJ, 1981), valores superior aos do presente estudo no pH em água (1:2,5).

4.2.6 Relação entre $CTC_{pH\ 7,0}$ e os teores de carbono orgânico total (COT) e argila

A capacidade de troca de cátions a pH 7,0 ($CTC_{pH\ 7,0}$) foi associada aos teores de COT e argila, por meio de regressão linear simples e múltipla. A tab. 2 apresenta os modelos e respectivos coeficientes de determinação.

Observando a tab. 2, verificou-se que a regressão linear múltipla apresentou um coeficiente de determinação significativo 0,94 e permite estimar a $CTC_{pH\ 7,0}$ com boa eficiência. As regressões lineares simples embora apresentando um coeficiente de determinação alto, são menos eficientes para estimar a CTC dos solos. A CTC é o resultado das cargas negativas presentes, tanto nos colóides minerais como orgânicos, assim é melhor expressar quando são utilizados estes dois tipos de colóides do solo.

Tabela 2. Modelos ajustados por regressão entre a CTC medida a pH 7,0 e os teores COT e de argila (Arg)

Modelo	R^2
$CTC_{pH\ 7,0} = 0,7812^{**} + 0,3035^{**} COT + 0,0135^{**} Arg$	0,94 ^{**}
$CTC_{pH\ 7,0} = 2,6344^{**} + 0,0219^{**} Arg$	0,76 ^{**}
$CTC_{pH\ 7,0} = 1,3572^{**} + 0,4896^{**} COT$	0,76 ^{**}

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Silva e Mendonça (2007), comparando coeficientes da equação de regressão, observou que o COT é 121 vezes mais importante que a fração argila

como responsável pela CTC do solo, já no presente estudo observando a equação da regressão linear múltipla, o COT é 22 vezes mais importante que a fração argila.

Relação entre esses atributos também foram avaliados por Reis (2008), em solos das várzeas do Rio Grande do Sul cultivadas com arroz, onde efetuou regressões lineares múltiplas para estimar a CTC a pH 7,0, empregando dois métodos de determinação de COT (Walkley & Black e análise elementar) obtendo coeficientes de determinação significativos 0,64 e 0,70, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Os solos de campos naturais do sul do Estado do Amazonas apresentam, em geral, na camada arável predominantemente texturas areia, franco-siltosa, franco-argilo-siltosa, teores de potássio, cálcio, cobre, manganês e zinco baixos, teores de ferro altos, teores de magnésio baixos e adequados, teores de fósforo muito baixo.

Teores médios e adequados de matéria orgânica, baixo e médio pH em CaCl_2 e médio e adequado pH em água, capacidade de troca de cátions com nível médio, adequado e alto, saturação por bases baixa e média e a saturação por alumínio alta e muito alta.

O pH SMP é eficiente para estimar a acidez potencial dos solos dos campos naturais cultivados no sul do Estado do Amazonas.

Os teores de argila e carbono orgânico total são eficientes para estimar a capacidade de troca de cátions dos solos de campos naturais cultivados no sul do estado do Amazonas.

As principais limitações químicas para o cultivo dos solos da região são: elevada acidez potencial, baixa e média saturação por bases e muito baixa disponibilidade de fósforo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A.; FERREIRA, M.E.; BORKERT, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (editores). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, 2001, p.125-150.

ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.645-736.

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTANA, E.C. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:p. 295-300, 2000.

BATAGLIA, O.C. Ferro. In: Simpósio sobre Micronutrientes na agricultura. 1. Jaboticabal, 1988. **Anais** / Editado por Manoel Evaristo Ferreira e Mara Cristina Pessoa da Cruz. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991, p.159-172.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistema de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.21, p. 105-112, 1997a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (editores). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed.rev. e atual. – Porto Alegre: Metropole, 2008. p.7-18.

BORKERT, C.M. Manganês. In: Simpósio sobre Micronutrientes na agricultura. 1. Jaboticabal, 1988. **Anais** / Editado por Manoel Evaristo Ferreira e Mara Cristina Pessoa da Cruz. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991, p.173-190.

BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (editores). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, 2001, p.151-186.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. Imagem de Satélite. Disponível em:
<<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/2011>> Acesso em: fev. 2011.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus**, Rio de Janeiro, 1978. 561p.

BRAUN, E.H.G.; RAMOS, J.R.A. Estudo agroecológico dos campos Puciari-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). **Revista Brasileira de Geografia**. 21: p. 443-497, 1959.

BUCKMANN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Compêndio universitário sobre edafologia. Revisto por Nyle C. Brady. Tradução de Antônio B. Neiva Figueiredo. 3º Ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594p.

CAMARGO, O.A. Reações e interações de micronutrientes no solo. 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em:
<[HTTP://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm)>. Acesso em: 08 mar. 2011.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (editores). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, 2001, p.89-124.

CAMPOS, M.C.C. **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.

CARVALHO, A.M. **Caracterização física, química e mineralógica dos solos do município de Humaitá - AM**. 1986. 166p. (tese de Doutorado). Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível na Internet via www. URL: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 02 de setembro de 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível na Internet via www. URL: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 23 de setembro de 2010.

DEFELIPO, B.V.; BRAGA, J.M. Influência da calagem e fontes de potássio na adsorção de potássio em Latossolos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 7: p. 119-122, 1983.

DEMATTE, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. **Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta Amazônica e do cerrado do Brasil central**. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) vol.50 n°2 Piracicaba. 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Solos. Projeto de gestão ambiental integrada do estado do Amazonas. **Levantamento pedológico, aptidão agrícola da terra, susceptibilidade a erosão, uso atual e avaliação do agroclima**. Relatório Técnico (versão preliminar). EMBRAPA Solos/IPAAM. Rio de Janeiro, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária; organizador Fábio César da Silva. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia. 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2º edição revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2006. 354p.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages. 2008. 230p.

ERNANI, P.R., ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. (editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P.551-594.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns solos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 26–274, 1994.

FAGERIA, N.K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A.S.; FILHO, M.P.B.; FILIPPI, M.C.. Seja o doutor do seu arroz. **Potafos**. Arquivo do agrônomo nº 9. Piracicaba–SP. 1995.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Cobre. In: Simpósio sobre Micronutrientes na agricultura. 1. Jaboticabal, 1988. **Anais** / Editado por Manoel Evaristo Ferreira e Mara Cristina Pessoa da Cruz. Piracicaba: POTAFOS/CNPq. 1991, p.131-158.

GAMA, M.A.P.; PROCHNOW, L.I.; GAMA, J.R.N.F. Estimativa da acidez potencial pelo método SMP em solos ocorrentes no Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26. p.1093-1097, 2002.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS. **Dados de produção do município de Humaitá-AM**. 2010. Humaitá-AM.

JOHNSON, C.E. Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA. **European Journal of Soils Science**, v.53, p.271-282, 2002.

KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., 1989, Santa Maria, RS. **Anais do II Seminário Sobre Corretivos da Acidez do Solo**. Santa Maria: Edições UFSM, 1989. p.39-61.

KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; MARTINS, J.R.; SANTOS, E.J.S.; TITSSOT, C.A. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1107-1113, 2002.

KÄMPF, N., CURI, N.; MARQUES, J.J. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F (editores). **Química e mineralogia do solo**. Parte I – Conceitos básicos. 1ª edição. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.573-610.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo. Piracicaba: editora Ceres, 1979. 262p.

KRAMER, V.R. **Avaliação da fertilidade do solo e levantamento do estado nutricional do sistema de produção de arroz de terras altas do município de Humaitá, AM**. 2006. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)–Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Interpretação de análise de solo**. ANDA, (Boletim Técnico nº 2). São Paulo, 2004. 50p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba-SP: Potafos, 1985. 136p.

MARTINS, G.C. **Matas e Campos naturais da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos e implicações do uso e manejo**. Lavras, 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

MARTINS, G.C.; FERREIRA, M.M.; CURI, N.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, M.L.N. Campos Nativos e Matas adjacentes da Região de Humaitá (AM): Atributos diferenciais dos Solos. **Ciência Agrotec., Lavras**, v. 30, n. 2, p. 221–227, mar./abr., 2006

MELO, V.F., CASTILHOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F (editores). **Química e mineralogia do solo**. Parte I – Conceitos básicos. 1ª edição. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.251-332.

MOREIRA, A.; ALMEIDA, M.P.; COSTA, D.G.; SANTOS, L.S. Acidez potencial pelo método do pH no Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Col.39 nº1 Brasília. 2004.

MOTTA, A.C.V.; MELO, V.F. Química dos solos ácidos. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F (editores). **Química e mineralogia do solo**. Parte II – Aplicações. 1ª edição. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.313-380.

NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L.

(editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. (editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L.; MIYASAWA, M. Estimativa determinação indireta da acidez extraível do solo (H+Al) por potenciometria com a solução-tampão SMP. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.39, p.307-312, 1996.

PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V.; ANJOS, L.H.C. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22. p.159-162, 1998.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP – buffer solution to determine lime of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.16, p.245-260, 1985.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.V. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., eds. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. São Paulo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RAMALHO, A.R., et al. **Prognóstico e recomendações agronômicas sobre o uso dos campos de puciarí – Humaitá (AM), para a produção de grãos alimentares**. Março, 1994, Porto Velho. 12p.

REIS, C.E.S. dos. **Caracterização química e disponibilidade de enxofre em solos de várzea do Rio Grande do Sul**. 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5° Ed. revisada e ampliada Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100p.

SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O.; PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.25, p.274-277, 1961.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. (editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da Fase Sólida Orgânica do Solo. In: MEURER, E.J. (editor). **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.63-88.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. (editores). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1989. 277p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A ; BOHNEN, H.; VOLK WEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n.5)

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Húmus em solos da floresta Amazônica na região do Rio Madeira. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. 5: p.15-21, 1981.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS-ZEE, AM. **Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas**. IPAAM, SDS, Governo do Estado do AM. 53p. 2008.

APÊNDICES

Apêndice 1. Número absoluto e relativo das 72 amostras de solos em função da localização e classes de solos em campos naturais na região sul do AM.

Local de coleta das amostras de solo	Identificação das amostras (n°)	Número de amostras		Classes de solo
		Absoluto	Relativo -----%-----	
BR 230/BR 319	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	11	15,28	Gleissolos; Cambissolos; Plintossolos; Argissolos.
BR 319	14, 15, 16, 17, 18, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74	37	51,39	Gleissolos; Cambissolos; Plintossolos; Argissolos
Rodovia do estanho	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42	24	33,33	Plintossolos e Neossolos quartzarênico

Apêndice 2. Informações sobre o ponto de coleta das 72 amostras de solo realizado entre 24/07/2009 e 10/08/2009 em áreas de campos naturais no sul do AM.

Amostra	Coordenada geográfica	Localização e ponto de coleta
1	07°39'38,4"S 63°08'55,4"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo, recebeu calagem a aproximadamente 6 anos mas não cultivada.
2	07°39'30,7"S 63°08'43,5"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo, recebeu calagem a aproximadamente 6 anos mas não cultivada.
5	07°38'51,9"S 63°10'12,6"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo com tendência para médio. Área cultivada a aproximadamente 4 anos atrás, no momento em pousio.
6	07°38'51,1"S 63°10'02,9"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo com tendência para médio. Área cultivada 1 ano com arroz a aproximadamente 3 anos atrás, no momento se encontra em pousio.
7	07°38'02,0"S 63°10'51,0"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo, cultivada apenas por 1 ano com arroz a aproximadamente 5 anos atrás, no momento se encontra em pousio.
8	07°39'32,3"S 63°10'06,7"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo alto, cultivada com arroz na ultima safra agrícola, sendo que nos anos anteriores foi cultivada com soja e arroz. Localiza-se próximo ao cruzamento de duas vicinais internas da propriedade.
9	07°41'13,6"S 63°10'47,5"W	Fazenda Brasília, situada a esquerda da BR 319 no Km 19 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo alto, cultivada com arroz na ultima safra agrícola, sendo que nos anos anteriores foi cultivada com soja, arroz e milho. Localiza-se na estrada sentido fazenda dos Scandolara.

Apêndice 2. Continuação...

10	07°33'46,3"S 63°05'55,6"W	54° BEC, situada a direita da BR 319 no Km 11 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo médio com tendência para alto, com vegetação característica de campo nativo nunca cultivado. Localiza-se em frente a fazenda trevo (Gregório).
11	07°34'19,9"S 63°05'54,5"W	Fazenda Trevo do Sr. Gregório, situada a esquerda da BR 319 no Km 11 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo alto, pastagem nos últimos 3 anos, sendo cultivada com arroz e soja em anos anteriores. Localiza-se em frente à área de 54 BEC.
12	07°35'33,5"S 63°07'29,6"W	Fazenda do Sr. Flávio Nery, situada a esquerda da BR 319 no Km 14 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo alto, pastagem nos últimos 2 anos, sendo cultivada com arroz e soja a aproximadamente 4 anos atrás. Localiza-se a esquerda da estrada interna da propriedade.
13	07°35'15,9"S 63°07'48,0"W	Fazenda do Sr. Flávio Nery, situada a esquerda da BR 319 no Km 14 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo, pastagem nos últimos 2 anos, sendo cultivada com arroz e soja a aproximadamente 4 anos atrás. Localiza-se a direita da estrada interna da propriedade.
14	07°35'37,7"S 63°05'05,9"W	Fazenda Vanazzi do Sr. Nelson Vanazzi, situada a esquerda da BR 319 no Km 12 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio por 1 ano, cultivada com arroz, soja e milho nos anos anteriores. Localiza-se a direita da estrada interna da propriedade.
15	07°35'29,4"S 63°05'23,8"W	Fazenda Vanazzi do Sr. Nelson Vanazzi, situada a esquerda da BR 319 no Km 12 sentido a Manaus. Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio por 1 ano, cultivada com arroz, soja e milho nos anos anteriores. Localiza-se a direita da estrada interna da propriedade.

Apêndice 2. Continuação...

16	07°35'24,5"S 63°04'30,8"W	Propriedade de Zulmira Lurdes C. Marmentini, situada a esquerda da BR 319 no Km 12 sentido a Porto Velho. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio aproximadamente por 5 anos, cultivada com arroz e soja nos anos anteriores. Localiza-se a esquerda da estrada interna da propriedade.
17	07°37'35,9"S 63°04'21,8"W	Propriedade de Jeferson Marmentini, situada a esquerda da BR 319 no Km 14 sentido a Porto Velho. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio aproximadamente por 5 anos, cultivada com arroz e soja nos anos anteriores. Localiza-se a direita da estrada interna da propriedade.
18	07°37'30,8"S 63°04'32,6"W	Propriedade de Jeferson Marmentini, situada a esquerda da BR 319 no Km 14 sentido a Porto Velho. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio aproximadamente por 5 anos, cultivada com arroz e soja nos anos anteriores. Localiza-se a direita da estrada interna da propriedade.
19	08°27'21,9"S 61°44'22,2"W	Propriedade do Sr. Armen, situada a direita da rodovia do estanho Km 75 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, sob pastagem, cultivada com arroz nas safras do ano de 1996 e 1997. Localiza-se entre o rio branco e rio macaco.
20	08°27'23,1"S 61°43'18,4"W	Propriedade do Sr. Aparecido Crivellaro, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 75 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, sob pastagem, cultivada com arroz em anos anteriores. Localiza-se entre o rio branco e rio macaco.
21	08°27'40,6"S 61°42'42,1"W	Propriedade do Sr. Armen, situada a direita da rodovia do estanho Km 78 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, sob pastagem, cultivada com arroz nas safras do ano de 1996 e 1997. Localiza-se entre o rio branco e rio macaco.
22	08°27'26,1"S 61°42'44,4"W	Propriedade do Sr. Aparecido Crivellaro, situada a direita da rodovia do estanho Km 85 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, sob pastagem, cultivada com arroz em anos anteriores. Localiza-se entre rio macaco e sede da propriedade.

Apêndice 2. Continuação...

23	08°27'06,0"S 61°41'35,7"W	Propriedade do Sr. Edgard Görgen, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 85 sentido MT. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio, cultivada com arroz em anos anteriores. Localiza-se próximo ao rio macaco e sede da propriedade.
24	08°27'28,7"S 61°40'45,7"W	Propriedade do Sr. Edgard Görgen, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 88 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio, cultivada com arroz em anos anteriores.
25	08°27'49,1"S 61°40'18,6"W	Propriedade do Sr. Edgard Görgen, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 90 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio, cultivada com arroz em anos anteriores.
26	08°28'02,0"S 61°39'57,9"W	Propriedade do Sr. Isair Basso, situada a direita da rodovia do estanho Km 90 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, pastagem, cultivada com arroz em anos anteriores.
27	08°28'10,0"S 61°39'32,5"W	Propriedade do Sr. Edgard Görgen, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 90 sentido MT. Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio, cultivada com arroz em anos anteriores.
28	08°30'05,4"S 61°33'45,6"W	Propriedade sem denominação, situada a direita da rodovia do estanho Km 95 sentido MT. Área na posição do relevo em campo baixo, não cultivado, com a vegetação característica do local.
29	08°30'02,6"S 61°33'46,5"W	Propriedade sem denominação, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 95 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, não cultivado, com a vegetação de porte mais alta e densa de ocorrência em reboleira.
30	08°30'00,0"S 61°33'07,2"W	Propriedade do Sr. Paulo P. Quirino, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 100 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, pastagem e cultivada com arroz em anos anteriores.
31	08°30'08,5"S 61°31'03,8"W	Propriedade do Sr. Paulo P. Quirino, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 101 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, pastagem e cultivada com arroz em anos anteriores.

Apêndice 2. Continuação...

32	08°33'55,9"S 61°24'17,8"W	Propriedade do Sr. Vanderlei Radmann, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 113 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (1997/1998; 2003/2004).
33	08°36'13,5"S 61°25'29,7"W	Propriedade do Sr. Fernão Leme, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 116 sentido MT. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (2003/2004).
34	08°35'31,2"S 61°25'02,6"W	Propriedade do Sr. Bartolomeu, situada a direita da rodovia do estanho Km 116 sentido MT. Área na posição do relevo em campo médio, não houve cultivo.
35	08°35'34,6"S 61°25'02,0"W	Propriedade do Sr. Fernão Leme, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 116 sentido MT. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (2003/2004).
36	08°34'29,5"S 61°24'21,2"W	Propriedade do Sr. Valter Bühring, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 114 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (1996/1997).
37	08°34'21,4"S 61°24'53,8"W	Propriedade do Sr. Vanderlei Radmann, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 113 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz e milho em anos anteriores.
38	08°33'16,5"S 61°25'50,9"W	Propriedade do Sr. João do Vale, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 110 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (2003/2004).
39	08°31'37,0"S 61°27'10,0"W	Propriedade do Sr. Arlindo Grave, situada a esquerda da rodovia do estanho Km 106 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (2003/2004).
40	08°31'57,7"S 61°28'0,30"W	Propriedade do Sr. Josué (anterior Elias), situada a esquerda da rodovia do estanho Km 106 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio e cultivada com arroz em anos anteriores (2003/2004).

Apêndice 2. Continuação...

41	08°29'57,8"S 61°32'18,0"W	Propriedade sem denominação, situada a direita da rodovia do estanho Km 92 sentido MT. Área na posição do relevo em campo baixo, não cultivado, próximo a reboleira de buritis.
42	08°30'15,3"S 61°34'03,9"W	Propriedade do Sr. Leovaldo Quirino da Silva, situada a direita da rodovia do estanho Km 98 sentido MT. Área na posição do relevo em campo alto, não cultivado, vegetação característica do cerrado.
43	07°34'30,0"S 63°04'45,1"W	Propriedade do Sr. Gregório Reutow, situada a direita da BR 319 Km 11 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio aproximadamente por 3 anos, cultivada com arroz e soja nos anos anteriores.
44	07°37'15,7"S 63°05'08,1"W	Propriedade do Sr. Elemar Bandeira, situada a direita da BR 319 Km 15 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo médio, pastagem e cultivada com arroz, soja e milho em anos anteriores. Localizada próximo ao final da pista de avião.
45	07°37'15,7"S 63°05'08,1"W	Propriedade do Sr. Elemar Bandeira, situada a direita da BR 319 Km 15 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo baixo, pastagem e cultivada com arroz, soja e milho em anos anteriores.
46	07°40'50,6"S 63°04'56,0"W	Propriedade do Sr. Mauro Ely Zaborowski – Fazenda Triângulo, situada a direita da BR 319 Km 18 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo médio, não cultivada, pastagem natural.
47	07°42'25,1"S 63°07'26,3"W	Propriedade do Sr. Mauro Ely Zaborowski – Fazenda Triângulo, situada a direita da BR 319 Km 20 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, não cultivada, em pleno preparo do solo para o plantio de arroz. Localiza-se a 2 Km da BR.
48	07°42'49,3"S 63°06'26,1"W	Propriedade do Sr. Mauro Ely Zaborowski – Fazenda Triângulo, situada a direita da BR 319 Km 20 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, pastagem por três anos, cultivada com arroz e soja por dois anos anterior a pastagem.
49	07°45'58,4"S 63°08'45,7"W	Propriedade do Sr. Mauro Ely Zaborowski – Fazenda Triângulo, situada a direita da BR 319 Km 30 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, pastagem, cultivada com arroz na safra 2008/2009 e pastagem nos anos anteriores.

Apêndice 2. Continuação...

50	07°54'44,7"S 63°14'32,1"W	Propriedade do Sr. Isair Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 8 Km a direita. Área na posição do relevo em campo médio, pousio e cultivada com arroz em anos anteriores.
51	07°55'01,2"S 63°14'24,2"W	Propriedade do Sr. Sandiro Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 7 Km a esquerda. Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio por 2 anos e cultivada com arroz e milho em anos anteriores.
52	07°55'16,0"S 63°14'23,0"W	Propriedade da Sr ^a . Angela Villani, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 9 Km a direita. Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio por 3 anos e cultivada com arroz em anos anteriores.
53	07°55'45,2"S 63°14'15,2"W	Propriedade da Sr ^a . Angela Villani, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 9 Km a direita. Área na posição do relevo em campo baixo, em pousio por 3 anos e cultivada com arroz em anos anteriores.
54	07°55'41,5"S 63°14'10,4"W	Propriedade do Sr. Sandiro Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 7 Km a esquerda. Área na posição do relevo em campo baixo, área nunca cultivada, com vegetação característica do campo natural.
55	07°55'26,1"S 63°14'15,9"W	Propriedade do Sr. Sandiro Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 7 Km a esquerda. Área na posição do relevo em campo baixo, área nunca cultivada, com vegetação característica do campo natural.
56	07°54'35,2"S 63°14'29,1"W	Propriedade do Sr. Sandiro Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 6 Km a esquerda. Área na posição do relevo em campo alto, em pousio por dois anos, cultivada com arroz, milho soja nos anos anteriores. Localiza-se próximo a sede da propriedade.

Apêndice 2. Continuação...

57	07°54'25,0"S 63°14'53,2"W	Propriedade do Sr. Izair Basso, situada a esquerda da BR 319 Km 57 sentido Porto Velho (PV), vicinal Santa Luzia 5 Km a direita. Área na posição do relevo em campo médio, em pousio por dois anos, cultivada com arroz e milho nos anos anteriores. Localiza-se próximo a sede da propriedade.
58	07°53'59,1"S 63°17'38,8"W	Propriedade do Sr. Oney Rossato, situada a esquerda da BR 319 Km 60 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo médio, em pousio aproximadamente por quatro anos, cultivada com arroz nos anos anteriores.
59	08°01'27,2"S 63°26'44,4"W	Propriedade do Sr. Barruf, situada a esquerda da BR 319 Km 75 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, cultivada com arroz na ultima safra agrícola (2008/2009).
60	08°03'22,2"S 63°46'26,6"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a esquerda. Área na posição do relevo em campo médio, pousio aproximadamente por três anos e cultivada com arroz e soja nos anos anteriores.
61	08°02'43,3"S 63°46'33,4"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a esquerda. Área na posição do relevo em campo médio, presença da cultura de feijão no momento da coleta e cultivada com arroz e soja nos anos anteriores.
62	08°02'17,5"S 63°46'20,3"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a direita. Área na posição do relevo em campo médio, pousio aproximadamente por três anos e cultivada com arroz e soja nos anos anteriores.
63	08°02'07,5"S 63°45'52,4"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a direita. Área na posição do relevo em campo baixo, pousio aproximadamente por cinco anos e cultivada com arroz e soja nos anos anteriores. Localiza-se a esquerda da pista de avião.
64	08°02'23,2"S 63°47'10,7"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a esquerda. Área na posição do relevo em campo alto, cultivada com mandioca na safra agrícola 2008/2009.

Apêndice 2. Continuação...

65	08°01'59,4"S 63°46'40,8"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 10 Km na vicinal a esquerda. Área na posição do relevo em campo baixo, nunca cultivada, em fase de preparo do solo para o cultivo.
66	07°59'59,8"S 63°47'02,1"W	Propriedade do Sr. Osvaldo Nakamura, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 13 Km na vicinal a direita. Área na posição do relevo em campo baixo, de pastagem.
67	07°59'59,8"S 63°47'04,7"W	Propriedade do Sr. Enos Cella, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV), 12 Km na vicinal a esquerda. Área na posição do relevo em campo baixo, nunca cultivada, em fase de preparo do solo para o cultivo.
68	08°09'25,7"S 63°47'15,0"W	Propriedade sem denominação, situada a esquerda da BR 319 Km 115 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo baixo, não cultivada.
69	08°09'44,1"S 63°47'58,6"W	Propriedade do Sr. Adriano Garcia, situada a direita da BR 319 Km 105 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, cultivada com arroz por 1 ano e em pousio aproximadamente a 4 anos.
70	08°13'54,7"S 63°55'50,8"W	Propriedade do Sr. Eder Luiz Frederici, situada a direita da BR 319 Km 135 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, cultivo de arroz nas ultimas duas safras. Segundo o Produtor, não efetuou aplicação de calcário na área desde a aquisição da propriedade.
71	08°13'32,4"S 63°55'48,3"W	Propriedade do Sr. Eder Luiz Frederici, situada a direita da BR 319 Km 135 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo baixo, cultivo de arroz nas ultimas duas safras. Segundo o Produtor, não efetuou aplicação de calcário na área desde a aquisição da propriedade.
72	08°29'52,8"S 63°58'37,0"W	Propriedade do Sr. Augusto Medeiros Pellúcio, situada a esquerda da BR 319 Km 170 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, sendo cultivada durante 5 anos com arroz, soja e milho.
73	08°30'04,5"S 63°58'40,3"W	Propriedade do Sr. Augusto Medeiros Pellúcio, situada a esquerda da BR 319 Km 170 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo médio, não cultivada.

Apêndice 2. Continuação...

74	08°31'18,4"S 63°58'46,7"W	Propriedade do Sr. Augusto Medeiros Pellúcio, situada a esquerda da BR 319 Km 170 sentido Porto Velho (PV). Área na posição do relevo em campo alto, sendo cultivada durante 5 anos com arroz, soja e milho, no momento da coleta explorada com a cultura do feijão.
----	------------------------------	--

Apêndice 3. Valores dos teores de areia grossa, areia fina, areia total, silte, argila e classe textural de 72 amostras de solos de campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

Amostra	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	Classe textural
	-----g kg ⁻¹ -----					
1	9,34	133,16	142,50	721,59	135,91	Franco-siltosa
2	6,54	47,85	54,39	736,02	209,59	Franco-siltosa
5	8,92	78,81	87,72	725,24	187,03	Franco-siltosa
6	13,87	134,12	147,99	668,10	183,91	Franco-siltosa
7	5,70	23,80	29,50	588,23	382,27	Franco-argilo-siltosa
8	326,53	168,47	495,00	213,45	291,55	Franco-argilo-arenosa
9	14,83	191,28	206,11	479,78	314,11	Franco-argilosa
10	37,79	40,72	78,51	542,94	378,55	Franco-argilo-siltosa
11	13,39	35,96	49,35	599,34	351,31	Franco-argilo-siltosa
12	32,23	187,38	219,61	531,68	248,71	Franco-siltosa
13	10,66	44,14	54,80	547,45	397,75	Franco-argilo-siltosa
14	28,76	156,80	185,56	448,49	365,95	Franco-argilo-siltosa
15	13,24	66,57	79,81	535,16	385,03	Franco-argilo-siltosa
16	9,02	9,90	18,92	329,89	651,19	Muito argilosa
17	6,90	24,68	31,58	619,99	348,43	Franco-argilo-siltosa
18	17,37	46,13	63,50	448,03	488,47	Argilo-siltosa
19	425,32	386,68	812,00	74,05	113,95	Areia-franca
20	574,51	329,99	904,50	22,95	72,55	Areia
21	644,06	224,44	868,50	60,51	70,99	Areia
22	462,98	420,02	883,00	42,89	74,11	Areia
23	547,00	261,00	808,00	83,93	108,07	Areia-franca
24	438,13	419,87	858,00	58,17	83,83	Areia
25	320,16	493,34	813,50	73,99	112,51	Areia-franca
26	380,60	391,90	772,50	105,87	121,63	Franco-arenosa
27	545,01	290,99	836,00	62,05	101,95	Areia-franca
28	500,60	392,40	893,00	69,97	37,03	Areia
29	528,26	264,24	792,50	82,63	124,87	Franco-arenosa
30	540,05	329,95	870,00	66,69	63,31	Areia
31	682,92	252,58	935,50	38,75	25,75	Areia
32	466,74	410,76	877,50	52,95	69,55	Areia
33	467,82	400,18	868,00	58,49	73,51	Areia
34	551,67	345,83	897,50	40,99	61,51	Areia
35	528,95	348,05	877,00	45,05	77,95	Areia
36	489,10	367,90	857,00	60,73	82,27	Areia
37	338,88	492,12	831,00	74,61	94,39	Areia-franca
38	557,22	344,78	902,00	53,41	44,59	Areia
39	472,35	386,15	858,50	61,63	79,87	Areia
40	441,71	306,29	748,00	85,85	166,15	Franco-arenosa

Apêndice 3. Continuação...

41	635,07	243,93	879,00	62,37	58,63	Areia
42	434,19	398,81	833,00	122,09	44,92	Areia
43	8,54	18,46	27,00	350,01	622,99	Muito argilosa
44	12,24	102,26	114,50	607,75	277,75	Franco-argilo-siltosa
45	11,47	70,53	82,00	615,89	302,11	Franco-argilo-siltosa
46	22,83	90,17	113,00	639,37	247,63	Franco-siltosa
47	8,29	206,71	215,00	585,13	199,87	Franco-siltosa
48	10,00	112,00	122,00	708,61	169,39	Franco-siltosa
49	13,17	93,83	107,00	618,37	274,63	Franco-argilo-siltosa
50	7,91	184,09	192,00	450,21	357,79	Franco-argilo-siltosa
51	20,44	148,06	168,50	449,95	381,55	Franco-argilo-siltosa
52	15,87	135,63	151,50	529,71	318,79	Franco-argilo-siltosa
53	14,81	166,69	181,50	638,31	180,19	Franco-siltosa
54	10,86	183,14	194,00	625,21	180,79	Franco-siltosa
55	6,54	146,96	153,50	655,27	191,23	Franco-siltosa
56	21,83	247,17	269,00	451,33	279,67	Franca
57	14,61	158,89	173,50	691,19	135,31	Franco-siltosa
58	11,22	114,78	126,00	640,05	233,95	Franco-siltosa
59	75,68	230,32	306,00	438,09	255,91	Franca
60	76,72	181,78	258,50	409,15	332,35	Franco-argilosa
61	12,15	234,85	247,00	494,45	258,55	Franca
62	12,42	265,08	277,50	632,09	90,43	Franco-siltosa
63	9,51	139,49	149,00	726,61	124,39	Franco-siltosa
64	11,49	232,01	243,50	612,79	143,71	Franco-siltosa
65	33,23	187,27	220,50	701,43	78,07	Franco-siltosa
66	34,25	401,75	436,00	372,65	191,35	Franca
67	25,98	319,52	345,50	460,63	193,87	Franca
68	15,19	169,81	185,00	653,89	161,11	Franco-siltosa
69	17,49	176,51	194,00	530,65	275,35	Franco-argilo-siltosa
70	16,22	98,28	114,50	665,83	219,67	Franco-siltosa
71	7,20	103,30	110,50	730,31	159,19	Franco-siltosa
72	8,98	132,02	141,00	579,69	279,31	Franco-argilo-siltosa
73	12,09	186,91	199,00	610,49	190,51	Franco-siltosa
74	10,29	158,21	168,50	534,43	297,07	Franco-argilo-siltosa

Apêndice 4. Valores de pH em água segundo método do Tedesco et al., (1995) e Embrapa (1997), pH em CaCl_2 (EMBRAPA, 1997) e pH em SMP nos três métodos de 72 amostras de solos de campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

Amostra	pH (1:1) Tedesco		pH (1:2,5) Embrapa		pH (1:2,5) Embrapa	
	Água	SMP	Água	SMP	CaCl_2	SMP
1	5,86	6,38	6,02	6,58	4,71	6,49
2	5,24	5,84	5,43	6,05	4,28	5,87
5	5,23	5,84	5,35	6,08	4,16	5,93
6	5,51	6,15	5,63	6,25	4,49	6,34
7	4,81	4,87	4,94	4,97	4,12	5,07
8	5,26	5,75	5,45	5,88	4,39	5,96
9	5,47	5,65	5,61	5,77	4,46	5,82
10	4,85	4,80	4,98	4,88	4,08	5,00
11	5,44	5,43	5,65	5,58	4,33	5,67
12	5,41	5,96	5,62	6,11	4,40	6,12
13	5,09	4,50	5,36	4,79	4,08	4,82
14	5,29	5,30	5,50	5,43	4,27	5,57
15	5,15	5,02	5,41	5,34	4,21	5,39
16	5,43	4,93	5,70	5,27	4,32	5,23
17	5,93	6,14	6,23	6,32	4,80	6,39
18	5,53	5,24	5,86	5,71	4,39	5,53
19	4,98	6,08	5,26	6,36	4,14	6,27
20	5,34	6,46	5,63	6,77	4,43	6,68
21	5,03	6,32	5,30	6,66	4,18	6,54
22	4,99	6,57	5,28	6,83	4,29	6,75
23	5,28	6,22	5,58	6,55	4,32	6,43
24	5,32	6,56	5,59	6,80	4,37	6,84
25	5,55	6,77	5,86	7,00	4,60	7,01
26	5,15	6,53	5,43	6,75	4,31	6,78
27	5,59	6,85	5,89	7,06	4,62	7,08
28	5,40	7,01	5,59	7,21	4,40	7,23
29	4,68	5,36	4,95	5,85	3,97	5,80
30	5,16	6,55	5,39	6,78	4,37	6,79
31	5,61	7,39	5,79	7,52	4,57	7,50
32	5,28	6,63	5,57	6,96	4,38	6,74
33	5,08	6,71	5,30	6,95	4,33	6,74
34	4,86	6,51	5,09	6,69	4,09	6,57
35	5,20	6,67	5,50	6,86	4,29	6,73
36	5,38	6,63	5,63	6,78	4,37	6,70
37	5,56	6,54	5,82	6,92	4,57	6,67
38	5,42	6,88	5,68	7,05	4,44	6,94
39	5,36	6,59	5,64	6,85	4,40	6,67

Apêndice 4. Continuação...

40	4,90	5,90	5,20	6,18	4,03	6,02
41	4,78	6,27	5,03	6,59	4,01	6,40
42	4,77	6,49	5,05	6,74	4,05	6,59
43	4,91	4,38	5,24	4,72	3,90	4,53
44	5,28	5,57	5,58	5,90	4,21	5,73
45	5,30	5,90	5,63	6,05	4,26	5,99
46	4,67	5,29	4,95	5,48	3,97	5,45
47	4,59	5,42	4,92	5,74	3,96	5,55
48	5,52	6,31	5,81	6,58	4,55	6,45
49	5,04	5,02	5,39	5,29	4,01	5,25
50	5,33	5,53	5,68	5,94	4,35	5,73
51	5,36	5,34	5,69	5,70	4,44	5,65
52	5,27	5,42	5,57	5,57	4,36	5,48
53	5,55	5,84	5,84	5,94	4,63	5,88
54	4,61	5,44	4,90	5,61	4,00	5,51
55	4,98	5,51	5,27	5,81	4,05	5,59
56	5,26	5,28	5,56	5,53	4,26	5,33
57	5,55	6,03	5,85	6,28	4,49	6,01
58	5,42	5,70	5,72	5,98	4,41	5,83
59	4,68	5,05	5,00	5,49	4,00	5,23
60	5,12	5,19	5,40	5,54	4,29	5,40
61	5,17	5,52	5,49	5,75	4,47	5,70
62	5,40	5,60	5,70	5,93	4,49	5,86
63	5,84	6,27	6,13	6,58	4,88	6,47
64	5,69	6,34	5,92	6,60	4,67	6,52
65	4,63	5,58	4,98	5,98	4,08	5,84
66	5,09	5,30	5,46	5,63	4,31	5,57
67	4,75	5,28	4,86	5,51	4,20	5,53
68	4,68	5,59	4,78	5,87	4,14	5,79
69	5,25	5,43	5,38	5,78	4,37	5,70
70	4,90	5,49	5,05	5,77	4,17	5,76
71	4,84	5,86	4,87	5,83	4,08	5,83
72	5,56	5,95	5,56	5,91	4,41	5,93
73	5,16	6,11	5,17	6,06	4,22	6,01
74	5,26	5,77	5,27	5,78	4,23	5,71

Apêndice 5. Valores dos teores de potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), alumínio (Al), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) de 72 amostras de solos de campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

Amostra	K mg kg ⁻¹	K	Na	Ca	Mg	SB	H+Al	CTC	Al	V	m
		-----cmol _c kg ⁻¹ -----								-----%-----	
1	13,47	0,03	0,02	1,27	0,22	1,55	3,36	4,91	0,33	31,51	17,48
2	15,97	0,04	0,01	0,09	0,11	0,25	5,38	5,63	1,59	4,46	86,36
5	6,99	0,02	0,00	0,56	0,30	0,88	5,48	6,37	1,40	13,89	61,34
6	12,47	0,03	0,00	1,05	0,52	1,61	4,85	6,46	0,89	24,92	35,60
7	31,43	0,08	0,04	0,63	0,49	1,24	12,81	14,05	4,21	8,83	77,24
8	34,93	0,09	0,01	1,28	0,94	2,32	7,41	9,73	1,87	23,81	44,70
9	17,46	0,04	0,00	1,75	1,44	3,24	6,33	9,57	1,87	33,83	36,63
10	24,45	0,06	0,00	0,07	0,14	0,27	9,13	9,40	5,43	2,88	95,25
11	18,96	0,05	0,00	1,10	1,16	2,31	8,14	10,45	2,67	22,10	53,60
12	8,98	0,02	0,00	1,15	1,02	2,19	5,02	7,21	1,64	30,33	42,82
13	15,97	0,04	0,00	0,85	0,86	1,76	13,43	15,18	4,73	11,58	72,89
14	26,44	0,07	0,00	1,16	1,28	2,51	6,44	8,95	3,60	28,07	58,92
15	21,95	0,06	0,00	0,68	0,93	1,67	8,77	10,44	3,32	15,95	66,61
16	42,91	0,11	0,00	3,09	2,24	5,45	8,92	14,36	3,09	37,93	36,18
17	19,96	0,05	0,00	3,34	2,70	6,10	4,32	10,41	0,28	58,54	4,40
18	26,94	0,07	0,00	2,66	2,95	5,68	6,79	12,47	3,37	45,55	37,23
19	13,47	0,03	0,00	0,19	0,24	0,47	4,48	4,94	1,54	9,49	76,70
20	8,98	0,02	0,00	0,45	0,11	0,58	3,22	3,80	0,75	15,36	56,17
21	11,48	0,03	0,00	0,17	0,18	0,38	3,22	3,60	1,26	10,57	76,86
22	6,99	0,02	0,00	0,15	0,08	0,25	2,90	3,15	0,84	7,99	76,98
23	26,94	0,07	0,00	0,45	0,55	1,08	3,57	4,65	1,40	23,15	56,61
24	7,98	0,02	0,00	0,28	0,33	0,64	3,08	3,71	0,70	17,14	52,44
25	7,98	0,02	0,00	0,61	0,57	1,20	2,41	3,60	0,23	33,24	16,34
26	5,99	0,02	0,00	0,26	0,19	0,47	3,29	3,76	0,94	12,45	66,66
27	14,99	0,04	0,07	0,50	0,41	1,01	2,44	3,45	0,37	29,33	26,98
28	8,22	0,02	0,02	0,05	0,06	0,15	1,79	1,95	0,28	7,88	64,68
29	60,92	0,16	0,05	0,06	0,18	0,45	7,48	7,93	2,62	5,67	85,35
30	12,09	0,03	0,03	0,13	0,08	0,26	3,44	3,70	0,75	7,14	73,92
31	4,84	0,01	0,01	0,18	0,12	0,32	1,06	1,38	0,09	23,00	22,80
32	7,74	0,02	0,01	0,24	0,16	0,43	2,30	2,73	0,33	15,59	43,49
33	7,74	0,02	0,01	0,06	0,07	0,16	2,49	2,65	0,70	6,01	81,53
34	10,64	0,03	0,01	0,06	0,07	0,17	3,69	3,87	0,89	4,45	83,79
35	8,22	0,02	0,01	0,22	0,15	0,39	2,89	3,28	0,75	11,96	65,60
36	9,67	0,02	0,01	0,39	0,20	0,62	2,56	3,18	0,56	19,44	47,61
37	10,64	0,03	0,01	0,67	0,19	0,91	2,34	3,25	0,37	27,90	29,25
38	6,29	0,02	0,01	0,32	0,07	0,42	1,98	2,39	0,33	17,43	44,00

Apêndice 5. Continuação...

39	9,30	0,02	0,07	0,42	0,28	0,79	2,38	3,17	0,66	24,94	45,33
40	28,89	0,07	0,07	0,12	0,13	0,40	4,61	5,01	1,87	7,90	82,55
41	13,22	0,03	0,06	0,05	0,07	0,22	3,59	3,80	1,40	5,72	86,58
42	13,22	0,03	0,05	0,05	0,08	0,22	2,60	2,82	1,08	7,92	82,80
43	36,24	0,09	0,07	0,71	1,08	1,95	11,85	13,80	5,80	14,12	74,86
44	16,16	0,04	0,04	1,27	0,77	2,12	5,93	8,04	2,20	26,31	50,96
45	13,71	0,04	0,06	1,27	0,42	1,78	4,65	6,43	1,50	27,72	45,67
46	23,01	0,06	0,03	0,05	0,06	0,19	7,21	7,40	3,18	2,62	94,26
47	13,71	0,04	0,03	0,05	0,05	0,17	7,06	7,23	3,04	2,36	94,70
48	8,81	0,02	0,04	0,83	0,46	1,36	5,19	6,55	0,80	20,70	36,98
49	23,99	0,06	0,06	0,69	0,47	1,28	8,85	10,13	3,46	12,65	72,98
50	23,01	0,06	0,03	0,98	0,82	1,89	7,43	9,32	1,97	20,29	50,98
51	17,14	0,04	0,05	1,10	0,97	2,16	9,15	11,30	2,01	19,09	48,26
52	18,61	0,05	0,06	0,93	0,55	1,58	9,11	10,69	2,15	14,82	57,60
53	10,28	0,03	0,05	1,83	0,89	2,80	6,62	9,42	0,80	29,71	22,13
54	8,81	0,02	0,05	0,04	0,04	0,16	7,24	7,40	2,67	2,11	94,47
55	9,79	0,03	0,03	0,26	0,24	0,55	6,91	7,47	2,71	7,43	83,03
56	49,95	0,13	0,03	1,01	1,01	2,18	10,21	12,39	2,48	17,63	53,18
57	12,24	0,03	0,04	0,81	0,58	1,46	5,63	7,09	1,26	20,59	46,38
58	18,61	0,05	0,04	1,39	0,53	2,01	6,36	8,37	1,83	24,02	47,59
59	29,38	0,08	0,05	0,09	0,10	0,32	7,90	8,22	3,88	3,87	92,42
60	22,52	0,06	0,04	0,71	0,53	1,34	10,15	11,49	3,18	11,64	70,41
61	39,66	0,10	0,04	0,87	0,78	1,79	8,47	10,26	2,01	17,47	52,89
62	8,87	0,02	0,04	1,85	0,53	2,44	7,41	9,86	0,98	24,78	28,69
63	13,71	0,04	0,03	1,92	0,42	2,41	4,22	6,62	0,37	36,33	13,47
64	10,77	0,03	0,02	0,83	0,75	1,63	3,48	5,11	0,70	31,89	30,12
65	13,22	0,03	0,05	0,04	0,06	0,18	6,75	6,93	1,97	2,66	91,44
66	37,21	0,10	0,08	0,55	0,19	0,92	10,01	10,93	2,39	8,38	72,28
67	11,26	0,03	0,03	0,04	0,05	0,14	9,73	9,88	2,71	1,46	94,97
68	10,77	0,03	0,03	0,03	0,05	0,14	6,36	6,49	2,39	2,09	94,61
69	15,28	0,04	0,03	0,69	0,66	1,43	8,22	9,65	2,25	14,81	61,12
70	16,76	0,04	0,02	0,26	0,26	0,58	6,99	7,58	2,57	7,72	81,49
71	13,80	0,04	0,03	0,07	0,05	0,19	6,15	6,34	2,39	2,99	92,65
72	20,70	0,05	0,03	1,14	0,78	2,01	6,11	8,12	1,78	24,70	47,00
73	17,74	0,05	0,02	0,14	0,12	0,33	5,23	5,56	2,11	5,91	86,50
74	39,43	0,10	0,01	0,43	0,30	0,85	7,41	8,26	2,34	10,26	73,42

Apêndice 6. Teores de carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) de 72 amostras de solos de campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

Amostra	COT	MOS	P	Cu	Zn	Mn	Fe
	-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----		
1	8,95	15,42	0,66	0,17	0,24	0,45	219,25
2	9,32	16,07	3,39	0,00	0,29	0,16	16,36
5	7,64	13,18	1,07	0,11	0,12	0,08	355,62
6	9,24	15,93	1,24	0,06	0,09	0,41	152,11
7	26,71	46,05	3,22	0,23	0,31	0,74	182,53
8	13,27	22,88	3,06	0,34	0,54	1,11	65,60
9	11,72	20,20	1,46	0,68	0,70	1,52	149,66
10	15,88	27,37	1,05	0,51	0,31	0,82	95,54
11	11,59	19,98	1,78	0,80	0,41	1,68	243,37
12	7,31	12,60	1,52	0,68	0,47	1,15	237,08
13	22,68	39,10	2,19	0,34	0,50	1,31	154,91
14	7,56	13,03	4,04	0,57	0,48	2,46	93,25
15	15,04	25,92	1,52	0,34	0,28	1,19	179,03
16	18,73	32,29	1,43	0,46	0,44	1,85	167,84
17	12,01	20,71	1,18	0,51	0,20	4,10	167,84
18	11,68	20,13	1,35	0,46	0,21	1,44	153,86
19	7,06	12,16	1,26	0,00	0,53	1,23	209,11
20	6,64	11,44	2,19	0,00	0,13	0,33	36,97
21	5,29	9,12	1,18	0,00	0,24	0,53	59,06
22	5,44	9,37	1,35	0,00	0,08	0,21	102,58
23	6,30	10,86	1,85	0,00	0,17	2,21	122,39
24	5,31	9,16	1,77	0,00	0,27	0,70	106,26
25	5,23	9,02	1,35	0,00	0,36	2,34	132,53
26	5,06	8,73	1,43	0,00	0,48	0,82	176,59
27	5,02	8,66	1,43	0,00	0,29	1,64	129,73
28	4,45	7,68	1,20	0,00	0,12	0,11	188,18
29	13,91	23,99	2,79	0,00	0,20	0,34	76,76
30	7,38	12,72	1,44	0,00	0,27	0,17	44,07
31	2,08	3,58	0,96	0,00	0,04	0,28	28,13
32	4,92	8,48	1,59	0,00	0,28	0,45	62,28
33	5,68	9,80	0,96	0,00	0,07	0,06	98,06
34	5,94	10,24	1,04	0,00	0,05	0,00	41,31
35	4,79	8,26	1,36	0,00	0,12	0,85	29,27
36	5,47	9,43	1,28	0,00	0,18	2,44	13,50
37	6,49	11,19	1,12	0,00	0,20	0,68	75,46
38	5,09	8,77	0,96	0,00	0,11	0,34	30,74
39	5,90	10,16	1,21	0,00	0,12	0,97	26,02

Apêndice 6. Continuação...

40	8,40	14,48	1,03	0,00	0,20	0,45	120,41
41	8,27	14,26	1,21	0,00	0,09	0,17	70,74
42	6,53	11,26	0,60	0,00	0,12	0,06	107,01
43	19,85	34,23	1,38	0,68	0,64	0,85	207,32
44	10,61	18,28	1,89	0,61	0,50	2,44	281,48
45	9,33	16,09	1,21	0,61	0,39	1,25	313,37
46	15,61	26,91	1,03	0,14	0,28	0,28	145,12
47	10,73	18,50	0,95	0,20	0,18	0,23	76,92
48	8,82	15,21	1,46	0,47	0,57	0,97	350,85
49	14,10	24,32	2,07	0,61	0,68	1,48	283,07
50	15,10	26,03	1,38	0,00	0,82	1,76	92,04
51	21,16	36,47	1,89	0,00	0,57	1,31	123,59
52	24,89	42,91	2,07	0,00	1,00	2,21	112,86
53	18,75	32,33	2,07	0,07	0,78	5,85	322,94
54	13,61	23,46	0,94	0,00	0,25	0,17	84,08
55	14,10	24,32	1,11	0,00	0,21	0,23	112,43
56	20,91	36,04	2,55	0,20	0,64	3,18	107,17
57	13,44	23,17	1,53	0,00	1,57	0,91	169,84
58	14,10	24,32	1,45	0,20	0,27	1,03	162,83
59	11,53	19,88	1,28	0,46	0,37	0,82	123,38
60	23,89	41,19	2,04	0,20	0,38	2,27	48,60
61	20,95	36,12	4,43	0,13	0,90	2,47	56,33
62	19,17	33,04	28,02	0,13	2,38	6,39	21,78
63	12,53	21,60	5,11	0,20	0,92	3,50	151,08
64	9,29	16,02	0,85	0,07	0,13	0,46	136,81
65	17,75	30,61	1,79	0,07	0,18	0,31	60,75
66	22,32	38,48	2,04	0,13	0,59	0,82	100,36
67	21,41	36,90	1,70	0,00	0,20	0,36	32,19
68	14,10	24,32	1,11	0,13	0,17	0,36	203,12
69	20,62	35,54	2,92	0,00	1,36	1,91	28,40
70	13,28	22,89	1,86	0,33	0,44	3,61	194,72
71	9,87	17,02	8,10	0,13	1,34	0,62	91,05
72	12,28	21,17	5,84	0,46	0,60	1,96	235,85
73	9,33	16,09	3,08	0,20	1,09	0,67	184,65
74	14,27	24,60	2,19	0,26	0,64	1,34	128,42

Apêndice 7. Resumo da análise estatística descritiva (5% de probabilidade de erro) para os parâmetros avaliados em 72 amostras de solos de campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

Parâmetro	Teor		Média	Desvio padrão	CV (%)	Mediana
	mínimo	máximo				
pH H ₂ O (1:1)	4,59	5,93	5,20	0,32	6,12	5,26
pH H ₂ O (1:2,5)	4,78	6,23	5,45	0,33	6,06	5,50
pH CaCl ₂ (1:2,5)	3,90	4,88	4,30	0,21	4,92	4,31
pH H ₂ O (1:1) SMP	4,38	7,39	5,87	0,64	10,85	5,84
pH H ₂ O (1:2,5) SMP	4,72	7,51	6,11	0,62	10,21	5,98
pH CaCl ₂ (1:2,5) SMP	4,53	7,50	6,03	0,61	10,15	5,90
Fósforo (P)	0,60	28,02	2,22	3,32	149,33	1,44
Potássio (K)	0,01	0,16	0,05	0,03	62,70	0,04
Cálcio (Ca)	0,03	3,34	0,69	0,71	102,29	0,53
Magnésio (Mg)	0,04	2,95	0,51	0,57	112,64	0,30
Sódio (Na)	0,00	0,08	0,03	0,02	88,93	0,03
H+Al	1,06	13,43	5,89	2,80	47,43	6,02
CTC	1,38	15,18	7,16	3,35	46,75	7,15
V %	1,46	58,54	16,87	11,56	68,53	15,09
Alumínio (Al)	0,09	5,80	1,84	1,27	68,93	1,78
m %	4,40	95,25	60,14	23,66	39,34	60,02
Cobre (Cu)	0,00	0,80	0,18	0,23	127,10	0,07
Zinco (Zn)	0,04	2,38	0,44	0,40	91,25	0,29
Manganês (Mn)	0,00	6,39	1,25	1,25	99,96	0,85
Ferro (Fe)	13,50	355,62	131,45	82,45	62,73	121,40
COT	2,08	26,71	11,86	5,96	50,29	11,13
MOS	3,58	46,05	20,44	10,28	50,29	19,19
Argila	25,75	651,19	206,78	132,95	64,30	185,47
Areia	18,92	935,50	394,53	337,45	85,53	210,56
Silte	22,95	736,02	398,69	256,83	64,42	470,20

Os valores mínimo e máximo de fósforo, cobre, zinco, manganês e ferro foram expressos em mg kg⁻¹, os de potássio, cálcio, magnésio, sódio, H+Al, CTC e alumínio em cmol_c kg⁻¹, os de saturação por bases e saturação por alumínio em % e os de carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, argila, areia e silte em g kg⁻¹.

Apêndice 8. Conversão de valores de SMP medidos em H₂O (1:2,5) e solução CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (1:2,5) em acidez potencial (H+Al) de solos sob campo natural cultivados com arroz na região sul do AM.

pH SMP	H+Al H ₂ O (1:2,5)	H+Al CaCl ₂ (1:2,5)	pH SMP	H+Al H ₂ O (1:2,5)	H+Al CaCl ₂ (1:2,5)
4,0	29,03	28,02	5,9	6,13	5,80
4,1	26,75	25,79	6,0	5,65	5,34
4,2	24,65	23,74	6,1	5,21	4,91
4,3	22,71	21,85	6,2	4,80	4,52
4,4	20,93	20,11	6,3	4,42	4,16
4,5	19,28	18,51	6,4	4,08	3,83
4,6	17,77	17,04	6,5	3,76	3,53
4,7	16,37	15,68	6,6	3,46	3,25
4,8	15,09	14,43	6,7	3,19	2,99
4,9	13,90	13,29	6,8	2,94	2,75
5,0	12,81	12,23	6,9	2,71	2,53
5,1	11,80	11,26	7,0	2,49	2,33
5,2	10,88	10,36	7,1	2,30	2,14
5,3	10,02	9,54	7,2	2,12	1,97
5,4	9,23	8,78	7,3	1,95	1,82
5,5	8,51	8,08	7,4	1,80	1,67
5,6	7,84	7,44	7,5	1,66	1,54
5,7	7,23	6,85	7,6	1,53	1,42
5,8	6,66	6,30	7,7	1,41	1,30