

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

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ
IRRIGADO POR INUNDAÇÃO SEM E COM CALAGEM
APÓS MANEJOS DA PALHA DO ANO ANTERIOR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Cicera Carlos de Alencar

**Itaqui, RS, Brasil
2014**

CICERA CARLOS DE ALENCAR

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR
INUNDAÇÃO SEM E COM CALAGEM APÓS MANEJOS DA PALHA DO
ANO ANTERIOR**

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
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Itaqui, RS, Brasil
2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

A368c Alencar, Cicera Carlos de

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR
INUNDAÇÃO SEM E COM CALAGEM APÓS MANEJOS DA PALHA DO ANO
ANTERIOR / Cicera Carlos de Alencar.

29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, BACHARELADO EM AGRONOMIA, 2014.

"Orientação: Amauri Nelson Beutler".

1. Ácidos orgânicos. 2. correção do solo. 3. Oryza sativa.
I. Título.

CICERA CARLOS DE ALENCAR

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR
INUNDAÇÃO SEM E COM CALAGEM APÓS MANEJOS DA PALHA
DO ANO ANTERIOR**

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 **Engenheira Agrônoma**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 28 de novembro de 2014.
Banca examinadora:

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

Prof.^a MSc. Michele da Silva Santos
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Virnei Silva Moreira
Curso de Engenharia de Agrimensura - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Antonio José de Alencar e Antônia Carlos de Alencar, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

Dedico a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste curso.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. Amauri Nelson Beutler pela orientação, pelo apoio para que eu realizasse o curso de graduação e pela orientação no trabalho de conclusão de curso.

Ao Prof. Dr. Gibran da Silva Alves pela orientação e pelo apoio para que eu realizasse o curso de graduação.

Aos demais professores, minha gratidão a todos que estão contribuindo na minha formação profissional.

A Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos colegas do grupo de pesquisa Fernando Sintra Fulaneti, Giovane Matias Burg, Marcelo Raul Schmith, Evandro Ademir Deak e Maicon Zambeli.

A todos os colegas de curso pelo convívio e pelos momentos de amizade, especialmente aos meus amigos Matheus Martins Ferreira e Saul Mandracio Fagundes que sempre me apoiaram.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A UNIPAMPA e a FAPERGS pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

RESUMO

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO SEM E COM CALAGEM APÓS MANEJOS DA PALHA DO ANO ANTERIOR

Autor: Cicera Carlos de Alencar

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaquí, 28 de Novembro de 2014.

A orizicultura possui grande importância econômica em todo o mundo, sendo o arroz um dos alimentos básicos na alimentação humana. Atualmente, cerca de 75% desse arroz é cultivado no sistema de irrigação por inundação implicando em maior produtividade de grãos. No entanto, nesse tipo de cultivo, quando o sistema plantio direto é adotado, pode ocorrer limitação no crescimento e na produtividade da cultura, em razão da produção de ácidos orgânicos em níveis tóxicos ao arroz. Além disso, a acidez do solo pode ser um fator limitante na produtividade do arroz, quando é usado o sistema de semeadura em solo seco. Assim, a calagem pode ser indicada para correção do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar crescimento e produtividade de arroz irrigado por inundação sem e com calagem após manejos da palha do ano anterior. Foram instalados dois experimentos, sem e com calagem do solo, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $5 \times 4 \times 2$, com 4 repetições. Cinco doses de palha (0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹), quatro épocas de aplicação (3, 2, 1 e 0 meses antes da semeadura) e duas formas de manejo (superficial e incorporado). Foi utilizada a cultivar de arroz irrigado Puitá Inta CI e na colheita foram determinados o número de panículas, a massa seca da parte aérea e produção de grãos por vaso. As doses de palha remanescente do arroz, épocas de aplicação e manejo superficial ou incorporado no solo influenciam a produtividade do arroz irrigado por inundação. A elevada quantidade de palha de arroz (40 t ha⁻¹) resultou em maior produtividade de grãos quando a palha foi adicionada três meses antes da semeadura, sendo que nas doses inferiores a época de aplicação da palha não alterou a produtividade. A produtividade de grãos de arroz aumentou linearmente até a dose de 40 t ha⁻¹ de palha na superfície e incorporada, sem aplicação de calcário, e apresentou efeito quadrático quando foi aplicado calcário, em solo com 1,6% de matéria orgânica.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos, correção do solo, *Oryza sativa*.

ABSTRACT

FLOODED RICE GROWTH AND YIELD WITH AND WITHOUT LIME AFTER STRAW MANAGERMENTS IN PREVIOUS YEAR

Author: Cicera Carlos de Alencar

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaquí, November 28, 2014.

The rice crop has great economic importance in world, being the rice at the basics food to people. About 75% of rice is cultivated in flooded irrigation system that implying higher grain yield. However, crops irrigation by flooding, when no-till is adopted, limitation may occurs in growth and yield of the culture in reason of organic acids. In addition, soil acidity can be a factor limiting rice yield, when seeding rice in dry soil. This work aimed evaluating the influence of doses flooded rice straw remaining in and with and without liming on rice growth and yield in subsequent year. Two experiments, with and without soil liming were installed, in completely randomized scheme, factorial 5 x 4 x 2, with 4 replicates. Five doses of straw (0, 5, 10, 20 and 40 t ha⁻¹), four times of application (3, 2, 1 and 0 months before sowing) and two management systems (surface and incorporated straw). Was used flooded irrigated rice Puita Inta Cl and were determined at harvest panicle number, weight of shoot dry matter and grain yield per pot. When there was only high dose of remaining rice straw (40 t ha⁻¹), was greater grain yield when the straw was added three months before sowing. Soil liming not influenced flooded rice growth and yield. The productivity of rice grains increased linearly up to a dose of 40 t ha⁻¹ of straw on the surface and incorporated without liming, and showed quadratic effect when limestone was applied in soil with 1.6% organic matter.

Keywords : Organic acids, soil correction, *Oryza sativa*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Efeito das doses de palha de arroz, épocas e formas de aplicação, na massa seca da parte aérea e número de panículas de arroz irrigado por inundação. (A) Sem calcário; (B) Com aplicação de calcário; (A1 e B1) Massa seca da parte aérea do arroz em função das doses de palha nas épocas de manejo..... 17
- Figura 2. Efeito das doses de palha de arroz e épocas de aplicação, na produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação. (A) Sem calcário; (B) Com aplicação de calcário..... 18
- Figura 3. Foto aos 70 dias da cultivar Puitá Inta CI apresentando poucos sintomas de toxidez de Fe..... 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de variância (ANOVA) para verificação da significância dos fatores isolados e suas interações, das doses (0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹), época de aplicação (3, 2, 1 e 0 meses antes da semeadura) e manejo da palha do arroz (superficial e incorporada no solo), sem e com aplicação de calcário, e das variáveis número de panículas, massa seca da parte aérea e produtividade de grãos de arroz cultivar Puitá IntaCl.....

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4 CONCLUSÕES.....	24
5 REFERÊNCIAS.....	25
6 APÊNDICE.....	28

1 INTRODUÇÃO

A orizicultura possui grande importância econômica em todo o mundo, sendo o arroz um dos alimentos básicos na alimentação humana. Atualmente, cerca de 75% desse cereal é cultivado no sistema de irrigação por alagamento implicando em maior produtividade. O Brasil está entre dez maiores produtores de arroz (FAO, 2014), e o Estado do Rio Grande do Sul (RS) é responsável por mais da metade da produção nacional desse grão, o qual em razão do sistema de irrigação utilizado, por inundação, apresenta elevada produtividade quando comparada ao arroz de sequeiro (SOSBAI, 2012). A região da Fronteira Oeste no RS, principalmente os municípios de Itaqui e Uruguaiana, é a maior produtora nacional desse cereal e responsável pelos maiores índices de produtividades no estado, cuja área cultivada e a produtividade aumentam anualmente, evidenciando o potencial dessa região.

O sistema conservacionista denominado sistema plantio direto (SPD) foi um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura, tendo como propósito inicial o controle da erosão hídrica (Oliveira et al., 2002). Atualmente são cultivados no Brasil mais de 30 milhões de hectares em SPD (Febrapdp, 2014), ou seja, mais da metade da área agrícola do País. Os benefícios desse sistema como a redução considerável da erosão, aumento do teor de matéria orgânica e melhoria da qualidade e fertilidade do solo, permitiu que houvesse um rápido avanço na adoção do SPD em diversas regiões do país, sendo introduzido na região sul na década de 70. No Estado do RS, mais de 80% da área agrícola é cultivada em SPD (Febrapdp, 2014), com destaque às culturas em áreas de terras altas, como soja e milho, pela maior facilidade de adaptação e manejo do SPD. No entanto, em cultivos de irrigação por alagamento quando o SPD é adotado, pode ocorrer limitação no crescimento e na produtividade da cultura. Isso acontece porque os solos alagados com presença de resíduos culturais em sua superfície pode apresentar produção de ácidos orgânicos em níveis tóxicos ao arroz (Johnson et al., 2006). Sendo assim, no cultivo do arroz irrigado, utiliza-se predominantemente o sistema de preparo convencional em que é realizado o revolvimento do solo por meio de práticas de aração e gradagem para incorporar e acelerar a decomposição da palha remanescente do arroz do ano anterior, considerada prejudicial, quando em excesso. Teores de matéria seca em solos de várzeas superiores a 3 t ha^{-1} pode dificultar a evaporação e favorecer a produção de ácidos orgânicos prejudiciais a cultura (Embrapa, 2005), implicando na redução da germinação, crescimento radicular e um menor peso e altura de plântulas, com efeitos mais expressivos nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura (Sousa & Bortolon,

2002). Assim, quantidades de 2 a 3 t ha⁻¹ são suficientes para obter uma adequada cobertura na implantação do PD, sem prejudicar a produtividade da cultura (Sousa & Bortolon, 2002).

A palha de arroz que permanece na superfície do solo, quando em condições anaeróbicas, resulta em níveis elevados de ácidos orgânicos de cadeia curta, tóxicos, durante seu processo de decomposição por microorganismos anaeróbicos, principalmente onde ocorre maior concentração de raízes (Bohnen et al. 2005; Johnson et al., 2006), implicando na diminuição da produtividade de arroz irrigado no sistema de plantio direto.

Os ácidos orgânicos em quantidades elevadas são prejudiciais porque interfere na absorção de nutrientes essenciais as plantas (Camargo et al., 2001; Schmidt et al., 2007), como o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio (Sousa & Bortolon, 2002). Além disso, o teor de matéria seca residual pode influenciar de forma negativa o crescimento de raízes, peso e altura de plantas (Köpp et al., 2008), refletindo na produtividade final do arroz irrigado. Camargo et al (1995) observaram redução de 7% da produtividade de arroz com 20 t ha⁻¹ de palha de arroz moída e incorporada em Gleissolo, já que o fracionamento desse material intensifica a decomposição pelo maior contato dos microorganismos com a palha, em vasos com água estagnada. No entanto, os efeitos mais acentuados ocorreram com 40 t ha⁻¹ de palha, que reduziu em quase 50% a produtividade de arroz.

O cultivo de arroz irrigado no campo permite o movimento superficial da água, e conseqüente diminuição dos efeitos negativos de ácidos orgânicos oriundos da decomposição dos resíduos culturais do arroz em condições anaeróbicas, devido à lixiviação e diluição dos mesmos, reduzindo o efeito prejudicial na produtividade desse grão (Swarowsky et al., 2006). A variabilidade genética de genótipos de arroz irrigado pode influenciar a produtividade da cultura, quando há presença de ácidos orgânicos. Segundo Köpp et al. (2012) há a necessidade de seleção de genótipos mais tolerantes aos ácidos orgânicos, possibilitando maior produtividade mesmo em condições de alta concentração dessas substâncias. A cultivar de arroz irrigado Puitá Inta CI é indicada para áreas contaminadas com arroz vermelho, como ocorre em algumas áreas orizícolas do RS, pois ela apresenta resistência aos herbicidas do grupo das imidazolinonas, utilizados para o controle dessa daninha. O arroz Puitá Ita CI possui tolerância média à toxidez de Fe.

Mediante o cenário agrícola atual, na Fronteira Oeste do RS, os produtores de arroz utilizam o sistema convencional de preparo do solo, caracterizado por arações e gradagens, geralmente após a colheita do arroz e em período superior a um mês antes da sua semeadura, com o objetivo de acelerar a decomposição da palha remanescente da safra anterior e reduzir seus efeitos tóxicos a cultura. Muitas vezes é realizado o preparo convencional após a colheita

do arroz e a área permanece em pousio até outubro, quando é realizado o controle de plantas daninhas com herbicidas e a semeadura da cultura. No entanto, essas operações diminuem a rentabilidade da cultura em razão do custo das operações de preparo, nivelamento do solo e construção de taipas para o cultivo de arroz, sem resultados comprovados da necessidade e viabilidade de realização dessas operações, visto que no SPD é necessária apenas a reconstrução algumas taipas, sem preparo prévio do solo.

Massoni et al. (2013) verificaram que independentemente do manejo pós colheita da palha de arroz remanescente não houve diferença nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio disponíveis ao final do período da entressafra. Esses resultados corroboram a premissa de que o manejo da palha de arroz após a colheita é em função das condições operacionais de preparo da área, que visam adequar a área para a semeadura e reduzir possíveis efeitos fitotóxicos dos ácidos orgânicos no solo e não em razão do aumento da disponibilidade de nutrientes para a cultura. Estudando a disponibilidade de N e época de incorporação da palha remanescente do arroz, Knoblauch et al. (2014) verificaram que aos 91 dias de alagamento, a concentração de NH_4^+ no solo foi de 56 mg kg^{-1} na testemunha, 72 mg kg^{-1} e 73 mg kg^{-1} no tratamento com 60 e 30 dias de incorporação da palha, respectivamente. Quando a palha foi incorporada no dia do alagamento ou 15 dias antes, a concentração de NH_4^+ foi de 28 e 54 mg kg^{-1} , respectivamente.

A palha remanescente também pode provocar fitotoxicidade por ferro à planta durante o alagamento. Os teores de Fe^{2+} aumentam até atingir um máximo, diminuindo em seguida e é elevada pelo acréscimo na matéria orgânica do solo (Doran et al., 2006; Sousa et al., 2009; Kögel-Knabner et al., 2010). No entanto, esse comportamento pode variar de acordo com o pH, com a temperatura, com o teor de matéria orgânica e sua degradação, com a diversidade microbológica e composição do solo, além da concentração e reatividade dos óxidos de Fe (Kögel-Knabner et al., 2010).

A acidez do solo pode ser um fator limitante na produtividade de diversas culturas, incluindo o arroz, já que interfere na absorção dos nutrientes pelas plantas e pode causar fitotoxicidade por elementos tóxicos, como o alumínio trocável. Entre as causas da acidez do solo, destacam-se a mineralização dos resíduos orgânicos, lixiviação de cátions e à intensificação da erosão hídrica (Sidiras, 1984). Esse problema pode ser minimizado com a utilização do calcário, que além do seu efeito corretivo, contribui para elevação dos teores de magnésio e cálcio, suprimindo as exigências da cultura, em solos com deficiência desses nutrientes (CQFS RS/SC, 2004). Para as grandes culturas, a calagem deve ser realizada em intervalos de no máximo cinco anos, objetivando a correção da acidez do solo e, diminuição

da toxidez por alumínio. Já quando o SPD é adotado, após sua consolidação, pode ocorrer diminuição da necessidade da correção do solo, uma vez que o alumínio trocável e a percentagem de saturação da $CTC_{efetiva}$ diminuem (Sidiras e Pavan, 1985). Sá (1993) observou em SPD ausência de alumínio na profundidade de 0 a 10 cm e, apenas 5% das áreas apresentaram saturação por alumínio entre 0 e 15% na profundidade de 10 a 20cm.

Para a recomendação de calcário no cultivo de arroz irrigado, outros fatores também devem ser levados em consideração, como o manejo da água de irrigação, os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) presentes no solo e o sistema de plantio adotado. No sistema de semeadura em solo seco (convencional, cultivo mínimo e SPD), a lâmina d'água entra na lavoura cerca de 20 dias após a emergência. Assim, durante boa parte da fase vegetativa, a cultura fica exposta aos efeitos nocivos da acidez do solo, limitando o crescimento do arroz (Silva, 2005). Por tanto, a calagem três a quatro meses antes da semeadura é indicada para atingir condições adequadas ao estabelecimento da cultura, quando o $pH_{(água)}$ for $< 5,5$ e a saturação por bases (V) $< 65\%$ (SOSBAI, 2012; Silva, 2005) e, não é necessária no sistema pré-germinado, onde o solo é alagado antes da semeadura. Os teores de Ca e Mg no solo também podem ser utilizados como critérios de decisão para aplicação do calcário, já que o mesmo é fonte desses nutrientes. A recomendação é de 1 t ha^{-1} de calcário (PRNT 100%), para teores de Ca e Mg inferiores a $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (SOSBAI, 2012). A aplicação de calcário também pode ser indicada para áreas com toxidez de Fe, elevando o pH até 6,0 (SOSBAI, 2012). No entanto, ainda são insuficientes as informações sobre a utilização da calagem no arroz irrigado com essa finalidade.

É possível observar que diferentes critérios podem ser utilizados para a recomendação da calagem em solos de várzeas, cultivados com arroz. No entanto, há escassez de estudos sobre a cultura do arroz irrigado por inundação que buscam avaliar o efeito da calagem associada à palha remanescente, principalmente para cultivares utilizada na região da Fronteira Oeste do RS, maior produtora de arroz do país.

O objetivo deste estudo foi avaliar crescimento e produtividade de arroz irrigado por inundação sem e com calagem após manejos da palha do ano anterior.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em viveiro agrícola revestido com sombrite transparente, na safra 2013/14, nas coordenadas geográficas 29° 12' 28" S e 56° 18' 28" W e 64 m de altitude, em um Plintossolo Háptico (EMBRAPA, 2013). O clima é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida, com verões quentes (Peel et al., 2007).

O solo foi coletado na camada de 0-20 cm e passado em peneira de 4 mm, cujas características químicas foram: pH H₂O= 5,1; P= 12,6 mg dm⁻³ K= 0,153; Ca= 2,7; Mg= 0,7; Al= 0,06 cmol_c dm⁻³ V= 50%; MO= 1,6%. O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado pelo método Walkley-Black e os cátions trocáveis (Ca, Mg e Al), o P e K extraíveis (método Mehlich-1) e o pH em água foram determinados, conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

Foram instalados dois experimentos, sem e com calagem do solo, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 5 x 4 x 2, com 4 repetições constituídas de vasos de 7,5 L (6 L solo vaso⁻¹), totalizando 160 vasos em cada experimento. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco doses de palha de arroz: 0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹; quatro épocas de aplicação: 3, 2, 1 e 0 meses antes da semeadura do arroz; e 2 formas de aplicação: na superfície do solo e incorporado e homogeneizado com todo o solo do vaso. A palha de arroz foi coletada na superfície do solo, logo após a colheita na safra 2012/2013, secada em estufa a 65 °C até peso constante, triturada em frações menores que 10 cm de comprimento e armazenada em local seco até a data da sua utilização no experimento. Todos os vasos foram preenchidos com solo 3 meses antes da semeadura e permaneceram nas mesmas condições climáticas, expostas a sol e chuva em viveiro, até a data de semeadura. No tratamento com aplicação das quantidades de palha, no manejo de palha incorporada, o solo foi retirado dos vasos e secado ao sol durante um dia para permitir misturar a palha com o solo, visto que os vasos não eram perfurados e estavam expostos ao sol e chuva. No experimento com calagem, esta foi realizada três meses antes da semeadura para elevar o pH a 6,0.

A adubação foi realizada três meses antes da semeadura com 25 mg kg⁻¹ de N na forma de ureia, 175 mg kg⁻¹ de P, na forma de superfosfato triplo; e, 150 mg kg⁻¹ de K na forma de cloreto de potássio. A adubação foi triturada em moinho tipo willey e homogeneizada em todo solo do vaso. Dia 11/10/2013 oito sementes arroz cultivar Puitá Inta CI foram semeadas por vaso, em uma linha central e transversal, na profundidade de 3 cm e 20 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando duas plantas equidistantes por vaso. Nesta data, no estágio V3/V4, foi aplicado 50% do restante do N, 175 mg kg⁻¹, em

cobertura, e no dia seguinte foi aplicada a lâmina de água de 4 cm, mantida constante até a colheita do arroz. Aos 40 dias após a semeadura, no estágio de diferenciação da panícula (R0), foram aplicados os outros 50% de N, na forma de ureia. Durante o cultivo do arroz foram realizados dois rodízios semanais dos vasos.

A colheita foi realizada em 03/2014 e foram avaliados a massa seca da parte aérea/vaso, o número de panículas/ vaso e produtividade de grãos de arroz/ vaso.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação da significância dos fatores isolados e suas interações, das doses (0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹), época de aplicação (3, 2, 1 e 0 meses antes da semeadura) e manejo da palha do arroz (superficial e incorporada no solo), para cada uma das variáveis, massa seca da parte aérea, número de panículas e produtividade de grãos de arroz cultivar Puitá Inta CI a 5% de probabilidade. Para essas análises seguiu-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 5 x 4 x 2, com 4 repetições. Quando significativo foram ajustadas equações de regressão para os fatores quantitativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento e a produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação foram influenciados significativamente pelos tratamentos, nos dois experimentos, sem e com calagem (Tabela 1; Figuras 1 e 2).

No experimento 1, sem a calagem do solo, a massa seca da parte aérea foi influenciada pela quantidade de palha de arroz, sendo possível observar um aumento máximo de 13% para a dose de 29 t ha^{-1} , quando comparado a testemunha (Figura 1A1). O número de panículas não foi influenciado pelas doses de palha de arroz, quando essa foi incorporada ao solo. No entanto, quando a palha foi aplicada em superfície, houve diminuição do número panículas com o aumento das doses (Figura 1A3). Por outro lado, o número de panículas em função das épocas de aplicação da palha, apresentou comportamento inverso. Quando a palha foi incorporada ao solo na semeadura, o número de panículas aumentou 36%, comparado à aplicação três meses antes da semeadura que resultou em menor crescimento do arroz (Figura 1A2). Já a produtividade de grãos teve comportamento inverso com aumento máximo de 14% para a dose de 40 ha^{-1} , quando a palha foi incorporada 3 meses antes da semeadura, comparado a incorporação na data da semeadura (Figura 2A3), não sendo influenciado em doses menores de palha. Assim, o menor número de panículas foi parcialmente compensado por uma maior produtividade de grãos de arroz.

No experimento 2, com a calagem do solo, a massa seca da parte aérea foi influenciada pelas doses e épocas e, doses e tipo de manejo da palha remanescente do arroz (Figura 1B1 e B2). A quantidade de 40 t ha^{-1} de palha, três meses antes da semeadura, proporcionou aumento linear de 30% da massa seca, quando comparado ao tratamento sem palha (Figura 1B1). O número de panículas só foi influenciado pelas diferentes quantidades de palha de arroz quando houve incorporação da palha no solo, com aumento linear de 13%, quando comparado à aplicação da palha em superfície (Figura 2B3). A produtividade de grãos respondeu as diferentes doses e épocas de aplicação e, as diferentes doses e tipos de manejo da palha (Figura 2B1, B2 e B3). Quando a palha foi incorporada 3 meses antes da semeadura, houve aumento de 39% da produtividade de grãos, comparado a incorporação na data da semeadura (Figura 2B3).

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) para verificação da significância dos fatores isolados e suas interações, das doses (0, 5, 10, 20 e 40 t ha⁻¹), época de aplicação (3, 2, 1 e 0 meses antes da semeadura) e manejo da palha do arroz (superficial e incorporada no solo), sem e com aplicação de calcário, e das variáveis número de panículas, massa seca da parte aérea e produtividade de grãos.

Causas da variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		Massa seca da parte aérea	Número de panículas	Produtividade de grãos
Sem calcário				
Doses (A)	4	1731,7**	69,0 ^{ns}	5187,6**
Épocas (B)	3	732,3 ^{ns}	53,7 ^{ns}	250,3 ^{ns}
Manejo (C)	1	74,3 ^{ns}	722,5**	6,8 ^{ns}
AXB	12	663,8 ^{ns}	32,6 ^{ns}	279,9**
AXC	4	965,4 ^{ns}	92,6*	644,0**
BXC	3	273,8 ^{ns}	185,6**	108,0 ^{ns}
AXBXC	12	631,0 ^{ns}	40,5 ^{ns}	89,0 ^{ns}
Resíduo	120	397,5	34,4	109,0
CV (%)		17,3	10,7	10,5
Com calcário				
Doses (A)	4	3620,5**	85,8 ^{ns}	3375,0**
Épocas (B)	3	70,2 ^{ns}	20,9 ^{ns}	1150,7**
Manejo (C)	1	43,7 ^{ns}	479,5**	52,5 ^{ns}
AXB	12	453,2**	54,7 ^{ns}	216,2**
AXC	4	721,5**	123,6*	467,1**
BXC	3	214,5 ^{ns}	33,0 ^{ns}	113,1 ^{ns}
AXBXC	12	143,2 ^{ns}	55,3 ^{ns}	142,3 ^{ns}
Resíduo	120	191,1	46,6	91,29
CV (%)		11,7	12,5	10,0

** , * e ^{ns} Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

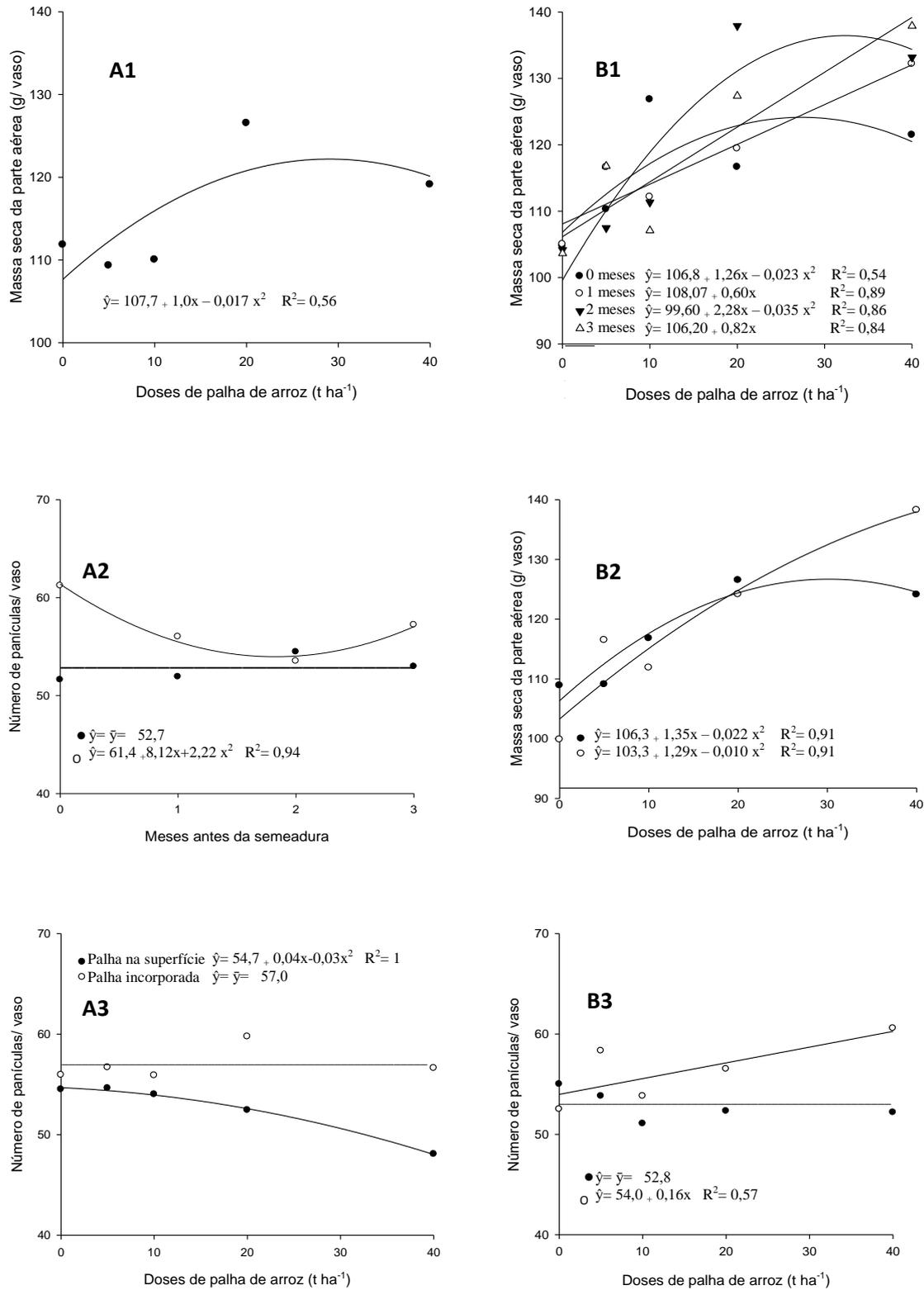


Figura 1. Efeito das doses de palha de arroz, épocas e formas de aplicação, na Massa seca da parte aérea e número de panículas de arroz irrigado por inundação. (A) Sem calcário; (B) Com aplicação de calcário; (A1 e B1) Massa seca da parte aérea do arroz em função das doses de palha nas épocas de manejo.

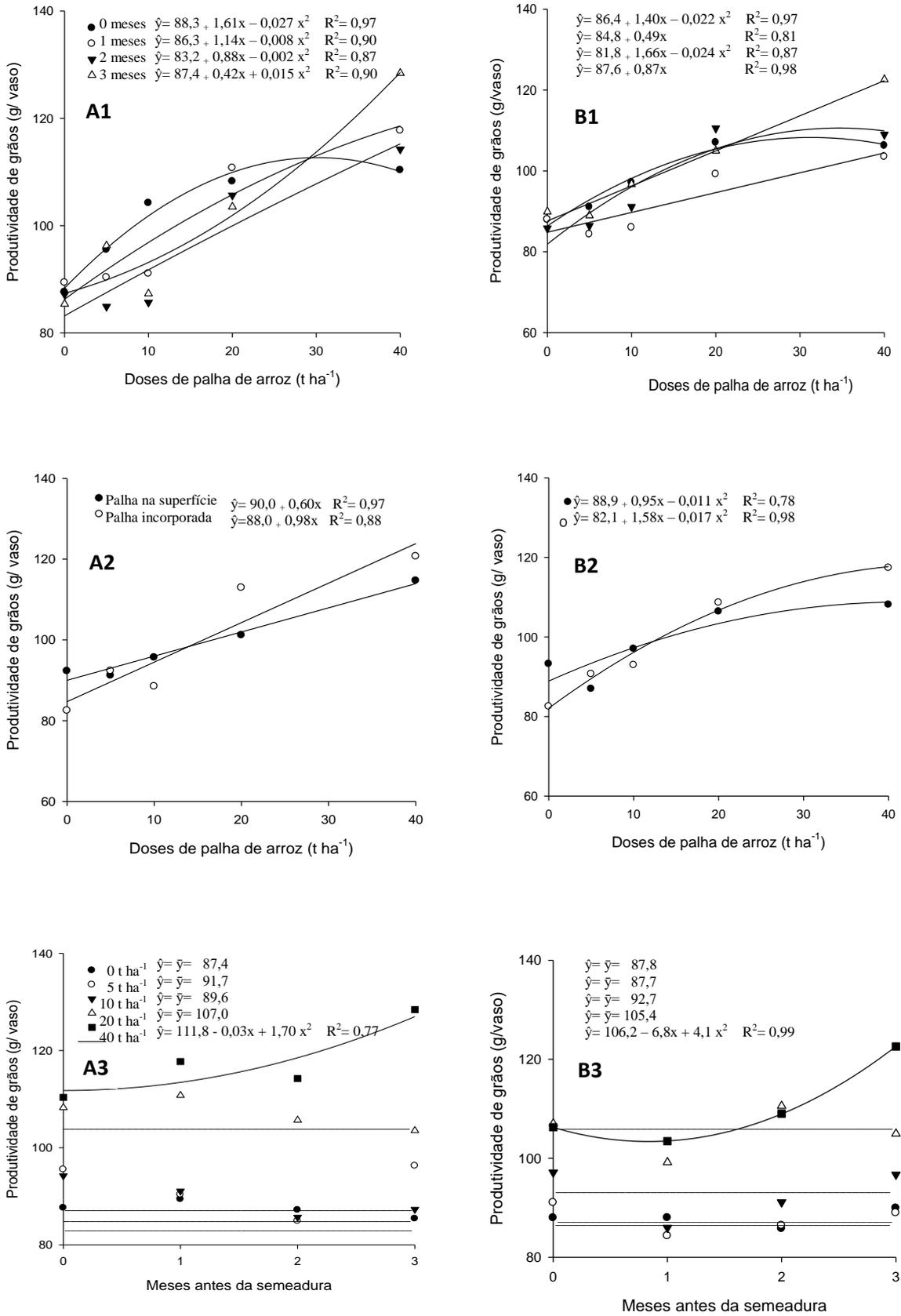


Figura 2. Efeito das doses de palha de arroz e épocas de aplicação, na produtividade de grãos de arroz irrigado por inundação. (A) Sem calcário; (B) Com aplicação de calcário.

O aumento no número de panículas e na produtividade de grãos quando a palha foi incorporada ao solo pode ser explicado pela decomposição mais rápida da palha nessas condições, alterando a dinâmica do N e liberando mais nitrogênio mineral na solução do solo para às plantas, comparado a condição em que palha permanece na superfície do solo (Linguist et al., 2006) ou na ausência de palha (Linguist et al., 2006; Knoblauch et al., 2014). Devido a esse fato, Linguist et al. (2006) recomendam a aplicação de menos N para o arroz irrigado quando a palha é incorporada ao solo.

Segundo Knoblauch et al. (2014) quando a incorporação da palha é realizada menos de 30 dias antes do alagamento pode ocorrer a imobilização de N, o que possivelmente não ocorreu nesse trabalho, já que o número de panículas foi superior quando a palha foi aplicada na data da semeadura e que maiores doses de palha resultaram em maior produção de massa seca da parte aérea (Figura 1A1 e A2). Os resultados obtidos nesse estudo provavelmente devem-se ao baixo teor de MO no solo (1,6%) que diminui a imobilização e a aplicação de N por meio da ureia 20 dias após a emergência, aumentando a disponibilidade de N para o arroz. Alguns estudos verificaram que não houve imobilização de N com aplicação de 7 t ha⁻¹ de palha de arroz em solo com 3,4% de MO e que aplicação do N fertilizante reduz a imobilização e estimula a mineralização e absorção de N pelo arroz e é superior quando é adicionada palha no solo (Linguist et al., 2006).

Além disso, a exposição do solo às condições ambientais, secando e umedecendo/alagando o solo, visto que os vasos não eram perfurados embaixo, pode ter favorecido as perdas de N por volatilização da amônia (NH₃) ou, no alagamento temporário, a utilização de NO₃⁻ pelos microrganismos como acceptor de elétrons durante a decomposição da MO e perdas de N principalmente como N₂O e N₂ (Ponnamperuma, 1984), pode ter contribuído para o menor número de panículas quando a palha foi incorporada meses antes da semeadura (Figura 1A2).

A incorporação de 7 t ha⁻¹ de palha pode resultar em decomposição mais rápida da palha comparada a palha superficial e, a quantidade de N mineral pode ser maior nos tratamentos com palha na entressafra do arroz irrigado por inundação, comparado ao solo sem palha (Linguist et al. 2006). No entanto, Massoni et al. (2013) estudando sistemas de manejo da palha de arroz após a colheita verificaram incremento na quantidade de N mineral no início da entressafra dos cultivos de arroz, porém, ao final do período de 164 dias (entressafra) a quantidade de N foi equivalente a quantidade inicial.

Segundo Sangoi et al. (2003) a aplicação da palha na superfície do solo aumenta a quantidade de amônia volatilizada, em relação aos tratamentos sem palha ou com palha

incorporada, provavelmente em função da decomposição dos resíduos na superfície do solo, que ao liberar N, parte se transforma em amônia e se perde para a atmosfera. Esse fato possivelmente explica porque quando a palha permaneceu na superfície do solo não houve influência da época de aplicação no número de panículas, pois as perdas de N possivelmente foram maiores que no sistema incorporado mitigando o efeito da palha.

A produtividade de grãos aumentou com o acréscimo na quantidade de palha remanescente de arroz nos dois experimentos, com e sem calagem do solo, onde a dose de 40 t ha⁻¹ resultou em acréscimo de produtividade de 45 e 27% no manejo da palha incorporada e superficial, respectivamente, quando não houve a calagem do solo, comparado ao tratamento sem palha (Figura 2A2). Quando foi realizada a calagem, houve aumento máximo de 23 e 44% para a dose de 40 t ha⁻¹, no manejo da palha superficial e incorporada, respectivamente, comparado ao tratamento sem palha (Figura 2B2). Já na dose de 5 t ha⁻¹, quantidade de palha remanescente normalmente presente na superfície do solo antes da semeadura do arroz (Beutler et al., 2014), a produtividade do arroz foi 6 e 4% superior no manejo da palha incorporada e superficial, respectivamente, quando não houve calagem do solo e de, 9 e 5% quando foi realizado calagem, comparado ao tratamento sem palha (Figura 2A2 e B2). Esses resultados são contraditórios aos encontrados na literatura. Camargo et al. (1995) verificaram aumento de 2% na produtividade de arroz até a dose de 6,5 t ha⁻¹ de palha de arroz incorporada ao solo e posterior decréscimo de 7% da produtividade até 20 t ha⁻¹, porém com alto teor inicial de MO (10,5%). No campo, Beutler et al., 2014 não observaram alteração da produtividade de arroz em função da quantidade de palha remanescente. Linqvist et al. (2006) verificaram maior produtividade de arroz quando a palha permaneceu no solo, comparado ao solo com palha removida. Esse resultado diferenciado e benéfico da palha de arroz, neste estudo, deve-se possivelmente ao baixo teor inicial de MO do solo (1,6%), valor inferior ao encontrado nas lavouras orizícolas (Linqvist et al., 2006; Beutler et al., 2012, Beutler et al., 2014). Isto resultou em efeitos benéficos e máximos da palha do arroz na produtividade de grãos, utilizando a dose de 40 t ha⁻¹ nos manejos da palha estudados, incorporada e superficial, comparado ao tratamento sem palha.

A produtividade de grãos de arroz, com e sem a calagem do solo, não diminuiu com até 20 t ha⁻¹ de palha remanescente de arroz, em razão da época de manejo da palha antes da semeadura. No entanto, em condições de campo, a quantidade de palha remanescente na época da semeadura é inferior a 10 t ha⁻¹ (Beutler et al., 2014). Porém, no cultivo do arroz em condições de campo os teores de matéria orgânica no solo são superiores ao encontrado nesse estudo (MO= 1,6%) e quantidades menores de palha podem ter efeito prejudicial visto que já

tem teor elevado de matéria orgânica no solo e assim potencializa o efeito nocivo em função da maior quantidade total de MO. Isto explica a resposta do arroz às doses crescentes de palha remanescente, no manejo incorporado e palha superficial, e na dose de 40 t ha⁻¹ a melhor resposta do arroz foi quando a aplicação da palha foi três meses antes da semeadura, nos dois experimentos, sem e com calagem do solo (Figura 2A1 e B1). O excesso de palha de arroz remanescente causa vários efeitos prejudiciais para o arroz irrigado por inundação, descritos em vários estudos (Camargo et al., 2001), e que são amenizados quando a palha é aplicada três meses antes da semeadura, pois permite a decomposição e redução da quantidade de palha e dos efeitos nocivos até a semeadura do arroz.

Assim, verifica-se que aportado nesses resultados e nos encontrados na literatura não é apenas a quantidade de palha que influencia no crescimento e produtividade do arroz, mas também o manejo e o teor de MO inicial do solo.

A calagem do solo, não proporcionou aumento significativo na produtividade de grãos quando comparada aos tratamentos sem a aplicação de calcário, fato que possivelmente ocorreu devido ao baixo teor de alumínio trocável na solução do solo mesmo com pH 5,1. Silva (2005) estudando a calagem em solos de várzea concluiu que, a correção da acidez solo diminui a disponibilidade de elementos tóxicos às plantas, mas não aumenta os níveis de P e K absorvidos por elas. Isso explica porque não houve aumento da produtividade do arroz nesse estudo quando foi feito a calagem, já que a quantidade de alumínio tóxico no solo utilizado era baixa (0,06 cmol_c dm⁻³) e não causou fitotoxicidade à cultura. Outro fato que pode ter contribuído para os resultados obtidos, são os teores de cálcio e magnésio do solo, 2,7 e 0,7 cmol_c dm⁻³, respectivamente, considerados adequados para o arroz irrigado (SOSBAI, 2012). Assim, o calcário não proporcionou efeitos benéficos como fonte de Ca e Mg, já que os níveis desses nutrientes na solução do solo atendiam às exigências da cultura.

Além disso, de acordo com Wielewicky et al. (1998), a aplicação da lamina d'água em um período inferior a 35 dias após a emergência do arroz, pode aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas e diminuir o efeito de elementos nocivos à cultura. Nesse estudo a utilização da lamina d'água ocorreu 20 dias após a emergência das plântulas, o que possivelmente elevou o pH do solo aumentando os níveis de nutrientes disponíveis a cultura mesmo em seus estádios iniciais.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados na literatura, onde o arroz irrigado por inundação pode não responder a aplicação de calcário, em função do manejo da lamina d'água na lavoura e dos níveis de Ca e Mg presentes no solo.

Poucos sintomas de toxidez de Fe foram observados visualmente nas plantas de arroz (Figura 3), mesmo nas maiores quantidades de palha de arroz, visto que a palha aumenta a disponibilidade de Fe^{2+} na solução do solo e sua toxidez ao arroz, pela oxidação da matéria orgânica que fornece energia para os processos vitais dos microrganismos e é fonte de elétrons para a redução e diminuição dos valores de Eh, potencial redox, (Sousa et al., 2004). Segundo Schmidt et al. (2013) o alagamento do solo diminui rapidamente os valores de Eh e na segunda semana já está com condição de oxirredução propícias à redução do Fe e liberação desse para a solução do solo na forma reduzida e tóxica de Fe^{2+} , atingindo o pico de máxima liberação de Fe aos 11 dias após o alagamento.



Figura 3. Foto aos 70 dias da cultivar Puitá Inta CI apresentando poucos sintomas de toxidez de Fe

A reduzida toxidez de Fe nas plantas, caracterizada por poucos sintomas visuais nas folhas, possivelmente deve-se aos baixos teores de matéria orgânica (MO= 1,6%) no solo utilizado no estudo. Segundo Sousa et al. (2009), em solos ácidos com altos teores de MO e óxidos de Fe, as concentrações Fe^{2+} na solução do solo podem atingir o pico de 300 mg L^{-1} após quatro semanas de alagamento e solos levemente ácidos apresentam concentrações máximas de 50 a 100 mg L^{-1} de Fe^{2+} .

O efeito tóxico dos ácidos orgânicos foi pouco expressivo nesse estudo, visto que doses crescentes de palha resultaram em maior produtividade de grãos de arroz e que o número de panículas do arroz foi maior quando a palha foi aplicada na data da semeadura do arroz. Isto visto que quantidades altas quantidades de palha liberam ácidos orgânicos tóxicos a cultura do arroz (Camargo et al., 1995; Johnson et al., 2006; Knoblauch et al., 2014) e que esperava-se redução do crescimento e produtividade do arroz nas doses mais elevadas de palha de até 40 t ha⁻¹, comparado a ausência ou menores doses de palha. Isso ocorreu possivelmente em razão do baixo teor de MO no solo (1,6%) comparado aos estudos de (Camargo et al., 1995) e a condições de campo em que as quantidades de MO são pelo menos 2 vezes superior (Beutler et al., 2014) e desta forma potencializa o efeito prejudicial da palha remanescente de arroz no solo.

4 CONCLUSÕES

A elevada quantidade de palha de arroz (40 t ha^{-1}) resultou em maior produtividade de grãos quando a palha foi aplicada três meses antes da semeadura, sendo que nas doses inferiores a época de aplicação da palha não alterou a produtividade, sem e com calagem.

A produtividade de grãos de arroz aumentou linearmente até a dose de 40 t ha^{-1} de palha na superfície e incorporada, sem aplicação de calcário, e apresentou efeito quadrático quando foi aplicado calcário, em solo com 1,6% de matéria orgânica.

A calagem do solo não influenciou a produtividade do arroz irrigado por inundação, quando comparado aos tratamentos sem calagem.

5 REFERÊNCIAS

- BEUTLER, A.N.; MUNARETO, J.D.; GRECO, A.M.F.; POZZEBON, B.C.; GALON, L.; GUIMARÃES, S.; BURG, G.; SCHMIDT, M.R.; DEAK, E.A.; GIACOMELI, R.; ALVES, G.S. Manejo do solo, palha residual e produtividade de arroz irrigado por inundação. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.1153-1162, 2014.
- 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.1601-1607, 2012.
- BOHNEN, H.; SILVA, L.S.; 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.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DORAN, G.; EBERBACH, P.; HELLIWELL, S. The impact of rice plant roots on the reducing conditions in flooded rice soils. **Chemosphere**, v.63, p.1892-1902, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil>>. Aces. 10 de nov. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2013. 353p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **FaoStat**. Disponível em:<<http://apps.fao.org>>. Aces. 19 out. 2014.
- FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. 2012. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf>. Aces. 20 de out. 2014.

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.

KNOBLAUCH, R.; ERNANI, P.R.; DESCHAMPS, F.C.; GATIBONI, L.C.; WLAKER, T.C.; LOURENÇO, K.S.; MARTINS, A.A.; PEGORARO, A. Rice straw incorporated just before soil flooding increases acetic acid formation and decreases available nitrogen. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.117-184, 2014.

KÖGEL-KNABNER, I.; AMELUNG, W.; CAO, Z.; FIEDLER, S.; FRENZEL, P.; JAHN, R.; KALBITZ, K.; KÖLBL, A.; SCHLOTTER, M. Biogeochemistry of paddy soils. **Geoderma**, v.157, p.1-14, 2010.

KÖPP, M.M.; LUZ, V.K.; COIMBRA, J.L.M.; MAIA, L.C.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Evaluation of rice genotypes under propionate stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.39, p.1375-1384, 2008.

KÖPP, M.M.; LUZ, V.K.; COIMBRA, J.L.M.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação de genótipos de arroz sob o efeito fitotóxico interativo dos ácidos acético, propiônico e butírico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.519-532, 2012

LINQUIST, B.A.; BROUDER, S.M.; HILL, J.R. Winter straw and water management effects on soil nitrogen dynamics in California rice systems. **Agronomy Journal**, v.98, p.1050-1059, 2006.

MASSONI, P.F.S.; MARCHESAN, E.; GROHS, M.; SILVA, L.S da; ROSO, R. Nutrientes do solo influenciados por diferentes manejos da palha após a colheita do arroz irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, p.205-214, 2013.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: POTAFOS, (Encarte Técnico), Piracicaba, 2000. P.1-8.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, v. 2, 2002. P.393-486.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, v.11, p.1633-1644, 2007.

PONNAMPERUMA, F.N. **Straw as a source of nutrients for wetland rice**. In: Organic matter and rice. Manila: International Rice Research Institute, 1984. p.117-136.

SÁ, J.C. de M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Fundação ABC, 1993. 96p.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório

em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v.33, p.687-692, 2003.

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

SCHMIDT, F.; FORTES, M. de A.; WESZ, J.; BUSS, G. L.; SOUSA, R. O. de. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.1226-1235, 2013.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, M.J. Comportamento de um Latossolo Roxo distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1285-1293, 1984.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.249-254, 1985.

SILVA, L. S.; RANNO, S. K. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. **Ciência Rural**, v.35, p. 1054-1061 2005.

SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí: SOSBAI, 2012. 179p.

SOUSA, R.O.; 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 Agrociência**, v.8, p.231-235, 2002.

SOUSA, R.O.; CAMARGO, F.A.O.; VAHL, L.C. **Solos alagados (Reações de redox)**. In: MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. 2. Ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.207-236.

SOUSA, R.O.; VAHL, L.C.; OTERO, X.L. **Química de solos alagados**. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. Química e mineralogia do solo. Parte II - Aplicações. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.485-528.

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, p.344-351, 2006.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

WIELEWICKI, A.P.; MARCHEZAN, E.; STORCK, L. Absorção de nutrientes pelo arroz em resposta a calagem e a época de início da irrigação. **Ciência Rural**, v.28, p.17-21, 1998.

APÊNDICE A

Fotos dos vasos utilizados no experimento aos 20 dias (entrada da água), aos 30 dias, aos 70 dias e na colheita.

