

# unesp



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**Pós-graduação em Agronomia**

**PREPARO DO SOLO, MANEJO DE ÁGUA E  
NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ DE  
TERRAS ALTAS**

**FERNANDO TAKAYUKI NAKAYAMA**

**Ilha Solteira - SP**

1210001618



unesp

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**PREPARO DO SOLO, MANEJO DE ÁGUA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO  
ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**FERNANDO TAKAYUKI NAKAYAMA**

Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Orivaldo Arf

- Orientador -

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia da UNESP - Campus de Ilha  
Solteira, para a obtenção do título de Mestre  
em Agronomia – Área de Concentração :  
Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA – SP

JULHO – 2005



FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP-Ilha Solteira

Nakayama, Fernando Takayuki  
N163p      Preparo do solo, manejo de água e nitrogênio em cobertura no arroz de terras altas / Fernando Takayuki Nakayama. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2005  
82 p.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração: Sistemas de Produção, 2005  
Orientador: Orivaldo Arf  
Bibliografia: p. 70-82  
1. Arroz - Irrigação. 2. Solos - Manejo. 3. Nitrogênio.

50103008

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** PREPARO DO SOLO, MANEJO DE ÁGUA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ DE TERRAS ALTAS

**AUTOR:** FERNANDO TAKAYUKI NAKAYAMA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA, TECNOLOGIA DE ALIMENTOS E SÓCIO-ECONOMIA - FE  
- UNESP - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA/SP

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES

DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE, ENGENHARIA RURAL E SOLOS - FE - UNESP -  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA/SP

Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL, UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE  
CASSILÂNDIA, CASSILÂNDIA/MS

Data da realização: 29 de julho de 2005.

*[Assinatura]*

Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. ORIVALDO ARF

*Proc. 055/05 - NPD 149*

| UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"            |                 |
|----------------------------------------------|-----------------|
| SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO |                 |
| DATA DE CHEGADA                              | DATA DE TOMBO   |
| <i>28.09.05</i>                              | <i>30.09.05</i> |
| REGISTRADO POR                               | TOMBO           |
| <i>Ailza</i>                                 | <i>Te. 1618</i> |
| AQUISIÇÃO                                    | CLASSIFICAÇÃO   |
| <i>Doação<br/>Autor<br/>R\$ 10,00</i>        | <i>N163p</i>    |



*247 328702*  
*247 59019*

*AOS MEUS PAIS*

*LUCI E HAROLDO, ALICERCE DE MINHA FORMAÇÃO,*

**OFEREÇO**

*AO MEU FILHO, EDUARDO TAKAYOSHI,*

*MEU ESTÍMULO DE VIDA E FELICIDADE*

*E A QUERIDA ESPOSA E COMPANHEIRA BÁRBARA*

*AMIGA DE TODAS AS HORAS, PELO APOIO,*

*AMOR E COMPREENSÃO,*

**DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus por me iluminar estar sempre presente em minha vida guiando meus passos e fazendo de mim uma pessoa segura.
- A minha querida família, Bárbara e Eduardo pelo apoio incondicional e estímulo.
- A meus pais por terem essa essência de pessoas formadas da simplicidade, pelo amor incondicional, pelo incentivo constante, pelo apoio nas horas difíceis e pela família maravilhosa que temos.
- Ao professor e orientador Orivaldo Arf, estimado e dedicado, exemplo de profissional, pela amizade, pelos valiosos ensinamentos da vida profissional e pessoal e pelo suporte para realização deste trabalho.
- Aos meus familiares, Ota e Nakayama pela orientação de vida.
- A Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.
- Ao amigo e professor Enes Furlani Junior, pela amizade e orientação.
- Aos membros da banca examinadora da defesa deste trabalho Rogério Peres Soratto e Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues.
- Aos amigos da Apta Regional, Edison, Francisco, José Carlos, Jailson, Sérgio, Acyr, Paulo, Marcelo, Eliane, Vilma, Ana e estagiários pelo apoio durante o período da defesa.
- Aos colegas do Departamento de Fitotecnia, em especial aos graduandos e colegas de jornada Karina, Washington e Fonseca pelo apoio, coleguismo e essencial contribuição para a finalização deste trabalho.
- A funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unesp, pelo apoio na instalação e condução do experimento.



- Aos amigos da pós-graduação Marquinho, Bieno, Chapadão, Cid, Tafarel, Márcio e Rienni e a todos que proporcionaram bons momentos de amizade e parceirismo.
- Ao Sr. João Josué, bibliotecário e amigo, pelo apoio na normatização.
- A todos os docentes desta Universidade em especial à Prof. Marlene, Lazarini, Marco e ao Tutcho (espanha) que trouxeram pouco de si para dentro das salas de aula e nos proporcionaram momentos que jamais serão esquecidos.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação neste período.

# **PREPARO DO SOLO, MANEJO DE ÁGUA E NITROGÊNIO EM COBERTURA NO ARROZ DE TERRAS ALTAS.**

Autor: Fernando Takayuki Nakayama

Orientador: Orivaldo Arf

## **RESUMO**

A utilização da irrigação por aspersão para arroz é prática relativamente recente no Brasil e o manejo da água, solo e adubação nitrogenada não estão bem definidos, necessitando de informações para adequada condução da cultura. Assim, propôs-se avaliar o comportamento do arroz de terras altas irrigado por aspersão em função do preparo do solo, manejo de água e adubação nitrogenada em cobertura quanto à produtividade, qualidade de grãos e atributos físicos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados disposto em esquema fatorial 3x3x6, totalizando 54 tratamentos e 4 repetições. Combinou-se três sistemas de preparo do solo (grade aradora + niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto), três manejos de água (sem irrigação, irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e irrigação em todas as fases) e cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup>) e para atributos físicos o utilizou-se blocos ao acaso disposto em um esquema fatorial 3x3, combinando preparo do solo e manejos de água totalizando 9 tratamentos. O trabalho foi conduzido na safra 2003/04, em Selvíria-MS, em solo originalmente sob vegetação de cerrado. Foi implantado o milheto (*Pennisetum americanum*) para produção de cobertura morta. Durante o período de desenvolvimento foram realizadas as

seguintes avaliações: número de dias para emergência e florescimento, teor de nitrogênio nas folhas, altura de plantas, grau de acamamento, número de panículas  $m^{-2}$ , número de grãos cheios, chochos e total por panícula, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, massa hectolétrica, componentes do rendimento de engenho e atributos físicos do solo. Concluiu-se que o preparo do solo com escarificador propicia maior produtividade em relação a grade aradora ou plantio direto, o fornecimento de água durante todo o ciclo ou nas fases reprodutivas e de maturação propiciam produtividades superiores ao cultivo de sequeiro e a adubação nitrogenada em cobertura não interfere na produtividade e rendimento industrial.

**Palavras-chave:** 1. Arroz - irrigação. 2. Solo – manejo. 3. Nitrogênio.



## SOIL AND WATER MANAGEMENT AND SIDEDRESSING NITROGEN IN RICE OF HIGH LAND

### ABSTRACT :

The sprinkle irrigation use for rice is relatively recent in Brazil and management of water, soil and sidedressing nitrogen fertilization are not very defined, needing information for appropriate conduct of rice crop. So, the objective of this research was to evaluate the performance of high land rice cropped under sprinkle irrigation in function soil and water management and sidedressing nitrogen fertilization to productivity and quality of grains. The experimental design was blocks randomized disposed in a factorial scheme 3x3x6, totalizing 54 treatments and 4 repetitions combining three modalities of soil tillage (disc harrow+disk plowing, chisel plow+disc plowing and no tillage), three water management (without irrigation, irrigation in the reproductive and of maturation stage and irrigation in all stages) and five levels of sidedressing nitrogen fertilization (0, 25, 50, 75, 100 and 125kg ha<sup>-1</sup>) and for physical characteristics was blocks randomized disposed in a factorial scheme 3x3, combining soil tillage and water management totalizing 9 treatments. During crop season in 2003/04, in Selvíria-MS, in soil originally under cerrado vegetation. Millet (*Pennisetum americanum*) was implanted for dead layer production. During the development period the following evaluations will be performed: days from sowing to seedling emergence and flowering, leaf nitrogen levels, plant height, laid-down plant, number of panicles per square meter, number of full grain, number of empty grain and total grain for panicle, mass of hundred grain, grain yield, hectolitic mass, hulling yield and soil physics properties. The soil management with chisel plow propitiates higher productivity in relation to disc harrow or no



## LISTA DE TABELAS

tillage, the supply of water during the total cycle or in the reproductive and maturation stages propitiate superior productivities and the sidedressing nitrogen fertilization does not interfere in the productivity and industrial quality.

**Key-words:** 1. Rice – sprinkler irrigation. 2. Soil – management. 3. Nitrogen.



## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Características químicas do solo na camada de 0 – 0,20m do local da experimentação.....                                                         | 30 |
| 2. Distribuição dos coeficientes da cultura ( $K_c$ ) durante as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas. Selvíria 03/04..... | 34 |
| 3. Número médio de dias transcorridos entre a emergência e a floração e ciclo do arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2003/04.....                | 41 |
| 4. Lâmina de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão durante o ciclo do arroz.....                                       | 42 |
| 5. Valores médios de macroporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.....                       | 44 |
| 6. Valores médios de microporosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.....                       | 46 |
| 7. Valores médios de porosidade ( $m^3 m^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.....                            | 48 |
| 8. Valores médios de densidade ( $kg dm^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.....                             | 50 |
| 9. Valores médios de resistência à penetração do solo, obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.....                      | 53 |
| 10. Valores médios de altura de plantas, obtido em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.....                        | 55 |



|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente à altura de plantas. 2003/04.....                                                  | 56 |
| 12. Valores médios de teor de N nas folhas e número de panícula por m <sup>2</sup> obtido em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04..... | 57 |
| 13. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente ao teor de N nas folhas. 2003/04.....                                              | 58 |
| 14. Valores médios do número de grãos totais, granados e chochos obtidos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.....                  | 60 |
| 15. Valores médios de massa de cem grãos, massa hectolétrica e produtividade obtida em arroz de terras alta irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.....        | 63 |
| 16. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos. 2003/04.....                                                 | 64 |
| 17. Valores médios de rendimento de engenho obtidos em arroz de terras altas irrigados por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.....                                      | 67 |
| 18. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente à grãos quebrados. 2003/04.....                                                    | 68 |

## FIGURA

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Figura. Gráfico geral de precipitação, temperatura média, máxima e mínima durante o período de avaliação..... | 42 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|



## SUMÁRIO

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                           | 15 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....                | 17 |
| 2.1. Irrigação.....                          | 17 |
| 2.2. Preparo do solo.....                    | 20 |
| 2.3. Adubação Nitrogenada.....               | 26 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....                   | 29 |
| 3.1. Local, clima e solo.....                | 29 |
| 3.2. Período de execução.....                | 30 |
| 3.3. Cultivar.....                           | 30 |
| 3.4. Delineamento experimental.....          | 31 |
| 3.5. Preparo do solo.....                    | 31 |
| 3.5.1. Plantio direto.....                   | 31 |
| 3.5.2. Grade aradora + grade niveladora..... | 32 |
| 3.5.3. Escarificador + grade niveladora..... | 32 |
| 3.6. Semeadura.....                          | 32 |
| 3.7. Adubação na semeadura.....              | 32 |
| 3.8. Adubação em cobertura.....              | 33 |
| 3.9. Manejo de água.....                     | 33 |
| 3.10. Controle de plantas daninhas.....      | 34 |
| 3.11. Variáveis avaliadas.....               | 35 |
| 3.11.1. Emergência das plântulas.....        | 35 |



|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.11.2. Floração.....                                                  | 35        |
| 3.11.3. Ciclo.....                                                     | 35        |
| 3.11.4. Propriedades físicas do solo .....                             | 35        |
| a) Macroporosidade, microporosidade, densidade e porosidade total..... | 35        |
| b) Resistência à penetração.....                                       | 36        |
| 3.11.5. Altura de plantas (cm).....                                    | 36        |
| 3.11.6. Teor de N nas folhas.....                                      | 36        |
| 3.11.7. Grau de acamamento.....                                        | 37        |
| 3.11.8. Número de panículas por metro quadrado.....                    | 37        |
| 3.11.9. Número total de grãos por panícula.....                        | 37        |
| 3.11.10. Número de grãos granados e chochos por panícula.....          | 37        |
| 3.11.11. Massa de 100 grãos.....                                       | 37        |
| 3.11.12. Produtividade de grãos.....                                   | 38        |
| 3.11.13. Massa hectolétrica.....                                       | 38        |
| 3.11.14. Rendimento de engenho.....                                    | 38        |
| 3.11.15. Análises estatísticas.....                                    | 38        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                  | <b>40</b> |
| 4.1. Emergência de plântulas, floração e maturação (ciclo).....        | 40        |
| 4.2. Propriedades físicas do solo.....                                 | 43        |
| 4.2.1. Macroporosidade.....                                            | 43        |
| 4.2.2. Microporosidade.....                                            | 45        |
| 4.2.3. Porosidade Total.....                                           | 46        |
| 4.2.4. Densidade do Solo.....                                          | 48        |



|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.5. Resistência à penetração.....                                 | 51 |
| 4.3. Altura de plantas e grau de acamamento.....                     | 53 |
| 4.4. Teor de nitrogênio, número de panículas por metro quadrado..... | 56 |
| 4.5. Número de grãos totais, cheios e chochos.....                   | 58 |
| 4.6. Massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade.....     | 61 |
| 4.7. Rendimento de engenho.....                                      | 65 |
| 5.0. CONCLUSÕES.....                                                 | 69 |
| 6.0. REFERÊNCIAS .....                                               | 70 |

## 1. INTRODUÇÃO

Com uma produção média de 593 milhões de toneladas de arroz em casca, e uma área cultivada de quase 150 milhões de hectares, o arroz é um dos principais cereais cultivados no mundo. É cultivado nos cinco continentes, tanto em regiões tropicais como temperadas. A Ásia é a principal produtora, sendo que nela se concentra mais de 90% da produção mundial. Os países que se destacam são: China, Índia e Indonésia, que respondem respectivamente por 30%, 23% e 8% da produção mundial (MENDEZ DEL VILLAR, 2002, p.111-114).

O arroz constitui fonte importante de calorias e de proteínas na dieta alimentar do povo brasileiro. Entretanto, a produção deste cereal tem oscilado de ano para ano, e eventualmente não tem sido suficiente para atender o consumo interno, resultando na necessidade de importação do produto. Uma das alternativas para atender a demanda de consumo interno é o aumento da produtividade da cultura, o que pode ser alcançado com a utilização de novas tecnologias como irrigação por aspersão, manejo adequado do solo e doses adequadas de adubação.

A cultura do arroz de sequeiro desempenhou um papel importante no desbravamento do cerrado. Justamente por ter sido caracterizado como cultura de abertura, o arroz de sequeiro foi, por muito tempo, conduzido com baixa tecnologia, apresentando, conseqüentemente, baixa produtividade (YOKOYAMA, 2002, p. 96-99).



O manejo inadequado de água e do nitrogênio no cultivo do arroz de terras altas irrigado por aspersão, dependendo do cultivar utilizado, tem ocasionado acamamento de plantas. Porém recentemente foram lançados cultivares altamente produtivos, com grãos longos e finos, do tipo agulhinha, e que apresentam alto valor comercial, existindo a necessidade de avaliação do comportamento dos mesmos nas diferentes modalidades de preparo do solo e adubação.

Outro aspecto importante é o preparo do solo para implantação da cultura, que quando realizado de maneira adequada pode representar um maior armazenamento de água e também a possibilidade de economia de água de irrigação. Também deve ser ressaltado que nos últimos anos vêm crescendo a utilização do plantio direto e o arroz pode ser utilizado nesse sistema em rotação com outras culturas. Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas e químicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a alterar o mínimo possível estas características, especialmente aquelas que afetam a infiltração de água, como porosidade e agregação (CASTRO et al., 1987, p.167-171).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos e o mais exportado pela cultura do arroz, podendo atuar na qualidade e produtividade. Uma adubação adequada pode aumentar a produtividade do arroz de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes (SANTOS et al., 1982 p. 835-845).

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do preparo do solo realizado com escarificador, grade aradora e plantio direto, manejo de água e diferentes doses de nitrogênio em cobertura no desenvolvimento, produtividade e qualidade de grãos do arroz de terras altas em solo anteriormente sob vegetação de cerrado.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Irrigação

A produção das culturas depende do fornecimento de quantidades adequadas de água. Entretanto, períodos de excesso e déficit de água ocorrem em diversos locais, freqüentemente durante o ciclo de cultura, afetando a produção. Para assegurar um suprimento adequado, a água que está em excesso em um período precisa ser armazenada para estar disponível em períodos de estiagem; mesmo sob condições irrigadas, o armazenamento temporário da água no solo é importante, porque permite menor freqüência de irrigação. A baixa eficiência de armazenamento de água dos solos, associada à altas taxas de evaporação, tem, contudo provocado déficit que frustram esforços para aumentar a produtividade das culturas.

O sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil é o de sequeiro em terras altas e, na maioria das regiões onde se pratica esta modalidade, o risco de perda em função da possibilidade de ocorrência de “veranico” é grande. Uma das alternativas apontadas para minimizar o risco de perda da cultura é aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos grãos produzidos, tem sido o uso da irrigação por aspersão. Outro aspecto

importante, é que com a eliminação do risco de perder a cultura por falta de água, o agricultor sente-se mais estimulado a utilizar melhor tecnologia e conseqüentemente, aumentar a produtividade da cultura e a qualidade do produto colhido. O uso da irrigação por aspersão para a cultura do arroz é pratica relativamente recente no Brasil e o manejo do solo e da adubação ainda não estão bem definidos (ARF et al., 2002 p. 376-379).

Para solucionar o problema da deficiência hídrica provocada pelos veranicos, a irrigação por aspersão tem se apresentado como alternativa eficiente, proporcionando uma melhor nutrição e, conseqüentemente, maior produtividade da cultura do arroz de terras altas. Com o aumento da produtividade de grãos, há também uma maior exportação de nutrientes da área. No entanto, existem poucas informações sobre as exigências nutricionais do arroz de terras altas no sistema irrigado por aspersão, já que a maioria dos estudos se refere aos sistemas irrigados por inundação e sequeiro (CRUSCIOL et al., 2000 p.1093-1100).

A produção das culturas depende do fornecimento de quantidade adequada de água. O armazenamento temporário da água no solo é importante porque permite menor freqüência de irrigação. Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas e químicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a alterar o mínimo possível estas características, especialmente as que afetam a infiltração e retenção de água, como a porosidade e a agregação (CASTRO et al., 1987 p.27-51).

Segundo Sant'ana (1989, p.71-75) a maior vantagem da prática da irrigação por aspersão na cultura do arroz é a estabilidade de produção. Outras seriam: o aumento da produtividade, melhor qualidade do produto, além da possibilidade de redução dos custos pelo aproveitamento de uma segunda colheita (soca). A possibilidade de semear o arroz em épocas distintas do período normal pode ser, também considerada uma vantagem da irrigação por aspersão. Este fato é evidenciado pelos resultados obtidos por Oliveira (1994)



que obteve incrementos significativos no rendimento de grãos, porém variáveis entre os cultivares estudados (38% a 133%), quando comparado com o sistema de sequeiro. Resultados semelhantes foram constatados por Santos (1990), que verificou um incremento de produtividade de grãos de 90% e 35%, ao utilizar os cultivares Araguaia e Guarani, respectivamente, quando na presença de irrigação por aspersão comparado ao sistema de sequeiro. Em áreas comerciais, tem-se observado um aumento de aproximadamente 70% na produtividade (SANT'ANA, 1989 p.71-75). O aumento na produtividade do arroz de terras altas, além de ser influenciado pela quantidade e distribuição de água durante o ciclo, varia com o cultivar utilizado (SORATTO et al., 2002 p.369-371).

Na região dos cerrados, onde a maioria das lavouras de arroz de terras altas estão localizadas, ocorrem estiagens de duas a três semanas durante a estação chuvosa, época na qual é feito o cultivo do arroz. As estiagens, aliada a alta demanda de evapotranspiração durante esse período e a baixa retenção de água dos solos de cerrado, provoca sérios decréscimos na produtividade de arroz e importantes oscilações na produção nacional (STONE & MOREIRA, 1998 p.103-106).

No que se refere ao consumo de água pela cultura, Fageria (1980) afirma que o consumo de água pela cultura do arroz pode ser distribuído da seguinte maneira: 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% na fase de maturação. A maior demanda diária de água pela cultura, é na fase reprodutiva (BRUNINI et al., 1981 p.135-143; CARVALHO JUNIOR, 1987). A supressão de água, nos estádios de perfilhamento e da diferenciação do primórdio floral ao florescimento, diminui o número de panículas por metro quadrado e reduz o peso dos grãos, diminuindo a produtividade; a partir da fase leitosa de enchimento dos grãos, a água não é mais necessária para a cultura do arroz (STONE et al., 1979 p.105-109).



Segundo Arf et al. (2001 p.871-879) o uso da irrigação suplementar por aspersão reduz o número de dias para florescimento e ciclo da cultura propiciando incremento de até 177% na produção de grãos de arroz, em ano com ocorrência de veranico.

Estudos desenvolvidos por Crusciol (1995) no Município de Selvíria, MS, mostraram que a deficiência hídrica na fase vegetativa prolonga o ciclo do arroz; o uso da irrigação por aspersão até a tensão de água no solo, de 0,035 Mpa, provocou acamamento de aproximadamente 15% das plantas. Já Nakao (1995), também no município de Selvíria, MS, verificou que o aumento na lâmina de água causa aumento na altura das plantas e no grau de acamamento.

Rodrigues e Arf (2002 p.365-368) concluiu que a maior quantidade e melhor distribuição de água, durante o desenvolvimento do arroz de terras altas, influenciaram positivamente no número de grãos por panícula (cheios e chochos) e na produtividade de grãos e que o aumento no fornecimento de água influenciou positivamente a altura das plantas, embora não ocorrendo acamamento para a cultivar Maravilha. Da mesma forma, Soratto et al. (2002 p.369-371) concluíram que a irrigação por aspersão proporcionou aumento na altura de plantas, massa de 100 grãos, massa hectolítica e produtividade de grãos; os diferentes coeficientes de cultura adotados nos tratamentos irrigados não influenciaram as características fenológicas e produtivas da cultura e, não houve diferença significativa da produtividade de grãos entre os cultivares Maravilha e Confiança.

## 2.2. Preparo do solo

A alteração de ecossistemas naturais ocorre na medida em que eles vão sendo substituídos por atividades voltadas para fins industriais ou para produção de



alimentos, provocando degradação, proveniente de uso e manejo inadequado dos solos. Dentre os vários sistemas de uso existentes, as maiores alterações ocorrem na agricultura tradicional, com capital e nível tecnológico mínimos, e no sistema agroquímico, com alto investimento de capital (CENTURION et al., 2001 p.254-258).

A região dos cerrados ocupa 24% da área do território brasileiro, tornando-se importante na produção de grãos com a expansão da fronteira agrícola. De modo geral, os sistemas de preparo nesta região se caracterizam pelo alto grau de revolvimento do solo, por meio do uso da grade aradora e arado de discos, que acarretam impactos negativos nos atributos físicos do solo comprometendo a sustentabilidade ambiental. (CORRECHEL et al., 1999 p.165-172).

A compactação do solo, originada da pressão exercida pelos pneus das máquinas e por implementos agrícolas sobre o solo, principalmente em condições de excesso de água no solo, é um dos principais problemas físicos que limitam a produtividade de soja e arroz de sequeiro. (BEUTLER & CENTURION, 2004 p.142-149).

Os diferentes sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Todavia, o desrespeito às condições mais favoráveis (solo úmido com consistência friável) para o preparo do solo e o uso de máquinas cada vez maiores e mais pesadas para essas operações podem levar a modificações na estrutura do solo, causando-lhe maior ou menor compactação, que poderá interferir na infiltração de água no solo, na condutividade hidráulica do solo saturado e no desenvolvimento radicular das culturas e, conseqüentemente, reduzir sua produtividade (DE MARIA, 1999 p.703-709).

Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas e químicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a



alterar o mínimo possível estas características, especialmente aquelas que afetam a infiltração de água, como porosidade e agregação (CASTRO et al., 1987 p.27-51).

Uma característica essencial de um solo produtivo é que ele seja capaz de manter uma dotação adequada de ar e água às raízes vegetais. A ênfase dada à estrutura do solo como fator de produção agrícola deve-se, em grande parte, ao fato de produção agrícola deve-se, em grande parte, ao fato de serem o ar e a água os ocupantes básicos dos espaços vazios (OTONNI FILHO, 2003 p.211-222).

A permeabilidade do solo depende, dentre outros fatores, da quantidade, da continuidade e o tamanho de poros, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa da permeabilidade do solo a água. O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo e da condutividade hidráulica são fundamentais para a solução de problemas relativos as área de irrigação, drenagem, conservação da água e do solo e controle do deflúvio superficial, sendo de grande importância para o manejo do solo e da água, o entendimento do processo de infiltração e de suas relações com as propriedades do solo (SOUZA et al., 2003 p.18-23).

Igualmente relacionado com a permeabilidade dos macroporos é o importante processo da drenagem interna a partir do umedecimento pleno por inundação do terreno, ou seja, a partir da saturação ou quase saturação do perfil. Um perfil bem drenado internamente garante, em regra geral, boa aeração ao sistema radicular, pois, se forem volumosos os macroporos com ar, o processo de difusão de gases no solo é facilitado. Além disso, se tais macroporos também forem permeáveis, a convecção do ar é majorada (OTONNI FILHO 2003 p.211-222).

A qualidade física de solos agrícolas pode ser afetada pelo sistema de manejo, sendo a magnitude das alterações dependente do tempo de uso do solo e das condições edafoclimáticas (COSTA et al., 2003 p.527-535).



O aumento progressivo das cargas externas, combinadas com a insuflagem inadequada dos rodados, contribui para a degradação das camadas do solo em profundidade, em decorrência do deslizamento causado, geralmente, pelo aumento do cisalhamento na superfície, o que implica o rearranjo das partículas do solo, e conseqüentemente, alterações da estrutura (SILVA et al., 2003 p.961-971).

Os arados de aivecas promovem melhor inversão da leiva e apresentam maior capacidade de penetração, invertendo as camadas do solo com menor efeito de esboroamento. Os resíduos culturais ficam depositados no fundo da camada arada, concentrados e pouco misturados ao solo. Os arados de discos trabalham melhor em condições mais adversas, mas a leiva é invertida em inclinações menores e o efeito de esboroamento do solo é maior. Os resíduos culturais ficam mais próximos a superfície e bastante misturados ao solo. As grades pesadas geralmente trabalham em profundidades ainda menores e não conseguem inverter a leiva com a mesma eficiência dos arados, e os resíduos culturais ficam bastante próximo a superfície e misturados ao solo (FALLEIRO et al., 2003 p.1097-1104).

Segundo Denardin & Kochhann (1997) citados por Cruz et al. (2003 p.1105-1112), as mobilizações intensivas do solo, no sistema convencional, sob condições inadequadas de umidade e de cobertura vegetal, modificam adversavelmente a estrutura do solo, afetando basicamente as relações entre as fases: sólida, líquida e gasosa. Desta forma transformam a camada arável em: a superficial pulverizada e a subsuperficial compactada. Entretanto, o sistema plantio direto é um sistema de produção agrícola em que a semeadura da cultura é feita sem preparo do solo, mantendo os restos culturais dos cultivos anteriores na superfície. Esse sistema de manejo é eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos, mas como não há revolvimento do solo, pode ocorrer a formação de camadas



compactadas na distribuição das pressões exercidas na superfície do solo pelas máquinas implementos ou casco de animais, em áreas de integração lavoura pecuária.

Em algumas regiões do país são adotadas variações do método convencional de preparo do solo, o qual é feito através do uso de grade pesada, associada com uma ou duas gradagens com grade mais leve. O uso desta prática por anos sucessivos, além de ocasionar a excessiva desintegração física e preparo superficial (12 a 15cm), pode levar a formação de uma camada impermeável abaixo da superfície do solo, conhecido como “sola de grade” (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993).

De acordo com Pedroso & Corsini (1983 p.225-238) no preparo convencional do solo as operações são realizadas continuamente numa mesma profundidade podendo ocasionar em alguns tipos de solo uma camada compactada resultante da pressão do arado como também da grade sobre o solo, conhecidas como “pé de arado” e “pé de grade”. A compactação do solo é uma condição que tem efeito marcante sobre a aeração devido às modificações que provoca na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato da compactação é a redução no volume de macroporos, afetando a difusão da água e dos gases e, dificultando o desenvolvimento das plantas.

Sidiras et al. (1982) citados por Castro et al. (1987 p.27-52), estudando vários sistemas de preparo (convencional, escarificação e plantio direto), verificaram que o conteúdo de água no solo no plantio direto foi consideravelmente maior nas tensões de 0,06, 0,33 e 1,00 bar em comparação com o solo preparado no sistema tradicional. Sob plantio direto, o conteúdo de água na capacidade de campo, considerando em nível de 0,33 bar, nas profundidades de 3-10, 11-20 e 21-30cm, superou o convencional em 31, 20 e 5%, respectivamente. O preparo reduzido com escarificador ocupou posição intermediária sem diferir estatisticamente dos demais.



Procurando determinar o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo nas perdas de solo e água, Castro et al. (1986 p.167-171) verificaram que o arado escarificador ofereceu um controle de 55 e 43% nas perdas de solo e água em relação ao arado de discos, num Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média, enquanto que no Latossolo Roxo o controle nas perdas de solo e água foi de 35 e 32%, respectivamente.

Estudando vários métodos de preparo de solo, Seguy et al. (1985) citados por Kluthcouski et al. (1988 p.249-259), verificaram que a quantidade de raízes do arroz de sequeiro aumentou em 26% no perfil de 0 a 60cm, quando o solo sofreu descompactação nos primeiros 30cm. Observaram ainda que no preparo superficial contínuo, ou seja, compactado, 85% das raízes encontravam-se nos primeiros 10cm, enquanto no solo descompactado foram observados apenas 51% do total. De acordo com Oliveira et al. (1996), um período de deficiência hídrica moderada ocasionou decréscimos de 13,7% na produção de grãos e de 14,7% na de matéria seca do arroz de sequeiro. O preparo profundo do solo com arado de aiveca minimizou o efeito da deficiência hídrica, ocasionando aumentos de 28,4% na produção de grãos e de 23,9% na produção de matéria seca. Este resultado indica que, em situação de deficiência hídrica moderada (10 a 15 dias de estiagem), um preparo do solo bem feito é capaz de substituir com vantagens a irrigação suplementar.

Stone & Moreira (1998 p.103-106) estudando o desenvolvimento do sistema radicular dos cultivares Canastra e Maravilha em área preparada com arado de aiveca ou grade aradora e no sistema de plantio direto, verificaram que a densidade radicular do cultivar Maravilha, considerando todo o perfil amostrado, foi menor no plantio direto em relação aos outros dois sistemas de preparo. Já para a cultivar Canastra a densidade radicular sob plantio direto foi semelhante à observada no solo preparado com grade e menor do que a observada no preparo com arado. Os autores verificaram ainda, que o cultivar Maravilha apresentou menor densidade radicular que o Canastra sob plantio direto e maior nos outros



sistemas de preparo. Em trabalho desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas em solo originalmente sob vegetação de cerrado, Bastos et al. (2002 p.394-397) verificaram que o preparo do solo com grade aradora + grade niveladora e escarificador + grade niveladora proporcionaram maior produtividade de grãos em relação ao plantio direto. Por outro lado, o plantio direto propiciou melhor qualidade de grãos com maior rendimento de inteiros no beneficiamento, comparativamente aos outros dois sistemas de preparo utilizados.

### 2.3. Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos e o mais exportado pela cultura do arroz.

Deficiências de nitrogênio são mais acentuadas em plantio direto do que no convencional. A rotação de culturas com a inclusão de leguminosas, no sistema, permite diminuir a intensidade da deficiência, proporcionando melhoria da produtividade e economia nos gastos com adubo nitrogenado (MUZILLI et al., 1985 p.147-158).

Segundo Balbino et al. (1996 p.301-352), no plantio direto tem-se constatado deficiência de nitrogênio mais acentuadas nas plantas. Essa maior demanda de nitrogênio pelas culturas deve-se à baixa taxa de mineralização da matéria orgânica, havendo a necessidade de aplicação de doses maiores do nutriente. Uma adubação adequada pode aumentar a produtividade do arroz de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes (SANTOS et al. 1982 p.835-845). Através da irrigação por aspersão elimina-se o risco de deficiência hídrica, tornando-se viável a utilização de um nível mais elevado de adubação em relação ao usado no cultivo de arroz de sequeiro. A recomendação, quando se utiliza irrigação por aspersão, é aumentar a adubação fosfatada em cerca de 50%,



e a potássica, em 30% (STONE & PEREIRA, 1994 p.1577-1592). Entretanto, o manejo inadequado da água de irrigação e do nitrogênio tem ocasionado nos cultivares de sequeiro forte tendência ao acamamento, já que a maioria deles apresenta porte relativamente alto e colmos com baixa resistência ao acamamento. Assim, altos níveis de nitrogênio em cultivares do tipo tradicional, provocam acamamento parcial ou total das plantas, principalmente com o uso da irrigação por aspersão. Entretanto, plantas do tipo moderno, nas mesmas condições de solos e tratos culturais, não sofrem acamamento, mesmo com altos níveis de adubação nitrogenada (DINIZ et al., 1976 p.235-262). Em razão da sua arquitetura, respondem, em produção e sem acamar, à utilização de altas doses de nitrogênio, principalmente porque tem um sistema eficiente de translocação dos fotossintatos acumulados na fase vegetativa, para os grãos (CRUSCIOL, 1998).

O fornecimento de nitrogênio provoca mudanças nas características morfológicas e fisiológicas do arroz, o que, nem sempre, influi de maneira positiva na produtividade. Aplicação de doses relativamente altas de nitrogênio na semeadura, geralmente, aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento no uso de água (VIETS JUNIOR, 1966 p.259-274 e FAGADE & DE DATTA, 1971 p.503-506) e redução na produtividade da cultura, por causa do acamamento ou acentuação dos efeitos da deficiência hídrica na fase reprodutiva (BLOCH, 1966 p.177-206 e WARD et al., 1973 p.329-348). STONE et al. (1979 p.295-301), avaliando os efeitos de doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90kg.ha<sup>-1</sup>) em diferentes cultivares de arroz de sequeiro, associado ou não à eficiência hídrica, obtiveram aumentos da produção de grãos com adubação nitrogenada nas doses de até 60kg.ha<sup>-1</sup> de N, quando o conteúdo de água no solo não foi limitante. Já ARF et al. (1996 p.85-97), estudando o comportamento dos cultivares Rio Paranaíba, Guarani e Araguaia submetidos a diferentes doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 90kg.ha<sup>-1</sup>), verificaram que a adubação nitrogenada em cobertura não influenciou



as características agronômicas e os componentes do rendimento de engenho. A adubação nitrogenada aumenta o número de colmos e panículas por área (DINIZ, 1975 e CAMPELLO JUNIOR, 1985), o número de espiguetas (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993) a fertilidade e o peso dos grãos (AQUINO, 1984). Além disso, o nitrogênio é o nutriente que mais afeta a altura da planta, proporcionando acamamento (DINIZ, 1975; CAMPELLO JÚNIOR, 1985 e ARF, 1993).

Trabalho desenvolvido por Bastos et al (2002 p.394-397), no município de Selvíria (MS), com o objetivo de avaliar o efeito do preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade do arroz de terras altas irrigado por aspersão, concluíram que a adubação nitrogenada na semeadura e ou no perfilhamento proporcionou maior produtividade de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio. Em outro trabalho, Cazetta et al. (2002 p.604-607), também no município de Selvíria (MS), verificaram que a adubação nitrogenada em cobertura incrementou a produtividade de grãos do cultivar IAC 202 até a dose de  $125\text{kg ha}^{-1}$ , sem causar problemas de acamamento.

Assim, ressalta-se a importância do manejo adequado do solo na melhoria das suas características físicas e químicas, bem como do fornecimento de água e nutrientes, principalmente o nitrogênio, para a implantação da cultura do arroz de terras altas visando a obtenção de alta produtividade de grãos e com boa qualidade.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local, clima e solo

O trabalho foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, situada aproximadamente a 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (DEMATTE, 1980 p.11-31) e atualizado para LATOSSOLO VERMELHO aluminoférrico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, profundo, moderadamente ácido (EMBRAPA, 1999). A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5 °C e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (média anual).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983 p.1-31), e os resultados estão apresentados na Tabela 1. Os tratamentos com plantio direto foram instalados em local onde o sistema foi implantado no ano agrícola 1996/97.



Tabela 1: Características químicas do solo na camada de 0 – 0,20m da área experimental.

| P resina            | M.O.               | pH                | K                       | Ca | Mg | H+Al | CTC  | V   |
|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----|----|------|------|-----|
| mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> | CaCl <sub>2</sub> | mmol c dm <sup>-3</sup> |    |    |      |      | (%) |
| 19                  | 18                 | 5,2               | 1,7                     | 36 | 22 | 25   | 60,0 | 70  |

### 3.2. Período de execução

Antes da implantação da cultura do arroz foi semeado milho em área total com o objetivo de produção de palhada para os tratamentos do plantio direto. A emergência das plantas ocorreu em 25/09/2003 e permaneceu em crescimento até o dia 10/11/2003, ocasião em que houve mobilização do solo para os tratamentos com grade aradora e escarificador, sendo que o tratamento com plantio direto foi aplicado herbicida com o objetivo de dessecação da palhada. Após o período do preparo realizou-se a semeadura no dia 25 de novembro de 2003, sendo conduzido até o final de março, época do término da colheita.

### 3.3. Cultivar

Utilizou-se o cultivar BRS-Talento, recentemente lançado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e de acordo com Moraes et al. (2002 p.147-158), apresenta as seguintes características: ciclo semiprecoce atingindo o ponto de colheita, em média, aos 110 dias; apresenta porte intermediário, com altura média variando de 85 a 105cm; apresenta-se como resistente ao acamamento, podendo acamar em condições muito favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Em relação às doenças o cultivar é resistente à



escaldadura e à mancha de grãos, tem comportamento moderadamente resistente à Brusone e em locais de alta pressão da doença, necessita de medidas de controle.

### 3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado para a cultura do arroz foi o de blocos casualizados com 54 tratamentos constituídos pela combinação de diferentes preparos de solo (grade pesada + grade niveladora e escarificador + grade niveladora e plantio direto), três manejos de água (sem irrigação, irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e, irrigação nas fases vegetativa, reprodutiva e de maturação) e seis doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg.ha<sup>-1</sup>) na forma de uréia, com 4 repetições. Para a avaliação dos atributos físicos do solo o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 9 tratamentos constituídos pela combinação dos preparos de solo e dos manejos de água (3 x 3) adotando como referência as parcelas com 75 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura como dose padrão. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,40m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50m em ambas as extremidades de cada linha.

### 3.5. Preparo do solo

**3.5.1. Plantio direto:** na área destinada ao plantio direto o sistema está implantado desde 1996/97, e na ocasião foi semeado o milheto, destinado como cobertura do solo. Este foi dessecado com herbicida glyphosate (1560g/ha do i.a.) e após dessecado foi manejado com desintegrador mecânico do tipo “triton”.



**3.5.2. Grade aradora + grade niveladora:** na área destinada ao preparo do solo convencional (considerado na região) foram realizadas as operações de gradagem pesada e logo após uma segunda operação com grade niveladora sob a camada superficial do solo.

**3.5.3. Escarificador + grade niveladora:** na área destinada a este preparo foram realizadas as operações de escarificação com o intuito de romper a camada do solo (ao redor de 25 a 30 cm) e logo após uma segunda operação com grade niveladora.

### **3.6. Semeadura**

Realizada no dia 25 de novembro de 2003 com a cultivar BRS – Talento, utilizando a quantidade de sementes necessária para se obter 180-200 plantas por metro quadrado. De acordo com Arf et al, (2000 p.1967-1976) novembro é o mês mais indicado para semeadura do arroz irrigado por aspersão na região propiciando a obtenção de produtividade mais elevada. Antes da semeadura realizou-se o tratamento de sementes com a aplicação de benomil + carbofuran (200 + 350g/ha do i.a. para cada 100 kg de sementes) objetivando a prevenção do ataque de pragas e a incidência de doenças. Para a deposição do fertilizante no solo foi utilizado na semeadora o mecanismo de deposição haste sulcadora ou “botinha”.

### **3.7. Adubação na semeadura**



A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi realizada aplicando-se 200 kg.ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16, fornecendo 16 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 56 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 32 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por ha, calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de Cantarella & Furlani (1996 p.48-49).

### **3.8. Adubação em cobertura**

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada em 05/01/2004 aplicando-se as seguintes doses: 0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha<sup>-1</sup> e utilizando como fonte a uréia, aplicada 40 dias após a semeadura próximo às linhas da cultura. Após realizada a aplicação a área foi irrigada com o intuito de evitar perdas por volatilização e incorporação do adubo.

### **3.9. Manejo de água**

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção empregada por Grohmann (1960), na faixa de 0,02MPa a 0,01MPa, aparelhos de pressão de placa porosa recomendados por Richards & Fireman (1943 p.395-404), na faixa de 0,003MPa a 0,101MPa, e a membrana de Richards (1947 p.451-454), na faixa de 0,101 MPa a 1,520 Mpa. No manejo de água foram utilizados, dependendo do tratamento, até três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita.



Tabela 02. Distribuição dos coeficientes da cultura (Kc) durante as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas. Selvíria 03/04.

| FASES             | Kc           |            |
|-------------------|--------------|------------|
| Fase vegetativa   | 0,4          |            |
| Fase reprodutiva  | Inicial: 0,7 | final: 1,0 |
| Fase de maturação | Inicial: 1,0 | final: 0,7 |

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado utilizando-se um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm/hora nos aspersores. Este fornecimento foi monitorado pelo “tanque classe A” tendo como base a evapotranspiração da área. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalado próximo à área experimental.

### 3.10. Controle de plantas daninhas

Como na área de cultivo tem ocorrido com frequência capim colchão (*Digitaria sanguinalis*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aplicou-se logo após a semeadura o herbicida oxadiazon (1000g/ha do i.a.). Aos 17 dias após a emergência das plantas foi aplicado o herbicida metsulfurom methyl (2,0 g/ha do i.a.) visando o controle de plantas daninhas de folhas largas. As demais plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram capinadas manualmente com auxílio de enxada. No caso do plantio direto a dessecação da cobertura do solo foi realizada com o herbicida glifosate (1560g/ha do i.a.).



### **3.11. Variáveis avaliadas:**

#### **3.11.1. Emergência das plântulas**

Determinado o número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas (ponto de agulhamento).

#### **3.11.2. Floração**

Avaliado o número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

#### **3.11.3. Ciclo**

Determinado o número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas da parcela.

#### **3.11.4. Propriedades físicas do solo**

A coleta de amostras de solo para as avaliações físicas foram realizadas na fase de florescimento da cultura e foram as seguintes:

##### **a) Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade.**

Foram determinadas para as camadas de 0–0,10m, 0,10–0,20m e 0,20–0,40m, as seguintes propriedades físicas: macroporosidade, microporosidade e porosidade



total. O método utilizado foi o da mesa de tensão, de acordo com a metodologia adotada pela Embrapa (1997), com o emprego de amostras com estrutura não deformada.

#### **b) Resistência à penetração**

A resistência à penetração foi realizada com um penetrógrafo (Penetrographer PAT<sup>SC-60</sup>) nas camadas de 0-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m. Também foi determinada a umidade do solo no momento da avaliação da resistência, nas mesmas profundidades.

#### **3.11.5. Teor de N nas folhas**

Por ocasião do florescimento foi coletado o limbo foliar de 30 folhas bandeira por parcela que após a secagem foram moídas em moinho tipo Willey para em seguida ser realizada a digestão sulfúrica conforme metodologia descrita em Malavolta (1997 p.319).

#### **3.11.6. Altura de plantas**

Durante o estágio de grãos na forma pastosa determinou-se em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela, a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta.



### **3.11.7. Grau de acamamento**

Obtido através de observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas.

### **3.11.8. Número de panículas por metro quadrado**

Determinado através de contagem do número de panículas em 1,0m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

### **3.11.9. Número total de grãos por panícula**

Obtido através da contagem do número de grãos de 15 panículas, coletadas no momento da avaliação do número de panículas por metro quadrado, em cada parcela.

### **3.11.10. Número de grãos granados e chochos por panícula**

Determinado através de contagem do número de grãos granados e chochos de 15 panículas após separação dos mesmos através de fluxo de ar.

### **3.11.11. Massa de 100 grãos**

Avaliado através da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela e corrigidas para 13% (base úmida).



### 3.11.12. Produtividade de grãos

Foi determinada através da pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% (base úmida) e convertendo em  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

### 3.11.13. Massa hectolétrica

Avaliada em balança especial para massa hectolétrica, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida), utilizando-se duas amostras por parcela.

### 3.11.14. Rendimento de engenho

Coletou-se uma amostra de 100g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por 1 minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado considerado como rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº 2 e a separação dos grãos foi processada por 30 segundos; os grãos que permanecerem no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

### 3.11.15. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F para a verificação de diferenças significativas entre preparo de solo, lâminas de água e doses



de nitrogênio e suas interações. Para variáveis com F significativo, realizou-se o estudo de regressão para doses de N e utilizou-se o teste de Tukey para comparação das médias para preparo e lâmina. Para os atributos físicos do solo foi padronizada a dose de  $75 \text{ kg.ha}^{-1}$  de nitrogênio em cobertura, com o objetivo de avaliar somente os fatores preparo do solo e lâminas de água, estabelecendo desta forma uma análise fatorial  $3 \times 3$  totalizando 9 tratamentos. Aplicou-se novamente o teste F e para variáveis significativas a 5% de probabilidade foi utilizado o teste de Tukey também a 5% de probabilidade estabelecendo uma comparação entre as médias. O programa estatístico utilizado foi o SANEST.



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos fatores estudados, houve efeito significativo isolado para algumas características estudadas. Não houve interação significativa entre preparo do solo x lâminas de água x doses de nitrogênio aplicadas em cobertura para as características avaliadas.

### **4.1. Emergência de plântulas, floração e maturação (ciclo).**

A emergência das plantas ocorreu em 01/12/2003, portanto 06 dias após a semeadura. O florescimento pleno e a colheita foram influenciados pelos tratamentos utilizados e estão apresentados na Tabela 03. Para o preparo do solo as diferenças são pequenas tanto para o número de dias para a floração como para o ciclo. Entretanto, para o manejo de água as diferenças são maiores e pode-se verificar que com maior disponibilidade de água (Tabela 04) houve diminuição no número de dias para florescimento e ciclo da cultura.

De acordo com Arf et al. (2001 p.871-879) a variação no número de dias para florescimento e colheita ocorre principalmente em função das lâminas de água. A variação no ciclo da cultura é devido à ocorrência de deficiência hídrica na fase vegetativa,



que acaba aumentando sua duração, refletindo no aumento do ciclo (CRUSCIOL, 2003 p.527-535). Para cultivares insensíveis ao fotoperíodo, sob condições de suprimento adequado de água, a duração do período da emergência a floração é determinada, fundamentalmente, pela temperatura do ar.

Tabela 03. Número médio de dias transcorridos entre a emergência e a floração e ciclo do arroz de terras altas. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos     | Floração | Ciclo <sup>1</sup> |
|-----------------|----------|--------------------|
| Preparo do Solo |          |                    |
| Escarificador   | 93       | 121                |
| Grade           | 91       | 119                |
| Plantio direto  | 93       | 121                |
| Lâminas de água |          |                    |
| sequeiro        | 101      | 126                |
| L1              | 101      | 126                |
| L2              | 85       | 114                |

<sup>1</sup> Dias após a emergência

A disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial apesar de apresentar um valor considerado normal para a época, ocorreu distribuição irregular apresentando intervalos secos no período de condução do experimento.

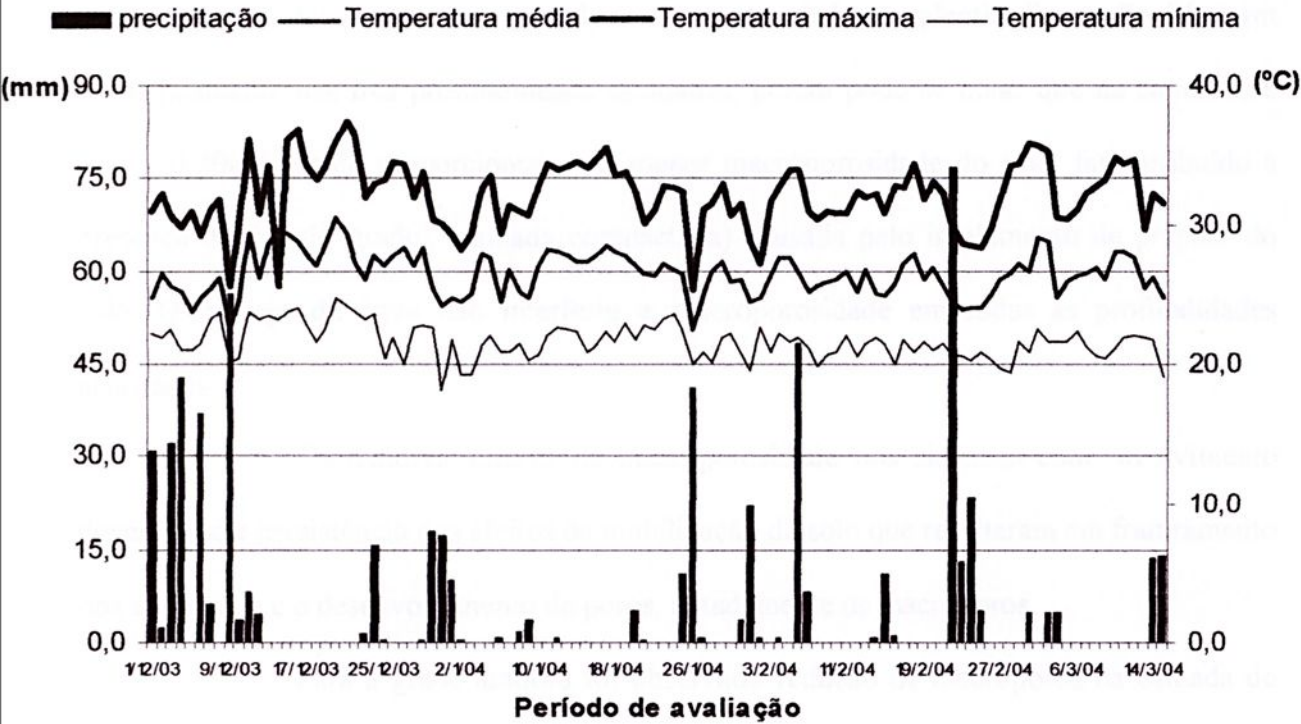


Tabela 04. Lâmina de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão durante o ciclo do arroz.

| Lâmina de água <sup>1]</sup> | Precipitação (mm) | Irrigação (mm) | Total (mm) |
|------------------------------|-------------------|----------------|------------|
| sequeiro                     | 694               | ---            | 694        |
| L <sub>1</sub>               | 694               | 152            | 846        |
| L <sub>2</sub>               | 694               | 216            | 910        |

<sup>1]</sup> sequeiro: somente precipitação; L<sub>1</sub>: precipitação + irrigação nas fases reprodutiva e de maturação; L<sub>2</sub>: precipitação + irrigação em todas as fases.

Figura 01. Gráfico geral de precipitação, temperatura média, máxima e mínima durante o período de avaliação.



## 4.2. Propriedades físicas do solo

### 4.2.1. Macroporosidade

Observando o resultado do teste F, nota-se que houve significância para macroporosidade apenas para o preparo do solo nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m. O preparo com escarificador + grade niveladora proporcionou uma maior macroporosidade, pois dois anos antes da implantação do experimento a área estava sendo conduzida com arado de aiveca, fato explicado pelo revolvimento do solo que pode ter interferido nos resultados. Observou-se, que nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m a macroporosidade foi maior.

Os preparos com grade aradora + niveladora e plantio direto não diferiram estatisticamente nas três profundidades estudadas, porém pode se notar que na camada de 0,10 - 0,20m a grade proporcionou uma menor macroporosidade do solo, fato atribuído à presença de “pé-de-grade” (camada compactada) causada pelo implemento de preparo do solo. O manejo de água não interferiu a macroporosidade em todas as profundidades analisadas.

Os maiores valores de macroporosidade nos sistemas com revolvimento deveram-se a persistência dos efeitos da mobilização do solo que resultaram em fraturamento dos agregados e o desenvolvimento de poros, notadamente os macroporos.

Para a grade aradora foi observado redução de macroporos na camada de 0,10-0,20 m, devido ao “pé-de-grade” formado. No plantio direto os valores de macroporosidade variaram em profundidade sendo que na camada de 0,0-0,10 apresentou menor valor de macroporosidade e nas demais profundidades houve um pequeno aumento.



Resultados obtidos por Machado & Brum (1978 p.81-84), evidenciaram que a porosidade total e microporosidade da camada superficial do solo no cultivo convencional (lavrado e gradeado), foram significativamente menores do que nos demais tratamentos. Entre os tratamentos solo sob vegetação de mato natural; solo sob vegetação de campo virgem; solo sob condições de plantio direto durante quatro anos não foram constatados diferenças significativas.

Tabela 05. Valores médios de macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três manejos de água.

| Tratamentos              |                                  | Profundidades              |             |             |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
|                          |                                  | 0,00-0,10 m                | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| <b>PREPARO DO SOLO</b>   |                                  | $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ |             |             |
|                          | Escarificador + grade niveladora | 0,19a                      | 0,18a       | 0,13a       |
|                          | Grade pesada + grade niveladora  | 0,13b                      | 0,09b       | 0,15a       |
|                          | Plantio direto                   | 0,10b                      | 0,12b       | 0,13a       |
| <b>MANEJO DE ÁGUA</b>    |                                  | 0,00-0,10 m                | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
|                          |                                  | $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ |             |             |
|                          | Sequeiro                         | 0,13a                      | 0,12a       | 0,16a       |
|                          | L1                               | 0,14a                      | 0,13a       | 0,14a       |
|                          | L2                               | 0,14a                      | 0,13a       | 0,13a       |
| <b>CAUSA DE VARIAÇÃO</b> |                                  | 0,00-0,10 m                | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| F                        | Preparo do solo                  | 11,25*                     | 14,12*      | 2,09n.s     |
|                          | Lâmina                           | 1,03n.s                    | 0,32n.s     | 0,90n.s     |
|                          | Preparo do solo x lâmina         | 2,10n.s                    | 0,40n.s     | 0,29n.s     |
|                          | CV (%)                           | 34,07                      | 29,35       | 17,93       |
| DMS                      | Preparo do Solo                  | 0,05                       | 0,04        | 0,02        |
|                          | Manejo da água                   | 0,05                       | 0,04        | 0,02        |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.2.2. Microporosidade

Nota-se que houve significância, quando analisada a microporosidade apenas para o preparo do solo na camada de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m não havendo significância para a camada de 0,0-0,10 m, observando um aumento da microporosidade à medida que se aumenta a profundidade do solo.

A Tabela 06 mostra que na camada 0,10 - 0,20m houve diferença estatística, sendo a microporosidade maior no preparo com grade aradora + niveladora seguido pelo plantio direto. O preparo com escarificador apresentou o menor valor. Para a camada de 0,20-0,40 m, o preparo com escarificador + grade niveladora e grade aradora + niveladora apresentaram maiores valores de microporosidade enquanto que o plantio direto apresentou valores menores. O manejo de água não interferiu a microporosidade em todas as profundidades analisadas.

Resultados obtidos por Cruz et al. (2003 p.1105-1112), mostraram que os sistemas convencionais apresentaram maior macroporosidade na camada de 0,0-0,10m e maior microporosidade na camada de 0,10-0,20 m provavelmente como resultado das operações de preparo do solo (pé-de-grade).



Tabela 06. Valores médios de microporosidade ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.

| Tratamentos       |                                  | Profundidades |                             |             |
|-------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------|
|                   |                                  | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m                 | 0,20-0,40 m |
| PREPARO DO SOLO   |                                  |               | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ |             |
|                   | Escarificador + grade niveladora | 0,28a         | 0,27b                       | 0,33a       |
|                   | Grade aradora +grade niveladora  | 0,28a         | 0,31a                       | 0,32a       |
|                   | Plantio direto                   | 0,29a         | 0,29ab                      | 0,30b       |
| LAMINAS DE ÁGUA   |                                  | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m                 | 0,20-0,40 m |
|                   |                                  |               | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ |             |
|                   | sequeiro                         | 0,28a         | 0,29a                       | 0,32a       |
|                   | L1                               | 0,28a         | 0,30a                       | 0,32a       |
|                   | L2                               | 0,29a         | 0,29a                       | 0,32a       |
| CAUSA DE VARIAÇÃO |                                  | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m                 | 0,20-0,40 m |
| F                 | Preparo do solo                  | 1,03n.s       | 5,28*                       | 9,04*       |
|                   | Lâmina                           | 1,25n.s       | 0,75n.s                     | 0,14n.s     |
|                   | Preparo do solo x lâmina         | 0,69n.s       | 0,61n.s                     | 0,84n.s     |
|                   | CV (%)                           | 8,63          | 7,93                        | 4,79        |
| DMS               | Preparo do Solo                  | 0,02          | 0,02                        | 0,01        |
|                   | Manejo de água                   | 0,02          | 0,02                        | 0,01        |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3. Porosidade total

O teste F mostra diferenças significâncias para o preparo do solo nas três profundidades estudadas. Na camada de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m a porosidade foi maior no preparo com escarificador + grade niveladora seguido pela grade aradora + niveladora e plantio direto. Para a profundidade de 0,20-0,40 m o preparo com grade aradora + niveladora apresentou maior porosidade total e o preparo com escarificador + niveladora apresentou-se intermediário sendo o plantio direto com a menor porosidade apresentada. O manejo de água não interferiu a porosidade em todas as profundidades analisadas.

Conforme Tormena et al. (2002) os sistemas de preparo mínimo e convencional promoveram aumentos na porosidade do solo, quando comparada ao sistema de plantio direto. A utilização do arado e de escarificadores, nos tratamentos estudados proporcionaram os maiores valores de macroporosidade e porosidade total quando comparado com o sistema de plantio direto.

Fernandes et al. (1983 p.329-333) observaram que na camada de 0 a 10 cm, a escarificação condicionou os maiores valores de porosidade total e o plantio direto os menores, e para 10 a 20 cm, o uso do escarificador também apresentou maior valor para a porosidade total, seguido do sistema plantio direto. Já o sistema convencional (arado de aiveca à 20 cm + 2 gradagens) apresentou sempre menores valores tal fato parece indicar que, a essa profundidade, este sistema de preparo vinha condicionando um maior efeito de compactação do solo do que os outros dois.

Cruz et al. (2003 p.1105-1112), observaram que na camada de 0,0-0,10 m o sistema convencional apresentou maior valor em relação ao sistema plantio direto e campo nativo. Este fato deve-se ao resultado imediato dos trabalhos de preparo do solo nesta camada “afrouxando” o solo e possibilitando, assim, maior quantidade de poros. Do mesmo modo, nos dois sistemas sem preparo, o tráfego de máquinas no sistema plantio direto (plantio, tratos culturais e colheita) e o tráfego de animais no sistema campo nativo (pisoteio animal), a camada mais superficial tende a apresentar redução na porosidade.



Tabela 07. Valores médios de porosidade ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) obtidos nos três preparos de solo e três manejos de água.

| Tratamentos       |                                | Profundidades               |             |             |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
|                   |                                | 0,00-0,10 m                 | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| PREPARO DE SOLO   |                                | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ |             |             |
|                   | Escarificador+grade niveladora | 0,47a                       | 0,45a       | 0,46ab      |
|                   | Grade pesada +grade niveladora | 0,42b                       | 0,40b       | 0,47a       |
|                   | Plantio direto                 | 0,39b                       | 0,42b       | 0,44b       |
| MANEJO DE ÁGUA    |                                | 0,00-0,10 m                 | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
|                   |                                | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ |             |             |
|                   | Sequeiro                       | 0,44a                       | 0,42a       | 0,45a       |
|                   | L1                             | 0,42a                       | 0,43a       | 0,46a       |
|                   | L2                             | 0,43a                       | 0,42a       | 0,46a       |
| CAUSA DE VARIAÇÃO |                                | 0,00-0,10 m                 | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| F                 | Preparo do solo                | 16,86*                      | 7,29*       | 5,89*       |
|                   | Lâmina                         | 0,52n.s                     | 0,82n.s     | 1,24n.s     |
|                   | Preparo do solo x lâmina       | 2,39n.s                     | 0,32n.s     | 0,43n.s     |
|                   | CV (%)                         | 8,33                        | 7,95        | 4,97        |
| DMS               | Preparo do solo                | 0,04                        | 0,03        | 0,02        |
|                   | Manejo de água                 | 0,04                        | 0,03        | 0,02        |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.2.4. Densidade do solo

Observando o resultado do teste F, nota-se que houve significância apenas para o preparo do solo para a camada de 0,0-0,10 m. A densidade do solo foi maior na semeadura direta e no preparo com grade aradora + niveladora não diferindo estatisticamente. Já o preparo com escarificador + grade niveladora apresentou menor densidade.

Os maiores valores de densidade do solo na camada de 0,00-0,10 m no plantio direto podem ser devido ao tráfego de máquinas na área, o qual leva a uma acomodação das camadas de solo. Já no preparo com grade aradora + niveladora os maiores

valores de densidade na profundidade 0,10 - 0,20 m podem estar relacionados ao tráfego de máquinas na área e ao preparo do solo em condições inadequadas de umidade. Para a profundidade de 0,10 - 0,20 m podemos observar pelos valores médios de densidade que o preparo com grade aradora + grade niveladora, apresentou maior densidade, fato atribuído à presença de “pé-de-grade” (camada compactada) causada pelo implemento de preparo do solo. O manejo de água não interferiu a densidade em todas as profundidades analisadas.

Conforme Tormena et al. (2002), na camada de 0,0 - 0,10m constatou-se diferenças entre os tratamentos. Na camada de 0,10 - 0,20 m, o maior valor de densidade foi obtido na semeadura direta, o que se deve ao efeito cumulativo do tráfego de máquinas, da ausência de mobilização mecânica do solo, resultado oposto foi obtido no tratamento estudado o preparo com grade pesada proporcionou maior valor de densidade do solo. De acordo com Domzal & Slowinska-Jurkiewicz (1987) citado por Tormena et al. (2002), as diferenças de densidade do solo entre as três camadas revelam os efeitos dos implementos no fracionamento dos agregados com conseqüente criação de poros nos sistemas preparo convencional e preparo mínimo. A estrutura do solo após a aplicação dos implementos de preparo é fortemente dependente do tipo de implemento utilizado, das condições climáticas e da umidade do solo.

O sistema de preparo com grade aradora apresentou maiores valores de densidade do solo em relação à enxada rotativa no terceiro ano de cultivo, isso se deve provavelmente ao arranjo natural que o solo tende a apresentar quando deixa de sofrer manipulação mecânica (PRADO et al., 2002).

Resultado obtido por Costa et al. (2003 p.527-535), mostra que na camada de 0-0,05 e 0,05-0,10 m não houve diferença estatística na densidade do solo entre os com plantio convencional (aração com arado de discos e duas gradagens); plantio direto, enquanto que na camada de 0,10-0,20 m o plantio convencional apresentou maior densidade,



decorrente da transmissão da pressão realizada na superfície do solo pelas maquinas e implementos, pela compressão exercida pela lâmina dos discos do arado, bem como do pneu do trator rodando no sulco de aração.

Tabela 08. Valores médios de densidade (kg dm<sup>-3</sup>) obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.

| Tratamentos       |                                 | Profundidades       |             |             |
|-------------------|---------------------------------|---------------------|-------------|-------------|
|                   |                                 | 0,00-0,10 m         | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| PREPARO DE SOLO   |                                 | kg dm <sup>-3</sup> |             |             |
|                   | Escarificador+grade niveladora  | 1,34b               | 1,41a       | 1,40a       |
|                   | Grade aradora +grade niveladora | 1,49a               | 1,81a       | 1,35a       |
|                   | Plantio direto                  | 1,56a               | 1,50a       | 1,42a       |
| MANEJO DE ÁGUA    |                                 | 0,00-0,10 m         | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
|                   |                                 | kg dm <sup>-3</sup> |             |             |
|                   | sequeiro                        | 1,44a               | 1,50a       | 1,41a       |
|                   | L1                              | 1,49a               | 1,73a       | 1,38a       |
|                   | L2                              | 1,49a               | 1,49a       | 1,38a       |
| CAUSA DE VARIAÇÃO |                                 | 0,00-0,10 m         | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| F                 | Preparo do solo                 | 21,63*              | 2,02n.s     | 3,18n.s     |
|                   | Lâmina                          | 1,19n.s             | 0,83n.s     | 0,93n.s     |
|                   | Preparo do solo x lâmina        | 2,09n.s             | 0,90n.s     | 0,22n.s     |
|                   | CV (%)                          | 5,69                | 3,18        | 4,94        |
| DMS               | Preparo do solo                 | 0,08                | 0,51        | 0,07        |
|                   | Manejo de água                  | 0,08                | 0,51        | 0,07        |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.2.5. Resistência à penetração

A Tabela 09 mostra que houve diferença estatística entre as profundidades estudadas. Na camada de 0,0-0,10 a resistência à penetração foi maior no preparo com grade aradora + niveladora. O preparo com o plantio direto ficou intermediário e o preparo com escarificador + grade niveladora apresentou menor valor. Na profundidade de 0,10-0,20 m o preparo com grade aradora + niveladora apresentou maior resistência à penetração se comparado com o preparo com escarificador + grade niveladora que apresentou menor valor. Na camada de 0,20-0,40 m a semeadura direta apresentou maior resistência à penetração se comparado ao preparo escarificador + grade niveladora, que apresentou o menor valor e o preparo com grade aradora + niveladora com valores intermediários.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2000 p.2485-2492) que obteve maiores valores de resistência à penetração no cultivo convencional (Uma aração e 2 gradagens), sendo críticos na camada de 5 a 20 cm, com valores superiores a 2 MPa no cultivo convencional e plantio direto.

No plantio direto, apesar de não se ter revolvimento do solo como no cultivo convencional, há um tráfego de máquinas que possivelmente esteja ocasionando a compactação. A presença de camadas compactadas em sistemas de plantio direto e convencional na faixa de 5-20 cm foi observada por (VIEIRA & MUZILLI, 1984 p.873-882).

Resultados obtidos por Goedert et al. (2002 p.223-227) em um Latossolo Amarelo muito argiloso e um Latossolo Vermelho Escuro argiloso revelaram que não foi observada compactação do solo na área experimental, cultivada pelo sistema de plantio direto após um longo período contrastando com o resultado obtido nesse experimento após sete anos de semeadura direta.



Trabalho realizado por Ribeiro et al. (2003) mostra que o grau de compactação do solo reduz o peso de panículas e peso da parte aérea com o aumento do grau de compactação. Com 75% de compactação do solo houve uma diminuição no peso de panículas.

Segundo Pereira et al. (2002) dos teores de água empregados, apenas o de 33% no preparo com escarificação, revelou efeito maior na diminuição da resistência do solo durante o ciclo da cultura, concluindo-se que uma correlação importante pode estar associada a este fenômeno, como ocorrência de maior área mobilizada, sem provocar danos a estrutura do solo, facilitando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o que pode ter contribuído para melhorar a estrutura do solo neste tratamento. Outrossim, apesar das desvantagens dos teores de água de 37 e 39% nos dois sistemas de cultivo, observa-se efeito marcante do escarificador imediatamente após o preparo do solo, reduzindo a resistência do solo, até a camada de 20 cm, numa proporção inversa com profundidade do solo evidenciando-se tendência de pequeno aumento da resistência do solo a penetração, após a camada dos 20 cm.

Resultados obtidos por Silva et al. (2003 p.961-971), que a parcela sob preparo convencional apresentou maiores valores de pressão de preconsolidação, além de mostrarem ação mobilizadora dos implementos avaliados (vibrosubsolador, arado de aivecas, arado de discos e grade aradora) evidenciaram a compactação causada pelo preparo convencional, denotando que o preparo inicial do solo reduziu a resistência mecânica do solo.



Tabela 09. Valores médios de resistência à penetração do solo, obtidos nos três preparos de solo e três sistemas manejos de água.

| Tratamentos                      |                          | Profundidades |             |             |
|----------------------------------|--------------------------|---------------|-------------|-------------|
|                                  |                          | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| <b>PREPARO DE SOLO</b>           |                          | MPa           |             |             |
| Escarificador + grade niveladora |                          | 1,31b         | 1,43b       | 1,58b       |
| Grade pesada +grade niveladora   |                          | 2,46a         | 2,10a       | 1,60ab      |
| Plantio direto                   |                          | 2,06ab        | 2,01a       | 1,97a       |
| <b>MANEJO DE ÁGUA</b>            |                          | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
|                                  |                          | MPa           |             |             |
| sequeiro                         |                          | 2,09a         | 1,87a       | 1,65a       |
| L1                               |                          | 2,20a         | 1,80a       | 1,67a       |
| L2                               |                          | 1,53a         | 1,87a       | 1,87a       |
| <b>CAUSA DE VARIAÇÃO</b>         |                          | 0,00-0,10 m   | 0,10-0,20 m | 0,20-0,40 m |
| F                                | Preparo do solo          | 5,52*         | 5,22*       | 3,92*       |
|                                  | Lâmina                   | 2,07 n.s      | 0,07 n.s    | 1,35n.s     |
|                                  | Preparo do solo x lâmina | 0,77 n.s      | 0,64 n.s    | 1,31n.s     |
|                                  | CV (%)                   | 44,31         | 29,66       | 21,55       |
| DMS                              | Preparo do solo          | 0,88          | 0,56        | 0,38        |
|                                  | Manejo de água           | 0,88          | 0,56        | 0,38        |

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

#### 4.3. Altura de plantas e grau de acamamento

A altura de plantas (Tabela 10) apresentou valores inferiores a 0,80m em todos os tratamentos utilizados. O escarificador propiciou a obtenção de valores maiores em relação ao preparo realizado com grade aradora e o plantio direto. É possível que o preparo mais profundo do solo (ao redor de 25-30 cm) tenha permitido às plantas explorarem um maior volume de solo para aproveitamento de água e de nutrientes, resultando em plantas mais desenvolvidas. Comportamento semelhante ocorreu com as lâminas de água onde o cultivo de sequeiro, ou seja, dependendo somente da precipitação e de sua distribuição, propiciou a obtenção de plantas bem menores em relação às lâminas L1 (irrigação nas fases

reprodutivas e de maturação) e L2 (irrigação em todas as fases). Houve também interação de preparo do solo x lâminas de água e os desdobramentos estão apresentados na Tabela 11 onde se verifica que o comportamento foi semelhante ao discutido anteriormente.

As doses de nitrogênio utilizadas em cobertura não influenciaram na altura de plantas e não foi registrado problema com acamamento em nenhum dos tratamentos em função do porte baixo do cultivar utilizado. Arf et al. (2003) utilizando o cultivar IAC 202 encontrou valores inferiores a 1,00 m em todos os tratamentos utilizados diferentes épocas de aplicação de N em cobertura, e para manejo de solo o tratamento plantio direto apresentou os menores valores. De acordo com Diniz et al. (1976 p.235-262), plantas com este tipo de crescimento não sofrem acamamento, mesmo com altos níveis de adubação nitrogenada. Em razão da sua arquitetura, respondem em produção sem acamar à utilização de altas doses de N, principalmente por apresentarem um sistema eficiente de translocação dos fotoassimilados acumulados na fase vegetativa, para os grãos (CRUSCIOL, 1998).



Tabela 10. Valores médios de altura de plantas, obtido em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos                  |                | Altura de plantas (m) |
|------------------------------|----------------|-----------------------|
| Preparo do solo              |                |                       |
| Escarificador                |                | 0,74                  |
| Grade                        |                | 0,70                  |
| Plantio direto               |                | 0,70                  |
| Lâmina de água               |                |                       |
| Sequeiro                     |                | 0,52                  |
| L1                           |                | 0,80                  |
| L2                           |                | 0,82                  |
| Adubação nitrogenada (kg/ha) |                |                       |
| 0                            |                | 0,71                  |
| 25                           |                | 0,72                  |
| 50                           |                | 0,72                  |
| 75                           |                | 0,70                  |
| 100                          |                | 0,72                  |
| 125                          |                | 0,72                  |
| F                            | Preparo (P)    | 20,80**               |
|                              | Lâmina (L)     | 820,82**              |
|                              | Nitrogênio (N) | 0,63ns                |
|                              | P x L          | 6,67**                |
|                              | P x N          | 1,56ns                |
|                              | L x N          | 1,12ns                |
|                              | Doses de N     |                       |
|                              | RL             | 0,22ns                |
|                              | RQ             | 0,72ns                |
| CV (%)                       |                | 7,12                  |

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

Tabela 11. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente altura de plantas. 2003/04.

| Lâminas    | Preparos do solo |          |                |
|------------|------------------|----------|----------------|
|            | Escarificador    | Grade    | Plantio direto |
| Sequeiro   | 0,52 b AB        | 0,49 b B | 0,53 b A       |
| L1         | 0,85 a A         | 0,79 a B | 0,77 a B       |
| L2         | 0,86 a A         | 0,82 a B | 0,79 a B       |
| <b>DMS</b> |                  | 0,034    |                |
|            |                  | 0,034    |                |

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%

#### 4.4. Teor de N, número de panículas por metro quadrado

Quanto ao teor de nitrogênio nas folhas, avaliado por ocasião do florescimento, verifica-se que houve efeito significativo para lâminas de água, doses de N e da interação lâminas de água x doses de N e os desdobramentos estão apresentados na Tabela 13. Pelos resultados de lâminas de água dentro de doses de N verifica-se que de maneira geral os tratamentos de sequeiro e L1 apresentaram valores superiores em relação à L2. Nas plantas do tratamento L2 talvez tenha ocorrido efeito de diluição do nitrogênio ou tenha ocorrido condições mais favoráveis para perdas de N em função do maior volume de água utilizado (Tabela 12). De acordo com Crusciol et al. (2003 p.465-475), o teor de N foi significativamente maior nos grãos oriundos do tratamento de sequeiro, provavelmente devido ao efeito diluição nos tratamentos irrigados.

Tabela 12. Valores médios de teor de N nas folhas e número de panícula por m<sup>2</sup> obtido em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos          |                | Teor de N (g/kg) | Nº de panícula/m <sup>2</sup> |
|----------------------|----------------|------------------|-------------------------------|
| Preparo do solo      |                |                  |                               |
| Escarificador        |                | 35,93            | 142                           |
| Grade                |                | 35,99            | 134                           |
| Plantio direto       |                | 36,11            | 138                           |
| Lâminas de irrigação |                |                  |                               |
| Sequeiro             |                | 35,87 b          | 129 b                         |
| L1                   |                | 36,97a           | 127 b                         |
| L2                   |                | 35,18 b          | 158 a                         |
| Doses de N           |                |                  |                               |
| 0                    |                | 35,16            | 137                           |
| 25                   |                | 35,72            | 141                           |
| 50                   |                | 36,19            | 139                           |
| 75                   |                | 36,17            | 139                           |
| 100                  |                | 36,31            | 139                           |
| 125                  |                | 36,53            | 132                           |
| F                    | Preparo (P)    | 0,17ns           | 1,70ns                        |
|                      | Lâmina (L)     | 15,69**          | 30,58**                       |
|                      | Nitrogênio (N) | 2,32*            | 0,57ns                        |
|                      | P x L          | 4,37ns           | 7,37ns                        |
|                      | P x N          | 1,89ns           | 0,65ns                        |
|                      | L x N          | 2,53**           | 1,16ns                        |
|                      | Doses de N     |                  |                               |
|                      | RL             | 10,04**          | 0,71ns                        |
|                      | RQ             | 1,01ns           | 1,56ns                        |
| DMS                  | Preparo        | -                | -                             |
|                      | Lâminas        | 0,76             | 10,46                         |
| CV (%)               |                | 5,39             | 19,27                         |

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

Quanto ao desdobramento doses de nitrogênio dentro de lâminas de água, verifica-se que na lâmina L2, os dados se ajustaram a uma função quadrática  $y=32,9737+0,0683x-0,0003x^2$ . Entretanto apesar das diferenças obtidas entre alguns tratamentos, é interessante mencionar que todos os valores obtidos estão dentro da faixa adequada para a cultura, que de acordo com Cantarella et al. (1996 p.48-49) é de 27 a 35 g/kg.

Em relação ao número de panículas/m<sup>2</sup> houve apenas efeito para lâminas de água, onde a L2 propiciou a obtenção de maior valor, resultado constatado também por Oliveira (1994). Arf et al. (2003) trabalhando com preparo de solo e N em cobertura também não constatou diferenças em número de panícula/m<sup>2</sup>. Porém Crusciol (2003 p.p.647-654) não constatou diferença entre os tratamentos irrigados. O fornecimento de água via água de irrigação durante todo o ciclo da cultura propiciou o desenvolvimento mais uniforme dos perfilhos emitidos, resultando em maior perfilhamento útil e, conseqüentemente maior número de panículas/m<sup>2</sup>.

Tabela 13. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente ao teor de N nas folhas. 2003/04.

| Doses de N | Lâminas de água                     |         |                      |
|------------|-------------------------------------|---------|----------------------|
|            | Sequeiro                            | L1      | L2                   |
| 0          | 35,81 A                             | 36,60 A | 33,11 <sup>1</sup> B |
| 25         | 36,29 A                             | 36,62 A | 34,23 B              |
| 50         | 36,50 A                             | 36,49 A | 35,56 A              |
| 75         | 35,12 A                             | 37,57 A | 35,81 AB             |
| 100        | 35,06 B                             | 37,15 A | 36,71 AB             |
| 125        | 36,46 A                             | 37,46 A | 35,66 A              |
| <b>DMS</b> | Lâminas dentro de doses de N - 1,87 |         |                      |
|            | ns                                  | ns      | *                    |

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%

#### 4.5. Número de grãos totais, cheios e chochos

Os números de grãos totais, cheios e chochos estão apresentados na Tabela

12. Pelos resultados pode-se verificar que para grãos totais não houve efeito dos preparos do

solo utilizados. Já Alvarez (2004) trabalhando com doses de N em cobertura constatou diferenças significativas no número de espiguetas por panícula quando aumentada as doses.

Para as lâminas de água houve diferença e o número é crescente do tratamento de sequeiro (100,5 grãos/panícula) para o tratamento com irrigação em todas as fases (130,3 grãos/panícula). Já para as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura os resultados se ajustaram a uma equação  $y=113,7569-0,0964x+0,0011x^2$ , inclusive de difícil explicação.

Quanto aos grãos cheios o comportamento foi semelhante ao obtido para grãos totais e para o número de grãos chochos o comportamento obtido ocorreu de maneira inversa ao dos dois outros componentes, ou seja, maior quantidade de quebrados no sequeiro em relação aos obtidos nas lâminas L1 e L2. Esse comportamento reforça uma das vantagens apontadas para o uso da irrigação por aspersão no cultivo do arroz de terras altas, melhorando a qualidade dos grãos obtidos (SANT'ANA, 1989 p.71-75).



Tabela 14. Valores médios do número de grãos totais, granados e chochos por 15 panículas obtidos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos                  |               | Grãos totais       | Grãos cheios      | Grãos chochos |
|------------------------------|---------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Preparo do solo              |               |                    |                   |               |
| Escarificador                |               | 111,3              | 84,5              | 26,8 b        |
| Grade                        |               | 116,0              | 86,1              | 29,9 a        |
| Plantio direto               |               | 111,3              | 87,2              | 27,8 ab       |
| Lâmina de água               |               |                    |                   |               |
| Sequeiro                     |               | 100,5 c            | 62,9 c            | 37,6 a        |
| L1                           |               | 110,9 b            | 87,7 b            | 23,6 b        |
| L2                           |               | 130,3 a            | 107,2 a           | 23,3 b        |
| Adubação nitrogenada (kg/ha) |               |                    |                   |               |
| 0                            |               | 115,0 <sup>1</sup> | 87,7 <sup>2</sup> | 27,2          |
| 25                           |               | 109,6              | 82,7              | 26,9          |
| 50                           |               | 113,0              | 84,1              | 30,0          |
| 75                           |               | 110,9              | 86,5              | 27,5          |
| 100                          |               | 118,5              | 88,3              | 30,17         |
| 125                          |               | 117,7              | 89,3              | 28,3          |
| F                            | Preparo (P)   | 2,72 ns            | 1,09 ns           | 5,9588        |
|                              | Lâmina (L)    | 105,25 **          | 299,8 **          | 152,3 **      |
|                              | Nitrogênio(N) | 2,84 ns            | 2,44 *            | 1,74 ns       |
|                              | P x L         | 1,37 ns            | 2,22              | 1,28 ns       |
|                              | P x N         | 1,36 ns            | 1,80 ns           | 0,51 ns       |
|                              | L x N         | 1,67 ns            | 1,73 ns           | 1,28 ns       |
|                              | Doses de N    |                    |                   |               |
|                              | RL            | 4,54*              | 2,49 ns           | 3,08 ns       |
|                              | RQ            | 4,02*              | 7,03**            | 0,33 ns       |
| DMS                          | Preparo       | -                  | -                 | 2,22          |
|                              | Lâminas       | 5,03               | 4,29              | 2,22          |
| CV(%)                        |               | 11,19              | 12,68             | 19,99         |

<sup>1</sup> y=113,7569-0,0964x+0,0011x<sup>2</sup>

<sup>2</sup> y=86,8557-0,1302x+0,0012x<sup>2</sup>

Médias seguidas de mesma letra, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

#### 4.6. Massa de 100 grãos, massa hectolétrica e produtividade

Para a massa de 100 grãos (Tabela 15) observa-se que houve efeito da interação preparo do solo e lâminas de água. Os desdobramentos da interação estão apresentados na Tabela 16. Pelos dados verifica-se que os valores obtidos variaram de 2,13 g 2,41 g para 100 grãos. O teste de Tukey conseguiu detectar diferenças apenas para lâminas dentro de preparo do solo, onde no preparo realizado com grade aradora os grãos colhidos na lâmina L2 apresentaram maior massa de grãos (2,41 g/100 grãos). Alvarez (2004) encontrou redução da massa de 100 grãos ao aumentar a adubação nitrogenada em cobertura.

Já para a massa hectolétrica houve efeito apenas de preparo do solo onde o escarificador e o plantio direto apresentaram valores superiores ao obtido no preparo com grade aradora. O preparo com escarificador pode ter propiciado exploração de maior volume de solo pelo sistema radicular e, no plantio direto a palhada da cultura anterior deve ter diminuído as perdas de água por evaporação em relação à grade aradora que realiza um preparo mais superficial do solo e essas devem ter sido as razões para o comportamento obtido.

Para a produtividade de grãos (Tabela 15) verifica-se que os tratamentos com preparo do solo e lâminas de água interferiram na produtividade da cultura. Manzan (1984), Pinheiro et al. (1985), Oliveira (1994), Nakao (1995), Crusciol (1995), Rodrigues (1998) e Arf (2001) citados por Crusciol (2003b p.145-150) também obtiveram incremento na produtividade do arroz de terras altas com o uso da irrigação por aspersão. O preparo do solo com escarificador propiciou a obtenção de maior produtividade em relação ao preparo realizado com grade aradora e plantio direto. O comportamento obtido deve estar relacionado a um possível maior aprofundamento do sistema radicular em função da criação



de um ambiente mais propício para o desenvolvimento radicular em profundidade, aproveitando água e nutrientes em um maior volume de solo em relação aos outros sistemas.

Arf et al (2003) verificou diferenças entre os manejos de solo utilizados e também entre as épocas de aplicação da adubação nitrogenada. O preparo com grade aradora propiciou a obtenção de menor produtividade de grãos, seguido pelo preparo com escarificador e o plantio direto que apresentou maior valor de produtividade.

Quanto às lâminas de água, o tratamento de sequeiro em função do ano agrícola ter apresentado uma distribuição irregular de água durante o ciclo da cultura, apesar das chuvas terem propiciado 694 mm de água (Tabela 04), obteve produtividade muito abaixo dos demais tratamentos.

Crusciol (1998) verificou que a menor disponibilidade hídrica reduz o crescimento do sistema radicular e como consequência menor nutrição e produtividade. Este melhor crescimento do sistema radicular pode ser verificado no tratamento escarificador, que possibilita uma maior porosidade do solo e menor resistência a penetração verificados pelos valores de atributos físicos, o que provavelmente possibilitou um maior aproveitamento do sistema radicular em profundidade sentindo menos o déficit hídrico.

Para doses de N não houve diferenças, apresentando pequenos acréscimos e decréscimos de acordo com que aumentamos as doses. Uma das explicações para a diminuição da produtividade com o aumento da dose de N pode estar relacionada como sombreamento mútuo, ocasionado pelo aumento da área foliar induzida por doses elevadas de nitrogênio (STONE et al., 1999 p.83-91). Contudo diversos trabalhos como Bacha & Lopes (1983), Lopes et al. (1996) e Patel et al. (1986) citados por Farinelli et al. (2004) obtiveram respostas significativas de incrementos na produtividade. Alvarez (2004), em razão da maior disponibilidade hídrica proporcionada pelo sistema de cultivo irrigado por aspersão, a produtividade aumentou linearmente com a adubação nitrogenada.



Tabela 15. Valores médios de massa de cem grãos, massa hectolétrica e produtividade obtida em arroz de terras alta irrigado por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos                  |                | Massa de 100 grãos (g) | Massa hectolétrica | Produtividade(kg/ha) |
|------------------------------|----------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Preparo do solo              |                |                        |                    |                      |
| Escarificador                |                | 2,20                   | 48,63a             | 925a                 |
| Grade                        |                | 2,25                   | 46,60b             | 760b                 |
| Plantio direto               |                | 2,30                   | 49,53a             | 762b                 |
| Lâmina de água               |                |                        |                    |                      |
| Sequeiro                     |                | 2,21                   | 48,80              | 256b                 |
| L1                           |                | 2,25                   | 47,82              | 1057a                |
| L2                           |                | 2,29                   | 48,15              | 1135a                |
| Adubação nitrogenada (kg/ha) |                |                        |                    |                      |
| 0                            |                | 2,25                   | 49,04              | 770                  |
| 25                           |                | 2,27                   | 47,29              | 827                  |
| 50                           |                | 2,25                   | 48,77              | 839                  |
| 75                           |                | 2,25                   | 48,25              | 828                  |
| 100                          |                | 2,24                   | 47,63              | 840                  |
| 125                          |                | 2,26                   | 48,55              | 826                  |
| F                            | Preparo (P)    | 1,71ns                 | 11,55**            | 15,72**              |
|                              | Lâmina (L)     | 1,43ns                 | 1,28ns             | 418,14**             |
|                              | Nitrogênio (N) | 0,04ns                 | 1,17ns             | 0,72ns               |
|                              | P x L          | 3,02*                  | 1,81ns             | 2,29ns               |
|                              | P x N          | 1,00ns                 | 1,49ns             | 1,79ns               |
|                              | L x N          | 0,78ns                 | 0,77ns             | 1,71ns               |
|                              | Doses de N     |                        |                    |                      |
|                              | RL             | 0,03NS                 | 0,13ns             | 0,25ns               |
|                              | RQ             | 0,01NS                 | 0,76ns             | 2,91ns               |
| DMS                          | Preparo        | -                      | 1,47               | 79,46                |
|                              | Lâminas        | -                      | -                  | 79,46                |
| CV (%)                       |                | 13,59                  | 7,78               | 24,73                |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 16. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos. Selvíria (MS), 2003/04.

| Lâminas    | Preparos do solo |          |                |
|------------|------------------|----------|----------------|
|            | Escarificador    | Grade    | Plantio direto |
| Sequeiro   | 2,13a A          | 2,22ab A | 2,27a A        |
| L1         | 2,30a A          | 2,13 b A | 2,33a A        |
| L2         | 2,17a A          | 2,41a A  | 2,30a A        |
| <b>DMS</b> |                  | 0,021    |                |
|            |                  | 0,021    |                |

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%

De maneira geral as médias de produtividades obtidas foram baixas, mesmo no tratamento irrigado durante todas as fases, causa esta provavelmente atribuída às falhas no estande, sendo parte possivelmente ocasionado pela utilização de uma percentagem de sementes inviáveis.

Porém a principal causa das falhas no estande é provavelmente a utilização do implemento de deposição de fertilizante (haste sulcadora ou “botinha”) associado ao solo úmido por ocasião da semeadura. Costa (2005) conclui que o implemento haste sulcadora promove maior profundidade de deposição de sementes, menor stande, menor número de panículas por área e consequentemente menor produtividade de grãos.

Outro aspecto a considerar é a utilização de um cultivar recém-lançado e provavelmente não adaptado às condições climáticas locais. Além do que poderia ter sido realizada a implantação da cultura em espaçamentos menores entre as linhas, pois na fase final de desenvolvimento observou-se sobra de espaço nas entrelinhas, em função da baixa altura de plantas, ao redor de 0,70 m e da arquitetura das plantas do cultivar BRS-Talento pertencerem ao grupo moderno com folhas mais eretas.

#### 4.7. Rendimento de engenho

A irrigação por aspersão também pode possibilitar a obtenção de grãos com melhor qualidade, pois propicia um processo contínuo de enchimento, levando a um maior rendimento de grãos no benefício e de inteiros, e, conseqüentemente, à redução no rendimento de grãos quebrados. O rendimento de inteiros significa a quantidade de grãos inteiros obtida após o beneficiamento industrial (OLIVEIRA, 1994).

Os resultados obtidos para o rendimento de engenho estão apresentados na Tabela 17. Para o rendimento de benefício e de inteiros apesar da diferença encontrada para lâminas de água, os valores estão muito próximos e ao redor de 70% para o rendimento de benefício e variando de 45 a 50% para o rendimento de inteiros que são valores considerados adequados para a cultura. Para o efeito de lâminas os resultados discordam de Oliveira (1994) e Arf et al. (2002 p.376-379) que verificou o efeito benéfico da irrigação por aspersão, constatando um incremento na quantidade de inteiros.

Quanto aos grãos quebrados, além do efeito significativo de lâminas de água, houve efeito da interação preparo do solo x lâminas de água e os desdobramentos estão apresentados na Tabela 18.

Verifica-se que para o desdobramento de preparo do solo dentro de lâminas de água, no tratamento sequeiro o preparo com grade apresentou menor quantidade de grãos quebrados (18,0%), porém as diferenças são pequenas em relação ao preparo com escarificador (21,3%) e plantio direto (22,6%). Na lâmina L1 o plantio direto foi o que apresentou maior valor e na lâmina L2 não houve diferenças entre os preparos utilizados.

Para o desdobramento lâminas de água dentro de preparos do solo, de maneira geral a lâmina L2 apresentou menor quantidade de grãos quebrados, o que pode ser

justificado pelo fornecimento de água em período de veranico favorecendo a obtenção de grãos inteiros no beneficiamento.

No preparo do solo não foi constatado diferenças concordando com Arf et al. (2002 p.321-326), porém Arf et al. (2001 p.871-879) constatou que para o cultivar IAC 201 o rendimento de inteiros no preparo realizado com aiveca e escarificador obteve maior rendimento. Observou ainda que o adequado preparo do solo favorece o desenvolvimento do sistema radicular, possibilitando a absorção de nutrientes e por consequência o desenvolvimento das plantas.

Bordin et al. (2003 p.235-241) trabalhando com quatro doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75kg/ha ) observaram maior rendimento com a dose 75kg.ha<sup>-1</sup> de N, o que não ocorreu neste trabalho, não obtendo diferenças entre as doses de N. Já Arf et al. (1996) e Arf et al. (2003) obtiveram resultados semelhantes, concluindo que os componentes de rendimento de engenho não sofreram influencia em resposta à doses de N.



Tabela 17. Valores médios de rendimento de engenho obtidos em arroz de terras altas irrigados por aspersão. Selvíria (MS), 2003/04.

| Tratamentos |                | Rendimento de<br>benefício<br>(%) | Rendimento de<br>inteiros<br>(%) | Grãos<br>quebrados<br>(%) |
|-------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
|             |                | Preparo do solo                   |                                  |                           |
|             | Escarificador  | 70,6                              | 47,1                             | 22,6                      |
|             | Grade          | 70,3                              | 48,6                             | 21,3                      |
|             | Plantio direto | 70,3                              | 47,3                             | 22,4                      |
|             |                | Lâmina de água                    |                                  |                           |
|             | Sequeiro       | 70,8a                             | 50,15a                           | 20,6 b                    |
|             | L1             | 70,7a                             | 44,7 b                           | 25,2a                     |
|             | L2             | 69,6 b                            | 48,2a                            | 20,4 b                    |
|             |                | Adubação nitrogenada (kg/ha)      |                                  |                           |
|             | 0              | 70,9                              | 47,2                             | 22,6                      |
|             | 25             | 70,5                              | 47,2                             | 22,4                      |
|             | 50             | 70,8                              | 48,0                             | 22,2                      |
|             | 75             | 70,3                              | 48,1                             | 21,8                      |
|             | 100            | 70,3                              | 47,3                             | 22,4                      |
|             | 125            | 70,0                              | 48,2                             | 21,1                      |
| F           | Preparo (P)    | 0,23ns                            | 1,81ns                           | 2,06ns                    |
|             | Lâmina (L)     | 5,16**                            | 19,69**                          | 28,85**                   |
|             | Nitrogênio (N) | 0,37ns                            | 0,28ns                           | 0,57ns                    |
|             | P x L          | 1,72ns                            | 2,23ns                           | 7,52**                    |
|             | P x N          | 1,27ns                            | 0,95ns                           | 0,94ns                    |
|             | L x N          | 0,51ns                            | 1,65ns                           | 0,95ns                    |
|             | Doses de N     |                                   |                                  |                           |
|             | RL             | 0,65ns                            | 0,47ns                           | 1,57ns                    |
|             | RQ             | 0,58ns                            | 0,06ns                           | 0,16ns                    |
| DMS         | Preparo        | -                                 | -                                | -                         |
|             | Lâminas        | 1,05                              | 2,08                             | 1,69                      |
| CV (%)      |                | 3,79                              | 11,14                            | 19,45                     |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 18. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente à  
grãos quebrados. 2003/04.

| <b>Lâminas</b>                   | <b>Preparos do solo</b>         |              |                       |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------------------|
|                                  | <b>Escarificador</b>            | <b>Grade</b> | <b>Plantio direto</b> |
| Sequeiro                         | 21,3 b A                        | 18,0 b B     | 22,6a A               |
| L1                               | 27,3a A                         | 25,6a A      | 22,7a B               |
| L2                               | 19,2 b A                        | 20,1 b A     | 22,0a A               |
| Preparo dentro de lâminas - 2,93 |                                 |              |                       |
| <b>DMS</b>                       | Lâmina dentro do preparo - 2,93 |              |                       |

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados já obtidos pode-se concluir que:

**1 -** O preparo do solo com escarificador propiciou maior produtividade em relação ao uso de grade aradora ou plantio direto;

**2 -** O fornecimento de água durante todo o ciclo ou apenas nas fases reprodutivas e de maturação propiciaram a obtenção de produtividades superiores em relação ao cultivo de sequeiro;

**3 -** A adubação nitrogenada em cobertura não interferiu na produtividade e rendimento industrial do arroz de terras altas irrigado por aspersão.



## 6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A.C.C. *Produção do arroz em função da adubação com silício e nitrogênio no sistema de sequeiro e irrigado por aspersão*. 2004 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- AQUINO, A.R.L. *Níveis e modos de aplicação de uréia  $15_N$  no arroz (*Oryza sativa* L.) submetidos a veranicos*. Piracicaba, 1984.134p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.36, n.6, p.871-879, 2001.
- ARF, O. *Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão*, 1993. 63f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1993.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria (MS). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.35, n.10, p. 1967-1976, 2000.



ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C.; BUZETTI S. Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura no comportamento de cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. I. Características agronômicas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.376- 379.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI S.; SÁ M.E. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Práticas culturais. In: CONGRESSO SUL-BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3, REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25, 2003, Balneário Camboriú. *Anais...* Santa Maria: SOSBAI, 2003. p. 175-176.

ARF, O.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; STRADIOTO, M.F.; PASTANA, A.R.M.P. Comportamento de cultivares de arroz para condição de sequeiro irrigado por aspersão em diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, São Paulo, v.24, n.1, p.85-97, 1996.

ARF, O.; RODRIGUES R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C.; PEREIRA, J.C.R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de Terras altas. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59 n. 2, p. 321-326, 2002.

BALBINO, L.C; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S., RAVA, C.A., STONE, L.F., ZIMMERMANN, M.J.O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p.301-352.

BASTOS, J.C. H. A. G.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; SOUZA, D.V.; AGUIAR, E.C.; COSTA, F. J. Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p. 394-397.



BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades física de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.58, n.3, p. 1047-1054, 2000.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Matéria seca e altura de plantas de soja e arroz em função do grau de compactação e do teor de água de 2 Latossolos. *Engenharia Agrícola*, Jabaticabal, v.24, n.1, p.142-149, 2004.

BLOCH, C.A. Crop yields in relation to water supply and soil fertility. In:(Ed) *Plant environment and efficient water use*. Madison: American Society Agronomy, 1966. p. 177-206.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em plantio direto, *Bragantia*, Campinas, v.62, p.235-241, 2003.

BRUNINI, O. Eficiência do uso da água por cultivares de arroz em duas densidades de plantio. *Bragantia*, Campinas, v.40, 1981. p. 135-43.

CAMPELLO JUNIOR, J.O. *Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) sob diferentes doses de nitrogênio*. 1985. 127f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

CARVALHO JÚNIOR, A.G. *Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (Oryza sativa L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrado*. Lavras, 1987. 165p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, 1986. p. 167-71.



CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P. (Ed.). *Simpósio sobre o manejo de água na agricultura*: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; ALVES, M.C.; SOUZA, D.V.; AGUIAR, E.C.; COSTA, F.J. Resposta do arroz de terras altas à aplicação de doses de nitrogênio após diferentes coberturas vegetais no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.604-607.

CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 48-49 (Boletim Técnico, 100).

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

CORRECHEL, V.; SILVA, A.P.; TORMENA, C. A Influencia da posição relativa a linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.1, p.165-172, 1999.

COSTA, A.M., *Mecanismos de distribuição do fertilizante e adubação nitrogenada em cobertura no arroz de terras altas em plantio direto*. 2005. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.



COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C. ; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.27, p.527-535, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C. *Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. 129f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

CRUSCIOL, C.A.C. *Espaçamento e densidade de semeadura do arroz, cv. IAC 201, sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1995. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

CRUSCIOL, C. A.C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J.R. Influencia de laminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.4, p.647-654, 2003.

CRUSCIOL, C. A.C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; RODRIGUES, R. A.F.; MACHADO, J. R. Manejo de irrigação por aspersão com base no Kc e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.3, p. 465-475, 2003.

CRUSCIOL, C. A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A.F.; Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função de espaçamento e da densidade de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.35, n.6, p.1093-1100, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Extração de macronutrientes pelo arroz de terras altas sob diferentes níveis de irrigação por aspersão e de adubação. *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, v.9, n.2, p.145-150, 2003b.



CRUZ, A.C. R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um argissolo vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.1105-1112, 2003.

DE MARIA, I.C; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DEMATTE, J.L.I. *Levantamento detalhado dos solos do "Campus experimental de Ilha Solteira"*. Piracicaba: Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade. Esalq/USP, 1980. p.11-31.

DINIZ, J.A. *Comportamento de cultivares de arroz, em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada*. 1975. 53f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1975.

DINIZ, J.A.; BRANDÃO, S.S.; TELGIUTICE, R.M.; SEDIYAMA, C.S.; LOUREIRO, B.T. Comportamento de variedades de arroz, em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Experientiae*, Viçosa, v.22, p.235-262, 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 1999. 412p.

FAGADE, S.O.; DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agron. J.*, Madison v.63, n.3, 1971. p. 503-506.

FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.15, 1980. p. 259-265.

- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J. L. Influencia dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.1097-1104, 2003.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIM, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.3, p.447-454, 2004.
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, 1983.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- GUIMARAES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n.4, p.703-707, 2001.
- GOEDERT, W. J.; SHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.37, n.2, p.223-227, 2002.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.21, n.18, p.285-295, 1960.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.249-259.
- MACHADO, J.A.; BRUM, A. C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, p.81-84, 1978.



MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. p. 319.

MENDEZ DEL VILLAR, P. Tendências da produção e do comércio mundial do arroz. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão v.1, 2002. p.111-114.

MORAIS, O.P.; CASTRO, E.M.; BRESEGHELLO, F.; GUIMARÃES, E.P.; LOPES, A.M.; PEREIRA, J.A.; UTUMI, M.; MOURA NETO, F.P. BRS Talento: cultivar semiprecoce de arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, Florianópolis. *Anais...*Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.215-216.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: MUZILLI, O.; FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Coords.). *Atualização em plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-158.

NAKAO, W. S. *Manejo de água na cultura do arroz (Oryza sativa L.) irrigado por aspersão*. 1995. 44f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1995.

OLIVEIRA, G.S. *Efeito de densidades de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (Oryza sativa L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1994. 41f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1994.

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T.A.; SILVA, A.E.; PINHEIROS, B.S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E.M.; GUIMARÃES, C.M.; GOMIDE, J.C.; BALBINO, L.C. *Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens*



degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1996. 90p. (EMBRAPA-CNAF. Documentos, 64).

OTTONI FILHO, T. B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.27, p.211-222, 2003.

PEDROSO, P.A.C.; CORSINI, P.C. Manejo físico do solo. In: FERREIRA, M.E., YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. *Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 225-238.

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

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z.M. Sistemas de preparo e resistência a penetração e densidade de um latossolo vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análises de solo para fins de fertilidade*. Campinas: IAC, 1983. p.1-31. (Boletim Técnico, Instituto Agrônomo de Campinas, 81).

RIBEIRO; G.J. T.; CORREA, J. B.D.; LEITE, G. M. V.; GROSS, M.R.; SOARES, A. A. Compactação e sua influencia no desenvolvimento e produção de arroz, em três classes de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Solo: alicerce dos sistemas de produção, 29, 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Viçosa: Agromídia, Viçosa, 2003. (CD-ROM).

RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus-constructions and use. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, v. 28, n.10, p. 451-454, 1947.



RODRIGUES, R.A.F. *Efeitos do manejo de água nas características fenológicas e produtivas do arroz (Oryza sativa L.) cultivado em condições de sequeiro sob irrigação por aspersão.*

1998. 75f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz de terras altas I. Características fenológicas e agrônômicas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis.

*Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.361-364.

RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz de terras altas II. Componentes de produção e produtividade. CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis.

*Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.365-368.

SANT'ANA, E. P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. *Informe Agropecuario*, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.71-75, 1989.

SANTOS, A.B. *Comportamento de cultivares de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar.* 1990. 94f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; FAGÉRIA, N.K.; PRABHU, A.S.; MAH, M.G.A. C.; AQUINO, A.R.L.; AGIMURA, G.M.; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P.; CARVALHO, J.R.P.; OLIVEIRA, A.P.; SILVEIRA FILHO, A. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.17, p.835-845, 1982.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. *Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas*



daninhas e na conservação de água. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 26 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 17).

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.35, n.12, p.2485-2492, 2000.

SILVA, R.B.; JUNIOR, M.S.D.; SANTOS, F.L.; FRANZ, C.A.B. Influência do preparo inicial sobre a estrutura do solo quando da adoção do sistema plantio direto, avaliada por meio da pressão de preconsolidação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.27, p.961-971, 2003.

SORATTO, R.P.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz irrigados por aspersão no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.369-371.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência a penetração em um latossolo vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2003.

STONE, L.F. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.14 p. 105-109, 1979.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A. Desenvolvimento de cultivares de arroz em diferentes sistemas de preparo do solo, sob irrigação suplementar por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6, 1998, Goiânia. *Resumos expandidos...* Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. p.103-106.

STONE, L.F.; OLIVEIRA, A.B.; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.14, p.295-301, 1979.

STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: efeito de espaçamento entrelinhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.29, p.1577-1592, 1994.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.34, n.1, p. 83-91, 1999.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.4, p.795-801, 2002.

VIEIRA; A.R.; STEINMETZ, S.; BRUNINI, O. Resposta de duas cultivares de arroz a níveis de água no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.26, n.7, p. 927-934, 1991.

VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 19, p.873-882, 1984.

VIEIRA, S.R.; NASCIMENTO, P.C; SARVASI, F. O.C.; MOURA, E. G. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta por resteva de soja em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.219-224, 1991.

VIETS JUNIOR, F.G. Increasing water use efficiency by soil management. In: PIERRE, W.H. (ed) *Plant environment and efficient use*. Madison: American Society of Agronomy, 1966. p. 259-74.

WARD, R.C.; WHINTNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. Plant analysis as a aid in fertilizing small grains. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (ed). *Soil testing and plant analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p.329-48.



YOKOYAMA, L. P. O arroz no Brasil no período de 1985/86 a 1999/00: aspectos conjunturais. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7, 2002, Florianópolis. *Anais...* Santo Antônio de Goiás, 2002. p. 96-99.

YOSHIDA, S. (Ed.) *Fundamentals of rice crop science*. Los Banos: International Rice Research Institute, 1981. cap. 2, p.65-110.





**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

Câmpus de Ilha Solteira

Programa de Pós-graduação em Agronomia

Av. Brasil, 56 Centro

15385-000 Ilha Solteira - SP

[www.feis.unesp.br](http://www.feis.unesp.br)

