

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

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ  
IRRIGADO POR INUNDAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Ana Maria Fagundes Greco**

**Itaqui, RS, Brasil**

**2013**

**Ana Maria Fagundes Greco**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ  
IRRIGADO POR INUNDAÇÃO**

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

2013

GRECO, Ana Maria Fagundes  
Influência do manejo do solo na produtividade de arroz irrigado por inundação. Ana Maria Fagundes Greco. 2013. 28 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia)  
Universidade Federal do Pampa, 26 de Abril de 2013.  
Orientação: Amauri Nelson Beutler

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

**ANA MARIA FAGUNDES GRECO**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ  
IRRIGADO POR INUNDAÇÃO**

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: 26 de Abril de 2013.  
Banca examinadora:

---

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

---

Prof. Dra. Luciana Zago Ethur  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

Prof. Dra. Vanessa Neumann Silva  
Curso de Agronomia – UNIPAMPA

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, José Vicente Machado Greco e Neuza Fagundes Greco, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão, que me acompanham e me amparam em todos os momentos da vida. E as minhas irmãs Ana Paula, Ana Carolina, Adriana e ao meu cunhado Claudiomiro fontes de alegria no meu dia-a-dia.

## **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 Vicente Machado Greco e Neuza Fagundes Greco e irmãs Paula, Carol e Drika por estarem comigo nos momentos que eu mais precisei e por fazerem meus dias valerem a pena.

Aos amigos pelo companheirismo, por estarem sempre comigo nos momentos mais difíceis e importantes da minha vida, especialmente à Bruna, Camila, Jean Jéssica e Luana que além de amizade me ofereceram 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 pela convivência e momentos 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.

**Muito Obrigado!**

A verdadeira coragem é ir atrás de seus sonhos  
Mesmo quando todos dizem que ele é impossível.  
*Cora Coralina.*

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DO MANEJO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO

Autor: Ana Maria Fagundes Greco

Orientador: Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler

Data: Itaqui, 26 de abril de 2013

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de manejo e da palha residual na produtividade de arroz irrigado por inundação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três experimentos e, dez repeti es nos experimentos 1 e 2 e, 6 repeti es no experimento 3. Os experimentos foram: E1 - sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na camada de 0,0 – 0,07 m + aplainamento com remaplam (E1PC), em área de três anos de cultivo de arroz, após pousio do cultivo de arroz e semeadura de azevém no inverno, com pastejo animal o ano todo; E2 - sistema plantio direto (E2PD) e sistema convencional (E2PC), após campo nativo; E3 - plantio direto com ausência de palha na superfície do solo (E30P), palha atual na superfície do solo de 3.726 kg ha<sup>-1</sup> (E31P), duas vezes a quantidade de palha atual, 7.452 kg ha<sup>-1</sup> (E32P) e três vezes a quantidade de palha atual, 11.178 kg ha<sup>-1</sup> (E33P). No solo, foram avaliados o diâmetro médio geométrico dos agregados, a densidade, porosidade total, macro e microporosidade, nas camadas de 0,0 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m. Na colheita, foram avaliados o número de panículas em área de 0,25 m<sup>2</sup>, número de grãos cheios, vazios e total em 10 panículas, massa de mil sementes e a produtividade de gr os de arroz em 2 m<sup>2</sup>. O sistema de manejo convencional apresenta maior macroporosidade e porosidade total do solo, comparado ao sistema plantio direto, porém, não resulta em diferença nos componentes de produ o e produtividade de gr os de arroz. O manejo do solo em sistema plantio direto, com a quantidade de palha de arroz na superfície do solo de até 11.178 kg ha<sup>-1</sup>, antes da semeadura, não reduz a produtividade de gr os de arroz irrigado por inunda o.

**Palavras chave:** plantio convencional, plantio direto, restos culturais, rendimento, *Oryza sativa*.

## ABSTRAT

### INFLUENCE OF SOIL MANAGEMENT ON PRODUCTIVITY RICE FLOODED

Author: Ana Maria Fagundes Greco

Leader: Dr. Amauri Nelson Beutler

Date: Itaqui, april 26, 2013

The objective of this study was evaluate the effect of management systems and straw in flooded irrigated rice yield. The experimental design was a completely randomized with three experiments and, 10 replications in experiment 1 and 2 and, 6 replications in experiment 3. The experiments were: E1 - no-till system (E1PD) and conventional system with two harrowings at 0.0–0.07 m layer and leveling with remaplam (E1PC), after three years of sowing rice, after fallow of rice tillage, with sowing of rye grass in winter and grazing; E2 - no-till system (E2PD) and conventional system after native field (E2PC); E3 - no-till without straw on soil surface (E30P), current straw on soil surface of 3,726 kg ha<sup>-1</sup> (E31P), two times current straw of 7,452 kg ha<sup>-1</sup> (E32P) and three times current straw of 11,178 kg ha<sup>-1</sup> (E33P). In soil, were evaluated the average geometric diameter of aggregates, soil bulk density, soil porosity, macro and microporosity, in 0.0-0.05 and 0.05-0.10 m layer. In harvest were evaluated the panicles number in 0,25 m<sup>2</sup> area, number of filled, empty an total grains in 10 panicles, mass of one thousand seeds and rice grains yield in 2 m<sup>2</sup>. The conventional system presented greater macroporosity and total porosity, compared with no-till system, however, does not result in differences in production components and rice grains yield. Soil tillage in no-till, with rice straw on soil surface up to 11,178 kg ha<sup>-1</sup>, before sowing, not reduces flooded irrigated rice grains yield.

**Key words:** Conventional system, no-till, cultural remains, productivity, *Oryza sativa*

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1. Caracterização química do solo, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), antes da semeadura do arroz.....17.
- TABELA 2. Diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt), nos experimentos 1 e 2 (E1 e E2) e nas profundidades de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m, em sistemas de manejo.....19.
- TABELA 3. Número de panículas, grãos cheios por panícula, grãos vazios por panícula, total de grãos por panícula e peso de mil sementes de arroz, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), em sistemas de manejo do solo.....22.
- TABELA 4. Análise de variância da produtividade de grãos de arroz irrigado no E1, E2 e E3.....23.
- TABELA 5. Quantidade de massa seca de arroz na superfície do solo (MS), antes da semeadura, e produtividade de arroz irrigado por inundação, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), em sistemas de manejo do solo.....23.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 Sistemas de manejo do solo .....	14
2.1.1 Sistemas de Plantio Convencional.....	14
2.1.2 Sistemas de Plantio Direto.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES .....	25
6. REFERÊNCIAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo, com 150 milhões de hectares cultivados e produção de 600 milhões de toneladas base casca (AZAMBUJA et al., 2004). Presente principalmente em países em desenvolvimento, a cultura do arroz desempenha papel estratégico em níveis econômicos e sociais, sendo capaz de suprir a dieta básica da população com um considerável aporte de calorias, proteínas e sais minerais (GOMES & MAGALHÃES, 2004).

O Brasil se destaca como o maior produtor de fora do continente Asiático, produzindo entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz ao ano. Da produção brasileira, destaca-se o Rio Grande do Sul (RS) com 61% (SOSBAI, 2010). Os municípios da Fronteira Oeste do RS apresentam as maiores produtividades de arroz irrigado, devido as melhores condições edafoclimáticas quando comparadas às demais produções (SOSBAI, 2010).

A principal atividade econômica da metade sul do RS é a orizicultura, devido à possibilidade de o arroz irrigado ser cultivado em diferentes áreas. Os principais municípios produtores de arroz são Uruguaiana, Itaqui, Santa Vitória do Palmar, Alegrete e Dom Pedrito que somaram 19,0% da produção nacional e 30,1% da produção do Estado, no ano de 2009. Destacando-se com maiores produções devido a grandes extensões produtoras as cidades de Uruguaiana e Itaqui, que fazem parte do Bioma Pampa, com características peculiares de clima, solo e recursos hídricos.

Com relação ao clima, a região da Campanha e Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, entre eles Uruguaiana e Itaqui apresentam períodos de estiagens que ocorrem nos primeiros meses do ano inviabilizando cultivo de culturas anuais sem irrigação, como soja e milho, interferindo esta na utilização do solo, principalmente com arroz irrigado, pastagens de inverno e perenes destinadas à pecuária.

O cultivo de arroz irrigado é realizado preferencialmente em solos com relevo plano a suave ondulado que ocorrem em baixadas, geralmente em solos mal drenados, chamados solos de várzeas. No Rio Grande do Sul, esses solos correspondem a aproximadamente 25% da área total do estado (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Centurion & Demattê (1992a, 1992b), a intensidade da compactação em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo varia com o tipo e a profundidade de atuação dos implementos agrícolas utilizados. Considerando forma e época de preparo do solo, métodos de semeadura e manejo da água faz-se a diferenciação dos sistemas de cultivo empregados na região sul do país. Estes sistemas são o convencional, o cultivo mínimo, caracterizados pelo preparo antecipado do solo, a semeadura direta, o pré-germinado e, o transplante.

No sistema convencional faz-se o preparo da área utilizando-se equipamentos de acordo com o tipo de solo, profundidade desejada de preparo e condição de cobertura do solo. Pode ser realizado utilizando dois tipos de operações, sendo a primeira mais profunda e segunda mais superficial, com intuito de diminuir a incidência de plantas daninhas no desenvolvimento inicial das plantas de arroz (SOSBAI, 2010).

Segundo Casão Junior R. et al., (2012) em meados da década de 1970, surgiram no Sul do Brasil diversas iniciativas isoladas no sentido de modificar as técnicas adotadas no manejo do solo, e por consequência, proteger e manter as propriedades do solo, além de aumentar rentabilidade do negócio agrícola. Tais iniciativas tinham por intuito adaptar as tecnologias já existentes de produção para as regiões tropicais e semi-tropicais, uma vez que não se tem conhecimento de técnicas aplicadas à condições similares. Desde então o desenvolvimento do sistema de plantio direto vem crescendo no Brasil, e mais predominantemente no Sul do país. A adoção desse sistema de produção agrícola basea-se em técnicas conservacionistas (plantio direto, rotação de culturas, cobertura do solo e plantas de cobertura) e representa, sem dúvida, um dos principais fatores responsáveis pela evolução do setor agrícola brasileiro, aumentando significativamente a rentabilidade assim como a sustentabilidade da produção no país.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de manejo e da palha residual na produtividade de arroz irrigado por inundação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Sistemas de manejo do solo**

A compactação do solo é determinada de acordo com o manejo agrícola do solo, considerando as constantes passagens de máquinas pesadas nos solos durante a semeadura, tratos culturais e colheita, que agem no sentido de compactar o solo. A escolha dos sistemas de manejo aplicado pode amenizar esses efeitos de compactação, segundo REINERT et al., (2006) agindo diretamente na redução da pressão da palha na superfície, na elevação do nível da matéria orgânica e atividade biológica do solo, contribuindo para melhoria do solo, tornando-o mais resistente à compactação .

Segundo REINERT et al. (2006), o plantio direto age na estruturação do solo, enfatizando taxas baixas ou altas de melhoria, relacionadas ao manejo do solo e do sistema de culturas à serem implantadas.

#### **2.1.1 Sistema de Plantio Convencional**

O sistema convencional no RS é utilizado em cerca de 45% da área cultivada, e em SC utilizado em apenas 5% da área utilizada para o cultivo de arroz irrigado. O sistema convencional de preparo do solo envolve os preparos primários e secundários do solo, sendo a semeadura do arroz a lanço ou em linha realizada por semeadoras convencionais, ou aquelas utilizadas em PD desde que reguladas, e o estabelecimento de lâmina de água sobre o solo, 20 a 35 dias após a emergência das plântulas (EMBRAPA, 2005).

O preparo primário do solo consiste em operações que visam principalmente à eliminação e/ou enterrio da cobertura vegetal, realizadas com arados de disco ou de aiveca e grade aradora. O arado de discos é indicado para profundidades de 20 a 25 cm. Para solos com elevada quantidade de palha indicasse o arado de aiveca para melhor incorporação da palha ao solo.

### 2.1.3 Plantio Direto

Para este sistema de plantio direto o solo não precisa ser previamente preparado para receber a semente. Consiste da semeadura direta das sementes superfície com palha. O plantio direto baseia-se em três princípios: a mínima movimentação do solo, a permanente cobertura do mesmo e a prática de rotação de culturas, prática que viabiliza a conservação do solo.

A idéia inicial era que o arroz irrigado em PD necessitaria a mesma quantidade de palhada que as áreas de sequeiro. Entretanto em estudos de CAMARGO et al., (1995) e Bohnen et al. (2005) uma quantidade muito grande de palha sob condições de anaerobiose determina uma decomposição dos resíduos orgânicos geradora de ácidos orgânicos voláteis que, dependendo de sua concentração e qualidade, podem ser tóxicos ao arroz irrigado, determinando redução no seu desenvolvimento. Porém, a decomposição da matéria orgânica (MO) que gera esses ácidos orgânicos causa acidificação da camada superficial do solo, onde a plântula de arroz começa o seu desenvolvimento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas coordenadas 29° 40' 55" S e 56° 38' 17" W, em Uruguaiana, RS, em altitude de 100 m, em Neossolo Litólico (Embrapa, 2006) com 7% de declividade na safra 11/2012. O clima é do tipo Cfa, segundo Köppen-Geiger.

Foram realizados três experimentos (E) em delineamento inteiramente casualizado que consistiram na comparação dos tratamentos plantio convencional (PC) e plantio direto (PD). O E1 e E2 tiveram 10 repetições e o E3 foi feito com 6 repetições ambos com parcelas de 3 m x 2 m.

Os experimentos foram: experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + aplainamento com remaplam (E1C), em área de três anos de cultivo de arroz, após pousio do cultivo de arroz e semeadura de azevém no inverno, com pastejo animal o ano todo, por sete anos. Experimento 2 (E2), sistema plantio direto (E2PD) e sistema convencional (E2C), após campo nativo, usado como pastagem para bovinos. Experimento 3 (E3), ausência de palha na superfície do solo (E30P), palha atual na superfície do solo de 3.726 kg ha<sup>-1</sup> (E31P), duas vezes a quantidade de palha atual, 7.452 kg ha<sup>-1</sup> (E32P) e três vezes a quantidade de palha atual, 11.178 kg ha<sup>-1</sup> (E33P).

O E1 e o E3 foram instalados em áreas que receberam mesmo manejo nos anos anteriores, e com 500 m de distância entre estes, sendo o E3 em local mais baixo do relevo. 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 o E3, no tratamento E30P, a palha da superfície foi retirada e aplicada no tratamento E32P, correspondente a duas vezes a quantidade de palha sobre a superfície do solo e, no E33P foi adicionado palha retirada de áreas próximas, visto que cada parcela teve delimitação por camalhões e entrada individual de água.

A composição granulométrica, na camada de 0,0 – 0,20 m, determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), foi de: 229, 662 e 109 g kg<sup>-1</sup>, no E1; 249, 540 e 211 g kg<sup>-1</sup>, no E2; 215, 658 e 127 g kg<sup>-1</sup>, de argila, silte e areia respectivamente, no E3. Da composição química do solo foi determinada na camada de 0,0 – 0,20 m, no sistema de plantio direto (PD) e sistema de plantio convencional (PC). (Tabela 1).

TABELA 1. Caracterização química do solo, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), antes da semeadura do arroz

Experimento	pH (H <sub>2</sub> O)	MO	Ca	Mg	K	P (Mehlich)	V
		%	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	mg dm <sup>-3</sup>	%
E1PD	4,7	5,1	13,9	5,0	0,31	6,0	80
E1PC	4,7	5,0	12,4	4,0	0,45	7,6	77
E2PD	4,7	5,1	17,2	6,4	0,17	3,7	75
E2PC	4,8	5,1	17,5	6,5	0,16	3,7	78
E3	5,0	5,1	11,2	4,5	0,36	6,8	74

Em agosto de 2011, foi preparado o solo para o sistema convencional, sendo construídas e remontadas as taipas no sistema de plantio direto, com camalhão de 0,12 m de altura e dimensionamento entre taipas suficiente para permitir uma lâmina de água de  $\pm 0,04$  m de altura sobre o solo, a qual foi aplicada 20 dias após a emergência do arroz.

Antes da semeadura foram aplicados herbicidas e foi avaliada a quantidade de massa seca na superfície do solo em área de 0,25 m<sup>2</sup> por repetição.

A semeadura foi realizada dia 15 de setembro no E2 e dia 20 de outubro no E1 e E3, variedade IRGA 424, na densidade de 60 sementes por metro e no espaçamento de 0,17 m entre linhas. A escolha desta variedade se deu devido a capacidade de adaptabilidade e a qualidade de produção de grãos que apresenta para região. A adubação foi de 240 kg ha<sup>-1</sup> de 09-23-30 N-P-K, na semeadura; 100 kg ha<sup>-1</sup> de uréia 45-00-00 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio 00-00-60, 20 dias após a semeadura, antes da entrada da água; 60 kg ha<sup>-1</sup> de 30-00-20 N-P-K na diferenciação do primórdio floral.

Após a semeadura foram coletadas amostras indeformadas por parcela, na entrelinha, para avaliação do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) na camada de 0,0 – 0,05 m e, a densidade do solo (Ds), porosidade total, macro e microporosidade em amostras indeformadas coletadas com cilindros de 0,05 m de diâmetro e 0,03 m de altura, nas camadas de 0,0 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, cujas determinações seguiram metodologia de Embrapa (1997).

Na colheita foram avaliados o número de panículas por m<sup>2</sup>, a partir desse total foram retiradas 10 panículas e avaliados número de grãos cheios, vazios e total por

panícula em 0,25 m<sup>2</sup>, peso de mil sementes e a produtividade de grãos de arroz com 12% de umidade, em área de 2 m<sup>2</sup>, por parcela analisada.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias em cada experimento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função do revolvimento no sistema de preparo convencional do solo o DMG dos agregados do solo foi inferior, na camada de 0,0-0,05 m (Tabela 2), corroborando com estudos de Oliveira et al. (2004) Costa et al. (2009) que também verificam valores inferiores no sistema convencional. Comparado aos valores encontrados em solos com baixo teor de matéria orgânica, os valores encontrados são considerados alto, segundo Wendling et al. (2005).

TABELA 2. Diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt), nos experimentos 1 e 2 (E1 e E2) e nas profundidades de 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m, em sistemas de manejo.

Tratamento	DMG	Ds	Ma	Mi	Pt
	mm	Mg m <sup>-3</sup>	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----		
0,0-0,05 m					
E1PD	4,58 a	1,07 a	0,05 b	0,48 a	0,53 b
E1PC	3,61 b	1,05 a	0,10 a	0,46 b	0,56 a
E2PD	4,85 a	1,10 a	0,12 b	0,44 a	0,56 b
E2PC	3,36 b	0,88 b	0,21 a	0,39 b	0,59 a
0,05-0,10 m					
E1PD	--	1,18 b	0,04 b	0,45 a	0,48 b
E1PC	--	1,23 a	0,06 a	0,44 a	0,51 a
E2PD	--	1,17 a	0,11 b	0,44 a	0,54 b
E2PC	--	0,97 b	0,17 a	0,41 a	0,59 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 0,0 – 0,07 m + remaplum (E1PC), em área de três anos de cultivo de arroz após 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 (E2PC), após campo nativo. -- Não determinado.

Os valores de DMG acima de 3,36 mm encontrados estão relacionados com os teores elevados de MO(5%), o que interfere na agregação do solo segundo

estudos de Oliveira et al. (2004). Estudos de Oliveira et al. (2004) apresentam valores de DMG acima de 3,33 mm para Latossolo Vermelho argiloso que também apresentam elevado teor de MO. Para Cambissolo Costa et al. (2009) verifica valores de DMG próximo a 5 mm. Os elevados valores de DMG encontrados conferem menor perda de solo por erosão hídrica e resistência à degradação.

A densidade do solo foi inferior no E2, nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m de profundidade, no sistema convencional em comparação com o sistema de plantio direto isso ocorre devido ao revolvimento do solo. Em sistema de plantio direto apresentou valores inferiores para macroporosidade e porosidade total, indicando compactação do solo o que prejudica a produtividade devido a dificuldades relacionadas ao sistema radicular das plantas e a dificuldade em se desenvolver em solos com baixa aeração. Segundo Silva, Imhoff; Kay, (2004) para culturas de sequeiro, o valor crítico de macroporosidade e porosidade total esta em torno de sendo  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$

Para os sistemas de manejo convencional do solo e PD não foram significativos, não apresentando influencia na produção mesmo com a incorporação da palha na superfície, respectivamente, na quantidade de  $5.044$  a  $5.197 \text{ kg ha}^{-1}$ , no E1 e E2, Camargo et al. (1995) relatam em seu trabalho que esses resultados não são significativos devido a pequena quantidade de restos culturais do arroz, uma vez que quantidades maiores causam redução na produtividade de grãos.

O manejo do solo e os valores de  $D_s$ , porosidade e aeração não são significativos não apresentando influência direta na produtividade de arroz irrigado por inundação. Resultados semelhantes foram encontrados por Beutler et al. (2012), em que o sistema de manejo não promoveu alteração na produtividade de arroz irrigado por inundação. Medeiros et al. (2005), em seus estudos não sugere a influência das propriedades do solo na compactação do solo e na produtividade de arroz, inferindo que este fator não é limitante a adoção do sistema de plantio direto em solos de várzeas.

O sistema plantio direto e o sistema de plantio convencional apresentaram valores de porosidade total semelhantes nas camadas de 0,0-0,05 m.

No E3 não se observou mudança significativa nos componentes de rendimento e produtividade de arroz irrigado por inundação em PD com  $11.178 \text{ kg}$

ha<sup>-1</sup> palha residual de arroz na superfície em área com 7% de declividade, corroborando para os resultados obtidos por Beutler et al. (2012).

Ainda segundo Beutler et al. (2012) e Medeiros et al. (2005), a quantidade de palha de arroz na superfície do solo não reduz a produtividade de arroz irrigado por inundação, em PD, em área com 4% de declividade. Estes resultados permitem inferir que a produtividade de arroz não é reduzida em decorrência da decomposição anaeróbica da palha na superfície do solo, quando ocorre pequeno fluxo de água na superfície, em quantidades de palha encontradas nas lavouras de arroz. Em estudo sobre a utilização de palha residual de arroz, observa-se que a produtividade a máxima de grãos de arroz foi obtida com 6,5 t ha<sup>-1</sup> de palha de arroz moída e incorporada em Gleissolo, onde a decomposição é acelerada pelo maior contato dos microorganismos com a palha. Porém, com adição gradativa de palha observou-se acentuada redução na produtividade de grãos (CAMARGO et al., 1995). Em estudos de Bohnen et al. (2005) a diminuição da produção no sistema PD com a elevação da quantidades de palha residual de arroz pode ser consequência do efeito supressivo da palha, onde os ácidos orgânicos de cadeia curta, tóxicos, os quais são produzidos por microrganismos anaeróbicos, encontram-se em concentração no sistema PD. Tais observações corroboram com Sousa & Bortolon (2002) e Schimidt et al. (2007) que inferem sobre o efeito desses ácidos orgânicos na planta verificando que o efeito tóxico dos ácidos orgânicos pode causar redução na absorção de nutrientes pelas plantas de arroz. Não apresentando interferência significativa nos componentes de rendimento (Tabela 3).

Para o cultivo de arroz irrigado em condições de campo observa-se que o efeito dos ácidos orgânicos produzido pela decomposição da palha na superfície é diminuído devido ao fluxo de água, devido a capacidade de carregamento desses ácidos e sua dispersão, diminuindo o efeito dos mesmos na redução da produtividade de grãos (SWAROWSKY et al., 2006)

TABELA 3. Número de panículas, grãos cheios por panícula, grãos vazios por panícula, total de grãos por panícula e massa de mil sementes de arroz, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), em sistemas de manejo.

Tratamento	Número de panículas	Grãos cheios por panícula	Grãos vazios por panícula	Total de grãos por panícula	Massa de mil sementes
	m <sup>2</sup>				g
Experimento 1					
E1PD	690 a	73 a	17 a	90 a	25 a
E1PC	683 a	80 a	16 a	96 a	25 a
Experimento 2					
E2PD	636 a	83 a	8 a	94 a	25 a
E2PC	581 a	79 a	8 a	87 a	25 a
Experimento 3					
E30P	583 a	73 a	19 a	92 a	25 a
E31P	573 a	70 a	11 b	81 a	25 a
E32P	565 a	84 a	11 b	95 a	25 a
E33P	569 a	71 a	11 b	82 a	25 a

Médias seguidas da mesma letra minúsculas, na coluna e no mesmo experimento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0,0 – 0,07 m + remoplam (E1PC), em área de três anos de cultivo de arroz após 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 (E2PC), após campo nativo; experimento 3 (E3), PD e ausência de palha na superfície do solo (E30P), palha atual na superfície do solo (E31P), duas vezes a quantidade de palha atual (E32P) e três vezes a quantidade de palha atual (E33P).

O genótipo de arroz utilizado foi o mesmo para os 3 experimentos, no E3 a produtividade é menor em função da disponibilidade de água. Os valores obtidos foram submetidos a análise de variância no qual não obteve-se resultado significativo (Tabela 4). 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 (Tabela 5).

TABELA 4. Análise de variância da produtividade de grãos de arroz irrigado no E1, E2 e E3.

Causas variação	GL	SQ	QM	F
Experimento 1				
Tratamentos	1	1762297,5224	1762297,5224	0,23 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	135830400,6207	7546133,3678	
Total	19	137592698,1431		
Experimento 2				
Tratamentos	1	645924,4646	645924,4646	0,43 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	26825542,9004	1490307,9389	
Total	19	27471467,3651		
Experimento 3				
Tratamentos	3	4649760,3677	1549920,1226	1,45 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	21395661,7875	1069783,0894	
Total	23	26045422,1552		

<sup>ns</sup> Não significativo.

TABELA 5. Quantidade de massa seca na superfície do solo (MS), antes da semeadura, e produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação, nos experimentos 1, 2 e 3 (E1, E2 e E3), em sistemas de manejo.

Tratamento	MS na superfície do solo	Produtividade de grãos de arroz	
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
Experimento 1			
E1PD	5.044 a		11.777
E1PC	3.202 b		11.371
Experimento 2			
E2PD	5.197 a		9.778
E2PC	373 b		9.418
Experimento 3			
E30P	0		10.590
E31P	3.726		9.759
E32P	7.452		9.710
E33P	11.178		9.403

Médias seguidas da mesma letra minúsculas, na coluna e no mesmo experimento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0,0 – 0,07 m + remoplam (E1PC), em área de três anos de cultivo de arroz após 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 (E2PC), após campo nativo; experimento 3 (E3), PD e ausência de palha na superfície do solo (E30P), palha atual na superfície do solo (E31P), duas vezes a quantidade de palha atual (E32P) e três vezes a quantidade de palha atual (E33P).

Os resultados obtidos nesse estudo, nos trabalhos de Camargo et al. (1995) e Beutler et al. (2012), corroboram para a viabilidade do PD em arroz irrigado por inundação e, inferem sobre a palha de arroz, que em quantidades encontradas em condições de campo, tem pouca influência na redução da produtividade de grãos de arroz.

O sistema de PD, além dos benefícios ao solo devido ao não revolvimento, diminui os custos de produção, permite uma utilização adequada dos implementos agrícolas, bem como promover a semeadura na época recomendada para a cultura, fato que apresenta importância irrelevante uma vez que a semeadura é por um período pequeno e que por muitas vezes sofre interferência por intensas precipitações diminuindo drasticamente esse período, ocasionando na elevação da produtividades do arroz irrigado, fato esse que se assemelha ao sistema convencional.

## 5. CONCLUSÕES

No sistema de manejo convencional observou-se menor estabilidade de agregados, bem como maior aeração comparado ao sistema plantio direto, porém não houve diferença na produtividade de grãos de arroz irrigado.

O manejo do solo em sistema plantio direto, com a quantidade de palha de arroz na superfície do solo de até 11.178 kg ha<sup>-1</sup>, antes da semeadura, não reduz a produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação.

## 6. REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI JÚNIOR, F.J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES, A.M. Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2004. 899p.
- BEUTLER, A. N.; MUNARETO, J. D.; RAMÃO, C. J.; GALON, L. DIAS, N. P.; POZZEBON, B. C.; RODRIGUES, L. A. T.; MUNARETO, G. S.; GIACOMELI, R.; RAMOS, P. V. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p. 1083-1091, 2012.
- 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.; 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.
- 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.30, p. 983-987, 1995.
- CASÃO, Jr. R.; ARAUJO, G. A.; LLANILO, F. R. **Plantio direto no Sul do Brasil : Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.
- CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sobcerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 3, p. 263-266, 1992a.
- CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solo de cerrado: efeito nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n. 2, p. 315-324, fev. 1992b.
- COSTA, A. da; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; SILVA, F. R. da. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 235-244, 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

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

EMBRAPA. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40p.

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

MEDEIROS, R. D. de; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Efeitos da compactação do solo e do manejo da água sobre os componentes de produção e a produtividade de grãos de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p. 960-967, 2005.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 327-336, 2004.

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.

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

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, A. P. da; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, p. 61, v. 451-456, 2004.

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

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.

SWAROWSKY, A.; RIGHES, A.A.; MARCHEZAN, E.; RHODEN, A.C. & GUBIANI,

E.I. Concentração de nutrientes na solução do solo sob diferentes manejos do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Viçosa, v.36, 2012.

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.