

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS ITAQUI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO EM ARROZ IRRIGADO  
NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NA  
PRODUTIVIDADE DE GRÃOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Priscila Vogelei Ramos**

**Itaqui, RS, Brasil  
2011**

**Priscila Vogelei Ramos**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO EM ARROZ IRRIGADO NAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE  
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo.**

Orientador: Prof. Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil  
2011

RAMOS, Priscila Vogelei  
Influência do Manejo de Arroz Irrigado nas Propriedades  
Físicas do Solo e na Produtividade de grãos. Priscila Vogelei  
Ramos. 2011.  
31 folhas

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia)  
Universidade Federal do Pampa, 02 de dezembro de 2011.  
Orientação: Amauri Nelson Beutler

1. Plantio direto. 2. *Oryza sativa*. 3. rendimento. I. Beutler,  
Amauri Nelson.

**PRISCILA VOGELI RAMOS**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO EM ARROZ IRRIGADO NAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE  
GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendida e aprovada em: 02 de dezembro de 2011.  
Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler  
Orientador  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Leandro Galon  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar tantas oportunidades, sempre me orientando para o melhor caminho a ser percorrido.

À família que sempre me apoiou, incentivou e contribuiu imensamente na minha formação. Obrigada especialmente aos meus pais José da Silva Ramos e Carla Mey Vogelei Ramos.

Aos amigos pelo companheirismo, estando presentes em etapas difíceis e importantes da minha vida, especialmente à colega Bruna Canabarro Pozzebon que além de amizade me ofereceu auxílio para a realização de vários trabalhos acadêmicos, inclusive, contribuindo para a realização deste.

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler pela orientação prestada durante toda minha caminhada acadêmica especialmente no auxílio neste trabalho.

Aos colegas pelos anos de convivência dividindo momentos de aprendizado, descobertas e pela amizade estabelecida.

À comunidade em geral que contribui de uma forma ou outra com esta etapa da minha vida.

Se andarmos apenas por caminhos já traçados, chegaremos apenas aonde os outros chegaram.

Alexandre Graham Bell

## **Influência do Manejo em Arroz Irrigado nas Propriedades Físicas do Solo e na Produtividade de Grãos**

Autor: Priscila Vogelei Ramos

Orientador: Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler

Data: Itaqui, 02 de dezembro de 2011

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do Brasil, com destaque para a região da Fronteira Oeste. O objetivo deste estudo foi avaliar propriedades físicas do solo e a produtividade de arroz irrigado por inundação em diferentes sistemas de manejo. Os trabalhos foram realizados nas safras 2009/2010 e 2010/2011 com delineamento experimental inteiramente casualizado com três experimentos e dez repetições. Na safra 2009/2010 foram realizados os experimentos: E1- plantio direto após passagem da remaplan (E1PDR) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal (E1C); E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional, após campo nativo (E2C); E3- Plantio direto (E3PD), plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR) e, sistema convencional (E3C), após plantio direto de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo. Na safra 2010/2011 os sistemas de manejo foram: E1 - sistema PD (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan (E1C), em área de um ano de cultivo de arroz após sete anos de pousio do cultivo de arroz e semeadura de azevém no inverno, com pastejo animal o ano todo; E2 - sistema PD (E2PD) e sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3 - sistema PD (E3PD) e, sistema convencional (E3C), após plantio direto de arroz irrigado durante dois anos em área de campo nativo. Foram avaliadas a densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, massa seca na superfície do solo e rendimento de grãos de arroz. No sistema de plantio direto as propriedades físicas do solo são semelhantes às do sistema convencional com gradagens. A produtividade de arroz irrigado por inundação não difere entre o sistema plantio direto e convencional.

**Palavras-chave:** atributos físicos do solo, plantio direto, rendimento, *Oryza sativa* L.

## ABSTRACT

### Tillage Influence in flooded rice in soil physical properties and grains yield

Author: Priscila Vogelei Ramos

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Date: Itaqui, December 02, 2011.

The Rio Grande do Sul State is the greater producer of flooded rice from Brazil, highlighting the west border region. The objective of this work was to evaluate soil physical properties and flooded rice yield in different systems. The work was carried out in the 2009/2010 and 2010/2011 seasons with experimental design completely randomized with three experiments (E) and ten replicates. In 2009/2010 season the following experiments had been carried out: E1, no-tillage after leveling (E1PDR) and conventional tillage with two harrowings at 0.0-7 cm layer after leveling (E1C), after seven years of fallow of rice tillage, with sowing of rye grass in winter and grazing; E2, no-tillage(E2PD) and conventional tillage (E2C), after native filed; E3, no-tillage (E3PD), no-tillage after leveling (E3PDR), and conventional tillage (E3C) after rice under no-tillage, during one year under native field. In 2010/2011season the experiments were: E1, no-tillage (E1PD) and conventional tillage with two harrowings at 0.0-7 cm layer after leveling (E1C), in area of one year of rice culture after seven years of fallow of rice tillage, with sowing of rye grass in winter and grazing; E2, no-tillage (E2PD) and conventional tillage (E2C), after native filed; E3, no-tillage (E3PD), and conventional tillage (E3C) after rice under no-tillage, during two year under native field. It was evaluated soil density, total porosity, aggregates stability, macro and microporosity, dry mass in soil surface and rice grains yield. In no-tillage soil physical properties are similar to the conventional tillage. The flooded rice yield did not differ between the no-tillage system and conventional tillage.

Keywords: soil physical attributes, no-tillage, yield, *Oryza sativa* L.



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Composição granulométrica nos três experimentos e sistemas de manejo do solo, determinada nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Uruguaiana, RS.....	16
TABELA 2. Caracterização química e massa seca na superfície do solo antes da semeadura, 2009/2010, nos três experimentos e sistemas de manejo do solo. Uruguaiana, RS.....	17
TABELA 3. Caracterização química e massa seca na superfície do solo, nos experimentos, antes da semeadura, 2010/2011, e sistemas de manejo. Uruguaiana, RS.....	18
TABELA 4. Diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade relativa do solo ( $D_{sr}$ ), densidade do solo ( $D_s$ ), macroporosidade ( $M_a$ ), microporosidade ( $M_i$ ) e porosidade total ( $P_t$ ), nos três experimentos e sistemas de manejo, 2009/2010. Uruguaiana, RS.....	22
TABELA 5. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, em três experimentos e nas profundidades de 0-5 cm e 7-10 cm, em sistemas de manejo, 2010/2011. Uruguaiana, RS.....	23
TABELA 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação nos experimentos 1, 2, 3, comparando plantio direto (PD), convencional (C) e plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR). Nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Uruguaiana, RS.....	25

## ABREVIATURAS

Cfa – subtropical úmido

DAE – dias após a emergência

DMG – diâmetro médio geométrico

Ds – densidade do solo

Dsr – densidade relativa do solo

E – experimento

Ma – macroporosidade

Mi – microporosidade

PC – sistema convencional

PD – plantio direto

PDR – plantio direto após a passagem de remaplan

Pt – porosidade total

v. – volume

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Propriedades físicas do solo .....	13
2.2 Sistemas de manejo .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais cultivados do mundo. É importante para a nutrição humana, sendo capaz de suprir a dieta básica da população com um considerável aporte de calorias, proteínas e sais minerais (GOMES & MAGALHÃES, 2004). Na produção do MERCOSUL, o Brasil participa com cerca de 82%, produzindo entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz ao ano. Desta produção brasileira, o Rio Grande do Sul (RS) é responsável por 61% (SOSBAI, 2010).

Na metade sul do RS, o arroz irrigado representa a principal atividade econômica, tendo a possibilidade de ser cultivado em grandes, médias e até pequenas áreas. Na região da fronteira oeste do RS obtêm-se as maiores produções devido a grandes extensões produtoras localizadas nas cidades de Uruguaiana e Itaqui, que fazem parte do Bioma Pampa, com características peculiares de clima, solo e recursos hídricos.

Quanto ao clima, na região da campanha e fronteira oeste do RS, as estiagens que ocorrem nos primeiros meses do ano inviabilizam o cultivo de culturas anuais sem irrigação, como soja e milho, fator decisivo na utilização do solo principalmente com arroz irrigado e pastagens de inverno e perenes destinadas à pecuária.

Uma característica positiva do cultivo do arroz é que, preferencialmente é realizado em áreas de várzea, solos com relevo plano a suave ondulado que ocorrem em baixadas (GOMES & MAGALHÃES, 2004), estas que seriam exploradas com pecuária pouco produtiva e com baixa ocupação de mão-de-obra (SOSBAI, 2010).

Os principais sistemas de cultivo na cultura do arroz irrigado no sul do país diferenciam-se, quanto à forma e à época de preparo do solo, os métodos de semeadura e ao manejo inicial da água. Estes sistemas são o convencional, o cultivo mínimo, caracterizados pelo preparo antecipado do solo, a semeadura direta, o pré-germinado e, o transplante (SOSBAI, 2010).

Com a adoção do sistema convencional é possível realizar dois tipos de operações. A primeira mais profunda, com o preparo inicial do solo e a segunda caracterizada por operações mais leves. Neste sistema, o preparo do solo deverá ser realizado com equipamentos adequados ao tipo de solo, profundidade desejada e condição de cobertura (SOSBAI, 2010).

O PD tem como objetivo principal a conservação do solo, através da movimentação mínima, permanente cobertura do solo e adoção da prática de rotação e sucessão de culturas. Com este sistema pode ser obtida uma maior eficiência do controle químico de plantas daninhas (SOSBAI, 2010). Outros benefícios têm sido relatados, principalmente no controle da erosão hídrica, no acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes no solo. Entretanto, geralmente, os solos são compactados abaixo da camada superficial, independente do teor de argila, sendo considerada uma consequência normal desse sistema. Para preservar a qualidade do solo e eliminar a necessidade de mobilizações nesse sistema, é recomendado o uso da rotação de culturas (GENRO Jr. et al., 2009).

Quando o arroz irrigado é cultivado no PD, em rotação com culturas como o milho e a soja, prática já utilizada em algumas áreas de várzea do RS, o preparo do solo vem sendo dispensado, opção pouco viável na região da campanha e fronteira oeste em função das estiagens que inviabilizam a rotação de culturas.

O preparo do solo antecipado visa preparar a superfície do solo para receber as sementes de arroz e, principalmente, estimular a germinação e emergência de sementes de plantas daninhas, como as de arroz-vermelho e preto, em um período que estas não possam competir com a cultura do arroz. Antes da semeadura efetua-se somente a dessecação com glyphosate das plantas daninhas. O revolvimento do solo é realizado para preparar o solo, incorporar e acelerar a decomposição da palha residual do arroz, considerada prejudicial, quando em excesso.

Para solos de várzea, 2 a 3 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca são suficientes para que se tenha uma adequada cobertura para implantação do plantio direto. Quantidades maiores, além de dificultarem a evaporação da água do solo, podem produzir ácidos orgânicos em níveis tóxicos ao arroz (SANTOS et al., 2006), resultando em menor germinação, crescimento radicular e um menor peso e altura de plântulas (SOUSA & BORTOLON, 2002). Em níveis elevados de ácidos orgânicos, a toxidez pode causar menor absorção de nutrientes pelas plantas (CAMARGO et al., 2001; SCHMIDT et al., 2007), entre estes, N, P, K, Ca e Mg (SOUSA & BORTOLON, 2002) e menor produtividade do arroz irrigado (CAMARGO et al., 1995).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Propriedades físicas do solo**

A produção de plantas e seu desenvolvimento têm sido estudados sob vários ângulos. Um destes é a relação da planta com os atributos físicos do solo. Fatores ambientais como água, oxigênio e temperatura agem no crescimento da planta, e as propriedades físicas afetam diretamente estes fatores, agindo indiretamente na produção das plantas (REINERT et al., 2006).

Características como composição do solo, profundidade efetiva, mineralogia, textura e propriedades que se modificam através do tempo, são consideradas características determinantes para avaliar a qualidade física de um solo e constatar os efeitos de diferentes sistemas de manejo ao longo do tempo (REINERT et al., 2006).

Indicadores físicos do solo mostram-se extremamente importantes para tomar decisões e adotar determinados manejos, entre estes: a agregação, infiltração, densidade e macroporosidade do solo (REINERT et al., 2006). A compactação é caracterizada pela redução de poros e oxigênio, aumentando a densidade e retenção de água no solo. Existem graus de compactação moderados e elevados que afetam a capacidade das plantas de aproveitar a água disponível do solo. O crescimento radicular é prejudicado com a compactação, confinando as raízes acima da camada compactada ou em partes do perfil diminuindo o volume de solo explorado pelas raízes, a quantidade de ar, água e nutrientes disponíveis e limitando a produtividade das culturas (GENRO Jr. et al., 2009).

### **2.2 Sistemas de manejo**

As constantes passagens de máquinas pesadas nos solos durante a semeadura, tratos culturais e colheita, agem no sentido de compactar o solo em determinados manejos agrícolas. Entretanto, alguns sistemas amenizam esses efeitos, reduzindo as pressões pela palha na superfície, elevação do nível da matéria orgânica e atividade biológica do solo, agindo positivamente na melhoria do solo, tornando-o mais resistente à compactação (REINERT et al., 2006).

Segundo Reinert et al. (2006), o PD age no sentido de melhorar as condições da estabilidade estrutural, efetivando taxas baixas ou altas de melhoria, dependendo do manejo do solo e do sistema de culturas implantadas.

O aumento da infestação de plantas daninhas, em especial o arroz-vermelho deve-se principalmente pelo cultivo repetido em anos sucessivos em uma mesma área, situação agravada com o constante tráfego de implementos pesados utilizados para o preparo convencional dos solos de várzea. Somando a esses fatores, ações sucessivas de preparo ao longo dos anos, podem trazer sérios problemas de drenagem, tanto na movimentação da água como na aeração nesses solos (PAULETO et al., 1993).

A densidade do solo ( $D_s$ ) é um dos mais importantes parâmetros físicos para avaliar e caracterizar os efeitos de sistemas de manejo na compactação do solo (PEDROTTI & DIAS Jr., 1996). De acordo com Kiehl (1979), o manejo inadequado do solo, aumenta a densidade pela compactação dos horizontes superficiais do solo.

No PD e cultivo mínimo em arroz irrigado o rendimento de grãos vem se mostrando similar ou mesmo superior ao sistema convencional. Pesquisas comprovam o potencial produtivo desses sistemas, somado à viabilidade de aproveitamento, de pelo menos três anos seguidos, em uma mesma área (GOMES & MAGALHÃES, 2004).

Segundo Pedrotti et al. (2001), em solos de várzea com a utilização de plantio direto de arroz irrigado e rotação com culturas anuais ocorreu uma menor compactação (densidade do solo), comparado ao cultivo contínuo de arroz em sistema de preparo convencional. Andres et al. (2001) verificaram que a rotação com culturas anuais proporcionou redução no banco de sementes de arroz-vermelho, espécie essa considerada uma das principais plantas daninhas infestantes de lavouras. Segundo Genro Jr. et al. (2009), a rotação de culturas também auxilia na diminuição da densidade e aumento da porosidade do solo, sendo também recomendada para a estabilidade dos agregados.

Objetivou-se com o trabalho comparar os sistemas de plantio direto e o convencional, quanto aos atributos físicos do solo e a produtividade de arroz irrigado por inundação.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas coordenadas 29° 40' 55" S e 56° 38' 17" W, em Uruguaiana, em altitude de 85 m e, em um Neossolo Regolítico Eutrófico (SANTOS et al., 2006). O clima do local é do tipo Cfa (sub-tropical úmido sem estação seca definida), segundo a classificação climática Köppen.

Os experimentos foram realizados durante as safras 2009/2010 e 2010/2011. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três experimentos (E) e dez repetições (parcelas de 3 x 2 m). Foram instalados três experimentos devido à variação no conteúdo de argila entre os experimentos e devido ao manejo anterior a instalação dos experimentos ser diferente. Os experimentos e sistemas de manejo, em 2009/2010, foram: E1- plantio direto após passagem da remaplan (E1PDR) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade 0 – 7 cm + remaplan) (E1C), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal; E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3- Plantio direto (E3PD), plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR) e, sistema convencional (E3C), após sistema convencional de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo. Em 2010/2011 os experimentos e sistemas de manejo foram: E1- sistema PD (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan (E1C), em área de um ano de cultivo de arroz após sete anos de pousio do cultivo de arroz e semeadura de azevém no inverno; E2 - sistema PD (E2PD) e sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3 - sistema PD (E3PD) e, sistema convencional (E3C), após plantio direto de arroz irrigado durante dois anos em área de campo nativo. O E1 foi na mesma área nos dois anos. No inverno as áreas ficaram em pousio e a soca do arroz utilizada para pastoreio com lotação animal inferior a 1,2 unidades animal por hectare.

Para caracterização das áreas experimentais, foi determinada a composição granulométrica, na camada de 0 – 20 cm, determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), representado na TABELA 1.

A caracterização química, na entrelinha, foi realizada na camada de 0-10 cm, e massa seca na superfície do solo determinada em área de 0,25 m<sup>2</sup>, antes da semeadura, em 2009 (TABELA 2) e, em 2010 (TABELA 3).



TABELA 1. Composição granulométrica nos três experimentos e sistemas de manejo do solo, determinada nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Uruguiana, RS.

Experimentos	Argila	Silte	Areia
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
2009/2010			
E1	215	605	180
E2	271	577	152
E3	342	467	191
2010/2011			
E1	215	605	180
E2	265	552	183
E3	293	510	197

E1, E2 e E3= experimento 1, 2 e 3, respectivamente.

Nos de 2009/2010 e 2010/2011 realizou-se a construção e remontagem de taipas no PD, sempre que necessário, com camalhão de 12 cm de altura e dimensionamento entre taipas suficiente para permitir uma lâmina de água de  $\pm 4$  cm de altura sobre o solo, a qual foi aplicada 30 dias (2009/2010) e 20 dias (2010/2011) após a semeadura do arroz.

Antes da semeadura foram aplicados herbicidas para dessecação da vegetação e posteriormente avaliou-se a quantidade de massa seca na superfície do solo em área de 0,25 m<sup>2</sup>. A semeadura foi realizada na densidade de 60 sementes por metro e no espaçamento de 0,17 m entre linhas.

Em 2009/2010 a semeadura foi realizada no mês de setembro no E2 e E3 e dezembro no E1. No E2 e E3 a variedade utilizada foi IRGA 424 e no E1 foi PUITÁ INTA CL. A adubação foi de 240 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 09-23-30, N-P-K, na base; 160 kg ha<sup>-1</sup> de 30-00-20, N-P-K, 20 dias após a emergência (DAE); e, 60 kg ha<sup>-1</sup> de 45-

00-00, N-P-K, na diferenciação do primórdio floral aos 65 DAE, conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004).

TABELA 2. Caracterização química e massa seca na superfície do solo antes da semeadura na safra 2009/2010, nos três experimentos em diferentes sistemas de manejo do solo. Uruguaiana, RS.

Experimento/ Tratamento	pH	MO	Ca	Mg	K	P-	Saturação	Massa
	(H <sub>2</sub> O)	%	....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ....			Mehlich mg dm <sup>-3</sup>	por bases %	seca kg ha <sup>-1</sup>
Experimento 1								
E1PDR	5,3	2,5	7,4	1,8	0,16	3,0	82	1.482 a
E1C	5,3	2,7	8,7	2,2	0,15	3,0	74	802 a
Experimento 2								
E2PD	6,3	6,4	12,3	3,8	0,36	7,6	87	3.455 a
E2C	5,6	4,8	12,9	4,0	0,18	5,3	83	1.207 b
Experimento 3								
E3PD	5,4	5,6	15,1	5,4	0,54	3,0	88	5.659 a
E3PDR	5,6	7,3	21,5	1,3	0,45	4,5	88	1.808 b
E3C	5,8	7,5	19,4	6,1	0,29	7,6	89	410 c

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, no mesmo experimento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. E1, E2 e E3= experimento 1, 2 e 3, respectivamente. E1- plantio direto após passagem da remaplan (E1PDR) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan) (E1C), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal; E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3- Plantio direto (E3PD), plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR) e, sistema convencional (E3C), após sistema convencional de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo.

Em 2010/2011 a semeadura foi realizada na primeira semana do mês de outubro em todos os experimentos. Utilizou-se a variedade IRGA 424 nos experimentos E1 e E3 e BR - IRGA 409 no experimento 2. A adubação foi de 240 kg

ha<sup>-1</sup> da fórmula 09-20-30 de N-P-K, na semeadura; 150 kg ha<sup>-1</sup> de 36-00-12 N-P-K 20 dias após a semeadura, antes da entrada da água; 60 kg ha<sup>-1</sup> de 36-00-12 N-P-K no perfilhamento; e 60 kg ha<sup>-1</sup> de 45-00-00 N-P-K na diferenciação do primórdio floral.

TABELA 3. Caracterização química e massa seca na superfície do solo, nos experimentos, antes da semeadura, 2010/2011, e sistemas de manejo. Uruguiana, RS.

Experimento/ Tratamento	pH (H <sub>2</sub> O)	MO %	Ca .....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg .....	K .....	P-Mehlich mg dm <sup>-3</sup>	Saturação por bases %	Massa seca kg ha <sup>-1</sup>
E1 PD	4,9	2,5	7,9	2,7	0,164	3,7	61,0	4.323
E1 C	4,9	2,5	7,9	2,7	0,164	3,7	61,0	-
E2 PD	5,1	6,1	13,7	6,5	0,716	16,2	77,1	2.932
E2 C	5,1	6,1	13,7	6,5	0,716	16,2	77,1	-
E3 PD	4,9	3,4	12,1	5,6	0,205	3,0	76,4	8.196
E3 C	4,9	3,4	12,1	5,6	0,205	3,0	76,4	-

E1, E2 e E3= experimento 1, 2 e 3, respectivamente. E1- plantio direto após (E1PD) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan) (E1C), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal; E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3- Plantio direto (E3PD) e, sistema convencional (E3C), após sistema convencional de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo. No ano 2010/2011 as análises químicas foram realizadas antes do preparo, considerando apenas os experimentos – não determinado.

A estabilidade de agregados foi determinada em amostras indeformadas coletadas na camada de 0-5 cm, segundo a Embrapa (1997), com duas replicações de laboratório, utilizando as peneiras de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm de abertura de malha e os resultados expressos pelo diâmetro médio geométrico (DMG). Para determinação da densidade do solo (Ds), porosidade total, macro e microporosidade foram coletadas amostras indeformadas com cilindros de 5 cm de

diâmetro e 3 cm de altura, nas camadas de 0 – 5 e 7 – 10 cm, cujas determinações seguiram metodologia da Embrapa (1997).

Para determinar a produtividade de grãos de arroz, colheu-se uma área útil de 2 m<sup>2</sup> (2x1) e a umidade dos grãos foi corrigida para 12%, sendo os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias em cada experimento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2009/2010, verificou-se que o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados apresentou valor elevado ao se comparar com os solos cultivados com culturas de sequeiro (TABELA 4). O menor valor de DMG foi de 4,54 mm no sistema de manejo convencional, superior a 2,81 mm, encontrado por Sousa Neto et al. (2008) em PD com utilização de plantas de cobertura durante 9 anos, em Latossolo Vermelho, argiloso, na camada de 0-5 cm. Wendling et al. (2005) em Latossolo Vermelho, de textura média, em sistemas de manejo com plantio direto e mata nativa obtiveram DMG dos agregados inferior a 2,24 mm, na camada de 0-5 cm.

O elevado valor do DMG dos agregados no solo estudado está relacionado aos maiores teores de matéria orgânica, superiores a 25 g kg<sup>-1</sup>, que melhora a agregação do mesmo. Wendling et al. (2005) verificaram que o mecanismo dominante de estabilização dos agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa está relacionado com o teor de matéria orgânica. À medida que esse diminui, principalmente pelo preparo excessivo do solo ou baixo aporte de material orgânico pelos sistemas de cultivos, decresce a estabilidade dos agregados.

Além do efeito da matéria orgânica, a mineralogia da fração argila do tipo 2:1 também proporciona maior estabilidade dos agregados. No solo estudado, a mineralogia é composta predominantemente por minerais 2:1, grupo das esmectitas (PEDRON, 2007) que confere elevada coesão e agregação do solo, comparado a solos com predomínio de caulinita na fração argila (OLIVEIRA, 2005).

Entre os sistemas de manejo, apenas no experimento 2, o E2C apresentou valor de DMG inferior ao E2PD. No E2PD, plantio direto em área de campo nativo, a maior estabilidade de agregados deve-se ao não revolvimento do solo e, segundo Silva & Mielniczuk (1997) devido à alta densidade de raízes das gramíneas perenes, a periódica renovação do sistema radicular e à liberação de exsudados pelas raízes que estimulam a atividade microbiana e a agregação. No entanto, o E2C apresentou DMG de 4,79 mm semelhante aos demais sistemas de manejo do solo em áreas que já estavam sendo utilizados para fins agrícolas (experimentos 1 e 3), indicando que este solo tem alta estabilidade de agregados e, que o sistema de manejo convencional não reduz a estabilidade de agregados, comparado ao PD.

A densidade do solo máxima diminuiu à medida que aumentou o conteúdo de

argila, do experimento 1 para o 3, e o mesmo ocorreu com a Ds no campo, indicando uma relação inversa entre o conteúdo de argila e a Ds (TABELA 4). A densidade relativa do solo, que consiste na divisão da densidade atual pela densidade máxima, foi inferior a 0,64 na camada de 0-5 cm e, inferior a 0,84 na camada de 7-10 cm, nos 3 experimentos e sistemas de manejo, indicando baixos níveis de compactação, quando considerados valores de Dsr limitantes para culturas de sequeiro. Segundo Beutler et al. (2005) as maiores produtividades foram constatadas em estudos para a cultura da soja, com uma Dsr de 0,80, a partir da qual ocorreu decréscimo da produtividade.

A Ds foi inferior, na camada de 0-5 cm, no sistema convencional, nos experimentos 2 e 3, devido a descompactação pelo revolvimento do solo com as gradagens que atuaram até  $\pm 7$  cm de profundidade. Entretanto, os valores de Ds no PD são considerados baixos, em relação aos valores limitantes para culturas de sequeiro. No experimento 1 não ocorreram diferenças na Ds entre os sistemas de manejo, possivelmente em função da atuação da remaplan ser mais intensa no nivelamento do solo, promovendo a descompactação superficial do mesmo. Na camada de 7-10 cm ocorreram poucas diferenças na Ds entre os sistemas de manejo, em razão do não revolvimento do solo nessa camada mais profunda. No entanto, é destacável a maior densidade relativa do solo e Ds no campo no experimento 1 e nos dois sistemas de manejo, na camada de 7-10 cm, indicando degradação pela compactação, comparado aos experimentos 2 e 3. Essa compactação ocorreu pelo não revolvimento do solo nessa camada e pelo cultivo de arroz durante vários anos, no qual ocorre o tráfego de máquinas na superfície e, conseqüente compactação, resultando, conseqüentemente também em menor macroporosidade e porosidade total.

A Ds em 2010/2011 foi inferior no sistema convencional, comparado ao sistema plantio direto, na camada de 0-5 cm, nos experimentos 2 e 3, em razão da descompactação do solo pelo revolvimento com as gradagens, que resultou em maior porosidade total no sistema convencional (TABELA 5). Na camada de 7-10 cm essas diferenças foram menores e, apenas no experimento 3 a Ds foi superior no PD, porém a porosidade total foi superior no sistema convencional, sendo alterada apenas a relação macro/microporos.

TABELA 4. Diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade relativa do solo (Dsr), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt), nos três experimentos e sistemas de manejo, 2009/2010. Uruguaiana, RS.

Experimento/ Tratamento	DMG mm	Dsr	Ds Mg m <sup>-3</sup>	Ma .....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	Mi	Pt
0 – 5 cm						
E1PDR	4,62 a	0,64	1,18 a	0,15 a	0,32 a	0,47 a
E1C	4,54 a	0,64	1,17 a	0,15 a	0,29 b	0,44 a
E2PD	5,25 a	0,59	0,99 a	0,16 b	0,37 a	0,53 a
E2C	4,79 b	0,45	0,76 b	0,26 a	0,27 b	0,53 a
E3PD	4,65 a	0,58	0,95 a	0,11 c	0,45 a	0,56 b
E3PDR	4,79 a	0,56	0,91 a	0,16 b	0,39 b	0,55 b
E3C	4,88 a	0,50	0,81 b	0,20 a	0,40 b	0,60 a
7 – 10 cm						
E1PDR	-	0,84	1,54 a	0,03 b	0,28 a	0,31 a
E1C	-	0,83	1,52 a	0,05 a	0,26 a	0,31 a
E2PD	-	0,70	1,18 b	0,08 a	0,36 a	0,44 a
E2C	-	0,75	1,26 a	0,12 a	0,33 a	0,45 a
E3PD	-	0,67	1,10 a	0,11 a	0,42 a	0,53 a
E3PDR	-	0,67	1,10 a	0,07 b	0,42 a	0,49 a
E3C	-	0,67	1,09 a	0,07 b	0,43 a	0,50 a

Médias seguidas de letras iguais, na mesma camada de solo e no mesmo experimento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. E1, E2 e E3= experimento 1, 2 e 3, respectivamente. E1- plantio direto após passagem da remaplan (E1PDR) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan) (E1C), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal; E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3- Plantio direto (E3PD), plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR) e, sistema convencional (E3C), após sistema convencional de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo.

TABELA 5. Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt), em três experimentos e nas profundidades de 0-5 cm e 7-10 cm, em sistemas de manejo, 2010/2011. Uruguaiana, RS.

Experimento/ Tratamento	Ds Mg m <sup>-3</sup>	Ma .....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	Mi .....m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> .....	Pt
0-5 cm				
E1PD	1,27 a	0,11 a	0,37 a	0,48 a
E1C	1,16 a	0,15 a	0,28 b	0,43 a
E2PD	1,05 a	0,10 a	0,44 b	0,54 b
E2C	0,83 b	0,08 a	0,51 a	0,59 a
E3PD	1,28 a	0,06 b	0,41 b	0,47 b
E3C	1,01 b	0,14 a	0,44 a	0,58 a
7-10 cm				
E1PD	1,27 b	0,10 a	0,35 a	0,45 a
E1C	1,48 a	0,07 b	0,36 a	0,43 b
E2PD	1,11 a	0,10 b	0,41 a	0,51 b
E2C	1,12 a	0,15 a	0,39 a	0,54 a
E3PD	1,34 a	0,06 b	0,41 a	0,47 b
E3C	1,18 b	0,16 a	0,39 a	0,55 a

Médias seguidas de letras iguais, na mesma camada de solo e no mesmo experimento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan (E1C), em área de um ano de cultivo de arroz e passagem de rolo faca após a colheita, após sete anos de pousio do cultivo de arroz e semeadura de azevém no inverno, com pastejo animal o ano todo; experimento 2 (E2), sistema plantio direto (E2PD) e sistema convencional (E2C), após campo nativo; experimento 3 (E3), sistema plantio direto (E3PD) e, sistema convencional (E3C), após plantio direto de arroz irrigado durante dois anos em área de campo nativo.

Segundo Bertol et al. (2004) o preparo do solo é a atividade que atua diretamente na estruturação do mesmo e, no sistema convencional as alterações são mais pronunciadas, em relação a Ds e porosidade. No entanto, estudos mostram que o aumento na porosidade no sistema convencional que ocorre em função do revolvimento, reduz drasticamente após o primeiro ano de cultivo, razão pela qual há necessidade de preparos anuais, se o objetivo for deixar o solo mais



poroso.

No E2, a Ds foi inferior, no ano 2009/2010 no campo nativo, comparado ao E1 em que o solo já está sendo utilizado para cultivo e pastoreio animal durante vários anos, corroborando com Lima et al. (2008) que verificaram aumento da Ds e alterações estruturais no solo decorrentes do cultivo, comparado ao campo nativo, em Planossolo. Isso demonstra que o cultivo de arroz irrigado promove alterações estruturais e compactação gradual do solo. Pedrotti et al. (2001) verificaram em Planossolos, textura média argilosa, que ocorreu maior Ds quando cultivado com arroz irrigado, com arações e gradagens e, maior na camada de 10-20 cm, atribuída à ocorrência à ação contínua dos implementos agrícolas durante o preparo convencional do solo e ao tráfego das máquinas agrícolas.

Entretanto, os valores de Ds, são considerados baixos e não limitantes à produtividade, para solos de textura média, em relação aos valores registrados como restritivos em experimentos com culturas de sequeiro (BEUTLER & CENTURION, 2004; COLLARES et al., 2006; REINERT et al., 2008), indicando que a Ds não foi fator limitante à produtividade de arroz.

Por meio da análise química verifica-se que o solo nos experimentos apresentou altos teores de matéria orgânica e saturação por bases, correspondendo a um solo com fertilidade adequada, o que contribuiu para o crescimento e altas produtividades do arroz irrigado na safra 2009/2010 (TABELA 6).

A produtividade divergiu, entre os sistemas de manejo, apenas no experimento 3 e foi superior no E3C, comparado ao E3PDR e E3PD, em 2009/2010.

A menor produtividade do arroz no E3PD e E3PDR, no experimento 3, pode ser consequência da alta quantidade de resíduos culturais do arroz cultivado no ano anterior, que atingiu valores de 5.689 kg ha<sup>-1</sup> na superfície do solo no E3PD, que podem ter prejudicado o crescimento e produtividade da cultura. No sistema convencional, os restos culturais foram incorporados ao solo por meio de duas gradagens e permaneceram mais de um mês em condições aeróbicas para sua decomposição, antes da semeadura e, mais um mês após a semeadura até ser realizada a inundação do solo, fator que pode ter reduzido a produção de ácidos orgânicos (acético, propiônico e butírico) prejudiciais ao arroz, comparado aos sistemas de plantio direto. Segundo Gomes & Magalhães (2004) 2 a 3 t ha<sup>-1</sup> de massa seca são suficientes para que se tenha uma adequada cobertura para

implantação do PD, em solos de várzea, pois quantidades maiores, além de dificultarem a evaporação da água do solo, podem produzir ácidos orgânicos em níveis tóxicos ao arroz.

TABELA 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação nos experimentos 1, 2, 3, comparando plantio direto (PD), convencional (C) e plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR). Nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Uruguaiana, RS.

Experimento/ Tratamento	Produtividade de grãos .....kg ha <sup>-1</sup> .....	
	2009/2010	2010/2011
	Experimento 1	
E1PD	7.679 a	8.345 a
E1C	8.047 a	8.427 a
	Experimento 2	
E2 PD	10.442 a	8.045 a
E2 C	10.095 a	8.169 a
	Experimento 3	
E3 PD	10.103 b	9.592 a
E3 C	11.174 a	10.276 a
E3PDR	10.170 b	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, no mesmo experimento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. E1, E2 e E3= experimento 1, 2 e 3, respectivamente. E1- plantio direto após passagem da remaplan (E1PDR) e sistema convencional (duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplan) (E1C), após sete anos de pousio do cultivo de arroz e, com semeadura de azevém no inverno e pastejo animal; E2- plantio direto (E2PD) e, sistema convencional (E2C), após campo nativo; E3- Plantio direto (E3PD), plantio direto após passagem de remaplan (E3PDR) e, sistema convencional (E3C), após sistema convencional de arroz irrigado durante um ano sob campo nativo. - não determinado.

Camargo et al. (2001) relatam sobre o efeito de materiais orgânicos, entre esses a palha de arroz, em condições alagadas e decomposição anaeróbica, na produção de ácidos orgânicos voláteis e seus efeitos na produtividade do arroz irrigado. Os autores destacam ainda efeitos nocivos, quando em excesso, na absorção de nutrientes, perfilhamento, produção de matéria seca, número de

panículas, esterilidade de flores e a produtividade do arroz. Camargo et al. (1995) verificaram que quantidades excessivas de palha de arroz, acima de  $6,5 \text{ t ha}^{-1}$  incorporado ao solo, em experimento de vasos, reduziram a produtividade de arroz irrigado.

No experimento 1 obteve-se menor produtividade em função da cultivar Puitá Inta CL ser menos produtiva, comparada a IRGA 424 utilizada nos experimentos 2 e 3, na safra 2009/2010.

Na safra 2009/2010 em um dos experimentos a produtividade de arroz irrigado foi 8,2% superior no sistema convencional com gradagens comparado ao sistema plantio direto, quando o conteúdo de argila foi de  $293 \text{ g kg}^{-1}$  de solo e com  $5.659 \text{ kg ha}^{-1}$  de massa seca residual na superfície do solo antes da semeadura. Já em conteúdos de argila de 215 e  $265 \text{ g kg}^{-1}$ , e, menores quantidades de palha na superfície, não foram verificadas diferenças na produtividade de arroz. Segundo Bohnen et al. (2005) a menor produção no sistema plantio direto com maiores quantidades de massa seca residual de arroz pode ser consequência do efeito supressivo da palha, devido aos ácidos orgânicos de cadeia curta, tóxicos, produzidos por microorganismos anaeróbicos, e em maior concentração no sistema plantio direto.

Esses autores, estudando concentração de ácidos orgânicos produzidos pela palha de azevém após o alagamento, verificaram maior concentração do ácido acético, com pico de produção no quinto dia após o alagamento e, as diferenças entre o sistema plantio direto e convencional perduraram apenas até o décimo primeiro dia após o alagamento, quando a produção dos três ácidos orgânicos já estava reduzida, próximo a 10% dos valores máximos atingidos no quinto dia após alagamento. Além do efeito tóxico, os ácidos orgânicos podem ainda causar redução na absorção de nutrientes pelas plantas de arroz, conforme verificado por Sousa & Bortolon (2002) e Schimidt et al. (2007).

Em estudos com a utilização de azevém no inverno, a quantidade de massa seca de azevém de  $3,43$  e  $6,86 \text{ t ha}^{-1}$ , com dessecação 5 dias antes da entrada da água no sistema pré-germinado, causaram redução de 8,8 e 17,6% da produtividade do arroz irrigado, respectivamente, em vasos, atribuído a produção de substâncias tóxicas pela decomposição da palha do azevém (PINTO et al., 2003). Menezes et al. (2001) também verificaram decréscimo da produtividade de genótipos

de arroz irrigado em sistema de plantio direto sobre palha de azevém, de 9,4 e 8,8% em dois anos e, em um ano não houve diferença de produtividade, comparado à área em pousio no inverno, atribuindo esse efeito a palha de azevém, dessecado apenas 15 dias antes da semeadura. Já Vieira (2010) não verificou redução na produtividade de arroz, quando cultivado após azevém com massa seca de 4,42 t ha<sup>-1</sup>, dessecado 34 dias antes da semeadura, comparado ao pousio e, que a solução do solo apresentou aos 23 dias após o alagamento apenas ácido acético na forma dissociada, não tóxico ao arroz.

Na safra 2010/2011 a produtividade do arroz irrigado por inundação não diferiu entre os sistemas de preparo convencional e o PD (TABELA 6), cuja composição granulométrica variou nos experimentos, com teores de argila de 215 a 342 g kg<sup>-1</sup> de solo, no E1 e no E3, respectivamente, e a quantidade de massa seca na superfície atingiu 8.196 kg ha<sup>-1</sup>. Neste contexto, no E3, com conteúdo de argila de 342 g kg<sup>-1</sup> e massa seca na superfície do solo de 8.196 kg ha<sup>-1</sup> não foi verificada redução na produtividade de arroz irrigado no sistema plantio direto comparado ao convencional, divergindo do resultado encontrado no experimento 3 na safra anterior, 2009/2010, com menores teores de argila menor quantidade de massa seca na superfície.

Esses resultados permitem inferir que a produtividade do arroz irrigado em sistemas de manejo, cultivado em sistema plantio direto após restos culturais de arroz, na média de 3 experimentos não é reduzida em função da quantidade de palha e do sistema de manejo.

O sistema de PD, além de evitar o revolvimento do solo e diminuir os custos de produção, permite aos produtores o uso mais eficiente das máquinas agrícolas e a semeadura na época recomendada para a cultura, proporcionando produtividades do arroz irrigado semelhante ao sistema convencional, exceto no caso de palha excessiva sobre o solo, fato que ainda necessita mais estudos. Isto é importante uma vez que a época de semeadura ideal é de poucas semanas e muitas vezes ocorrem intensas precipitações nesses períodos diminuindo drasticamente a quantidade de dias ideais a semeadura.

## **5. CONCLUSÕES**

No sistema de plantio direto as propriedades físicas do solo foram semelhantes ao sistema convencional com gradagens.

De maneira geral a produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação não difere entre os sistemas plantio direto e convencional.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRES, A.; ÁVILA, L. A.; MARCHEZAN, E. & MENEZES, V. G. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, p.85-88, 2001.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. & ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.

BEUTLER, A. N. & CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.581-588, 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. & FERRAZ, M. V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, 2005.

BOHNEN, H.; SILVA, L. S. da; MACEDO, V. R. M. & MARCOLIN, E. Ácidos orgânicos na solução de um Gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.475-480, 2005.

CAMARGO, F. A. de O.; SANTOS, G. de A.; ROSSIELLO, R. O. P. & ZONTA, E. Incorporação de palha de arroz em um Gleissolo e efeitos no rendimento da cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.983-987, 1995.

CAMARGO, F. A. de O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. de A. & ROSSIELLO, R. O. P. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v.31, p.523-529, 2001.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1663-1674, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

GENRO Jr., S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v.39, p.65-73, 2009.

GOMES, A. da S. & MAGALHÃES, Júnior, A. M. (Ed.). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 273 p.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C.N.; SUZUKI, L. E. A. S. & CRUZ, L. E. C. Atributos físicos de um Planossolo Háplicosob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1849-1855, 2008.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; LOPES, M. C. B.; SILVA, P. R. F. da & TEICHMANN, L. L. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1107-1115, 2001.

MORENO; J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Secretaria da Agricultura. 1961. 46p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574p.

PAULETO, E. A.; GOMES, A. S.; FRANZ, A. F. H. & SOUSA, R. O. **Manejo de solo e água em arroz irrigado**. Produção de sementes de arroz. Pelotas: UFPel, 1993. p.64-144.

PEDRON, F. de A. **Mineralogia, morfologia e classificação de saprólitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2007 (Tese Doutorado).

PEDROTTI, A. & DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo: como evitá-la. **Agropecuária Catarinense**, v.9, p.50-52, 1996.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. & CRESTANA, S. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.709-715, 2001.

PINTO, E. G.; RIGHES, A. A. & MARCHEZAN, E. Rendimento do arroz e manejo da irrigação e da palha de azevém no sistema mix de pré-germinado. **Ciência Rural**, v.33, p.227-231, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C. & ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de

plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. & SUZUKI, L. E. A. S. Qualidade física dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 2006, 16. Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade brasileira de ciência do solo. 2006.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F. & CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SCHMIDT, F.; BORTOLON, L. & SOUSA, R. O. Toxidez pelos ácidos propiônico e butírico em plântulas de arroz. **Ciência Rural**, v.37, p.720-726, 2007.

SILVA, I. F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.313-319, 1997.

SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2010. 188p.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N. & CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.255-260, 2008.

SOUSA, R. O. de & BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes, em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.8, p.231-235, 2002.

VIEIRA, V. M. **Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010 (Tese de Mestrado).

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S. & NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-494. 2005.