

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

**PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE ARROZ  
IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM DIFERENTES  
QUANTIDADES DE PALHA RESIDUAL E SISTEMAS  
DE MANEJO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**JANETE DENARDI MUNARETO**

**Itaqui, RS, Brasil  
2011**

**JANETE DENARDI MUNARETO**

**PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM  
DIFERENTES QUANTIDADES DE PALHA RESIDUAL E SISTEMAS DE MANEJO**

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 (a) Agrônomo (a).**

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil  
2011

Munareto, Janete Denardi.

**Produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação em diferentes quantidades de palha residual e sistemas de manejo.** Janete Denardi

Munareto Data. 02/12/2011

27f.

Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia

Universidade Federal do Pampa. 02 dezembro 2011

Orientação: Amauri Nelson Beutler.

1. *Oryza sativa*. 2. Plantio direto. 3. Restos culturais.  
Beutler, Amauri Nelson

**JANETE DENARDI MUNARETO**

**PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM DIFERENTES  
QUANTIDADES DE PALHA RESIDUAL E SISTEMAS DE MANEJO**

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 (a) Agrônomo (a)**.

TCC defendido e aprovado em: 02 de dezembro de 2011  
Banca examinadora:

---

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

---

Prof. Dr. Leandro Galon  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

---

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

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Alvino e Ironi e filhos Jean, Geandra e Alexandre meus maiores incentivadores e orgulho da minha vida.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, pelo dom da vida.

Ao meu esposo Geri, que me auxiliou na condução deste projeto de pesquisa e que esteve do meu lado em todos os momentos, me apoiando todas as em minhas buscas para um futuro melhor.

As minhas queridas irmãs Janes, Laurete, Silvana e Cleni sempre presentes no meu coração.

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler pela orientação, pelo apoio, paciência, compreensão e ajuda na organização desse trabalho muito obrigada por tudo.

Aos professores, minha gratidão pelo aprendizado.

Aos colegas de curso que colaboraram na execução do projeto Bruna, Naymã, Lucas, Gerisson e Cleiton pelo convívio e pelos momentos de amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

Ao CNPq pela concessão de bolsa para realização deste projeto de pesquisa.

É com grande honra e satisfação, que termino o curso saindo mais preparada para enfrentar novos desafios.

“Sábio é aquele que conhece os  
limites da própria ignorância.”

.

Sócrates

## RESUMO

### **PRODUTIVIDADE DE GRÃOS de ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM DIFERENTES QUANTIDADES DE PALHA RESIDUAL E SISTEMAS DE MANEJO**

Autor: Janete Denardi Munareto

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, 02 de dezembro de 2011.

O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado do país, com destaque para a região da Fronteira Oeste. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação em diferentes quantidades de palha residual de arroz e sistemas de manejo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, dez repetições no experimento 1, 2 e 3 e, seis repetições no experimento 4. Os sistemas de manejo foram: experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + remaplam (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; experimento 2 (E2), sistema PD (E2PD) e sistema convencional (E2C), após campo nativo; experimento 3 (E3), sistema PD (E3PD) e, sistema convencional (E3C), após plantio direto de arroz irrigado durante dois anos em área de campo nativo. No experimento 4 utilizaram-se 4 níveis de palha residual de arroz (0, 8.196, 16.392 e 24.588 kg ha<sup>-1</sup>) antes da semeadura do arroz. Foi avaliada a massa seca, número de panículas e, produtividade de arroz em área de 2 m<sup>2</sup>. A produtividade de arroz irrigado por inundação não diferiu entre o sistema plantio direto e convencional. A massa seca residual antes da semeadura não influencia na produtividade de arroz irrigado por inundação em sistema plantio direto.

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

## ABSTRACT

### FLOODED RICE YIELD WITH DIFFERENT RICE STRAW LEVELS AND TILLAGE SYSTEMS

Author: Janete Denardi Munareto

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaquí, 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 flooded rice yield with different levels and tillage system. The work was carried out in the harvest 2010/2011 season with experimental design completely randomized with four experiments (E) with ten replicates in experiment 1, 2 and 3 and, six replicates in experiment 4. The experiments and treatments 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 field; E3, no-tillage (E3PD), and conventional tillage (E3C) after rice under no-tillage, during two year under native field; E4, four levels of remaining rice straw (0; 8,196; 16,392 and 24,588 kg ha<sup>-1</sup>) before sowing. It was evaluated rice dry mass, panicle number, rice yield in 2 m<sup>2</sup>. The flooded rice yield no differ between no-tillage and conventional tillage system. The remaining rice straw not influence flooded rice yield in no-tillage system.

Keywords: straw, no-tillage, yield, *Oryza sativa* L.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1 Produtividade da cultura do arroz irrigado.....	12
2.2 Efeito da palha residual de arroz.....	13
2.3 Sistemas de cultivo .....	13
2.3.1 Plantio convencional.....	14
2.3.2 Cultivo mínimo.....	15
2.3.3 Plantio direto .....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5 CONCLUSÃO .....	23
6 REFERÊNCIAS.....	24

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor nacional de arroz irrigado, sendo responsável por 61% do total produzido no país. A região da Fronteira Oeste é responsável por 42% da produção do Estado (SOSBAI, 2010).

Em relação ao clima, fator limitante na região fronteira oeste do Rio Grande do Sul, as estiagens ocorrem nos primeiros meses do ano inviabilizam o cultivo de culturas anuais sem irrigação. Desse modo, a economia da região é quase exclusivamente dependente das cadeias produtivas do arroz irrigado por inundação e da pecuária extensiva.

O cultivo de arroz irrigado, no RS, ainda é realizado pelo sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto (PD), sendo os dois últimos os mais utilizados. O PD nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul teve, inicialmente, como objetivo minimizar a problemática do arroz vermelho. No entanto, os solos de várzea apresentam algumas limitações para a adoção completa do PD, como adoção de rotação e sucessão de culturas. Dentre as quais, a má drenagem do solo, limita o crescimento de algumas plantas, devido a falta de adaptação as condições de hipóxia. A principal espécie de cobertura que apresenta condições de adaptação nas várzeas é o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

Na atualidade o sistema de produção agrícola, as demandas técnicas e sócias econômicas têm aumentado a necessidade de intensificação de uso de recursos de produção, sem perder de vista o possível impacto ao meio ambiente. Considerando este aspecto, a adoção do PD é fundamental para alcançar sustentabilidade da produção agrícola. Este sistema tem proporcionado ótimos resultados à cultura do arroz irrigado e ao solo, pelo não revolvimento e pelo acúmulo dos restos culturais na superfície ao longo dos anos. Um dos fatores determinante é a relação custo/benefício, ao otimizar o uso de equipamentos, insumos e mão-de-obra, menor agressão à estrutura do solo e melhorar integração lavoura pecuária, pela permanência do gado mais tempo na área, no pastejo os restos culturais.

Este trabalho justifica-se pela possibilidade de utilização de sistemas de produção de arroz irrigado, conservacionistas como contribuições essenciais à sustentabilidade do sistema agrícola, aumentando a produtividade. Além disso, na região da Fronteira Oeste, ocorrem estiagens, inviabilizando o cultivo de culturas anuais como a soja e milho sem uso da irrigação. Atualmente o preparo do solo é constituído de aração e gradagens nos primeiros meses do ano e, depois a área fica em pousio, sem um novo preparo do solo. Porém, se utilizarmos sistemas que revolvam menos o solo, ou seja, evitando o preparo do solo, tem-se um menor custo de produção e consumo de energia, além dos benefícios ambientais do não revolvimento do solo. A hipótese desse estudo é que a produtividade de arroz irrigado seja semelhante no sistema plantio direto, sem revolvimento do solo, também após campo nativo, comparado ao sistema de preparo convencional e em diferentes quantidades de palha residual.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a produtividade de arroz irrigado por inundação em níveis de palha residual de arroz e sistemas de manejo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Produtividade da cultura de arroz irrigado**

Atualmente o RS tem importância na produção de arroz do Brasil e MERCOSUL (safra 2010/2011), ocupando uma área plantada de 1.171.000 milhões de hectares, produção de 8.942.000 t e um rendimento médio de 7,6 t ha<sup>-1</sup> (SIDRA, 2011)

Os níveis de produtividade do arroz irrigado no RS (8.942.000 t) e Santa Catarina (980.501 t) (SIDRA, 2011) estão entre os mais altos do Brasil. Entretanto, em alguns anos, ocorrem decréscimos de produtividade devido, fundamentalmente, a condições meteorológicas adversas a ocorrência de baixas temperaturas e de falta de disponibilidade de radiação solar durante as fases críticas da planta (SOSBAI, 2010). A diferença encontrada entre o potencial de produtividade da cultura e a média obtida pelos produtores chama-se “lacuna de produtividade”, e está principalmente relacionada com condições edafo-climáticas e práticas de manejo (MARCHEZAN, 2002). Segundo o autor, dentre os fatores principais do manejo da cultura que afetam a produtividade das lavouras pode-se destacar: qualidade das sementes, manejo da irrigação, época e densidade de semeadura, sistema de cultivo e cultivares, manejo de pragas e doenças e o manejo da fertilidade do solo propiciando à planta de arroz desenvolver o seu máximo potencial produtivo de grãos (BAASCH et al., 2010). Segundo Menezes et al. (2004), as altas produtividades devem-se em grande parte, as tecnologias preconizadas e difundidas pelos projetos de transferência de tecnologia desenvolvidos pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). Estas tecnologias objetivam por meio de práticas de manejo adequadas, entre elas a nutrição do arroz irrigado, que seja atingida a produtividade de 10 t ha<sup>-1</sup>, com simultânea redução do custo por unidade de produto.

### **2.2 Efeitos da palha residual de arroz**

A cultura do arroz irrigado tem como característica principal a manutenção de uma lâmina de água sobre o solo durante a maior parte do seu desenvolvimento,

estabelecendo um ambiente anaeróbio favorecendo a fermentação da matéria orgânica presente no solo. Neste processo, produtos tóxicos são produzidos, entre eles os ácidos orgânicos como o ácido acético, o propiônico e o butírico, que geralmente ocorrem em concentração de 0,1 a 14 mM (BOHNEN et al., 2005).

Os sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo de arroz irrigado mantêm na superfície do solo resíduos vegetais, favorecendo a produção destes ácidos (JOHNSON, 2006). Esses ácidos no solo afetam diretamente a cultura, principalmente, pela inibição da respiração e pela degradação das membranas celulares (ARMSTRONG & ARMSTRONG, 2001; WAISEL et al., 2002), resultando em menor germinação, crescimento radicular e um menor peso e altura de plântulas (SOUSA & BORTOLON, 2002). Em níveis mais elevados 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).

.Entretanto, são escassos os estudos, do efeito de níveis residuais de palha de arroz na produtividade de arroz irrigado. Com a introdução dos sistemas de PD e cultivo mínimo de arroz irrigado, que mantêm resíduos vegetais na superfície do solo, que podem estar limitando o crescimento e a produtividade do arroz irrigado nesses sistemas. Desta forma, tem crescido o interesse pelo assunto, e faz-se necessário um maior conhecimento do problema (SOUSA & BORTOLON, 2002).

### **2.3 Sistemas de cultivo**

No estado do RS, na safra 2009/2010, predominou o cultivo mínimo com semeadura direta (63%), seguidos do sistema convencional (26% ) e pré germinado (11% da área), segundo levantamento do Instituto Rio Grandense do Arroz (BAASCH et al., 2010).

### 2.3.1 Preparo convencional

As quedas no uso desse sistema são devido principalmente ao elevado custo na manutenção desse sistema, devido a inúmeras operações realizadas o que encarece o custo de produção. Em geral as atividades de preparo convencional do solo têm início no verão/outono anterior a semeadura da lavoura. A primeira atividade consiste no desmonte das taipas com grades e arados (VERNETTI Jr & GOMES, 2004).

No preparo convencional, faz-se o preparo da área utilizando-se equipamentos de acordo com o tipo de solo, profundidade desejada de preparo e condições de cobertura do solo, onde os resíduos vegetais das culturas anteriores são incorporados ao solo. Pode-se realizar operações mais profundas, como preparo inicial do solo, e posteriormente, o preparo secundário. Este envolve operações mais superficiais visando o aplainamento do solo, eliminação de plantas daninhas no início do seu crescimento, criando assim, um ambiente favorável à emergência das plântulas (SOSBAI, 2010).

Um aspecto importante a ser considerado é o ponto de umidade do solo. Assim é importante, considerar o conteúdo ideal de água no solo quando do seu preparo, visto que em excesso de umidade, podem ocorrer danos a estrutura do solo (VERNETTI Jr & GOMES, 2004). Porém, quando o preparo for feito com o solo muito seco, há formação de torrões difíceis de serem rompidos, e exige um número maior de operações, conseqüentemente, maior consumo de combustível e de tempo (SOSBAI, 2010).

A intensificação do uso de máquinas e implementos agrícolas pesados, utilizados para o preparo convencional dos solos de várzea, agrava ainda mais os problemas de estrutura já existentes (PEDROTTI et al., 2001). Associados às ações sucessivas de preparo ao longo dos anos, podem trazer sérios problemas de drenagem, assim como promover a compactação subsuperficial, dificultando a movimentação da água e a aeração nesses solos (PAULETTO et al., 1993).

### 2.3.2 Cultivo mínimo

No sistema cultivo mínimo, a implantação do arroz é realizada pela semeadura direta em solo previamente preparado, de forma a haver tempo suficiente para formação de uma cobertura vegetal, que é controlada normalmente com o uso de herbicida de ação total. Nesse sistema há menor mobilização do solo que o convencional durante a operação de semeadura.

As operações de preparo do solo podem ser realizadas desde o verão anterior até o início da primavera, neste último caso, com uma antecedência que permita a formação de uma cobertura vegetal (SOSBAI, 2010).

Antes da semeadura é realizada apenas a dessecação das plantas daninhas. O preparo antecipado do solo visa preparar a superfície do mesmo, 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, num período em que estas não possam competir com a cultura do arroz. (GOMES et al , 2004).

Com o preparo antecipado é conveniente que se faça também o entaipamento, com taipas de perfil baixo. Este tipo de taipa, desde que bem construída, pode ser transposta por tratores sem provocar danos na sua estrutura, quando efetuada semeadura do arroz e quando utilizadas semeadoras que permitam tal procedimento.

Assim, a semeadura é realizada diretamente na cobertura vegetal previamente dessecada, com mobilização do solo apenas na linha da semeadura. Este sistema apresenta vantagens em relação ao sistema convencional, dentre essas, a melhor distribuição das operações agrícolas ao longo do ano e maior probabilidade de ocorrer a semeadura na época recomendada, pois a lavoura esta preparada antecipadamente e permite uma semeadura mais rápida, aproveitando melhor o tempo (SOSBAI, 2010).

### **2.3.3 Plantio direto**

A adoção do sistema PD constitui-se em uma das principais ferramentas para se alcançar a sustentabilidade do sistema de produção de grãos.

No sistema PD, a semente é colocada no solo não revolvido, usando-se semeadeiras adequadas. Um pequeno sulco é aberto com profundidade e largura suficientes para garantir a adequada cobertura e contato da semente com o solo de modo que a mobilização seja mínima e, que auxiliará na eficiência do controle químico das plantas daninhas que é feito depois da semeadura direta. Adotado este sistema, deve-se proceder de forma semelhante ao sistema cultivado mínimo, como por exemplo, a construção de taipas. Nesse sistema, realiza-se o entaipamento, com taipas de base larga e de perfil baixo, de forma antecipada a semeadura (SOSBAI, 2010).

O sistema plantio direto reduz a degradação do solo, principalmente por minimizar a erosão hídrica, devido à ausência de revolvimento e à contínua deposição e manutenção de resíduos vegetais em superfície.

A mobilização de solo apenas na linha de semeadura é um dos fatores de grande contribuição para a redução dos custos da produção agropecuária e, principalmente, é responsável por alterações no cronograma de atividades no âmbito da propriedade rural. Isso resulta no abandono das operações de preparo de solo, diminuição da demanda de mão-de-obra, do consumo de combustível e do custo de manutenção de máquinas e equipamentos (GASSEN & GASSEN, 1996). 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 ótimos disponíveis à semeadura do arroz.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na safra 2010/2011, nas coordenadas 29° 40' 55" S e 56° 38' 17" W, em Uruguaiana, RS, em altitude de 85 m e, em Neossolo

Litólico (EMBRAPA, 2006) em todos os experimentos, com 6% de declividade média. O clima é do tipo Cfa, segundo Köppen-Geiger.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro experimentos e dez repetições no experimento 1, 2 e 3 e, 6 repetições no experimento 4 (parcelas de 3 x 2 m). Nos experimentos 1, 2 e 3, os sistemas de manejo foram: experimento 1 (E1), sistema plantio direto (E1PD) e sistema convencional com duas gradagens na profundidade de 0 – 7 cm + aplainamento com remaplam (E1C), 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. O experimento 4 (E4) foi instalado ao lado do experimento 3, com as mesmas características de solo e manejo, sendo estabelecidas 4 quantidades de palha residual de arroz, antes da semeadura em plantio direto: ausência de palha (0); palha residual atual (8.196); duas vezes (16.392); e, três vezes (24.588 kg ha<sup>-1</sup>) a quantidade de palha sobre a superfície do solo. 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. Antes da semeadura foi avaliada a quantidade de massa seca na superfície do solo em área de 0,25 m<sup>2</sup>.

A composição granulométrica, na camada de 0 – 20 cm, determinada pelo método da pipeta (CLAESSEN, 1997), foi de: 215, 605 e 180 g kg<sup>-1</sup>, no E1; 271, 577 e 152 g kg<sup>-1</sup>, no E2; 342, 467 e 191 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, no E3 e E4.

As características químicas do solo antes da semeadura do arroz estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo, nos experimentos, antes da semeadura do arroz.

Experimento	pH	MO	Ca	Mg	K	P Mehlich	V
	H <sub>2</sub> O	%	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		-----	mg dm <sup>-3</sup>	%
<b>E1</b>	4,9	2,5	7,9	2,7	0,164	3,7	61,0
<b>E2</b>	5,1	6,1	13,7	6,5	0,716	16,2	77,1
<b>E3 e E4</b>	4,9	3,4	12,1	5,6	0,205	3,0	76,4

Aos 15 dias antes da sementeira foi aplicado o herbicida glyphosate na dose de  $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ . Antes da germinação foi feito novo controle das plantas daninhas com  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  de glyphosate e  $0,6 \text{ L ha}^{-1}$  de clomazone. A sementeira foi realizada na primeira semana do mês de outubro de 2010 em todos os experimentos, na densidade de 60 sementes de arroz por metro linear em espaçamento de 0,17 m entre linhas. Utilizou-se a cultivar IRGA 424 nos experimentos 1, 3 e 4 e BR - IRGA 409 no experimento 2. A adubação foi de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de 09-20-30 de N-P-K, na sementeira;  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de 36-00-12 N-P-K 20 dias após a sementeira, antes da entrada da água;  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de 36-00-12 N-P-K no perfilhamento; e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de 45-00-00 N-P-K na diferenciação do primórdio floral.

No florescimento foi avaliada a massa seca em dois metros linear. O material coletado foi acondicionado em saco de papel, identificado e pesado. Posteriormente foi colocado em estufa de circulação de ar forçada a uma temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , permanecendo até peso constante, após pesado novamente. O teor de N na parte aérea, a metodologia de análise utilizada foi segundo Tedesco et al. (1995). Na colheita foram avaliados o número de panículas e a produtividade de grãos de arroz, em área de  $2 \text{ m}^2$ .

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**

Na tabela 1, mostra os dados obtidos na caracterização química nos experimentos 1, 2, 3 e 4. O alto teor de matéria orgânica no E2 campo nativo, está possivelmente, atrelado a maior estabilidade da matéria orgânica do solo, tanto pela sua proteção e cobertura constante do solo pelo campo nativo, estes fatores podem ter atuado na atividade microbiana, resultando em diferenças na decomposição da MOS e na mineralização. Os altos teores de Ca ( $12,1$  a  $13,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e Mg ( $5,6$  a  $6,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) nos e 2, 3 e 4 justificam a ausência de correção de calagem do solo.

Todos os experimentos 1, 2, 3, e 4 apresentaram altos valores (61 a 76,4) de saturação por bases, indicando um solo com alta fertilidade, o que contribuiu para o desenvolvimento e elevadas produtividades do arroz irrigado.

A massa seca na parte aérea do arroz, teor de nitrogênio, número de panículas e produtividade do arroz não diferiram entre os sistemas de preparo convencional e o sistema plantio direto (Tabela 2).

**Tabela 2.** Massa seca (MS) na superfície do solo antes da semeadura, massa seca da parte aérea do arroz, N na parte aérea, número de panículas e produtividade de arroz irrigado em sistemas de manejo.

Experimento / Tratamento	MS superfície do solo	MS parte aérea arroz	N parte aérea	Número panículas	Produtividade
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	-----	%	m <sup>2</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
Experimento 1					
E1PD	4.323	13.5 a	2.47 a	447 a	8.345 a
E1C	-	14.7 a	2.43 a	465 a	8.427 a
Experimento 2					
E2PD	2.932	15.9 a	3.03 a	491 a	8.045 a
E2C	-	17.5 a	3.19 a	487 a	8.169 a
Experimento 3					
E3PD	8.196	13.7 a	2.85 a	612 a	9.592 a
E3C	-	13.8 a	2.92 a	652 a	10.276 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna e no mesmo experimento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). PD= sistema plantio direto; C= plantio convencional.

Em Neossolo, Munareto et al. (2010) verificaram que a produtividade de arroz irrigado foi 8,2% superior no sistema convencional comparado ao sistema plantio direto, quando o conteúdo de argila foi de 293 g kg<sup>-1</sup> de solo ( em experimento conduzido em campo nativo) e com 5.659 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca residual na superfície do solo antes da semeadura. Esses autores inferem que 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 (acético, propiônico e butírico), tóxicos, produzidos por microorganismos anaeróbicos, e em maior concentração no sistema plantio direto, conforme verificado por Bohnen et al. (2005) e Johnson et al. (2006). Bohnen et al. (2005) estudaram 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 Schmidt et al. (2007). Neste contexto, no E3, com conteúdo de 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.

Para melhor avaliar os efeitos supressivos da palha residual de arroz superfície do solo sobre a produtividade do arroz irrigado (Tabela 3), foi conduzido o E4 adicionando diferentes quantidades de palha de 0 a 24.588 kg ha<sup>-1</sup> antes da semeadura.

**Tabela 3.** Quantidade palha residual de arroz na superfície do solo antes da semeadura e produtividade de arroz irrigado por inundação, em plantio direto.

Palha residual de arroz	Produtividade de arroz
----- kg ha <sup>-1</sup> -----	-----
0	10.483 a
8.196	9.628 a
16.392	9.688 a
24.588	9.698 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No E4, a produtividade de arroz também não diferiu entre os tratamentos com níveis de palha residual na superfície do solo, onde valor máximo utilizado no experimento dificilmente é atingido em condições de cultivo de arroz irrigado no campo.

Isso permite inferir que a quantidade de palha residual de arroz na superfície do solo, no sistema plantio direto, não reduziu a produtividade de arroz irrigado por inundação, conforme relatado em outros estudos com palha de arroz (CAMARGO et al., 1995; MUNARETO et al., 2010).

Camargo et al. (2001), em revisão de literatura, relataram os efeitos nocivos de ácidos orgânicos voláteis, quando em excesso, na absorção de nutrientes, perfilhamento, produção de massa de matéria seca, número de panículas, esterilidade de flores e produtividade do arroz. Camargo et al. (1995) verificaram que quantidades excessivas de palha de arroz, acima de  $6,5 \text{ t ha}^{-1}$  triturada e incorporada a um Gleissolo, em vasos, reduziram a produtividade de arroz. Porém, até  $20 \text{ t ha}^{-1}$ , ocorreu pouca redução na produtividade, na condição de vasos em que a água ficou estagnada na superfície do solo. Estes autores Swarowsky et al. (2004 e 2006). observaram que quando não houve fluxo de água, e essa permaneceu estagnada na superfície, houve redução de 12% da produtividade do arroz irrigado.

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 cultivares de arroz irrigado em sistema 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  $4,42 \text{ t ha}^{-1}$ , 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. Esses resultados são importantes uma vez que os principais ácidos orgânicos tóxicos produzidos por microrganismos anaeróbios, por meio da fermentação da matéria orgânica do solo, são o acético, propiônico e o butírico e, o primeiro em maior

quantidade é liberado nas primeiras semanas após a inundação (ANGELES et al., 2006).

Embora esses ácidos interfiram negativamente no stand inicial da cultura na redução da germinação, o perfilhamento do arroz não foi afetado. Mantendo os índices de produtividades elevados nos tratamentos com palha residual da cultura de arroz. Nesse contexto, deve-se considerar que em cultivos de arroz no campo, normalmente, há circulação de água nos talhões, diluindo o efeito dos ácidos orgânicos produzidos uma vez que estes possuem ação transitória na solução do solo. Em função disso o carreamento e dispersão dos mesmos pelo fluxo de superfície. Com o aumento do pH em solos alagados, predominam as formas dissociadas dos ácidos orgânicos, considerados não fito tóxicos devido a dificuldade de penetrar nos tecidos vegetais( MARSCHNER,1995) é coerente com os altos níveis de produtividade.

A diferença de produtividade entre o tratamento 0 de palha residual de arroz foi em média 7,5 % superior. Porém, essa produtividade pode ser diluída em favor do PD, pois, estes os gastos na implantação da lavoura são menores que no plantio convencional representado pela remoção da palha da superfície do solo, vindo a compensar esta menor produtividade. Outros benefícios acrescidos ao PD redução de tráfego de máquinas e implementos agrícolas, a menor mobilização do solo, recuperação e conservação da estrutura e da fertilidade do solo, melhor manejo de água e semeadura em época mais adequada.

## 5 CONCLUSÃO

1. A produtividade de arroz irrigado por inundação não difere entre o sistema plantio direto e convencional.

2. A massa seca residual do arroz antes da semeadura não influencia na produtividade de arroz irrigado por inundação.

3. A produção de ácidos orgânicos na solução do solo em concentrações fitotóxicas para o arroz não diminuiu a produtividade do arroz.

## 6 REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, J.; ARMSTRONG, W. Rice and *Phragmites*: effects of organic acids on growth, root permeability, and radial oxygen loss to the rhizosphere. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 8, p. 1359-1370, 2001,

ANGELES, O. R.; JOHNSON, S. E.; BURESH, R.J. Soil solution sampling for organic acids in rice paddy soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 1, p. 48-56, 2006.

BAASCH, A.; PIRES, E.; BECHERT, M. ; MARIOT, V. O arroz no Rio Grande do Sul, **Lavoura Arrozeira**, v. 58, n. 452, p. 44, 2010.

BOHNEN, H.; SILVA, L. S. da; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Ácidos orgânicos na solução de um Gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 29, n. 3, p. 475-480, 2005.

CLAESSEN, M. E. C.; **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa- CNPS, 1997. 212p.

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, n. 7, 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, n. 3, p. 523-529, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil>>. Acesso em: 21 de junho 2010.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio Direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.,

GOMES, A. da S. et al. **Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado**. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr, A.M. de (Ed.) Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília DF: Embrapa Informação tecnológica, 2004. 889 p.

JOHNSON, S.E.; ANGELES, O. R.; BRAR, D. S.; BURESH, R. J. Faster anaerobic decomposition of a brittle straw rice mutant: implications for residue management. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, p. 1880-1892, 2006.

WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant Roots: The Hidden Half**, New York: Marcel Dekker, 2002. 1120 p.

**Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br> > Acesso em: 06 de dezembro 2011

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p

MARCHEZAN, E. Aspectos práticos e desafios para altas produtividades na lavoura de arroz irrigado. In: **Arroz irrigado, uso intensivo e sustentável de várzeas**. p. 5 -18, 2002.

MENEZES, V. G.; MACEDO, V. R. M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10: Estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz do RS**. Cachoeirinha: Instituto Riograndense do Arroz - Divisão de Pesquisa, 2004. 32 p.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; LOPES, M. C. B.; SILVA, P. R. F. da; TEICHMANN, L. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1107-1115, 2001.

MUNARETO, J. D. et al.. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1499-1506, 2010.

PAULETO, E.A.; GOMES, A.S.; FRANZ, A.F.H.; SOUZA, R.O. **Manejo de solo e água em arroz irrigado**. In: PESKE, S.; NEDEL, J.; BARROS, A. (Ed.) Produção de sementes de arroz. Pelotas: UFPel, 1993. p. 64-144.

PEDROTTI, A. PAULETO, 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**, n. 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**, n. 33, p. 227-231, 2003.

SCHMIDT, F.; BORTOLON, L.; SOUSA, R.O. Toxidez pelos ácidos propiônico e butírico em plântulas de arroz. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 720-726, 2007.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 de dezembro 2011.

SOCIEDADE SUL - BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves: SOSBAI, 2010. 188 p.

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 Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 231-235, 2002.

SWAROWSKY, A.; RIGHES, A. A.; MARCHEZAN, E. ; RHODEN, A. C.; GUBIANI, E. I. Manejo da palha de azevém, da adubação de base e da água de drenagem na produção de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 34, p. 393-397, 2004.

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**, v. 10, n. 2, p. 344–351, 2006.

TEDESCO, M. J. ; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos/UFRGS, 1995. 174 p.

VENERETTI Jr., F. de J. ; GOMES, A. da S. **Sistema convencional de arroz irrigado**. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr, A.M. de (Ed.) Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília DF: Embrapa Informação tecnológica. 2004. 889 p.

VIEIRA, V. M. **Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. 137 p. Dissertação (Mestrado em fitotecnia).