**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA**
**COORDENAÇÃO DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**
**SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**

# AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ARROZ DE TERRAS ALTAS DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ, AM

**VITOR RODRIGO KRAMER**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, área de concentração Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, 2006

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA**
**COORDENAÇÃO DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**
**SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**

# AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E LEVANTAMENTO DO ESTADO NUTRICIONAL DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ARROZ DE TERRAS ALTAS DO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ, AM

**VITOR RODRIGO KRAMER**

ORIENTADOR: Dr. KAORU YUYAMA
CO-ORIENTADOR: Dr. Newton Falcão

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, área de concentração Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, 2006

K89 Kramer, Vitor Rodrigo
Avaliação da fertilidade do solo e levantamento do estado nutricional do sistema de produção de arroz de terras altas do município de Humaitá, AM. / Vitor Rodrigo Kramer.--- Manaus : [s.n.], 2006.

62 p. : il. (algumas color. )

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2006
Orientador : Yuyama, Kaoru
Co-orientador : Falcão, Newton
?rea de concentração : Agricultura do Trópico ?mido

1. Oryza sativa. 2. Fertilidade do solo. 3. Nutrição de plantas. I. Título.

CDD 633.18

Dedico:
A minha família

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - através da pós-graduação - pela oportunidade de realizar o curso ATU - Agricultura no Trópico Úmido.

Ao Dr. Kaoru Yuyama, pela orientação e ao Dr. Newton Falcão, pela co-orientação, meus especiais agradecimentos.

Ao Dr. Takashi Muraoka – ESALQ – CENA pela realização das análises de solo e planta.

À FAPEAM pela concessão da bolsa e financiamento do projeto.

Aos docentes do curso ATU, pelos ensinamentos.

Ao Sr. Ronério Cazarin da Fazenda Cazarin e ao Sr. Alexandre da Fazenda Triângulo por terem cedido as áreas para realização do estudo.

Ao IDAM de Humaitá pelo alojamento e apoio logístico.

Aos colegas Andrey Bruyns de Sousa e Elaine pela colaboração nos trabalhos de campo.

Ao funcionários do INPA que tornam possível o funcionamento de tudo.

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

**RESUMO**

Com o objetivo de caracterizar fatores limitantes da fertilidade do solo que afetam o crescimento e a produção do arroz de terras altas, bem como identificar por meio da análise química de solo e planta os nutrientes que afetam o desenvolvimento da planta e suas implicações para a produtividade da cultura do arroz. O presente estudo foi realizado entre outubro de 2005 e janeiro de 2006 nas fazendas Triângulo e Cazarin, município de Humaitá-AM. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, envolvendo à nível de parcelas as três glebas (Alta, Média e Baixa) e à nível de subparcelas as três áreas. As variáveis de solo avaliadas foram pH em $H_2O$ e $CaCl_2$, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e matéria orgânica nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As variáveis de planta foram N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, além de, produção de matéria seca, altura das plantas, número de panículas por metro quadrado e produtividade. Houve decréscimo acentuado na saturação por bases e teores de Fósforo da profundidade de 0-20 para 20-40 cm em todas a glebas e áreas. Na profundidade de 0-20 cm os teores de K, P e Fe foram significativamente mais altos na gleba baixa, porém a saturação por bases foi maior na gleba alta. Os teores de matéria orgânica foram maiores na gleba baixa que nas glebas média e alta na profundidade de 0-20 cm. A área 3 apresentou a menor saturação por bases e a menor produtividade das áreas. No estádio do perfilhamento foi observada deficiência moderada apenas para N e P nas plantas, enquanto que no estádio do emborrachamento observou-se deficiência principalmente de N, P, S e Cu. O N foi mais limitante na gleba baixa, enquanto que o P foi mais limitante na área alta. Nitrogênio e Fósforo tiveram grande influência na produção de matéria seca da parte aérea, altura das plantas e perfilhamento, diminuindo a produtividade. Apesar da cultura do arroz ser tolerante ao alumínio e exigir uma saturação de bases menor que as culturas mais exigentes, ainda não se atingiu um nível de fertilidade necessário para a cultura.

Palavras-chave: Oryza sativa, fertilidade do solo, nutrição de plantas

**ABSTRACT**

Aimmng to characterize the soil fertility factors affecting the rice growing and production cultivated on high lands, landscape land and low lands, an experiment was carried out from October 2005 to January 2006 in the Triângulo Farmer (07° 44' 08" S., 63° 07' 15" W.) and Cazarin Famer (07° 36' 42" S., 63° 06' 15" W.) both located on Humaita, municipality, Amazon State, Brazil. The treatments were distributed in split plot design. The main plots were two areas in the Triângulo Farmer and one area in the Cazarin Farmer. The secondary plots were rice cultivated in high lands, landscape and low land respectively, following a randomized complete block design with six replication, totalizing 54 experimental units. The soil parameters measured were: pH (H2O) pH (CaCl2), available P, K, Ca and Mg exchangeable, total organic carbon, in the 0-20 cm and 20-40 cm. depth. The plants parameters measured were: macronutrients (N, P, K, S, Ca and Mg) and micronutrients (Cu, Fé, Mn and Zn) leaves content, total shoots dry mater, plants height, square meter panicle numbers and grain yield. The results showed that occured a decreased on base saturation and P available content in all sub plots studied in the 0-20 cm depth. In the surface soil the K, P and Fe content showed values significantly higher in the low land than others areas, however, the base saturation was higher on the high land. The total organic mater was higher in the low land than another one, samples in 0-20 cm depth. The Cazarin Farmer presented the lower base saturation and grain yield. In the tillering stage was observed a slightly N and P deficiency in all plot, whereas the first stage of panicle formation was observed the main deficiency of N, P, S and Cu. The N was more limited on low land, whereas the P was more limited on the high land. The N and P presented high influence on the total shoots dry mater, plants heigh and tillering, decreased the grain yield. Despite the rice to be more aluminium tolerant and needs less base saturation, compared with others species, the Farmer studies still no got a soil fertility level enough to the rice cultivate.

Key words: Oryza sativa, soil fertility, plant nutrition

**SUMÁRIO**

1.INTRODUÇÃO..... 8
2. OBJETIVOS..... 10
2.1 Geral..... 10
2.2 Específicos..... 10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 11
3.1 O arroz no mundo..... 11
3.2 O arroz no Brasil ..... 13
3.3 Característica geral da área de estudo..... 13
3.4 Origem da espécie ..... 16
3.5 Classificação botânica ..... 16
3.6 Morfologia..... 16
3.6.1 Raiz..... 16
3.6.2 Folha..... 17
3.6.3 Caule ..... 17
3.6.4 Panícula ..... 17
3.6.5 Grão ..... 18
3.7 Fases de desenvolvimento da planta de arroz..... 18
3.8 Clima..... 19
3.8.1 Fotoperíodo..... 19
3.8.2 Temperatura..... 20
3.8.3 Chuva e necessidade de água..... 20
3.9 Cultivares de arroz..... 21
3.10 Nutrição mineral..... 22
3.10.1 Exigência nutricional..... 22
3.10.2 Distribuição nas diferentes partes da planta..... 26
3.11 Diagnóstico das deficiências nutricionais..... 27
3.11.1 Diagnose foliar..... 27
3.11.2 Análise da planta..... 28
3.11.3 Avaliação da fertilidade do solo..... 30
4. MATERIAL E MÉTODOS..... 31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 34
5.1 Avaliação da fertilidade dos solos..... 34
5.2 Estado nutricional do arroz na fase de perfilhamento..... 41
5.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea..... 41
5.2.2 Teores de macronutrientes..... 41
5.2.3 Teores de micronutrientes..... 43
5.3 Estado nutricional do arroz na fase de emborrachamento..... 44
5.3.1 Produção de matéria seca da parte aérea ..... 44
5.3.2 Teores de macronutrientes ..... 46
5.3.3 Teores de micronutrientes..... 48
5.4 Extração de nutrientes..... 50
5.5 Produtividade alcançada ..... 53
6. CONCLUSÕES..... 55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 56
8. ANEXO

# LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Maiores produtores mundiais de arroz e consumo per capita.....11
**Tabela 2.** Área, produção e produtividade de arroz.....12
**Tabela 3.** Estádio fenológico (DAE-dias após emergência), matéria seca da parte aérea (MS) ($kg.ha^{-1}$) e extração de macronutrientes ($kg.ha^{-1}$) pela cultivar de arroz irrigado IAC-103....23
**Tabela 4**. Quantidade média de macronutrientes extraída por três cultivares de arroz irrigado (IR 665-4-5-5, IAC-435 e IAC-120). .....26
**Tabela 5.** Teores deficientes, críticos, adequados e tóxicos de vários elementos para a planta de arroz.....29
**Tabela 6.** Teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para a cultura do arroz. .....30
**Tabela 7.** Atributos químicos de amostras de solo para as glebas Alta, Média e Baixa e Áreas 1, 2 e 3 na profundidade de 0-20 cm.....40
**Tabela 8.** Atributos químicos de amostras de solo para as glebas Alta, Média e Baixa e Áreas 1, 2 e 3 na profundidade de 20-40 cm.....40
**Tabela 9.** Resultado das análises químicas de planta de arroz da 1° coleta realizada no período do perfilhamento (30 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3. .....42
**Tabela 10.** Resultados de alguns atributos morfológicos de arroz referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.....45
**Tabela 11.** Resultados de alguns atributos químicos de arroz nas folhas referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.....48
**Tabela 12.** Resultados de alguns atributos químicos de arroz nos colmos referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência).....49
**Tabela 13.** Resultados de alguns atributos químicos de arroz nas panículas referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência).....49
**Tabela 14.** Matéria seca da parte aérea e extração de nutrientes aos 30 e 60 dias após emergência para as glebas Alta, Média e Baixa e áreas 1, 2 e 3 (valores calculados).....52
**Tabela 15.** Produtividade de grãos alcançada nas glebas Alta, Média e Baixa e áreas 1, 2 e 3, 85 dias após emergência.....54

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Acumulação de matéria seca pelo arroz, cultivar IAC-164 .....24
**Figura 2.** Croqui da área de amostragem.....32
**Figura 3.** Perfil típico do solo no local estudado.....61
**Figura 4.** Gleba A (ao fundo gleba B).....61
**Figura 5.** Semeadura do arroz.....61
**Figura 6.** Primeira coleta de amostra foliar.....61
**Figura 7.** Início da fase reprodutiva (emborrachamento).....61
**Figura 8.** Período da colheita.....61

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil são cultivados anualmente mais de 3,1 milhões de hectares de arroz, com rendimento médio de 3700 kg $ha^{-1}$. O consumo total no Brasil gira em torno de aproximadamente 11,5 milhões de toneladas anuais (CONAB, 2005). Aproximadamente, 60% da produção é proveniente do sistema irrigado. Segue-se o sistema de terras altas, representando cerca de 40% da produção (CONAB, 2005). O termo "terras altas" vem sendo utilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA em substituição ao "arroz de sequeiro", com o intuito de resgatar a credibilidade do arroz neste sistema, abalada em função da orizicultura ser usada como cultura desbravadora do cerrado (Ferreira & Yokoyama, 1999).

A produção nacional de arroz não vem acompanhando o crescimento do consumo. Portanto, há necessidade de aumentar a produção deste cereal com vistas ao atendimento de demandas futuras. A inserção definitiva do cultivo de arroz de terras altas em regiões favorecidas, desde que praticado em sistemas agrícolas sustentáveis, explorando-se todas as suas aptidões, poderá torná-lo numa cultura de grande importância, particularmente, na região do cerrado amazônico (Ramalho *et al.,* 1994).

Áreas de pastagem natural degradadas, com manejo adequado gerado pelos resultados da pesquisa, podem tornar-se áreas com elevada produtividade agrícola e pecuária. O uso continuado dos campos naturais pode ser uma alternativa ao desmate da floresta. A possibilidade de a produção agrícola gerar emprego e renda e diminuir a perda de divisas pela importação de alimentos pela região, pode ser umas das alternativas importantes para torná-la menos dependente de incentivos fiscais e assim contribuir para o desenvolvimento econômico sustentável e soberano do país.

O baixo preço das terras na região do rio Madeira, a facilidade do preparo da área com maquinas agrícolas, a possibilidade de se obter mais de uma safra ao ano e a viabilidade de escoamento da produção através da hidrovia do rio Madeira tem aumentado significativamente a imigração de produtores das regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste do Brasil a fim de cultivar, principalmente, arroz, soja e milho no Sul do Estado do Amazonas, mais precisamente no Município de Humaitá. O uso contínuo desses solos com a introdução de máquinas pesadas (arado grade, semeadora, adubadora, colheitadora) podem causar sérios problemas de natureza física (compactação ou adensamento da camada sub superficial) , caso não se adotem práticas adequadas de manejo do solo. Por outro lado, o uso de fertilizantes e corretivos agrícolas torna-se imprescindível para elevar a disponibilidade dos macronutrientes

e micronutrientes para as plantas e diminuir a toxicidade de Al e Fe, melhorando a fertilidade e, conseqüentemente, o potencial produtivo desses solos.

As características físicas do solo aliado ao relevo suave ondulado permitem que nas cotas mais baixas ocorra acumulo de matéria orgânica. Este acumulo de M.O ocorre devido as condições de redução causadas pelo encharcamento das partes baixas durante a época chuvosa. Acredita-se que existe relação entre o teor de M.O. no solo e seu nível de fertilidade e, consequentemente, diferenças de produtividade entre as partes altas e as mais baixas. Observações de campo indicam que além da variação do solo entre as partes altas e baixas ocorre também grande variação dentro de cada gleba devido a variação de fertilidade natural ainda não corrigida pelo manejo de calagem e adubação já que se trata de áreas recém "abertas".

Existe uma demanda muito grande de pesquisa na região, onde os produtores poderiam minimizar seus custos de produção utilizando os resultados da pesquisa a médio e longo prazos.

Até o momento, ainda não se realizaram pesquisas relacionadas diretamente com a nutrição mineral do arroz no local. Trabalhos anteriores como de Braun & Ramos (1959); Ramalho *et al.* (1994); Martins (2001), deram maior ênfase a levantamentos exploratórios já que se trata de um ecossistema pouco pesquisado.

Este estudo foi realizado no contexto do projeto de pesquisa "Benefício do sistema de plantio direto em agronegócio de grãos e ao meio ambiente no cerrado do Estado do Amazonas" financiado pela FAPEAM – Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Caracterizar fatores limitantes de fertilidade do solo que afetam o crescimento e a produção do arroz de terras altas do município de Humaitá, AM.

### 2.2 Específicos

- Identificar, por meio da diagnose, foliar deficiências e excessos que levam ao desequilíbrio nutricional, afetando o crescimento e produtividade da cultura do arroz;

- Avaliar a influência da fertilidade dos solos nos componentes de produção (número de panículas $m^{-2}$, altura média dos perfilhos, matéria seca das folhas, colmos, panículas e matéria seca total).

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 O arroz no mundo

O arroz é um dos mais antigos alimentos cultivados pelo homem. Relata-se que na China 3000 a.C. havia uma cerimônia de semeadura do arroz presidida pelo imperador. Esse cereal tem um importante papel na alimentação humana, sendo seus maiores consumidores e produtores os países asiáticos (Almeida, 2003).

A China destaca-se como principal produtor mundial de arroz, com uma produção de 177,589 milhões de toneladas métricas em 2002, representando 30,6% da produção mundial (FAO, 2003). Os maiores produtores mundiais são também os maiores consumidores, destacando-se Myanmar com consumo per capita de 207,9 kg por ano (FAO, 2003) (Tabela 1).

O comércio internacional de arroz é bastante reduzido, sendo a produção toda basicamente destinada ao consumo interno. Estimativas para a safra 2001/02, apontam uma movimentação de apenas 25,2 milhões de toneladas. No mesmo ano-safra, a produção mundial foi de 579,477 milhões de toneladas, ou seja, menos de 5% da produção (FAO, 2003).

**Tabela 1.** Maiores produtores mundiais de arroz e consumo per capita

| Países | Produção (t)* | % | Consumo per capita (kg)** |
|---|---|---|---|
| China | 177.589.000 | 30,6 | 90,1 |
| Índia | 123.000.000 | 21,2 | 75,7 |
| Indonésia | 48.654.048 | 8,4 | 151,1 |
| Bangladesh | 39.000.000 | 6,7 | 156,6 |
| Vietnã | 31.319.000 | 5,4 | 170,3 |
| Tailândia | 27.000.000 | 4,7 | 109,1 |
| Myanmar | 21.200.000 | 3,7 | 207,9 |
| Filipinas | 12.684.800 | 2,2 | 101,8 |
| Japão | 11.264.000 | 1,9 | 59,4 |
| Brasil | 10.489.400 | 1,8 | 39,1 |
| Mundo | 579.476.722 | 100 | 57,6 |

Fonte: FAO (2003). * Os dados referem-se ao ano de 2002. ** Os dados referem-se ao ano de 2000

Estimativas do International Rice Research Institute – IRRI (1994) indicam que em 2025 serão necessários 760 milhões de toneladas para abastecer a população mundial. A produção global, atualmente ao redor de 579,5 milhões de toneladas, terá então de aumentar 180,5 milhões de toneladas, sendo que os maiores produtores mundiais enfrentam problemas relacionados à expansão da área agrícola a ao esgotamento dos recursos naturais. O mesmo estudo relata que em 2025 a população brasileira será de 237 milhões de habitantes e que o

abastecimento interno estará comprometido caso o Brasil não produza cerca de 16 milhões de toneladas, devendo para tanto obter um acréscimo de aproximadamente cinco milhões de toneladas (Almeida, 2004).

**Tabela 2.** Área, produção e produtividade de arroz.

| | Área (em 1.000 ha) | | | Produção (em 1.000 t) | | | Produtividade (em kg ha$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UF | 2001/02 | 2002/03 | Var (%) | 2001/02 | 2002/03 | Var (%) | 2001/02 | 2002/03 | Var (%) |
| Brasil | 3.219,60 | 3.172,10 | -1,5 | 10.626,10 | 10.616,10 | -0,1 | 3.300 | 3.347 | 1,4 |
| AC | 22,5 | 21,4 | -4,9 | 31,3 | 29,7 | -5,1 | 1.390 | 1.390 | 0 |
| AM | 11,5 | 12,4 | 7,8 | 20,8 | 23,2 | 11,5 | 1.808 | 1.870 | 3,4 |
| AP | 2,3 | 2,3 | 0 | 1,9 | 1,9 | 0 | 830 | 830 | 0 |
| PA | 266,2 | 276,8 | 4 | 467,2 | 512,1 | 9,6 | 1.755 | 1.850 | 5,4 |
| RO | 70 | 60,9 | -13 | 131,6 | 115,7 | -12,1 | 1.880 | 1.900 | 1,1 |
| RR | 12 | 15 | 25 | 66 | 84 | 27,3 | 5.500 | 5.600 | 1,8 |
| TO | 145 | 152,3 | 5 | 371,2 | 426,4 | 14,9 | 2.560 | 2.800 | 9,4 |
| Norte | 529,5 | 541,1 | 2,2 | 1.090,00 | 1.193,00 | 9,4 | 2.059 | 2205 | 7,1 |
| AL | 7 | 7 | 0 | 38,6 | 38,6 | 0 | 5.520 | 5.520 | 0 |
| BA | 26,7 | 17,4 | -34,8 | 39,5 | 29,1 | -26,3 | 1.479 | 1.670 | 12,9 |
| CE | 42 | 44,1 | 5 | 98,7 | 110,3 | 11,8 | 2.350 | 2.500 | 6,4 |
| MA | 480 | 497,8 | 3,7 | 624 | 746,7 | 19,7 | 1.300 | 1.500 | 15,4 |
| PB | 7,5 | 8 | 6,7 | 9,6 | 13,4 | 39,6 | 1.280 | 1.680 | 31,3 |
| PE | 3,9 | 3,9 | 0 | 21,1 | 21,1 | 0 | 5.420 | 5.420 | 0 |
| PI | 156 | 140,4 | -10 | 85,8 | 204,3 | 138,1 | 550 | 1.455 | 164,5 |
| RN | 2 | 1,7 | -15 | 5,2 | 3,8 | -26,9 | 2.600 | 2.220 | -14,6 |
| SE | 10,2 | 13 | 27,5 | 43,9 | 55,9 | 27,3 | 4.300 | 4.300 | 0 |
| Nordeste | 735,3 | 733,3 | -0,3 | 966,4 | 1.223,20 | 26,6 | 1.314 | 1.668 | 26,9 |
| PR | 78 | 68,6 | -12,1 | 182,5 | 171,5 | -6 | 2.340 | 2.500 | 6,8 |
| RS | 985 | 955,5 | -3 | 5.464,80 | 5.064,20 | -7,3 | 5.548 | 5.300 | -4,5 |
| SC | 140,8 | 145 | 3 | 929,3 | 986 | 6,1 | 6.600 | 6.800 | 3 |
| Sul | 1.203,80 | 1.169,10 | -2,9 | 6.576,60 | 6.221,70 | -5,4 | 5.463 | 5.322 | -2,6 |
| ES | 4,6 | 4,1 | -10,9 | 13,4 | 12 | -10,4 | 2.920 | 2.920 | 0 |
| MG | 97,9 | 89,1 | -9 | 210,5 | 196 | -6,9 | 2.150 | 2.200 | 2,3 |
| RJ | 2,7 | 2,9 | 7,4 | 8,3 | 8,9 | 7,2 | 3.070 | 3.070 | 0 |
| SP | 40,6 | 39,4 | -3 | 110,8 | 108,4 | -2,2 | 2.730 | 2.750 | 0,7 |
| Sudeste | 145,8 | 135,5 | -7,1 | 343 | 325,3 | -5,2 | 2.353 | 2.401 | 2 |
| DF | 0,2 | 0,1 | -50 | 0,3 | 0,1 | -66,7 | 1.520 | 1.000 | -34,2 |
| GO | 113,7 | 112 | -1,5 | 216 | 221,8 | 2,7 | 1.900 | 1.980 | 4,2 |
| MS | 51 | 49,5 | -2,9 | 218,1 | 222,8 | 2,2 | 4.277 | 4.500 | 5,2 |
| MT | 440,3 | 431,5 | -2 | 1.215,70 | 1.208,20 | -0,6 | 2.761 | 2.800 | 1,4 |
| C-oeste | 605,2 | 593,1 | -2 | 1.650,10 | 1.652,90 | 0,2 | 2.727 | 2.787 | 2,2 |

Fonte: Conab (2004)

### 3.2 O arroz no Brasil

O arroz é produzido em todo o território nacional, mas a produção está concentrada principalmente na região sul e centro-oeste. A região sul é responsável por aproximadamente 60% da produção nacional, tendo destaque o Rio Grande do Sul, responsável por 81% da

produção regional e por 48% da produção nacional. O Estado de Santa Catarina, terceiro maior produtor do país, é o que detém a maior produtividade. A região Centro-Oeste responde por 16% da produção brasileira, destacando-se o Estado do Mato Grosso, segundo maior produtor nacional, com 73% da produção regional e 11% da produção do país (CONAB, 2004) (Tabela 2).

A área ocupada pela cultura do arroz no Sul do país representa 37% da área nacional, sendo que o Rio Grande do Sul possui a maior parte, 30% da área brasileira ocupada com a orizicultura na safra 2002/03 e 82% da área da região Sul. A região Centro-Oeste é a terceira colocada em área nacional com 19%, atrás da região Nordeste com 23%. O Estado do Mato Grosso ocupa a terceira posição quanto à área cultivada, representando 13% da área nacional, atrás do Maranhão, que detém 15% da área total e do Rio Grande do Sul. Na região Norte destacam-se Pará e Tocantins com as maiores áreas e produções e Roraima com 5600 kg $ha^{-1}$ possui a maior produtividade da região (Conab, 2004) (Tabela 2).

### 3.3 Característica geral da área de estudo

A área sob vegetação de cerrado no Brasil Central ocupa aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados ou 23% da área total do país. A maioria dos solos dessa região constitui-se de LATOSSOLOS altamente intemperizados e ARGISSOLOS, com sérias limitações à produção de alimentos, no que diz respeito à baixa disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes essenciais para o crescimento e produção das plantas. Além desses problemas químicos, outros fatores limitantes à produção merecem destaque: a) existência de uma estação seca bem definida, com duração de 5 a 6 meses (abril a setembro); b) ocorrência de períodos secos durante à estação chuvosa (veranicos), geralmente associados à alta taxa de evapotranspiração; c) baixa capacidade de retenção de água; d) limitado desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas, em função da toxicidade de $Al^{+++}$ e /ou deficiência de $Ca^{++}$ nas camadas subsuperficiais do solo (Lopes, 1984).

O município de Humaitá está localizado entre as coordenadas 7º 00'S e 8º 00'S e 63º 00' e 64º 00' WGr, com altitude média de 90 m acima do nível médio do mar, apresentando precipitação média anual variando de 2250 a 2750 mm, com período seco entre os meses de junho e agosto. A temperatura média anual fica em torno de 24º C a 26º C, umidade relativa do ar de 80 a 90% (RADAMBRASIL, 1978). Seguindo a classificação climática utilizada por Köppen, estima-se que a área de Humaitá esteja inserida numa região transitória entre os tipos climáticos Awm e Am (Ramalho *et al.,*1994). Braun & Ramos (1959) e André *et al*. (1994), relatam que os Campos Cerrado de Humaitá também são conhecidos como um ecossistema

particular com a denominação de **Campos de Puciari-Humaitá**, numa referência as unidades isoladas que ocorrem entre os rios Ituxi e Madeira. Na região de Lábrea os campos de Puciari recebem essa denominação devido os campos ocorrerem contíguos ao rio Puciari, afluente do rio Ituxi, que por sua vez deságua no rio Purus. A classe Savana (Cerrado), é de clima quente e úmido, com chuvas torrenciais bem definidas por um período seco, é caracterizada por não apresentar uma vegetação xeromorfa, e assim não parece ser condicionada pela falta de água, mas de escleromorfismo oligotrófico, com árvores tortuosas, de folhas largas, geralmente de casca grossa e suberosa, constituindo formas biológicas adaptadas a solos deficientes e aluminizados (Arens, 1959; Goodland, 1971). Carvalho (1986) diferencia as savanas em três tipos fitofisionômicos: Savana Arbórea Aberta, Savana Parque e Savana Arbórea Densa.

Segundo Brasil (1978), a região pertence à Sub-Região da Superfície Quaternária Pediplanada, e ocupa interflúvios arrasados por pediplanação, entre os rios Purus e Madeira. As fisionomias predominantes são o Parque e a do Campo Cerrado, enquanto o Cerradão predomina nas áreas de contato Savana/Floresta. O relevo apresenta-se plano e suave ondulado, com pequenas depressões que conservam a umidade do solo por maior tempo, definindo então um padrão de diferenciação no porte da Savana: Gramíneo-lenhosa, nas áreas de maior impedimento; Parque e Arbóreo Aberta na mal drenadas; e Savana Arbóreo Densa (Cerradão), nas moderadamente drenadas, nos Contatos Savana/Floresta.

As observações de Braun & 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 semi-impedida, devido as condições topográficas. A condição torna lento o escoamento das águas, impedindo-o, em certas áreas, o que conduz a um encharcamento do solo. Durante os meses de seca, devido à grande insolação, a água superficial é rapidamente evaporada e o lençol freático baixa sensivelmente. Este processo impede o desenvolvimento da vegetação da maior porte, tornando, por conseguinte, o ambiente ideal para permanência daquela vegetação.

Braun & Ramos (1959) consideram que o somatório da área de todas as unidades isoladas dos campos totalizam 341.600 ha. No Sul do Estado do Amazonas, nos municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama, existem mais de 200.000 ha de área de cerrado e campos naturais (FGV/ISAE, 1998), com topografia plana que pode ser mecanizada totalmente, propícia para uso de agricultura no sistema de plantio direto (SPD). As unidades de solos predominantes na região do Madeira são: PLINTOSSOLOS HÁPLICOS distróficos, com argila de atividade baixa e o ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos plínticos, argila de atividade baixa, recoberto pelo contato savana/floresta aberta em relevo

plano (RADAM BRASIL, 1978; EMBRAPA, 1999). Martins (2001) classificou o solo recoberto por campo cerrado como PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Alumínico típico e em mata adjacente com ALISSOLO CRÔMICO Argilúvico típico. Algumas dessas classes de solos que estão sendo utilizados para a produção de grãos nessa região, apresentam sérias limitações de natureza física e química. Martins *et al*. (2001), estudando quinze perfis no município de Humaitá, encontrou teores de silte entre 50 e 60% na área de abrangência dos campos cerrados, evidenciando influencia marcante do material de origem. Segundo Resende *et al.* (1997), o silte é a principal fração responsável pelo encrostamento que se forma pelo rearranjo das partículas sob ação das gotas de chuva e dos ciclos de umedecimento e secagem, criando uma camada selada, que dificulta a infiltração de água e a emergência de plântulas.

Oliveira *et al.* (1992) relatam que, no caso dos PLINTOSSOLOS OU LATERITA HIDROMÓRFICA, deve-se observar a profundidade de ocorrência do horizonte plíntico e o seu comportamento físico, pois, este pode se apresentar em grau de coesão e compacidade muito variado. A plintita quando sujeita à processos de secamento e umedecimento repetidos transforma-se gradualmente em petroplintita. Quando esta se encontra pouco profunda e formando uma camada contínua e espessa, as limitações para a utilização agrícola do solo tornam-se mais sérias, pois a permeabilidade, a restrição ao enraizamento das plantas e o entrave ao uso de equipamentos agrícolas podem se tornar críticos.

Martins (2001), comparando campo cerrado nativo com mata adjacente encontrou teores de M.O. significativamente superiores na mata (22,6 g $kg^{-1}$) em relação ao campo cerrado natural (17,0 g $kg^{-1}$), e em profundidade os teores diminuem drasticamente nos dois ambientes. Quando a drenagem é deficiente (campo), o húmus superficial é bastante rico em ácidos fúlvicos livres, enquanto que nos solos bem drenados (mata), o húmus encontrado nas camadas mais profundas é composto de frações alcalino-solúveis fortemente polimerizadas. O pH é significativamente menor, mais ácido na mata (4,38) em relação ao campo cerrado principalmente nas camadas superficiais, decorrentes da decomposição da matéria orgânica que gera a acidez. Os teores de fósforo encontrados são estatisticamente iguais para os ambientes de mata (1,2 mg $kg^{-1}$), campo (1,0 mg $kg^{-1}$) e em profundidade para os dois ambientes. Os teores de potássio foram significativamente superiores na mata (26,6 mg $kg^{-1}$) em relação ao campo (12,8 mg $kg^{-1}$) para as camadas superficiais. Os teores encontrados de Ca e Mg em mata (0,50 e 0,14 $cmol_c dm^{-3}$) e campo (0,38 e 0,16 $cmol_c dm^{-3}$) são significativamente iguais nos dois ambientes, respectivamente. Os teores de Al e H + Al foram significativamente superiores na mata (4,46 e 19,06 $cmol_c dm^{-3}$) em relação ao campo (1,72 e 6,72 $cmol_c dm^{-3}$), respectivamente.

Nos campos predominam os Plintossolos, são imperfeitamente drenados ou eventualmente mal drenados e possuem altos teores de alumínio. O relevo geralmente é plano, ocorrendo também o suave ondulado. O relevo e a facilidade de manejo os indicam provavelmente para a cultura do arroz (EMBRAPA, 2000).

De acordo com Ramalho *et al.* (1994), a produção de grãos alimentares nos cerrados de Humaitá é um empreendimento viável, desde que haja considerável emprego de capital e alto nível de conhecimento técnico-operacional. Tal implementação requer estudos detalhados no âmbito da pesquisa e experimentação nas áreas de fertilidade e manejo de solo, adaptação de cultivares, época de plantio, fitossanidade, manejo cultural e socioeconomia agrícola.

Entretanto EMBRAPA (2000), através do diagnostico dos solos consideram que os campos cerrado de Humaitá possuem aptidão restrita para culturas adaptadas e alto potencial de erosão. Em recente estudo exploratório sobre a área conclui-se ser necessário adotar uma melhor política da ocupação das terras, respeitando a fragilidade dos ambientes, a fim de que seja evitada a exploração predatória dos recursos naturais, garantindo seu uso sustentado.

### 3.4 Origem da espécie

A espécie *Oryza sativa* L., teve sua origem na região sudoeste da Ásia. De lá foi disseminado para todas as partes do mundo. Hoje, devido à sua ampla adaptabilidade ecológica é cultivado também na África, Europa, Continente Americano e Oceania (Fageria, 1984).

### 3.5 Classificação botânica

A espécie *Oryza sativa* é uma monocotiledônea da família *Poaceae*, de acordo com a classificação de Cronquist (1968). Como tal, caracteriza-se por apresentar caules ocos, flores reduzidas de cor verde e aquênios especializados ou cariopses como frutos.

### 3.6 Morfologia

#### 3.6.1 Raiz

A raiz seminal, ou radícula, surge da coleorriza logo após o seu aparecimento e é seguida por uma ou duas raízes seminais secundárias, todas elas desenvolvendo raízes laterais. Persistem apenas por um curto período de tempo após a germinação, sendo logo substituídas pelo sistema secundário de raízes adventícias. Estas são produzidas a partir de nós inferiores dos caules jovens. São fibrosas, possuindo muitas ramificações e pêlos radiculares (Pinheiro, 1999).

### 4.6.2 Folha

A folha primária surge do coleóptilo, difere das demais por ser cilíndrica e não apresentar lamina. A segunda folha, e todas as demais, são dispostas de forma alternada no colmo, surgindo a partir de gemas situadas nos nós. A porção da folha que envolve o colmo denomina-se bainha. A porção pendente da folha é a lamina. Na junção dessas duas partes situa-se o colar, do qual emergem dois pequenos apêndices em forma de orelha, sendo por essa razão denominadas de aurícolas, e uma estrutura membranosa denominada lígula. A partir do colmo principal originam-se de 8 a 14 folhas, dependendo do ciclo da cultivar. A última folha a surgir no colmo denomina-se folha bandeira. Genótipos diferem quanto ao comprimento, largura, ângulo de inserção, pubescência e cor das folhas, entre outros. Essas características são de grande relevância na caracterização e descrição varietal (Pinheiro, 1999).

### 3.6.3 Caule

O caule da planta de arroz é composto por um colmo principal e um número variável de colmos primários e secundários, ou perfilhos. Durante o período vegetativo, um perfilho é visualizado como uma estrutura de folhas e gemas axilares. O caule propriamente dito encontra-se na base do perfilho, sendo visível mediante dessecação, como um conjunto de nós. Somente no período reprodutivo da cultura é que os nós se distanciam devido ao alongamento dos entrenós, permitindo a sua visualização. As características dos entrenós, tais como comprimento diâmetro e espessura, determinam a resistência ao acamamento. A cor dos nós e entrenós, o número de perfilhos e o seu ângulo são importantes características de descrição varietal (Pinheiro, 1999).

### 3.6.4 Panícula

A inflorescência determinada da planta de arroz denomina-se de panícula. Localiza-se sobre o último entrenó do caule e é subtendida pela folha-bandeira. É composta pela ráquis principal, que possuem nós das quais saem as ramificações primárias que, por sua vez, dão origem as ramificações secundárias de onde surgem as espiguetas. Estas são formadas por duas brácteas superiores denominadas de glumelas (lema e pálea), e duas inferiores, glumas estéreis. No interior da lema e pálea encontra-se a flor propriamente dita, composta por um pistilo e seis estames. O pistilo contém um óvulo. (Fageria, 1984; Pinheiro, 1999).

### 3.6.5 Grão

É formado pelo ovário fecundado, contendo uma única semente aderida às suas paredes (pericarpo), envolvida pela lema e a pálea. Estas, juntamente com as glumas estéreis e estruturas associadas, formam a casca. O grão sem casca denomina-se cariopse (Pinheiro, 1999).

## 3.7 Fases de desenvolvimento da planta de arroz

O ciclo de vida da planta de arroz pode ser dividido em três fases distintas (Vergara *et al*., 1969): fase vegetativa, fase reprodutiva e fase de maturação.

A fase vegetativa corresponde ao período compreendido entre a germinação da semente e iniciação da panícula. É modificada pela temperatura e pelo fotoperíodo, dividendo-se em fase vegetativa básica ou basal e fase sensível ao fotoperíodo. A emissão dos perfilhos e a diferenciação das folhas ocorrem nesta fase. O número máximo de perfilhos coincide com o início da diferenciação das panículas em cultivares de ciclo curto, enquanto que em cultivares de ciclo longo se prolonga pela fase reprodutiva (Pinheiro, 1999).

A fase reprodutiva, que vai da iniciação da panícula ao florescimento, tem duração relativamente constante de cultivar para cultivar, requerendo normalmente 35 dias em condições tropicais (Vergara, 1970). O processo de desenvolvimento da panícula é dividido na forma simplificada em duas fases (Matsushima, 1975 citado por Pinheiro, 1999). A primeira fase é o da formação da panícula jovem, que vai da determinação da primeira bráctea ao estádio final de diferenciação de espiguetas. A segunda fase é a da gestação da panícula, que finaliza com a maturação do grão de pólem, etapa crucial do desenvolvimento reprodutivo.

A panícula jovem torna-se visível ao olho nu com uma estrutura cônica e plumosa, cerca de dez dias após sua diferenciação (Fernandez et al., 1985 citado por Pinheiro, 1999). Contudo, como essa estrutura em desenvolvimento encontra-se envolvida pela bainha das folhas, sua observação só é possível mediante dissecação do colmo (Vergara, 1970 citado por Pinheiro, 1999). O alongamento dos entrenós normalmente tem início com a diferenciação da panícula e ocorre apenas nos quatro últimos entrenós. O alongamento do último entrenó determina a emergência da panícula (Fernandez et al., 1985 citado por Pinheiro, 1999). A emergência da panícula da início ao período de florescimento, em que ocorrem os processos de abertura de flores, polinização e fertilização. O intervalo entre a iniciação da panícula e a sua emissão representa a fase mais vulnerável do ciclo da planta de arroz, em que esta exibe a

mais alta sensibilidade aos fatores adversos de ambiente (Chandraratna, 1964 citado por Pinheiro, 1999).

A fase de maturação, etapa final do ciclo de vida da planta de arroz, vai do florescimento à maturação dos grãos; tem uma duração de 30 a 35 dias, e subdivide-se em estádio de grão leitoso, ceroso e maduro (Vergara, 1970 citado por Pinheiro, 1999).

## 3.8 Clima

### 3.8.1 Fotoperíodo

Sendo o arroz uma planta de dias curtos, dias de curta duração (10 horas) encurtam seu ciclo, antecipando a floração. Yoshida (1981) caracteriza os principais aspectos relacionados à sensibilidade da cultura do arroz ao fotoperíodo. Os pontos que merecem destaque são: a) a fase de desenvolvimento vegetativo do arroz pode ser dividida em fase vegetativa básica (BVP) e fase sensível ao fotoperíodo (PSP). A PSP de cultivares insensíveis ao fotoperíodo é menor que 30 dias; a das cultivares sensíveis ao fotoperíodo é maior que 31 dias; b) o fotoperíodo ótimo é considerado o comprimento do dia na qual a duração da emergência até a floração é mínima. O fotoperíodo ótimo, para a maioria das cultivares, é entre 9 e 10 horas; c) o fotoperíodo crítico é o maior fotoperíodo na qual a planta irá florescer ou o fotoperíodo além do qual a planta não irá florescer; d) a reação das plantas de arroz ao fotoperíodo pode ser classificada em: d.1) Insensível: quando a PSP é curta (< 30 dias) e a BVP varia de curta a longa; d.2) Pouco sensível: aumento acentuado no ciclo da planta quando o fotoperíodo é maior que 12 horas; a duração da PSP pode exceder 30 dias mas a floração irá ocorrer em qualquer fotoperíodo longo; d.3) Muito sensível: grande aumento no ciclo com o incremento no fotoperíodo; não há florescimento além do fotoperíodo crítico; a BVP é, normalmente, inferior à 40 dias.

Yoshida (1981) considera que sob condições tropicais as cultivares insensíveis ao fotoperíodo podem florescer e amadurecer durante todo ano, desde que não haja limitações quanto à temperatura e ao suprimento de água. Assim, o uso dessas cultivares permite um planejamento mais flexível de utilização de área, propiciando mais de um cultivo por ano ou rotação com outras culturas. Na região central do Brasil, Bueno et al. (1981) verificaram que a necessidade ótima de luz é de 9 a 10 horas e que as cultivares em uso eram insensíveis ao fotoperíodo. Na região amazônica são utilizadas cultivares sensíveis ao fotoperíodo , devido ao período chuvoso se muito prolongado (Fageria, 1989).

### 3.8.2 Temperatura

A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 e 35º C (Yoshida, 1981). Em geral a cultura exige temperaturas relativamente elevadas da germinação à maturação, uniformemente crescentes até a floração e decrescentes, porém sem abaixamento bruscos, após a floração. As faixas de temperatura ótima variam de 20 a 35°C para germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação.O arroz não tolera temperaturas excessivamente baixas nem excessivamente altas. A planta é mais sensível às baixas temperaturas na fase de pré-floração, principalmente na microsporogênese (Satake, 1976). Para fins práticos, Yoshida (1981) sugere que o período de 14 a 7 dias antes da emissão das panículas, período conhecido como emborrachamento, seja considerado como o mais sensível às baixas temperaturas. A segunda fase mais sensível é a floração. Nishiyama et al. (1969) mostram que a faixa crítica de temperatura para induzir esterilidade no arroz é de 15 a 17°C, para os genótipos altamente tolerantes ao frio e de 17 a 19°C para os genótipos sensíveis. Existe grande diferença entre genótipos em relação a tolerância ao frio sendo que, em geral, as cultivares do grupo *Japonica* são mais tolerantes do que as do grupo *Indica.*

A ocorrência de temperaturas diurnas superiores a 35°C também pode causar esterilidade das espiguetas. A fase mais sensível do arroz a altas temperaturas é a floração. A segunda fase mais sensível é a pré-floração, cerca de 9 dias antes da emissão das panículas.

### 3.8.3 Chuva e necessidade de água

As características do regime pluviométrico, expressas pela quantidade e a distribuição das chuvas durante o ciclo da planta de arroz de sequeiro, são os fatores mais limitantes para produção de grãos. Apesar de a água ser importante durante todo o ciclo de qualquer planta, a maioria das culturas possui períodos críticos, durante os quais a falta de água reduz o seu rendimento. No caso do arroz de terras altas, verifica-se que a ocorrência de um período de estresse hídrico durante a fase vegetativa pode reduzir a altura da planta, o numero de perfilhos e a área foliar, mas a planta pode recuperar-se desse atraso no crescimento , se a necessidade hídrica for suprida a tempo de permitir uma recuperação da floração (Yoshida & Parao, 1976). Entretanto, se o estresse ocorrer durante o período reprodutivo, de nada adiantará supri-la de água nas fases seguintes, pois o processo é irreversível (Matsushima, 1962). Portanto, para diminuir os efeitos negativos decorrentes da deficiência hídrica, torna-se necessário semear em períodos nos quais a fase de florescimento-enchimento de grãos tenha alta probabilidade de coincidir com a época com maior precipitação pluvial (Breseghello, 1998).

Segundo Steinmetz *et al.* (1988), em um estudo agroclimático realizado em 80 localidades do Brasil, a região sul do estado do Amazonas onde encontra-se o município de Humaitá pode ser considerada como favorecida levando em consideração que o solo encontra-se com 30 mm de água disponível no solo e a cultivar sendo de 110 dias para a época favorável de plantio.

### 3.9 Cultivares de arroz

As principais características de uma cultivar de arroz são: ciclo, altura, resistência a doenças, qualidade do produto e produtividade. As principais variedades são:

**BRS Primavera**: indicada para plantio em áreas de abertura e áreas velhas, pouco ou moderadamente férteis, desde que os fertilizantes sejam utilizados com moderação. Tem apresentado bons resultados em diversas situações, tais como: sistema barreirão (plantio consorciado com pastagem), plantio direto em área de soja e até plantio em safrinha. É uma cultivar com excelente qualidade culinária ressalta-se seu teor de amilose intermediário; esse atributo lhe confere boa qualidade culinária, ou seja, após o cozimento os grãos permanecem macios e soltos (bom comportamento de panela). Essa característica a tornou competitiva, inclusive com o arroz longo-fino produzido nas lavouras irrigadas do sul do país, que possui alto teor de amilose e fica mais duro após o cozimento, um problema que se acentua quando ele é requentado; contudo, para que se obtenha uma boa percentagem de grãos inteiros no beneficiamento, é necessário que a colheita seja feita com umidade dos grãos entre 20 e 24 % (Breseghello, 1998; Lanna, 2003).

**BRS Maravilha:** recomendada para regiões com baixo risco de veranico, ou com disponibilidade de irrigação suplementar por aspersão ou, ainda, em várzea úmida não sistematizada. Seus grãos são do tipo agulhinha. É moderadamente resistente à brusone e à escaldadura, e moderadamente suscetível à mancha de grãos. Por ser resistente ao acamamento e responsiva à fertilidade, é recomendada para cultivo com alta fertilidade, inclusive sob pivô central. Seu crescimento inicial é lento, o que, somado a arquitetura de folhas eretas, torna-a pouco competitiva com plantas daninhas, exigindo, portanto, um bom controle (EMBRAPA, 1997).

**BRS Caiapó:** seu grão, embora não seja do tipo agulhinha, tem ótima aceitação no mercado, devido ao alto rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e à boa qualidade culinária que apresenta. É recomendada para solos novos ou velhos, em níveis moderados de fertilidade, para evitar acamamento. Deve ser plantada o mais cedo possível, em plantio pouco denso, planejando-se medidas de controle de brusone, quando em situações de risco.

Apresenta melhor produtividade em regiões onde a incidência de brusone é baixa (Breseghello, 1998).

**BRS Carajás:** de ciclo precoce, é indicada para áreas de fertilidade média ou alta, apresentando bom potencial de produção e pouco acamamento. Seus grãos são do tipo longos e largos, o que pode levar a um preço inferior ao praticado para as cultivares de grão agulhinha nos mercados em que este padrão é preferido (Breseghello, 1998).

**BRS Canastra**: apresenta boa produtividade nas mais diversas situações de plantio, em áreas velhas ou novas, adaptando-se a diferentes níveis de fertilidade. Em condições muito favorecidas tende a apresentar alta incidência de escaldadura e mancha de grãos. Tem boa resistência ao acamamento e pode alcançar alta produtividade. Seus grãos são da classe longo-fino, e a qualidade de panela é regular (Breseghello, 1998).

**BRS Bonança:** cultivar semi-precoce com ampla adaptação a sistemas de manejo e tipos de solo. A classificação de seus grãos é inconstante, sendo que em alguns casos enquadram-se na classe longo, mas muitas vezes podem ser classificados com misturados. Entretanto, apresentam boa aparência e boa qualidade culinária. Destaca-se pela excepcional estabilidade do rendimento de grãos inteiros, mesmo em circunstâncias em que ocorrem atrasos de colheita (Breseghello, 1998).

**BRS Carisma:** cultivar semi-precoce, de grãos agulhinha. Pode ser cultivada e terras altas, com ou sem irrigação suplementar, ou em várzea úmida, sem irrigação, apresentando alto potencial de produção. Necessita medidas de controle de brusone, quando cultivada em situações de risco desta doença (Breseghello, 1998).

## 3.10 Nutrição mineral

### 3.10.1 Exigência nutricional

Para manter a fertilidade de um determinado solo em níveis adequados, é necessário conhecer a exigência nutricional da cultura em questão. A exigência nutricional do arroz é determinada por vários fatores, tais como condições climáticas, tipo de solo, cultivar, produtividade esperada e praticas culturais adotadas. O acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em solo de cerrado, obedece a seguinte ordem: N>K>P>Ca>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu. Para produzir uma tonelada de grãos de arroz, é necessário que, tenham sido acumulados na parte aérea da planta, as seguintes quantidade de nutrientes: 47 kg de N; 34 kg de K; 7,5 kg de P; 5,5 kg de Ca; 4,5 kg de Mg; 1,043 kg de Fe; 377 g de Mn; 96 g de Zn; e 23 g de Cu (Fageria, 1999). Segundo Barbosa Filho, (1987) a extração de nutrientes pela cultura do arroz segue a seguinte ordem decrescente:

K>N>Ca>P>S>Mg>Fe>Mn>Zn>B>Cu>Cl>Mo. García (2002) encontrou a seguinte ordem de absorção: N>K>S>P>Mg>Ca. Pode-se observar que até os 41 dias após a emergência, o acúmulo de matéria seca e nutrientes é baixo, intensificando-se a partir do perfilhamento. (tabela 3).

**Tabela 3.** Estádio fenológico (DAE-dias após emergência), matéria seca da parte aérea (MS) e extração de macronutrientes pela cultivar de arroz irrigado IAC-103.

| DAE | MS | Extração de macronutrientes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S |
| | (kg ha$^{-1}$) | kg ha$^{-1}$ | | | | | |
| 1 | 32 | 1 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 14 | 77 | 2,5 | 0,2 | 1,9 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |
| 21 | 113 | 4,3 | 0,4 | 3,1 | 0,6 | 0,3 | 0,4 |
| 41 | 1098 | 27,4 | 2,3 | 29,9 | 4,7 | 2,3 | 3,2 |
| 55 | 2358 | 47,9 | 3,1 | 41,0 | 9,7 | 3,8 | 4,0 |
| 69 | 3682 | 54,5 | 8,5 | 79,2 | 8,5 | 7,7 | 5,9 |
| 83 | 5425 | 131,3 | 9,2 | 71,1 | 5,4 | 7,6 | 4,9 |
| 93 | 7350 | 121,9 | 17,4 | 145,1 | 15,1 | 14,1 | 12,6 |
| 104 | 9197 | 104,7 | 20,6 | 137,2 | 17,5 | 17,9 | 8,8 |
| 116 | 10391 | 115,2 | 20,5 | 104,2 | 21,2 | 17,9 | 8,4 |

Adaptado de García (2002).

Malavolta (1978) e Malavolta & Fornasieri Filho (1983) descreveram a curva de acumulação de matéria seca de uma cultivar de arroz em solução nutritiva indicando tendência sigmóide para matéria seca total, panícula e colmo. No final do ciclo, a panícula corresponde a aproximadamente 1/3 da matéria seca acumulada (Figura 1).

A demanda pelos diferentes nutrientes da planta de arroz varia em função do estádio fenológico. No início do crescimento a demanda maior é por nitrogênio e potássio. Na fase do emborrachamento a demanda pelos demais nutrientes é aumentada até a emissão da panícula, com exceção do fósforo e do zinco que continuam a ser absorvidos até a maturação. (Malavolta, 1980).

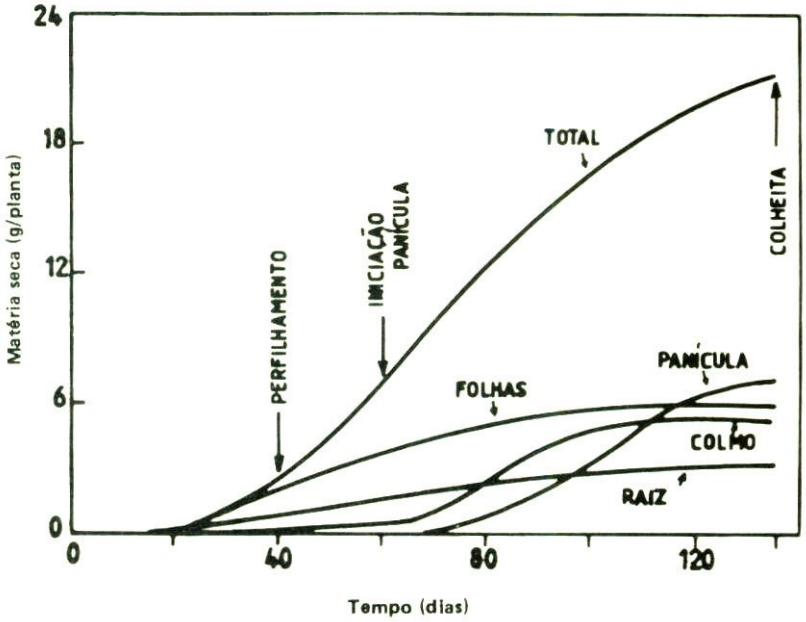


**Figura 1.** Acumulação de matéria seca pelo arroz, cultivar IAC-164 (citado por Barbosa Filho, 1987).

Os nutrientes, de forma geral são absorvidos durante todo o ciclo da cultura, diferenciando-se apenas na velocidade de absorção e na translocação das folhas e dos colmos para os grãos. Na fase da formação do grão a planta já absorveu ¾ do nitrogênio de que necessita e no emborrachamento cerca de ¾ do potássio necessário. O cálcio, o magnésio e o enxofre atingem o máximo no fim do perfilhamento (Barbosa Filho, 1987).

O nitrogênio aumenta o número de perfilhos, aumentando o número de panículas, o número de grãos, o tamanho dos grãos e o teor de proteína nos grãos. A massa dos grãos tende a diminuir com doses de nitrogênio acima de um nível crítico. Doses crescentes de N podem induzir a formação de grande número de perfilhos e folhas provocando sombreamento e acamamento levando à queda de produção. Altas doses de nitrogênio também aumentam significativamente a área foliar induzindo a um maior risco de estresse hídrico e ataque da brusone. Pode também induzir a esterilidade das espiguetas pelo aumento na incidência e severidade da brusone (Barbosa Filho, 1987, Guimarães & Stone, 2003). O nitrogênio é importante também durante a fase de maturação, para manter as folhas verdes, para o processo de fotossíntese e, consequentemente, aumentar a percentagem de grãos cheios (Fageria, 1984).

O fósforo, por ser um nutriente ligado ao perfilhamento como o nitrogênio, é muito exigido na fase vegetativa da planta e ainda, é um dos nutrientes mais exportados na colheita.

Desempenha importante função no processo fotossintético, através da acumulação e do uso de energia nos vários processos metabólicos. O fósforo tem grande influência sobre o desenvolvimento das raízes, sobre a qualidade dos grãos e também resistência a estresses ambientais. A sua deficiência reduz o perfilhamento e prolonga o ciclo da cultura (Fageria *et al*., 1995). Sob condições ambientais de estresse hídrico, o efeito do fósforo é neutralizado, pois a planta não consegue absorvê-lo (Barbosa Filho, 1987).

O potássio tem influência sobre a percentagem de espiguetas estéreis, produtividade de grãos e produção de matéria bruta (Farinelli *et al*., 2004). Segundo Barbosa Filho (1987) o potássio tem efeito sobre o peso de grãos talvez por facilitar o transporte dos carboidratos. Confere às plantas maior resistência às doenças, acamamento e perda de água. A resposta das culturas anuais à aplicação de K no solo de cerrado não é tão acentuada quanto a de P, mas alguns trabalhos de pesquisa mostram aumento significativo no sistema radicular e na produção de arroz de terras altas com a aplicação de K no solo (Fageria, 2000).

O cálcio faz parte da lamela média, participa como ativador de enzimas, neutraliza ácidos tóxicos e tem grande importância no crescimento das raízes (Fageria, 1984). A planta de arroz extrai pouco cálcio, sendo que a maior parte concentra-se no colmo, folhas e raízes, sendo pouco exportado pela colheita por ser relativamente pouco imóvel na planta (Barbosa Filho, 1987).

O magnésio, da mesma forma que o cálcio, é relativamente pouco exportado; apenas 1/3 do total absorvido é exportado na forma de grãos. Entretanto, tem importante função no processo fotossintético. A absorção do cálcio e do magnésio segue paralelo à acumulação da matéria seca, atingindo o máximo na floração. (Barbosa Filho, 1987; Van Raij, 1991).

O enxofre é pouco exigido, mas relativamente alta sua exportação, pois faz parte de proteínas, alem da sua importância no processo fotossintético. Geralmente não se observa sua deficiência nas culturas por estar presente em outros adubos minerais (Barbosa Filho, 1987; Van Raij, 1991). Devido à aplicação como nutriente secundário na forma de sulfato de amônio e superfosfato simples, pouca atenção tem sido dada à nutrição e à demanda de enxofre pelo arroz. Mas, com a tendência de substituir essas formas de fertilizantes por formulações mais concentradas, a sua deficiência tende a aumentar. A disponibilidade de enxofre para o arroz em condições inundadas tem sido menor, uma vez que as plantas o absorvem somente na forma de sulfato (Mesquita, 1993 citado por Assis, 2000).

O Fe é componente estrutural dos citocromos, ativa enzimas ou faz parte de diversas coenzimas que participam de reações como a formação da clorofila, transporte de elétrons na fotossíntese e síntese de proteínas (Malavolta, 1980). Tem-se notado maior ocorrência de

toxidez por Fe que a sua deficiência na maioria dos solos do Brasil. O excesso de Fe induz o atrofiamento da planta, reduz o número de perfilhos e leva ao amarelecimento das folhas. As raízes ficam grossas, curtas e raras, levando à diminuição da produtividade (Fageria *et al*, 1984).

O Zinco é um elemento deficiente na maioria dos solos de cerrado. Sua deficiência visual é notada pela coloração verde-esbranquiçada que se desenvolve no tecido, na base da folha, de cada lado da nervura central e extende-se até a metade da folha, em direção à ponta. Ocorre um encurtamento dos internódios em comparação com a planta normal (Fageria, 1984). Como resultado da resposta ao Zinco, as plantas apresentam maior número de folhas e maior altura (Barbosa Filho, 1987).

**Tabela 4**. Quantidade média de macronutrientes extraída por três cultivares de arroz irrigado (IR 665-4-5-5, IAC-435 e IAC-120).

| **Parte da** | **Produção de** | **Nutriente extraido (kg ha$^{-1}$)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Planta** | **MS (kg ha$^{-1}$)** | **N** | **P** | **K** | **Ca** | **Mg** | **S** |
| Folhas | 1843 | 14,0 | 1,1 | 11,5 | 12,2 | 1,7 | 1,4 |
| Colmos | 2342 | 15,2 | 3,2 | 64,1 | 4,3 | 1,2 | 3,0 |
| Grãos (com casca) | 4331 | 54,0 | 9,7 | 19,2 | 4,3 | 4,6 | 6,4 |
| Total | 8516 | 83,2 | 14,0 | 94,8 | 20,8 | 7,5 | 10,8 |

Adaptado de Barbosa Filho (1987).

O manganês participa da ativação de enzimas, do transporte de elétrons na fotossíntese e é essencial na formação da clorofila. Sua deficiência é visualmente notada quando as folhas mais novas desenvolvem clorose em linhas internervais amarelas; posteriormente a clorose torna-se necrótica, surgindo então a coloração marrom. A toxidez por manganês geralmente ocorre sob condições de redução do solo. Os sintomas são caracterizados pelo retardamento do crescimento, pontos marrons nas nervuras das folhas e bainha das folhas mais velhas (Fageria *et al.*, 1984).

### 3.10.2 Distribuição nas diferentes partes da planta

Segundo Fageria (1991), num trabalho realizado em casa de vegetação mostrou que a distribuição do nitrogênio na planta de arroz foi de aproximadamente 15 % nas raízes, 35 % na parte aérea e 50 % nos grãos. A distribuição de fósforo foi de 10 % nas raízes, 25 % na parte aérea e 65 % nos grãos. Com relação ao potássio, a distribuição foi de 81 % na parte aérea, 3 % nas raízes e 16 % nos grãos. Esses resultados mostram que a maior parte do

nitrogênio e do fósforo foi transportada para os grãos, e a maior quantidade do potássio, para o restante da parte aérea. A quantidade exportada depende do destino dado a parte aérea. Considerando-se, no caso do arroz, o grão com casca como parte exportada, observa-se que o arroz exporta do solo maiores quantidades em ordem decrescente de: N>K>P>S>Ca>Mg. Cerca de 65 % do N e 70 % do P extraído é exportados pelas espiguetas, enquanto que 80% do K e do Ca encontram-se na palha do arroz, sendo pouco exportado através da colheita (Barbosa Filho, 1987) (Tabela 4).

### 3.11 Diagnóstico das deficiências nutricionais

A deficiência nutricional pode ser identificada através de sintomas visuais, pela análise química do solo e pela análise da planta. A identificação através dos sintomas visuais é um método de menor custo que a análise química de solo ou planta, porém, além de ser um método apenas qualitativo ainda requer grande experiência por parte do avaliador, pois podem ser facilmente confundidas com sintomas de doenças, pragas, deficiência hídrica e ação fitotóxica de agroquímicos (Fageria, 1984; Barbosa Filho, 1987).

#### 3.11.1 Diagnose foliar

A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta. A utilização da folha para análise dos nutrientes deve-se ao fato desta refletir melhor o estado nutricional, isto é, responde mais a variação no suprimento de um determinado nutriente, seja pelo solo ou pelas adubações. Isso ocorre pelo fato da folha ser o órgão onde ocorrem os processos fisiológicos mais importantes da planta (Malavolta *et al.,* 1997).

O teor de nutrientes no tecido foliar é reflexo de um conjunto de fatores que interagem entre si até o momento da coleta da amostra. A função que descreve a variação dos teores dos nutrientes no tecido foliar, de acordo com Malavolta *et al.* (1997), é a seguinte:

$$Y = f(Mg, S, CL, Pc, Pm)$$

Sendo:

Y, o teor do nutriente na folha;

Mg, o material genético (espécie, progênie, clone etc.);

S, o solo, adubo, corretivo e outras entradas de nutrientes no sistema;

CL, as condições climáticas (precipitação, luminosidade etc.);

Pc, as práticas culturais (preparo do solo, espaçamento etc.);

Pm, a ocorrência de pragas e/ou doenças.

Para que a diagnose foliar possa ser utilizada com sucesso, três premissas básicas devem ser obedecidas. Dentro de certos limites, devem existir relações diretas entre as seguintes variáveis: a) suprimento de nutrientes via solo e a produção, ou seja, solos mais férteis devem proporcionar maiores produtividades; b) suprimento do nutriente via solo e teor foliar, ou seja, à medida que se aumenta o fornecimento do nutriente via solo deve aumentar a concentração do mesmo nutriente no tecido foliar; c) teor foliar e produção, ou seja, o aumento da concentração do nutriente no tecido foliar deve proporcionar maiores produtividades (Malavolta *et al.,* 1997).

A diagnose foliar como forma de avaliação do estado nutricional apresenta algumas vantagens, tais como: a) determinação da quantidade de nutrientes que a planta foi capaz de absorver, considerando as condições ambientais a que ela estava submetida; b) identificação dos problemas de deficiência e/ou toxicidade nutricional nas plantas com ou sem sintomas visuais; c) identificações de interações e antagonismos entre os nutrientes; d) checagem da entrada dos nutrientes na planta após as adubações e outras práticas culturais; e e) avaliação de balanços nutricionais. Como desvantagens, a diagnose foliar apresenta: a) custos mais elevados em relação às análises de solo; b) exigência de maior rigor durante a amostragem; c) dificuldade de interpretação das concentrações dos nutrientes devido aos efeitos de diluição e/ou concentração; e d) menor rendimento operacional durante as amostragens em se tratando de culturas perenes.

Para que a análise de tecido vegetal possa ser útil no diagnóstico do estado nutricional das plantas, alguns aspectos devem ser considerados: a) idade da folha e da planta; b) posição da folha na planta; c) variação sazonal da produção; d) exposição solar; e, e) época de amostragem (Malavolta *et al.,* 1997).

### 3.11.2 Análise da planta

A análise química quantitativa de uma planta ou parte dela fornece um valor integrado de todos os fatores que influenciam a sua composição no momento da amostragem. A analise da planta, utilizada como guia para identificação de problemas nutricionais ou de níveis de fertilidade do solo, deve ser considerada como um método relativo, a interpretação dos resultados da análise necessita um padrão de comparação para cada nutriente. Este valor padrão deve ser conhecido para cada cultura e em condições ambientais diferentes. Comparando-se o teor de um dado nutriente encontrado na planta com o seu nível critico previamente estabelecido, é possível determinar o estado nutricional da planta em relação àquele nutriente. Plantas que apresentam o teor de um determinado nutriente acima do nível

crítico são consideradas adequadamente supridas pelo nutriente em questão, enquanto as que apresentam teor abaixo do nível crítico são consideradas deficientes (Fageria, 1984). Os níveis deficiente, crítico e tóxico de vários elementos são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5.** Teores deficientes, críticos, adequados e tóxicos de vários elementos para a planta de arroz.

| Elemento | Parte da planta analisada | Estádio de crescimento | Teor do nutriente | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Deficiente | Crítico | Adequado | Tóxico |
| | | | ----------%---------- | | | |
| **N** | folha | Diferenciação da panícula | < 1,8 % | 1,8-2,6 % | 2,6-4,2 % | - |
| **P** | Toda a parte superior | 75 dias de idade | < 0,15 % | 0,15-0,25 % | 0,25-0,48 % | > 0,8 % |
| **K** | Toda a parte superior | 75 dias de Idade | < 1 % | 1-1,5 % | 1,5-4 % | > 5 % |
| **Ca** | Toda a parte superior | 100 dias de idade | < 0,2 % | 0,2-0,25 % | 0,25-0,4 % | > 0,65 % |
| **Mg** | Toda a parte superior | 100 dias de Idade | < 0,12 % | 0,12-0,17 % | 0,17-0,3 % | > 0,3 % |
| **S** | folha | perfilhamento | < 0,1 % | 0,1-0,2 % | 0,2-0,6 % | > 0,6 % |
| | | | ----------mg $kg^{-1}$---------- | | | |
| **Fe** | Toda a parte superior | Perfilhamento | < 50 | 50-70 | 70-300 | >300 |
| **Zn** | Toda a parte superior | Perfilhamento | < 10 | 10-20 | 20-150 | >500 |
| **Mn** | Toda a parte superior | perfilhamento | < 20 | 20-30 | 30-600 | >1000 |
| **B** | Folha adulta superior | Perfilhamento | < 15 | 15-20 | 20-100 | >200 |
| **Cu** | Folha adulta | Perfilhamento | < 4 | 4-5 | 5-20 | >200 |
| **Mo** | Folha adulta | Perfilhamento | < 0,1 | 0,1-0,5 | 0,5-2 | |

Fonte: Fageria (1984)

Malavolta (1997) apresenta somente os teores considerados adequados para a cultura na época do meio do perfilhamento. Os teores abaixo do adequado podem ser considerados deficientes e os teores acima do adequado podem ser considerados tóxicos (tabela 6).

**Tabela 6.** Teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para a cultura do arroz.

| N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ----------g kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | | |
| 40-48 | 2,5-4,0 | 25-35 | 7,5-10,0 | 5,0-7,0 | 1,5-2,0 | 40-70 | 10-20 | 200-300 | 100-150 | 25-35 |

Adaptado de Malavolta (1997)

### 3.11.3 Avaliação da fertilidade do solo

Raij (1996) refere-se à análise de solo como a única técnica disponível para a avaliação direta da fertilidade do solo, sendo, no entanto, insuficiente para garantir um acompanhamento adequado do estado nutricional das plantas. A existência de nutrientes no solo, mesmo que supostamente em quantidades disponíveis, não garante o suprimento às plantas devido aos fatores ambientais que podem influenciar no processo de absorção.

Bellote e Silva (2000) analisaram o potencial da análise de solo como método diagnóstico em programas de monitoramento nutricional, como complemento à análise foliar e, destacaram algumas vantagens que as análises de solo apresentam em relação às análises foliares: a) fornecem subsídios para tomada de decisão antes da implantação da cultura; b) possibilitam a identificação de problemas relacionados à acidez, alcalinidade e salinidade do solo, e determinação de medidas corretivas; e c) apresentam maior rendimento operacional durante a amostragem quando comparado ao método da diagnose foliar. Como desvantagens, as análises de solo apresentam: a) dificuldade de identificação das zonas radiculares onde ocorrem as maiores taxas de absorção dos nutrientes pelas plantas; b) pouca relação com a capacidade de extração dos nutrientes em se tratando de culturas específicas; e c) carência de pesquisas onde se relacionam os parâmetros químicos do solo com produtividade das culturas (Malavolta *et al*., 1997).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no ano agrícola 2005-2006, na fazenda Triângulo, localizada no Km 30 da BR 319, e na Fazenda do Sr. Ronério Cazarin, Km 20, ambas no trecho Humaitá - Porto Velho.

O estudo foi instalado na área de lavoura comercial das duas propriedades. Na fazenda Triângulo as duas áreas em que foram realizadas as amostragens estavam no segundo ano de cultivo de lavoura. Anteriormente a mesma área foi utilizada como pastagem natural. No primeiro ano de cultivo, na safra 2004-2005, para iniciar a recuperação da pastagem degradada a área recebeu 2,5 t $ha^{-1}$ de calcário dolomítico com 60% PRNT e na adubação de semeadura do arroz foram aplicados 300 kg da fórmula 4-26-18 + 0,3 % Zn + 0,15 % Cu. No ano agrícola 2005-2006 a mesma área recebeu mais 2,5 t $ha^{-1}$ de calcário dolomítico com 60% PRNT, 200 kg de Super Fosfato Simples e na adubação de semeadura foram aplicados 160 kg da fórmula 5-25-15 + 0,3 % Zn. Na fazenda Cazarin a área em que se efetuou a amostragem havia recebido 2,5 t $ha^{-1}$ de calcário dolomítico 60 % PRNT no ano 2000. No ano agrícola 2005-2006 a mesma área recebeu mais 2,5 t $ha^{-1}$ calcário dolomítico 60 % PRNT e na adubação de semeadura do arroz foram aplicados 300 kg da fórmula 4-20-20. A semeadura foi realizada entre os dias 23 e 27 de outubro de 2005. A densidade de semeadura para as duas fazendas foi de 70 sementes por metro linear com espaçamento entre linhas de 0,25 m (280 sementes $m^{-2}$) utilizando-se a variedade BRS Primavera.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, envolvendo parcelas nas posições alta, média e baixa na paisagem as três glebas (Alta, Média e Baixa) e de subparcelas as três áreas amostradas, com seis repetições. Considerando que a área total apresenta relevo suave ondulado, decidiu-se, para efeito de estudo delimitar três glebas de 40 m X 60 m, em um platô de acordo com a variação de relevo. A gleba A constituiu-se da área mais elevada do platô, a gleba M constituiu-se de uma área localizada na parte intermediária do platô e a gleba B constituiu-se a parte mais baixa do platô, sem contudo, sofrer inundação no período de inverno. Em cada gleba foram coletadas seis amostras simples de solo da camada de 0-20 cm e seis amostras simples de solo da camada de 20-40 cm de profundidade, totalizando 36 amostras em cada área e 108 amostras nas três áreas. Todas as amostras de solos foram coletadas em outubro de 2005 (figura 2).

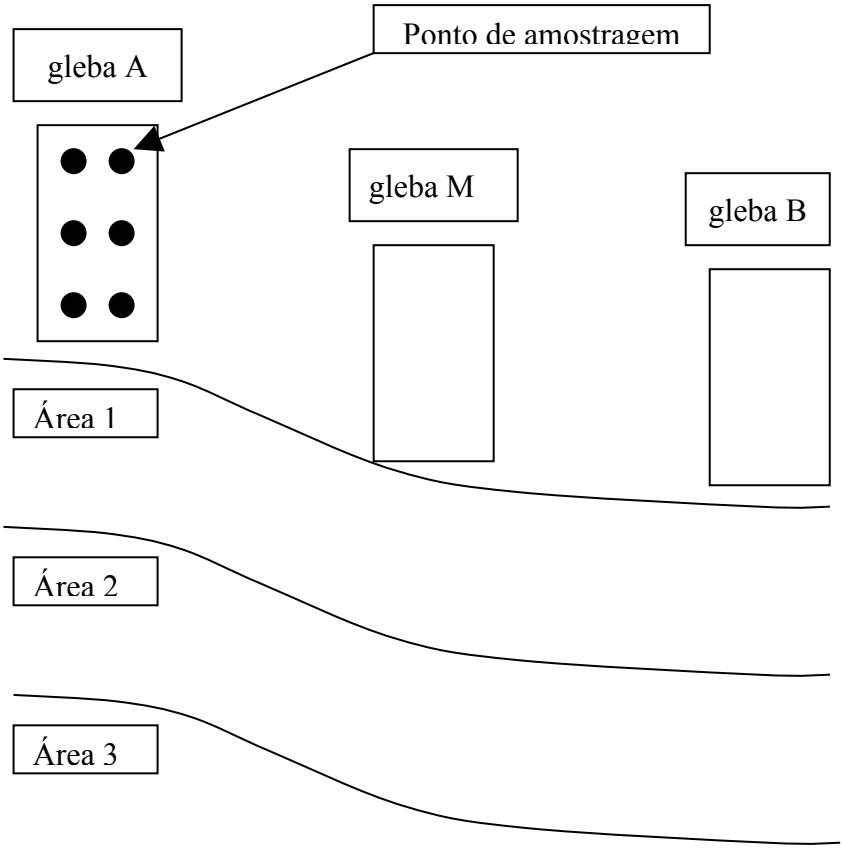


**Figura 2.** Croqui das áreas de amostragem.

No laboratório foram realizadas as seguintes determinações analíticas: $pH_{(H2O)}$, $pH_{(CaCl2)}$, carbono orgânico, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$ , H+Al (acidez potencial), $Al^{+++}$, K, P, Fe, Zn e Mn. O P, K, Cu, Zn, Fe e Mn, extraídos pelo extrator Mehlich 1. O Ca, Mg e Al foram extraídos com solução de KCl 1 M. O $Al^{+++}$ $+H^{+}$ foi extraído com acetato de cálcio. No extrato, o P foi determinado por colorimetria, o K por fotometria de chama, os macronutrientes Ca, Mg e Al e os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn, por absorção atômica. O carbono foi avaliado pelo método de Walkley-Black (EMBRAPA, 1997). Com essas variáveis foram estimados os seguintes parâmetros: soma de bases trocáveis (S), capacidade de troca de cátions à pH 7,0 (CTC potencial ou T), percentagem de saturação por bases da CTC à pH 7,0 ( V%) , capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva ou valor t) e saturação por alumínio (m%) (EMBRAPA,1999).

A análise foliar foi efetuada em amostras coletadas em seis pontos demarcadas aleatoriamente dentro de cada gleba. Em cada área foram coletadas 18 amostras de planta totalizando 54 amostras. Cada ponto constituiu-se de uma linha de cultivo de 1,0 m de comprimento. A primeira amostragem foi realizada no perfilhamento 30 dias após a

emergência em dezembro 2005, coletando-se toda a parte aérea das plantas. A segunda amostragem foi realizada após a emissão das panículas 60 dias após a emergência em dezembro de 2005. Toda a parte aérea foi separada em colmos, folhas e panículas. Após a separação das diferentes partes das plantas, determinou-se o peso das amostras individualizadas e os teores de macronutrientes e micronutrientes, a fim de caracterizar-se o estoque de nutrientes.

No laboratório todo o material vegetal da primeira e segunda coleta foi lavado em água destilada, seco em estufa à 60ºC, moído em moinho tipo WILLEY e posteriormente analisado quanto aos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn). O nitrogênio total foi extraído por digestão ácida à quente, seguida de destilação em aparelho semi-micro Kjeldahl e titulação (Bremner, 1965). Os nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn e Mn foram extraídos por digestão nitro-perclórica, o P foi determinado por colorimetria com molibidato vanadato; o K por fotometria de chama, o Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica, o S por turbidimetria de sulfato de bário (Sarruge & Haag, 1974). Todas as análises químicas de solo e planta foram realizadas no laboratório de solo e plantas do CENA-ESALQ.

A terceira coleta foi realizada em janeiro de 2006 na fase de maturação sendo coletados somente as panículas. Cada ponto constituiu-se de uma linha de cultivo de 3,0 m de comprimento. Foram coletadas amostras em seis pontos demarcados aleatoriamente dentro de cada gleba. As três glebas dentro de cada área somaram 18 amostras totalizando 54 amostras nas três áreas. Os grãos foram separados das panículas e em seguida secos em estufa até atingirem o teor de umidade de 13 % (b.u.). Com o peso dos grãos estimou-se a produtividade alcançada.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados estatisticamente por meio de análise da variância (teste F). Para identificar tratamentos com melhor resposta, foram realizadas comparações dos tratamentos pelo teste de Tukey (5%). Todas as análises supracitadas foram efetuadas utilizando-se o programa estatístico SYSTAT.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação da fertilidade dos solos

De modo geral, os valores de pH em $H_2O$ variaram pouco em relação às glebas e áreas na profundidade de 0-20 cm, não havendo diferença significativa entre as glebas, porém houve entre as áreas. O pH mais ácido foi encontrado na gleba M seguida pelas glebas B e A. Para as áreas houve diferença estatística. O maior pH foi encontrado na área 2 que se diferenciou estatisticamente das áreas 1 e 3 (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm o pH não houve diferença significativa. Nas áreas houve diferença significativa, as áreas 2 e 3 se igualaram com o pH mais alto e se diferenciaram da área 1 com pH mais baixo (tabela 8). Em solos tropicais altamente intemperizados geralmente encontra-se relação entre os baixos valores de pH com a elevada saturação de Al e baixa saturação de Ca e Mg. Em solos com baixo pH a disponibilidade das bases (Ca Mg e K) e P são diminuídas, enquanto que os micronutrientes como Cu, Fe, Mn e Zn têm sua disponibilidade aumentada podendo atingir concentrações tóxicas para as plantas (Malavolta, 1976), porém, no presente estudo não chegou a ser constatado toxidez pela análise das plantas. Fageria (2000) verificou diminuição da produção de matéria seca, número de panículas por planta e produção de grãos com a elevação do pH do solo a partir de um determinado nível. No mesmo estudo foram observados sintomas de deficiência de Fe nas folhas mais novas e diminuição na absorção de K, Ca e Mg acima do nível de pH de 5,7 e também diminuição na absorção Fe, Mn e Zn acima do pH de 4,6. A faixa com pH adequado para a produção e para os componentes de produção variou entre 5 e 5,4. Da mesma maneira, para absorção de nutrientes, a variação foi de 4,6 a 5,5, indicando que as cultivares de arroz de terras altas avaliadas são bastante tolerantes à acidez do solo, produzindo satisfatoriamente sob pH entre 5 e 5,5.

Os valores de pH em $CaCl_2$ foram menores em relação ao pH em água em todas as glebas e áreas nas duas profundidades. Na profundidade de 0-20 cm houve diferença altamente significa na gleba A, com pH mais elevado, em relação às glebas M e B. A área 2 diferiu da área 1 que também diferiu da 3, esta com o menor pH (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm não houve diferença estatística significativa para as glebas, mas houve para as áreas. A área 2 teve o maior pH diferindo-se das áreas 1 e 3 que foram iguais estatisticamente (tabela 8). Os valores de pH em solução de $CaCl_2$ sofrem pouca influencia de sais ou pelo revestimento dos eletrodos com óxidos de Fe e Al mostrando, portanto resultados com menor interferência (EMBRAPA, 1999).

O cálcio e o magnésio variaram pouco nas glebas e nas áreas para profundidade de 0-20 cm, não havendo diferença significativa. A soma de Ca + Mg foi de 1,3, 1,2 e 1,0 $cmol_c\ kg^-$

[1] respectivamente para as glebas A, M e B e para as áreas 1, 2 e 3 a soma foi de 1,3, 1,2 e 1,1 (tabela 7). Houve diferença significativa somente para áreas na profundidade de 20-40 cm. A área 2 apresentou o maior teor de Ca e as áreas 2 e 3 os maiores teores de Mg (tabela 8). Apesar de duas calagens terem sido realizadas no ano agrícola anterior e no ano agrícola do cultivo estudado, a soam de Ca + Mg estavam muito abaixo de 2,0 $cmol_c\ kg^{-1}$ preconizados como o mínimo necessário para suprir as necessidades da cultura do arroz.

Para o potássio houve diferença significativa entre as glebas e entre as áreas na profundidade de 0-20 cm. A gleba B, com o maior teor de K no solo, diferiu da gleba A, porém a gleba M foi estatisticamente igual às glebas A e B. A área 3, com o maior teor de K, diferiu da área 2 mas se igualou a área 1. As áreas 1 e 2 foram estatisticamente iguais (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm houve diferença somente nas áreas. Houve diferença na área 3 com o maior teor em relação às áreas 1 e 2 (tabela 8). Um das possíveis explicações para uma maior concentração de K na parte mais baixa seria porque este elemento sendo muito móvel no solo tenderia a ser carregado pela água da chuva para as cotas mais baixas. Os Plintossolos têm como característica apresentar uma camada de impedimento em subsuperfície que impede a percolação da água levando-a a se acumular na partes baixas, carregando consigo o Potássio. Moraes e Freire (1974), afirmam que a disponibilidade de K é aumentada pela redução do Fe e do Mn, que deslocam o K do complexo de troca para a solução do solo. Contudo, ao mesmo tempo em que sua concentração em solução aumenta o K passa a sofrer a competição do Fe no processo de absorção. Apesar da cultura do arroz não responder ao Potássio como responde ao Nitrogênio e ao Fósforo, concentrações de K até 0,13 $cmol_c\ kg^{-1}$ na solução do solo elevam a produtividade (Fageria, 1999), valor muito acima do encontrado nos solos estudados que foi em média 0,06 $cmol_c\ kg^{-1}$ para a profundidade de 0-20 cm. (tabela 7).

Houve diferença altamente significativa para H+Al entre as glebas e áreas na profundidade de 0-20 cm. O tratamento gleba B teve o valor expressivo de 12,0 $cmol_c\ kg^{-1}$ em relação à gleba M que por sua vez diferiu da gleba A. Para as áreas a maior concentração foi a área 3 que se diferenciou da área 1 que por sua vez foi diferente da área 2 (tabela 7). Houve diferença estatística altamente significativa para profundidade de 20-40 cm. A gleba B diferiu das glebas A e M. Para as áreas o maior valor encontrado foi na área 3 com 15,2 $cmol_c\ kg^{-1}$ seguida da área 1 com 11,6 $cmol_c\ kg^{-1}$ e área 2 com 5,9 $cmol_c\ kg^{-1}$ (tabela 8). Em todos as glebas e áreas os teores de H+AL foram maiores na profundidade de 20-40 sugerindo que nesta profundidade as concentrações de Al sejam relativamente maiores devido ao baixo pH (tabelas 7 e 8). Resultados semelhantes foram encontrados por Martins (2001). A área 3 teve

o maior teor de H+Al devido provavelmente ter recebido calcário a um tempo maior. A gleba B apresentou elevado teor de Matéria Orgânica. A M.O. tem elevado poder tampão devido sua elevada CTC, assim quantidades maiores de calcário seriam necessárias para fazer o mesmo efeito neutralizante que em locais com menor teor de M.O. que é o caso das glebas A e M (Malavolta, 1976).

Houve diferença significativa para alumínio na profundidade de 0-20 cm. Houve decréscimo no teor de Al no solo da parte baixa para a parte alta. A gleba B diferiu da gleba M que também diferiu da gleba A. Como conseqüência a saturação por alumínio (m%) também se apresentou da mesma forma. A m% mais baixa encontrada, para a profundidade de 0-20 cm, foi na gleba A com 54,8 % (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm os teores de Al no solo e de saturação foram maiores e todas as glebas e áreas em relação a profundidade de 0-20 cm. Houve diferença significativa para teor de Al nas áreas e glebas mas não houve para m% (tabela 8). Segundo Mendonça (2003), apesar da cultura do arroz ser tolerante ao Al, teores mais elevados de Al na solução do solo diminuem a absorção liquida e os teores dos macronutrientes. Fageria (1984), considera que acima de 45 % de saturação por Al atingi-se o nível crítico, a partir do qual o Al passa a ser tóxico a cultura do arroz.

Houve diferença significativa para soma das bases apenas na profundidade de 20-40 cm. A áreas 2 e 3 apresentaram valores estatisticamente superiores à área 1 (tabela 8). Para a CTC potencial (valor T) houve diferença altamente significativa nas glebas e nas áreas para as duas profundidades, com os maiores valores na profundidade de 20-40 cm devido principalmente ao maior teor de H+Al. A maior saturação por bases foi de 22,06 % na gleba A para profundidade de 0-20 cm, percentual muito abaixo dos 40 % exigidos pela cultura do arroz. Uma das causas pra a gleba A ter um maior V% seria sua menor CTC devido ao menor teor de matéria orgânica. A gleba B apresentou maior teor de matéria orgânica, isso contribui para elevar a CTC aumentar o poder tampão do solo, assim maiores quantidades de bases seriam necessárias para elevar a saturação por bases na gleba B. Na área 3 observou-se diferença altamente significativa com valores menores para V% em relação às áreas 1 e 2 na profundidade de 0-20 cm, provavelmente porque essa área recebeu menos insumos minerais que as outras áreas.

O Fósforo apresentou diferença estatística altamente significativa para as glebas nas duas profundidades e para áreas somente na profundidade de 20-40 cm. A gleba B foi estatisticamente superior às glebas M e A para a profundidade de 0-20 cm (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm o tratamento gleba B foi estatisticamente igual à gleba M e maior que a gleba A, porém a gleba M foi estatisticamente igual à gleba A. A área 2 apresentou teor

estatisticamente maior de Fósforo que as áreas 3 e 1, que se igualaram (tabela 8). Em todos os tratamentos os teores de Fósforo foram maiores na profundidade de 0-20 em relação à profundidade de 20-40 cm. O Fósforo é um dos nutrientes mais limitantes em solos tropicais que são altamente intemperizados. Isso se deve a sua baixa reserva no solo e sua fixação quando aplicado através da adubação. Em baixo pH o Fósforo tende a se ligar a Óxidos de Fe e Al tornando-o indisponível para as plantas (Sanchez & Cochrane, 1980). Na gleba B mais rica em matéria orgânica observou-se que o Fósforo encontrava-se em maiores teores, possivelmente porque a matéria orgânica se liga ao Fe e Al impedindo que se ligue ao Fósforo (Fageria, 1984; Malavolta, 1976). Com exceção da gleba B na profundidade de 0-20 cm que apresentou teor considerado baixo (3,1-6,0 mg $kg^{-1}$), a outras glebas e todas as áreas apresentaram teores muito baixos (< 3,0 mg $kg^{-1}$) levando em consideração a recomendação de adubação para a cultura do arroz em cerrado (Fageria,1999).

Observou-se diferença significativa para cobre para as glebas nas duas profundidades e nas áreas apenas para a profundidade de 20-40 cm. Na profundidade de 0-20 cm a gleba M foi a que apresentou o maior teor seguido pelas glebas B e A (tabela 7). Na profundidade de 20-40 a gleba B apresentou o maior teor seguido pelas glebas M e A. A área 3 teve o maior teor seguido pela área 1 que foi maior que a área 2 (tabela 8). Sabe-se que o Cu diminui sua disponibilidade com aumento do pH. Possivelmente se forem feitas novas calagens na área poderá ocorrer deficiência do nutriente, já que foi constatado pela análise foliar deficiência na fase de emborrachamento. O Cu tem sua disponibilidade diminuída com a inundação (Moraes & Dynia citados por Fageria, 1999). Além disso, a M.O. tem capacidade de complexar o Cu diminuindo sua disponibilidade mesmo que se encontre em concentrações mais elevadas no solo (van Raij, 1991; Malavolta, 1976). Apesar da gleba B apresentar concentração maior que a gleba A no solo, na planta ocorreu o inverso, ou seja, a gleba A apresentou maior concentração de Cu na planta que na gleba B sugerindo o efeito da M.O. sobre o Cu diminuindo sua disponibilidade para a planta.

O ferro apresentou diferença altamente significativa para as glebas e áreas apenas na profundidade de 0-20 cm. Na gleba B observou-se o maior teor de Fe no solo seguido pela gleba M que por sua vez apresentou um teor maior que a gleba A. A área 3 foi a que teve o maior teor de Fe seguido pela área 1 que foi maior que a área 2 (tabela 7). Esses dados estão de acordo com o que foi encontrado nas plantas no período do emborrachamento, porém sem apresentar toxidez as plantas (tabela 11). Um dos motivos para o maior teor de Fe no solo e na planta para gleba baixa seria provavelmente porque o solo sofre encharcamento no período das chuvas e isso faz com que o ferro oxidado ($Fe^{+3}$) passe para a foram reduzida ($Fe^{+2}$)

tornando-o mais disponível para as plantas (Fageria, 1999). Na área 3 observou-se no campo maior encharcamento em relação às outras áreas. O mesmo não ocorreu na fase de perfilhamento onde não se observou diferença significativa entre as glebas porque até aquele momento o solo ainda não estava encharcado nas glebas mais baixas (tabela 9).

Houve diferença altamente significativa para manganês entre as glebas nas duas profundidades e para áreas apenas na profundidade de 0-20 cm. As glebas B e M foram estatisticamente iguais entre si, mas diferentes da gleba A enquanto que as glebas M e A também não diferiram entre si para a profundidade de 0-20 cm. A área 3 apresentou o maior teor em relação às áreas 1 e 2 que foram estatisticamente iguais (tabela 7). Na profundidade de 20-40 cm na gleba B, o teor foi estatisticamente maior que nas glebas M e A (tabela 8). Apesar de a parte baixa apresentar os maiores teores no solo, o mesmo não foi observado nas plantas devido provavelmente a complexação do Mn pela M.O. diminuindo a disponibilidade do nutriente (van Raij, 1991; Malavolta, 1976). Segundo Fageria (1984) quando o solo é inundado, o oxido de manganês ($Mn^{+4}$) sofre um processo de redução e, em conseqüência, aumenta a concentração do nutriente na solução do solo. Sabe-se por observações de campo que a gleba Baixa e a área 3 (na sua área baixa e de maneira geral nas outras glebas da mesma área) estiveram mais encharcadas durante um período maior, isso pode ter contribuído para o Mn estar mais disponível devido o processo de redução do solo.

Não houve diferença significativa para os teores de zinco para as glebas nas duas profundidades amostradas, mas houve para as áreas. Nas duas profundidades a área 3 apresentou teores mais elevados que as áreas 1 e 2 (tabelas 7 e 8). Não se constatou deficiência de Zn na planta, mas se novas adições de calcário forem feitas poderá haver deficiência devido a elevação do pH, pois a solubilidade do Zn cai com aumento do pH do solo. Existe também uma interação com o Fósforo onde doses elevadas de podem induzir a deficiência de Zn (Barbosa Filho, 1987).

Houve diferença significativa quanto aos teores de matéria orgânica somente para as glebas na profundidade de 0-20 cm e para áreas na profundidade de 20-40 cm. A gleba B se igualou estatisticamente a gleba M e se diferenciou da gleba A. Porém as glebas M e A foram estatisticamente iguais (tabela 7). As áreas 2 e 3 apresentaram valores maiores que a área 1 (tabela 8). O acúmulo de M.O. na parte baixa se deve as condições de redução do solo devido a manutenção da umidade decorrentes das características físicas do solo e da topografia do relevo. O maior teor de M.O. na gleba B teve efeito sobre a CTC potencial (valor T) aumentando a capacidade de adsorção de nutrientes e também a maior CTC confere a M.O. um maior poder tampão do solo. O Nitrogênio representa 5% da M.O. sendo que 90 a 99 %

desse N encontra-se indisponível na forma orgânica. Apesar disso, os maiores teores nas plantas foram encontrados na gleba A onde o teor de M.O. foi menor. Uma das possíveis razões seria a imobilização do N pelos microrganismos ou a desnitrificação. A matéria orgânica não é um bom indicador da disponibilidade de nitrogênio em solos alagados ou encharcados, onde o crescimento das plantas é mais limitado pela deficiência de nitrogênio do que pelos outros nutrientes (Paula et al. 1990, citados por Assis, 2000).

**Tabela 7.** Atributos químicos de amostras de solo para as glebas Alta, Média e Baixa e Áreas 1, 2 e 3 na profundidade de 0-20 cm.

| Glebas | pH | | Ca | Mg | K | H+Al | Al | SB | T | t | V | m | P | Cu | Fe | Mn | Zn | M.O. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_2O$ | $CaCl_2$ | ----------cmol$_c$ kg$^{-1}$---------- | | | | | | | | % | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | | | g kg$^{-1}$ |
| A | 4,6 | 4,2 a | 0,8 | 0,5 | 0,05 b | 5,9 c | 1,7 c | 1,4 | 7,3 c | 3,1 c | 22,1 a | 54,8 c | 1,4 b | 0,22 c | 7,8 c | 0,8 b | 0,11 | 10,7 b |
| M | 4,5 | 4,1 b | 0,7 | 0,5 | 0,06 ab | 9,0 b | 2,4 b | 1,3 | 10,3 b | 3,7 b | 15,0 b | 63,5 b | 2,1 b | 0,59 a | 10,7 b | 1,2 ab | 0,18 | 11,3 ab |
| B | 4,5 | 4,0 b | 0,6 | 0,4 | 0,08 a | 12,0 a | 3,1 a | 1,1 | 13,1 a | 4,2 a | 9,2 b | 73,1 a | 3,9 a | 0,49 b | 14,2 a | 1,4 a | 0,16 | 14,5 a |
| F | ns | ** | ns | ns | * | ** | * | ns | ** | * | ** | * | ** | * | ** | ** | ns | * |
| Áreas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4,5b | 4,1 b | 0,9 | 0,4 | 0,07 ab | 8,9 b | 2,5 c | 1,4 | 10,3 b | 3,9 b | 16,5 a | 64,4 c | 2,6 | 0,52 | 10,2 b | 0,9 b | 0,12 b | 13,5 |
| 2 | 4,7 a | 4,2 a | 0,7 | 0,5 | 0,05 b | 5,5 c | 1,5 b | 1,2 | 6,7 c | 2,8 c | 20,4 a | 54,7 b | 2,3 | 0,21 | 6,9 c | 0,9 b | 0,10 b | 10,5 |
| 3 | 4,5 b | 4,0 c | 0,6 | 0,5 | 0,08 a | 12,5 a | 3,2 a | 1,2 | 13,7 a | 4,4 a | 9,4 b | 72,3 a | 2,5 | 0,57 | 15,5 a | 1,5 a | 0,23 a | 12,5 |
| F | * | ** | ns | ns | * | ** | * | ns | ** | ** | ** | * | ns | ns | ** | ** | ** | ns |
| CV % | 3,8 | 3,9 | 55,5 | 53,8 | 53,7 | 51,5 | 49,3 | 50,0 | 44,0 | 49,3 | 69,7 | 45,1 | 65,2 | 23,5 | 50,1 | 63,0 | 76,0 | 39,3 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 8.** Atributos químicos de amostras de solo para as glebas Alta, Média e Baixa e Áreas 1, 2 e 3 na profundidade de 20-40 cm.

| Glebas | pH | | Ca | Mg | K | H+Al | Al | SB | T | t | V | m | P | Cu | Fe | Mn | Zn | M.O. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_2O$ | $CaCl_2$ | ----------cmol$_c$ kg$^{-1}$---------- | | | | | | | | % | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | | | g kg$^{-1}$ |
| A | 4,3 | 4,0 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 9,0 b | 3,4 b | 0,3 | 9,3 b | 3,8 b | 4,9 | 89,3 | 0,6 b | 0,17 c | 8,7 | 0,4 b | 0,10 | 5,9 |
| M | 4,3 | 4,0 | 0,3 | 0,2 | 0,04 | 10,0 b | 3,4 b | 0,5 | 10,5 b | 3,9 b | 6,1 | 86,1 | 1,0 ab | 0,30 b | 11,6 | 0,6 b | 0,09 | 6,9 |
| B | 4,4 | 4,0 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 13,7 a | 4,2 a | 0,5 | 14,2 a | 4,8 a | 4,5 | 87,8 | 1,5 a | 0,35 a | 8,5 | 1,0 a | 0,10 | 7,4 |
| F | ns | ns | ns | ns | ns | ** | * | ns | ** | * | ns | ns | ** | ** | ns | ** | ns | ns |
| Áreas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4,2 b | 4,0 b | 0,2 b | 0,1 b | 0,04 b | 11,6 b | 4,2 a | 0,3 b | 11,9 b | 4,5 b | 2,7 b | 93,4 | 0,8 b | 0,24 b | 11,0 | 0,61 | 0,08 b | 4,5 b |
| 2 | 4,4 a | 4,2 a | 0,3 a | 0,2 a | 0,04 b | 5,9 c | 2,3 b | 0,5 a | 6,4 c | 2,9 c | 9,2 a | 80,5 | 1,4 a | 0,17 c | 8,9 | 0,76 | 0,08 b | 7,5 a |
| 3 | 4,4 a | 3,9 b | 0,2 b | 0,3 a | 0,05 a | 15,2 a | 4,5 a | 0,6 a | 15,8 a | 5,1 a | 3,5 b | 89,3 | 0,8 b | 0,41 a | 8,9 | 0,68 | 0,12 a | 8,1 a |
| F | ** | ** | * | ** | ** | ** | * | * | ** | ** | ** | * | ** | * | ns | ns | * | * |
| CV % | 2,7 | 2,4 | 86,0 | 80,0 | 28,0 | 47,9 | 45,7 | 73,5 | 46,0 | 51,0 | 99,1 | 42,6 | 79,2 | 51,6 | 47,0 | 69,8 | 53,7 | 49,3 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5.2 Estado nutricional do arroz na fase de perfilhamento

### 5.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea

Não houve diferença estatística significativa entre as glebas, mas houve para as áreas. A produção média de matéria seca da parte aérea nas três glebas na primeira coleta realizada no perfilhamento 30 dias após a emergência foi em média de 1548 kg $ha^{-1}$. A gleba A produziu uma matéria seca de 1668 kg $ha^{-1}$, a gleba B produziu uma matéria seca de 1641 kg $ha^{-1}$ e a gleba B produziu 1334 kg $ha^{-1}$ de matéria seca. A área 3 produziu 1794 kg $ha^{-1}$ de matéria seca, superior estatisticamente à área 1 com 1556 kg $ha^{-1}$ e área 2 com 1295 kg $ha^{-1}$(Tabela 9). García (2002) estudando a cultivar IAC 103 verificou uma produção de 1429 kg $ha^{-1}$ de matéria da parte aérea aos 41 dias após emergência. Segundo Fageria (1984), até 50 a 60 dias para a cultivar IAC 47 com ciclo de 130 a 135 dias, o incremento de matéria seca é pequeno, ocorrendo o maior incremento a partir da emissão de panícula.

### 5.2.2 Teores de macronutrientes na parte aérea

Houve diferença estatística significativa entre as glebas e áreas amostradas. Nas glebas A e M os teores de nitrogênio na parte aérea foram de 31,0 e 31,5 g $kg^{-1}$ respectivamente, teor considerado como adequado segundo Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6). Na gleba B o teor de N na parte aérea foi de 23,5 g $kg^{-1}$. Teor considerado adequado segundo Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6). As glebas A e M apresentando concentrações significativamente maiores que a gleba B. Teores semelhantes forma encontrados para as áreas. A área 2 apresentou o maior teor de N seguida pela área 1 que foi maior que a área 3 (tabela 9). Para um ativo perfilhamento é necessária uma concentração de N nas plantas acima de 35 g $kg^{-1}$, sendo que com 20 g $kg^{-1}$ o perfilhamento cessa, e abaixo de 15, os perfilhos morrem (Ishizuka e Tanaka, citados por Fageria, 1984).

Não houve diferença estatística significativa para teores de fósforo entre as glebas estudadas, mas houve para as áreas. A gleba M e a área 1 apresentaram as maiores concentrações. As áreas 1 e 2 forma estatisticamente iguais ente si e diferentes em relação a área 3 (Tabela 9). Em todas as glebas e áreas os teores de P na parte aérea estavam no limite entre a faixa crítica e deficiente (Fageria, 1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado (Malavolta, 1997) (Tabela 6).

Houve diferença estatística significativa para potássio entre as glebas amostradas, porém não houve para as áreas. A gleba B apresentou a maior concentração, mas sem diferença estatística para a gleba M (tabela 9). Nas glebas e áreas os teores de K na parte aérea encontraram-se na faixa adequada (Fageria, 1984) (Tabela 5) e teor adequado apenas para a gleba B (Malavolta, 1997) (Tabela 6).

**Tabela 9.** Teores de nutrientes e produção de matéria seca em plantas de arroz da 1° coleta realizada no período do perfilhamento (30 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.

| Glebas | Peso da MS kg ha$^{-1}$ | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ----------g kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | |
| A | 1668 | 31,0 a | 1,6 | 21,4 b | 2,4 a | 5,5 a | 5,6 a | 6,38 a | 156 | 352 | 23,67 |
| M | 1641 | 31,5 a | 1,6 | 22,1 ba | 2,3 ab | 4,8 b | 4,8 b | 6,85 a | 162 | 307 | 24,14 |
| B | 1334 | 23,5 b | 1,5 | 25,0 a | 1,9 b | 3,8 c | 2,8 c | 4,81 b | 185 | 345 | 24,11 |
| F | ns | ** | Ns | * | * | ** | ** | ** | ns | ns | ns |
| Áreas | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1556 ab | 30,7 b | 1,7 a | 23,1 | 2,5 a | 4,7 | 4,4 b | 6,49 a | 174 | 262 b | 24,30 |
| 2 | 1295 b | 34,8 a | 1,6 a | 22,5 | 2,6 a | 4,9 | 5,3 a | 6,77 a | 163 | 294 b | 21,80 |
| 3 | 1794 a | 20,6 c | 1,4 b | 22,9 | 1,6 b | 4,5 | 3,5 c | 4,80 b | 167 | 448 a | 25,84 |
| F | * | ** | * | ns | ** | ns | ** | ** | ns | * | ns |
| CV % | 31,4 | 27,9 | 12,3 | 17,7 | 33,0 | 21,5 | 38,9 | 32,5 | 24,9 | 59,5 | 26,1 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Contrariamente ao que foi encontrado no solo para as plantas houve diferença estatística significativa para teores de enxofre entre as glebas e áreas. As maiores concentrações foram encontradas na gleba A e na área 2. Nas glebas A e M, os teores de S na parte aérea (tabela 9) encontram-se dentro do limite considerado adequado (Fageria, 1984) (Tabela 5) e acima do adequado para (Malavolta, 1997) (Tabela 6). Na gleba B o teor de 1,9 g kg$^{-1}$ é considerado por (Fageria, 1984) (Tabela 5) como estando na faixa crítica e para (Malavolta, 1997) (Tabela 6) o teor é considerado adequado.

Houve diferença significativa para cálcio somente nas glebas. A gleba A apresentou diferença significativa para gleba M que também diferiu da gleba B. Em todas as glebas os teores de Ca na parte aérea (tabela 12) encontraram-se dentro do intervalo considerado adequado (Fageria, 1984) (Tabela 5), porém, estes teores referem-se ao período de emborrachamento. Segundo os limites estabelecidos por (Malavolta, 1997) (Tabela 6), os teores estão muito abaixo do considerado adequado.

Houve diferença significativa para teores de magnésio nas glebas e nas áreas (Tabela 9). Os teores de Mg na parte aérea nas glebas A e M encontraram-se em níveis tóxicos segundo (Fageria, 1984) (Tabela 5) e em nível adequado somente para a gleba B. Para (Malavolta, 1997) (Tabela 6), a gleba A encontrou-se com teor adequado, porém, nas glebas M e B encontraram-se em nível abaixo do adequado. A gleba A apresentou a maior concentração seguida pelas glebas M e B. Observou-se na área 2 o maior teor seguida pela área 1e 3.

Mendonça (2003) testando diferentes doses de Al em solução nutritiva com pH constante na cultivar Maravilha sensível ao mesmo verificou que o aumento na concentração de Al fez reduzir os teores de Mg>Ca>P>K na parte aérea.

### 5.2.3 Teores de micronutrientes

Assim como no solo (tabela 7) houve diferença significativa para teores de cobre nas glebas, mas não para as áreas. Os teores de Cu na parte aérea (tabela 12) encontraram-se em teores adequados para as gleba A e M e apresentou teor na faixa crítica para a gleba B (Fageria, 1984) (Tabela 5). Malavolta (1997) (Tabela 6) considera todos os teores nas glebas e nas como estando abaixo do adequado. A gleba M apresentou o maior valor seguido pelas glebas A e B.

Não houve diferença estatística significativa para ferro entre as glebas e áreas amostradas. De acordo com (Fageria, 1984) (Tabela 5) os teores de Fe na parte aérea apresentaram-se dentro da faixa adequada nas três glebas, enquanto que para Malavolta (1997) (Tabela 6) as três glebas encontraram-se com teores abaixo do adequado. As maiores concentrações em ordem decrescente foram encontradas nas glebas B, M e A e áreas 1,3 e 2. (Tabela 9).

Ao contrario do solo (tabela 7) não houve diferença estatística significativa para manganês entre as glebas, mas houve para as áreas. As maiores concentrações em ordem decrescente foram encontradas nas áreas 3, 1 e 2. Assim como no solo a área 3 apresentou maiores teores. A gleba A apresentou a maior concentração seguida pelas glebas B e M. (Tabela 9). Os teores de Mg na parte aérea nas três glebas encontraram-se na faixa adequada (Fageria, 1984) (Tabela 5) e acima do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6).

Não houve diferença estatística significativa para teores de Zinco entre as glebas e áreas. A gleba M apresentou a maior concentração seguida pelas glebas B e A. Para as áreas o

maior teor foi da área 3 seguida pelas áreas 1 e 2 (Tabela 9). Os teores de Zn na parte aérea nas três glebas encontraram-se na faixa adequada (Fageria, 1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6).

### 5.3 Estado nutricional do arroz na fase de emborrachamento

#### 5.3.1 Produção de matéria seca da parte aérea

A produção média de matéria seca da parte aérea nas três glebas na segunda coleta realizada no emborrachamento, 60 dias após a emergência, foi em média de 4384 kg $ha^{-1}$. A gleba A produziu uma matéria seca de 4455 kg $ha^{-1}$, a gleba M produziu uma matéria seca de 4742 kg $ha^{-1}$ e a gleba B produziu 3957 kg $ha^{-1}$ de matéria seca. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na gleba A foi de 1181 kg $ha^{-1}$, 2556 kg $ha^{-1}$ e 718 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 26,5 %, 57,4 % e 16,1 % da matéria seca da parte aérea, respectivamente. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na gleba M foi de 1184 kg $ha^{-1}$, 2768 kg $ha^{-1}$ e 790 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 24,9 %, 58,3 % e 16,64 % da matéria seca total, respectivamente. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na gleba B foi de 954 kg $ha^{-1}$, 2298 kg $ha^{-1}$ e 705 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 24,1 %, 58,1 % e 17,8 % da matéria seca total, respectivamente. A produção média de matéria seca da parte aérea nas áreas na segunda coleta realizada no emborrachamento 60 dias após a emergência foi em média de 4384 kg $ha^{-1}$. Não houve diferença estatística significativa entre as glebas para produção de matéria seca (tabela 10).

A área 1 produziu 4647 kg $ha^{-1}$ de matéria seca de, a área 2 produziu 4493 kg $ha^{-1}$ de matéria seca e a área 3 produziu 4013 kg $ha^{-1}$ de matéria seca. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na área 1 foi de 1178 kg $ha^{-1}$, 2713 kg $ha^{-1}$ e 757 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 25,3 %, 58,4 % e 16,3 % da matéria seca da parte aérea, respectivamente. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na área 2 foi de 1224 kg $ha^{-1}$, 2402 kg $ha^{-1}$ e 867 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 27,2 %, 53,5 % e 19,3 % da matéria seca total, respectivamente. A produção de matéria seca dos colmos, folhas e panículas na área 3 foi de 918 kg $ha^{-1}$, 2506 kg $ha^{-1}$ e 589 kg $ha^{-1}$ correspondendo a 22,9 %, 62,4 % e 14,7 % da matéria seca total, respectivamente. Houve diferença estatística significativa nas as áreas para matéria seca de colmos e panículas (tabela 10).

Resultados semelhantes foram encontrados por García (2002), que estudando a cultivar IAC 103 verificou produção de 4674 kg $ha^{-1}$ de matéria seca na parte aérea aos 69

dias após emergência. Mauad (2003) constatou que o aumento nas doses de nitrogênio aumentou a produção de matéria seca. Segundo Fageria (1984) o maior incremento da matéria seca esta relacionado principalmente com o aumento de perfilhos e índice de área foliar. Assis (2000) testando a omissão individual de macro e micronutrientes em relação ao tratamento completo verificou que N, P e K foram os nutrientes que mais causaram diminuição da matéria seca.

Houve diferença estatística significativa para número de panículas por $m^2$ nas áreas, porém o mesmo não acorreu para as glebas. O número médio de panículas nas três glebas foi de 184 panículas $m^{-2}$. O número de panículas nas glebas A, M e B foram respectivamente de 186, 189 e 178 panículas $m^{-2}$. O número de panículas nas áreas 1, 2 e 3 foram respectivamente de 206, 202 e 145 panículas $m^{-2}$ (tabela 10). O número de panículas por unidade de área varia em função da densidade de plantio e do perfilhamento que é influenciado por fatores como disponibilidade de N e P. Guimarães (2003) testando diferentes doses de nitrogênio verificou que com incremento na dose de N houve resposta quadrática com aumento no número de panículas por $m^2$.

**Tabela 10.** Características vegetativas de arroz referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.

| Glebas | Altura média dos perfilhos (cm) | N° de panículas por $m^{-2}$ | Peso da MS de colmo | Peso da MS das folhas | Peso da MS das panículas | Peso da MS Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ----------kg $ha^{-1}$---------- | | | |
| A | 98 a | 186 | 1181 | 2556 | 718 | 4455 |
| M | 93 a | 189 | 1184 | 2768 | 790 | 4742 |
| B | 83 b | 178 | 954 | 2298 | 705 | 3957 |
| F | ** | ns | ns | ns | ns | ns |
| Áreas | | | | | | |
| 1 | 89 b | 206 a | 1177 ab | 2713 | 757 ab | 4647 |
| 2 | 98 a | 202 a | 1224 a | 2402 | 867 a | 4493 |
| 3 | 87 b | 145 b | 918 b | 2506 | 589 b | 4013 |
| F | ** | ** | * | ns | * | ns |
| CV % | 12,1 | 28,5 | 32,8 | 26,4 | 36,6 | 26,4 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

García (2002) estudando a cultivar IAC 103 em condições experimentais verificou uma produção de 255 panículas $m^{-2}$. Assis (2000), testando a omissão de macro e micronutrientes,

verificou que a omissão de N e P causou drástica redução no perfilhamento. A omissão de Zn, mesmo não diferindo do tratamento completo, foi o micronutriente que mais reduziu o perfilhamento em um solo com 1,5 mg $dm^{-3}$ de Zn.

Houve diferença estatística significativa entre as glebas e áreas amostradas. A altura média dos perfilhos nas três glebas foi de 91,4 cm. A altura média nas glebas A, M e B foram respectivamente de 98, 93 e 83 cm A altura média nas áreas 1, 2 e 3 foram respectivamente de 89, 98 e 87 cm (tabela 10). Segundo Fageria (1984), existe uma correlação direta entre teores elevados N e crescimento da planta, porém teores muito elevados podem induzir o acamamento. A gleba B apresentou o menor teor de N com diferença estatística significativa e ao mesmo tempo produziu o menor número de panículas, menor altura média e menor matéria seca, o mesmo ocorreu na área 3. Provavelmente isto se deve a menor disponibilidade de N no solo devido às condições de redução gerado pelo encharcamento que se encontrava o solo da gleba B. A área 3 como um todo estava mais encharcada, isso pode ter contribuído para uma para a desnitrificação.

### 5.3.2 Teores de macronutrientes da parte aérea

Nas três glebas e nas três áreas houve diferença significativa para os teores de N nas folhas, colmos e panículas (tabelas 11, 12 e 13). Nas três glebas e áreas os teores N nas folhas, foram deficientes tanto para Fageria (1984) (Tabela 5) quanto para Malavolta (1997) (Tabela 6). Dentre as prováveis causas desta deficiência pode-se citar a pequena reserva de N no solo deixada pela pastagem e cultivo de arroz anteriores, ambos deixam restos culturais com baixa relação C/N e a não realização da adubação nitrogenada de cobertura. O solo nas glebas A e M apresentaram baixo teor de matéria orgânica e na gleba B as condições de redução do solo devido ao encharcamento parte do N na forma mineral pode ter sido perdido devido ao processo de desnitrificação. A área 3 foi a mais encharcada como um todo e que apresentou o menor teor a exemplo da gleba B. Porém, doses elevadas de N intensificam a severidade brusone (Santos *et al*., 1986). O N tende a se acumular mais nas folhas e panículas que nos colmos devido esse nutriente estar presente em aminoácidos formadores de proteínas presentes no aparato fotossintético das folhas e na proteína presente no grão.

Nas três glebas e áreas os teores de P nas folhas, foram deficientes tanto para Fageria (1984) (Tabela 5) quanto para Malavolta (1997) (Tabela 6). Na gleba B os teores de P nas folhas e colmos foram significativamente maiores que nas glebas A e M. Em condições de

redução ocorre aumento da disponibilidade de P. A área 3 foi a mais encharcada como um todo e que apresentou o maior teor a exemplo da gleba B. Houve diferença estatística significativa em todas as glebas e áreas para folhas, colmos e panículas com exceção para o teor de P nas folhas para as diferentes áreas (tabelas 11, 12 e 13).

Nas glebas e nas áreas os teores de K (tabela 11) nas folhas foram adequados segundo Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6). A gleba B apresentou a maior concentração seguida pelas glebas M e A, porém não houve diferença significativa nas glebas para os teores nas folhas, colmos e panículas. Nas áreas houve diferença estatística para folhas e colmos, com a área 3 apresentando o maior teor de K para as folhas e colmos (tabelas 11, 12 e 13). Ao contrario do N e P que se encontram em elevadas concentrações na panícula, com K o mesmo não ocorre confirmando que a exportação desse nutriente é menor que para N e P.

Nas glebas A e M os teores de S nas folhas estavam na faixa considerada crítica e na gleba B estava deficiente para Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado nas três glebas para Malavolta (1997) (Tabela 6). Houve diferença significativa entre a gleba B e as glebas A e M para folhas, colmos e panículas que apresentaram as maiores concentrações. A área 3 foi significativamente inferior as áreas 1 e 2 para folhas, colmos e panículas (tabelas 11, 12 e 13). Segundo (Ponnamperuma, 1972) a condição de redução causada pelo encharcamento leva o sulfato a ser reduzido a sulfeto o que pode ser a causa da deficiência maior na gleba B que nas glebas A e M e na área 3 (mais úmida) em relação às áreas 1 e 2.

Nas três glebas e áreas os teores de Ca nas folhas estavam na faixa considerada adequada para Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6). Houve diferença significativa entre as glebas para folhas colmos e panículas e entre as áreas para folhas e colmos, mas não houve para panículas (tabelas 11, 12 e 13).

Nas três glebas e áreas os teores de Mg encontrados nas folhas estavam adequados para Fageria (1984) (Tabela 5) e abaixo do adequado segundo Malavolta (1997) (Tabela 6). Houve diferença estatística significativa entre as glebas, sendo as glebas A e M apresentaram concentrações superiores à gleba B nas folhas colmos e panículas. Para as áreas houve diferença estatística para folhas, colmos e panículas. A área 2 apresentou o maior teor em relação as áreas 1 e 3 para folhas, colmos e panículas (tabelas 11, 12 e 13).

**Tabela 11.** Teores de nutrientes nas folhas de arroz nas folhas referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.

| Glebas | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | |
| A | 13,1 a | 1,1 b | 15,7 | 1,2 a | 3,8 a | 3,6 a | 4,82 a | 98 b | 302 | 21,24 |
| M | 12,5 a | 1,1 b | 15,8 | 1,1 a | 3,5 ab | 3,1 a | 4,80 a | 130 b | 219 | 23,85 |
| B | 9,4 b | 1,4 a | 16,5 | 0,8 b | 3,1 b | 2,0 b | 2,92 b | 246 a | 289 | 22,90 |
| F | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ns |
| Áreas | | | | | | | | | | |
| 1 | 11,77 a | 1,2 | 15,2 b | 1,2 a | 3,3 b | 2,6 b | 4,13 b | 216 a | 225 b | 20,94 b |
| 2 | 13,47 a | 1,2 | 15,3 b | 1,1 a | 3,7 a | 3,7 a | 5,11 a | 86 b | 229 a | 16,40 c |
| 3 | 9,84 b | 1,3 | 17,6 a | 0,8 b | 3,3 b | 2,5 b | 3,31 b | 171 ab | 357 a | 30,66 a |
| F | ** | ns | * | ** | * | ** | ** | * | * | ** |
| CV % | 26,6 | 21,5 | 15,0 | 36,6 | 17,6 | 37,0 | 38,1 | 102,0 | 65,6 | 33,0 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não existe um referencial para teor do nutriente no colmo e panícula, por isso não é possível comparar os teores encontrados com valores tabelados. Porém, é importante ressaltar que a distribuição dos nutrientes quanto ao seu teor diferencia-se nos compartimentos folha, colmo e panícula.

**5.3.3 Teores de micronutrientes**

Nas três glebas os teores de Cu encontrado nas folhas estavam na zona considerada deficiente e para as áreas somente a área 2 encontrava-se com teor adequado segundo Fageria (1984) (Tabela 5) enquanto que para Malavolta (1997) (Tabela 6), todas as glebas e áreas estavam deficientes. Houve diferença estatística significativa entre as glebas para folhas colmos e panículas. As glebas A e M apresentaram concentrações superiores à gleba B, nas folhas. Para as áreas houve diferença estatística significativa para folhas e panículas (tabelas 11, 12 e 13).

Nas três glebas e áreas os teores de Fe na folha estavam na zona considerada adequada para Fageria (1984) (Tabela 5). Para Malavolta (1997) somente a gleba B e a área 1 encontravam-se com teor adequado (Tabela 6). Houve diferença estatística significativa entre as glebas nas folhas e colmos. A gleba B apresentou concentração superior às glebas A e M. Para as áreas houve diferença significativa nas folhas e colmos (tabelas 11, 12 e 13).

**Tabela 12.** Teores de nutrientes nos colmos de arroz referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.

| Glebas | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | |
| A | 5,9 a | 1,2 b | 14,2 | 0,6 a | 0,4 a | 1,4 a | 6,16 a | 68 b | 115,74 | 37,83 b |
| M | 6,1 a | 1,2 b | 14,4 | 0,6 a | 0,4 a | 1,3 ab | 5,54 a | 87 b | 81,51 | 46,16 b |
| B | 4,3 b | 1,6 a | 15,4 | 0,4 b | 0,5 b | 1,2 b | 3,63 b | 143 a | 117,30 | 73,14 a |
| F | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** |
| Áreas | | | | | | | | | | |
| 1 | 5,7 a | 1,4 ab | 13,5 b | 0,6 a | 0,4 b | 1,2 b | 5,49 | 96 b | 92,14 | 37,58 b |
| 2 | 6,2 a | 1,2 b | 13,3 b | 0,6 ab | 0,4 b | 1,5 a | 5,44 | 49 c | 95,03 | 23,95 c |
| 3 | 4,5 b | 1,5 a | 17,2 a | 0,5 b | 0,5 a | 1,3 b | 4,41 | 153 a | 127,40 | 95,62 a |
| F | * | * | * | * | ** | ** | ns | ** | ns | ** |
| CV % | 33,2 | 31,8 | 20,5 | 28,3 | 18,1 | 20,1 | 45,3 | 64,7 | 57,5 | 70,7 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de Mn encontrados nas folhas para as glebas e áreas encontram-se na faixa adequada para Fageria (1984) (Tabela 5) e acima do adequado para Malavolta (1997) (Tabela 6). A gleba A apresentou o maior teor nas folhas seguidas pelas glebas B e M, porém não houve diferença estatística significativa para folha e colmo, mas houve para panícula onde a ordem de maior concentração foi em ordem decrescente: A, M e B. Para as áreas houve diferença estatística somente para as folhas, onde as áreas 3 e 2 apresentaram os maiores teores em relação à área 1 (tabelas 11, 12 e 13).

**Tabela 13.** Teores de nutrientes nas panículas de arroz referente a 2° coleta realizada no emborrachamento (60 dias após emergência) para as glebas alta, média e baixa e áreas 1, 2 e 3.

| Glebas | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------g kg$^{-1}$---------- | | | | | | ----------mg kg$^{-1}$---------- | | | |
| A | 12,3 a | 1,8 ab | 6,8 | 0,8 a | 1,2 a | 16 a | 4,91 a | 56,33 | 146,28 a | 44,56 |
| M | 12,5 a | 2,0 a | 6,7 | 0,8 a | 1,1 ab | 1,5 a | 4,64 ab | 63,24 | 104,23 b | 46,36 |
| B | 11,4 b | 1,6 b | 6,7 | 0,6 b | 1,0 b | 1,4 b | 3,83 b | 54,55 | 92,71 b | 45,98 |
| F | ** | ** | ns | ** | * | ** | * | ns | ** | ns |
| Áreas | | | | | | | | | | |
| 1 | 12,2 a | 1,7 b | 6,8 | 0,8 a | 1,0 | 1,4 b | 5,00 a | 60,33 | 113,03 | 44,77 b |
| 2 | 13,0 a | 1,9 ab | 6,6 | 0,8 a | 1,1 | 1,6 a | 4,81 a | 63,57 | 108,39 | 38,69 c |
| 3 | 11,1 b | 2,0 a | 6,8 | 0,6 b | 1,1 | 1,5 ab | 3,58 b | 50,24 | 121,82 | 53,45 a |
| F | ** | * | ns | ** | ns | * | ** | ns | ns | ** |
| CV % | 11,9 | 13,1 | 17,8 | 29,4 | 17,8 | 12,6 | 29,4 | 31,9 | 44,3 | 17,4 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nas três glebas e nas áreas 1 e 3 os teores de Zn nas folhas estavam na zona considerada adequada, porém na faixa critica para a área 2, segundo Fageria (1984) (Tabela 5). Para Malavolta (1997) os teores estavam abaixo do adequado para as três glebas e para as áreas 1 e 2. Somente a área 3 estava adequado para Malavolta. Não houve diferença estatística significativa entre as glebas para folhas e panícula, mas houve para colmo. Para as áreas houve diferença altamente significativa para folhas, colmos e panículas (tabelas 11, 12 e 13).

A proposta de Fageria (1984) (Tabela 5) provavelmente seria mais adequada a realidade local, pois foi concebida em um ambiente (Cerrado) mais próximo ao ambiente do estudo em questão.

**5.4 Extração de nutrientes**

O acúmulo médio de nutrientes aos 30 dias após a emergência para as glebas A, M e B e/ou áreas 1, 2 e 3 segue a seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>S>P>Mn>Fe>Zn>Cu e para 60 dias após a emergência o acúmulo médio nas glebas e/ou áreas seguiu a seguinte ordem decrescente: K>N>Mg>Ca>S>P>Mn>Fe>Zn>Cu. Nos dois casos a ordem foi semelhante com exceção do P e do Mg que foram extraídos em maiores quantidades aos 60 dias após a emergência (tabela 14). Esta ordem diferiu de Fageria (1999) e Barbosa Filho (1987) principalmente quanto ao P e Mn.

O N foi o nutriente que teve o menor acréscimo na extração entre os 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo médio de apenas 4% na extração confirma os resultados de teores considerados adequados para Fageria (1984) aos 30 dias após a emergência e deficientes aos 60 dias após emergência. García (2002) encontrou acréscimo de 99 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3). A maior extração foi encontrada na gleba M para 30 e 60 dias após a emergência. Na área 3 observou-se redução no acúmulo de N entre 30 e 60 dias, que pode estar ligada a considerável incidência de percevejos (observações de campo). Baixos níveis de N no solo e a não realização de adubação nitrogenada de cobertura podem ser considerados como as principais causas da deficiência (tabela 14).

O P teve um acréscimo médio de 142 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. A gleba M apresentou a maior extração tanto aos 30 quanto aos 60 dias após a emergência, mas a maior diferença no acúmulo de P foi na gleba B com acréscimo de 183 % entre 30 e 60 dias. Para as áreas a maior diferença percentual de acúmulo de P ocorreu na área

3 com acréscimo de 82,5 % (tabela 14). García (2002) encontrou acréscimo de 270 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3).

O K teve um acréscimo médio de 75,6 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 77 %, 77 % e 72,4 %. A maior extração foi encontrada na gleba M para 30 e 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 70,7 %, 98,6 % e 62,8 %. A maior extração foi encontrada na área 3 para 30 e 60 dias após a emergência (tabela 18). García (2002) encontrou acréscimo de 165 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3).

O S teve um acréscimo médio de 17,6 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 18,1 %, 26,6 % e 5,2 %. A maior extração foi encontrada na gleba A para 30 e gleba M para 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 22,2 %, 23,2 % e 4,1 % (tabela 14). García (2002) encontrou acréscimo de 84 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3).

O acréscimo médio para o Ca foi de 36,5 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 20,9 %, 36 % e 65,6%. A gleba B teve o maior acréscimo na extração, mas as menores extrações entre 30 e 60 dias após a emergência. A maior extração foi encontrada na gleba A para 30 e 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 39,5 %, 66,1 % e 10,9 % (tabela 14). García (2002) encontrou acréscimo de 81 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3).

O Mg teve um acréscimo médio de 49 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 32,6 %, 50,7 % e 86,2 %. A gleba B teve o maior acréscimo na extração, mas as menores taxas de extração para 30 e 60 dias após a emergência. A maior extração foi encontrada na gleba A para 30 e 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 39,6 %, 77,0 % e 29,1 % (tabela 14). García (2002) encontrou acréscimo de 235 % entre 41 e 69 dias após emergência (tabela 3).

**Tabela 14.** Matéria seca da parte aérea e extração de nutrientes aos 30 e 60 dias após emergência para as glebas Alta, Média e Baixa e áreas 1, 2 e 3 (valores estimados).

| | MS | Extração de nutrientes | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Glebas | (kg ha$^{-1}$) | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn |
| 30 dias | | ----------kg ha$^{-1}$---------- | | | | | | ----------g ha$^{-1}$---------- | | | |
| A | 1668 | 49,6 | 2,6 | 35,1 | 3,85 | 9,1 | 9,2 | 10,38 | 260,38 | 662,28 | 40,45 |
| M | 1641 | 50,0 | 2,6 | 37,0 | 3,7 | 7,8 | 7,6 | 10,9 | 266,6 | 526,84 | 40,50 |
| B | 1334 | 32,0 | 2,1 | 33,1 | 2,5 | 5,0 | 3,7 | 6,63 | 237,50 | 420,82 | 30,78 |
| 60 dias | | | | | | | | | | | |
| A | 4454 | 49,3 | 5,7 | 62,2 | 4,4 | 11,1 | 12,0 | 23,26 | 370,75 | 1031,34 | 130,25 |
| M | 4741 | 53,3 | 6,0 | 65,5 | 4,6 | 10,6 | 11,4 | 23,93 | 494,79 | 758,15 | 147,32 |
| B | 3957 | 34,2 | 5,8 | 57,2 | 2,6 | 8,4 | 6,9 | 12,67 | 755,28 | 831,73 | 148,00 |
| Áreas | | | | | | | | | | | |
| 30 dias | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1556 | 47,7 | 2,6 | 36,6 | 3,9 | 7,3 | 7,0 | 10,27 | 264,80 | 416,27 | 38,48 |
| 2 | 1295 | 46,0 | 2,1 | 29,4 | 3,4 | 6,4 | 7,0 | 8,94 | 204,78 | 369,27 | 28,50 |
| 3 | 1794 | 37,9 | 2,6 | 39,3 | 2,7 | 8,3 | 6,4 | 8,78 | 294,98 | 824,42 | 44,76 |
| 60 dias | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4646 | 48,7 | 6,0 | 62,5 | 4,7 | 10,2 | 9,7 | 22,25 | 702,59 | 840,76 | 134,25 |
| 2 | 4493 | 52,8 | 5,9 | 58,4 | 4,2 | 10,7 | 12,4 | 23,30 | 323,75 | 735,37 | 100,59 |
| 3 | 4014 | 35,4 | 5,6 | 64,0 | 2,8 | 9,2 | 8,3 | 14,33 | 594,49 | 1045,11 | 190,74 |

O Cu teve acréscimo médio de 114 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 124,1 %, 119,5 % e 91,1 %. Os maiores acréscimos percentuais coincidiram com as maiores taxas absolutas de extração, para as glebas. A maior extração foi encontrada na gleba M para 30 e 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 116,6 %, 160,6 % e 63,2 % (tabela 14).

O Fe teve acréscimo médio de 112 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 42,4 %, 83,6 % e 218 %. Os maiores acréscimos percentuais coincidiram com as maiores taxas absolutas de extração, com destaque a gleba B. Provavelmente pelas condições de redução do solo que aumentaram a disponibilidade do Fe na solução do solo aos 60 dias época que já havia acumulado grandes quantidades de água no solo devido ao período chuvoso, enquanto que aos 30 dias a gleba A teve a maior extração. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 165,3 %, 99,1 % e 101,5 % (tabela 14).

O Mn teve acréscimo médio de 62,8 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 55,7 %, 43,9 % e 97,6 %. Os maiores acréscimos percentuais coincidiram com as maiores taxas absolutas de extração. A maior extração foi encontrada na gleba A para 30 e 60 dias

após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 102,0 %, 99,1 % e 26,7 % (tabela 14).

O Zn teve acréscimo médio de 281 % na extração entre 30 e 60 dias após a emergência. O acréscimo para as glebas A, M e B para 30 e 60 dias foram respectivamente de 222 %, 263,7 % e 380,8 %. Os maiores acréscimos percentuais coincidiram com as maiores taxas absolutas de extração. A maior extração foi encontrada na gleba M para 30 e na gleba B para 60 dias após a emergência. Para as áreas 1, 2 e 3 os acréscimos foram respectivamente de 249,0 %, 252,9 % e 326,1 % (tabela 14).

**5.5 Produtividade alcançada**

A produtividade média das três glebas ou das três áreas foi de 2520 kg $ha^{-1}$. Não houve diferença estatística significativa para produtividade para as glebas amostradas. A produtividade média para as glebas A, M e B foram respectivamente de 2591, 2390, 2578 kg $ha^{-1}$. Para as áreas houve diferença estatística altamente significativa. A produtividade média para as áreas 1, 2 e 3 foram respectivamente de 2997, 2890, 1671 kg $ha^{-1}$. A área 3 (Fazenda Cazarin) produziu 43 % a menos que na média das áreas 1 e 2 ( Fazenda Triângulo) (tabela 15). A principal causa da baixa produtividade foi provavelmente a baixa fertilidade do solo nas três áreas amostradas. A saturação por bases ficou em média em 15 % e a área 3 apresentou menor saturação por bases e a (9 %) (tabela 7) e a menor produtividade. Na área 3 (Fazenda Cazarin), a baixa produtividade também pode ter sido causada pela não realização de tratamento fitossanitário para controle de percevejos que causaram considerável esterilidade das espiguetas. Mesmo sem tratamento contra a brusone a área 3 apresentou incidência menor que nas áreas 1 e 2 com tratamento contra a brusone. Na fazenda Triângulo houve maior controle da brusone e insetos, mas a incidência de plantas invasoras foi elevada contribuindo para a diminuição da produtividade (observações de campo). A pouca disponibilidade de capital e o baixo preço do arroz no mercado desestimularam os produtores a investirem em um melhor manejo com objetivo de alcançarem melhores produtividade e qualidade do produto.

**Tabela 15.** Produtividade de grãos alcançada nas glebas Alta, Média e Baixa e áreas 1, 2 e 3, 85 dias após emergência.

| Glebas | Produtividade (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| A | 2591 |
| M | 2390 |
| B | 2578 |
| F | ns |
| Áreas | |
| 1 | 2997 a |
| 2 | 2890 a |
| 3 | 1671 b |
| F | ** |
| CV % | 37,5 |

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ns: não significativo. Médias com letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 6. Conclusões

1. A baixa saturação por bases (V%) e a elevada saturação por Al (m%) ainda não atingiram o nível mínimo para as exigências nutricionais da cultura do arroz;

2. No estádio do perfilhamento foi observada deficiência moderada apenas para N e P. No estádio do emborrachamento observou-se deficiência principalmente de N, P, S e Cu;

3. A deficiência principalmente de N e P, tiveram grande influência na produção de matéria seca da parte aérea, altura das plantas, perfilhamento e conseqüentemente na produtividade;

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Almeida, Paulo N. A. Fontes de crescimento e sistema produtivo da orizicultura no Mato Grosso. ESALQ/USP. Piracicaba, 2003. 231p.:il.

Arens, K. 1959. Vegetação. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20. Porto Velho, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 1978. p. 425-433. (As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos).

Assis, M. R. Limitações nutricionais para a cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação. i. crescimento. Ciênc. agrotec., Lavras, v.24, n.1, p.87-95, jan./mar., 2000.

Barbosa Filho, M. P.1987. Nutrição e adubação do arroz: (sequeiro e irrigado)/ Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 129p.: il. (Boletim Técnico, 9).

Barreto, J.F. et al. Recomendações Técnicas para o Cultivo do Arroz no Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 12p. (Comunicado Técnico 12).

Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM BRASIL. Folha SB.20 Purus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 566p.

Braun, E.H. Gross & J.R. de Andrade Ramos. 1959. Estudo agroecológico dos campos Puciari-Humaitá--Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia. *Revista Brasileira de Geografia* 21(4): 443-497.

Bellote, A. F. J.; Silva, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantas de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização. Piracicaba: IPEF, 2000. p.106-133.

Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C, and A, ed. Methods of soil analysis. Part. 2. Madison. America Society of Agronomy, P.1179-1237.

Breseghello, Flávio. Tecnologia para arroz de terras altas / editado por Flávio Breseghello, Luis Fernando Stone – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p. : il.

Carvalho, A.M. Caracterização física, química e mineralógica de solos do município de Humaitá-AM. Botucatu: Unesp. 1986. Tese Livre Docência.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Safras. http://www.conab.gov.br/download/indicadores/ (out/2004).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de Métodos de Análise do solo*. Rio de Janeiro. não paginado. 1979.

EMBRAPA. Secretaria de estudos estratégicos (SAE). Estudo da viabilidade agrícola de cerrados do Amazonas. Brasília, 1979. 91p. (EMBRAPA/BNDES. Relatório Técnico)

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.

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. 370p. 1999.

EMBRAPA Solos. Projeto de gestão ambiental integrada do estado do Amazonas-levantamento pedológico, aptidão agrícola da terras, susceptibilidade a erosão, uso atual e avaliação do agroclima. PGAI-AM-Relatório Técnico (Versão Preliminar). EMBRAPA Solos/IPAAM. Rio de Janeiro, 2000.

Fageria, N. K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro: Campus; Embrapa, 1984.

Fageria, N. K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em Latossolo Vermelho-Escuro do Brasil Central. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, p.63-67, 1991.

Fageria, N. K. Adubação e calagem. In: Vieira, N.R. de A.; Santos, A.B.dos; Sant'Ana, E.P. (eds.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.329-353.

Fageria, N. K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília , vol.35, no.10, p.2115-2120. out. 2000.

Fageria, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.11, p.2303-2307, nov. 2000.

FAO. Faostat. http://apps.fao.org

Farinelli, R.; Penariol, F. G.; Fornasieri Filho, D. & Bordin, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. R. Bras. Ci. Solo, 28:447-454, 2004.

Ferreira, C.M.;Yokoyama, L.P. Cadeia produtiva do arroz na região Centro-Oeste. Brasília: Embrapa Produção de Informação,1999. 110p.

Fvg/Isae. Projeto Potencialidades regionais, Estudo de viabilidade econômica, Manaus, SUFRAMA, 1998. 182 p.

García, A. G. Modelos para área foliar, fitomassa e extração de nutrientes na cultura do arroz. Piracicaba, 2002. Tese (Doutorado) – Esalq 90 p.

Gomes, F.P. 1979. Curso de Estatística Experimental, 8a ed. São Paulo. ESALQ/USP. Editora Nobel, 430p.

Goodland, R.J.A. 1971. Vegetação. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20. Porto Velho, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 1978. p. 425-433. (As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos).

Guimarães C. M. & Stone L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.210-214, 2003.

International Rice Research Institute. Rice facts. Philippines, 1994. 62p.

Lanna, A. C.; Ferreira, C. M.; Barrigossi, J. A. F. Impacto Ambiental e Econômico da Cultura de Arroz de Terras Altas: Caso da Cultivar BRS Primavera. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico. 2003.

Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

Martins, Gilvan C. Matas e campos naturais da Região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos e implicações para uso e manejo. Lavras: UFLA, 2001. 65 p.

Mauad, M. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. R. Bras. Ci. Solo, 27:867-873, 2003.

Mendonça, R. J. Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n. 7, p. 843-848, jul. 2003.

Moraes, J.F.V.; Freire, C.J. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos à inundação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 9, n.9, p. 35-43, 1974.

Pinheiro, B. da S. Características morfológicas da planta relacionada à produtividade. In: Vieira, N.R. de A.; Santos, A.B.dos; Sant'Ana, E.P. (eds.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.116-147.

Ponnamperuma, F. N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, New York, v.24, p.29-96, 1972.

Oliveira, J.B.; Jacomine, P.K.T. & Camargo, M.N. 1992. Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. UNESP, 2º ed. Jaboticabal, FUNEP. SP.

Raij, B. Van.; Cantarela, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. 285p.

Raij, B. Van. Fertilidade do Solo e Adubação. PIRACICAB: CERES, POTAFOS,1991. 343P.

Ramalho, A.R; Ricci, M.; Castilla, C.; Rodrigues, A.N.A.; Grave, A. Prognostico e recomendações agronômicas sobre o uso dos campos de Puciari-Humaitá (AM) para a produção de grãos alimentares. Porto Velho: EMBRAPA-CNAF Rondônia, 1994. 13p.

Resende, M.; Curi, N.; Resende, S.B.; Corrêa, G.F. Pedologia – base para distinção de ambientes.Viçosa, NEPUT, 1997. 367p.

Roscoe, R. Seqüestro de carbono em solo: possibilidades de obtenção de crédito de carbono. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7 Sorriso, 04 a 06 junho de 2003. Anais... Sorriso, Ed. UFMT, 2003. p. 107-112.

Sanchez, P.A.; Cochrane, T.T. 1980. Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America. International Rice Research Institute, Los Banos. p.106-139.

Santos, A.B. dos; Prabhu, A.S.; Aquino, A.R.L. de; Carvalho, J.R.P. de. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.21, n.7, p.697-707, 1986.

Sarruge, J.R. & Haag, H.P. 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Química, 56p.

Steinmetz, S.; Reyniers, F.N.; Forest, N. Caracterização do regime pluviométrico e o balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil: síntese e apresentação dos resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1988. 66p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 23).

Vieira, N R. Almeida. A cultura do arroz no Brasil. – Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 633 p : il.

Yoshida, S. Fundamentals of rice crop science. Los baños: IRRI, 1981. 269 p.

**Anexo**

Figura 3. Perfil típico do solo no local estudado.

Figura 4. Gleba A (ao fundo gleba B).

Figura 5. Semeadura do arroz.

Figura 6. Primeira coleta de amostra foliar.

Figura 7. Início da fase reprodutiva (emborrachamento).

Figura 8. Período da colheita.