

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

**PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE ARROZ DE
TERRAS BAIXAS IRRIGADO POR ASPERSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Felipe Schmidt Dalla Porta

**Itaqui, RS, Brasil
2020**

FELIPE SCHMIDT DALLA PORTA

**PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS
IRRIGADO POR ASPERSÃO**

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: Cleber Maus Alberto

Itaqui, RS, Brasil
2020

D144p DALLA PORTA, Felipe Schmidt.
Produtividade da água de arroz de terras baixas irrigado por aspersão /
Felipe Schmidt Dalla Porta, 2020.
32 p;

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal
do Pampa, AGRONOMIA, 2020.

“ Orientação: Cleber Maus Alberto”.

1. *Oryza sativa* L. 2. Produtividade da água. 3. Disponibilidade
hídrica. I. Título.

FELIPE SCHMIDT DALLA PORTA

**PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS
IRRIGADO POR ASPERSÃO**

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 defendido e aprovado em: ___/___/____.
Banca examinadora:

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

Prof. Dr. Anderson Weber
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Nereu Augusto Streck
Curso de Agronomia – UFSM

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, em especial meus pais Airton e Eliani, minhas irmãs Gabriela e Giulia, meus avós Ariovaldo, Noveli, Adelma e Arlindo (*in memoriam*), a minha sobrinha Beatriz, aos meus tios, especialmente a Lizia e Cláudio que permitiram minha estadia durante os cinco anos de faculdade em Itaqui/RS, sendo estes a minha base sejam quais forem minhas escolhas.

Ao Prof. Cleber pela amizade, parceria e orientação desde o início da graduação, o qual sempre propôs desafios e oportunidades, permitindo tornar-me a pessoa que sou hoje.

Ao Prof. Anderson Weber por aceitar participar da banca examinadora, como também, por todos os ensinamentos transmitidos durante meu período de graduação.

Ao Prof. Nereu por acreditar no meu trabalho permitindo que liderasse uns dos primeiros experimentos com a cultura da mandioca em terras baixas, permitindo que fizesse parte da grande parceria Unipampa-UFSM, no qual tenho prazer de participar até hoje, e me proporcionado oportunidades únicas de aprendizado e crescimento pessoal.

Aos meus colegas Franciéle, Lucas, Matheus Bittencourt e Matheus Sanchotene, que estiveram comigo nas fases boas e ruins, como também, na construção e elaboração de todos trabalhos, atividades e experimentos durante a graduação.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Água e Solos (GEAS), em especial ao Lorenzo, Cássio e Gabriel que me acolheram quando entrei no grupo, e a todos que auxiliaram na condução de experimentos permitindo obter os dados utilizados neste estudo.

E por fim, as amizades construídas em Itaqui/RS, que tornaram os períodos de condução de experimentos (férias) nos melhores períodos da minha graduação.

EPÍGRAFE

“Ser livre não é apenas romper os próprios grilhões, mas viver de forma a respeitar e engrandecer a liberdade dos outros”

Nelson Mandela

RESUMO

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

Autor: Felipe Schmidt Dalla Porta

Orientador: Cleber Maus Alberto

Local e data: Itaquí, 30 de novembro de 2020.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da água da irrigação e total para diferentes cultivares de arroz de terras baixas irrigado por aspersão. O estudo foi realizado nos anos agrícolas de 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 em delineamento de blocos inteiramente casualizados com parcelas subdivididas e blocos casualizados em 2016/2017. Em 2010/2011, 2014/2015 e 2015/2016 os tratamentos foram cultivares de arroz de terras baixas cultivados sob cinco lâminas de irrigação por aspersão (0, 50, 100, 150 e 200% da evapotranspiração da cultura, ET_c) com quatro repetições. Em 2016/2017, o desenho experimental foi mantido, mas foi retirada a lâmina de 0% da ET_c e adicionada a lâmina de irrigação de 250% da ET_c. A necessidade de irrigação foi determinada a partir da evapotranspiração da cultura (ET_c), multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c). O volume de Irrigação (I) (m³ ha⁻¹) foi mensurado a partir do somatório das irrigações para cada lâmina de irrigação por aspersão. O Total de Água (TA) (m³ ha⁻¹), foi mensurado pelo somatório do volume de irrigação mais as chuvas registradas durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. A Produtividade da Água da Irrigação (PAI) (kg m⁻³), como a relação entre o rendimento de grãos (13% de umidade) pelo volume de irrigação. A Produtividade da Água Total (PAT) (kg m⁻³) foi calculada como a relação entre o rendimento de grãos e o volume total de água (irrigação + precipitação pluviométrica). Em todos os anos agrícolas não houve interação entre lâminas de irrigação por aspersão e cultivares para PAI e PAT, apresentando diferença significativa entre lâminas de irrigação por aspersão e entre cultivares de arroz de terras baixas. O maior volume de irrigação foi observado no ano agrícola 2014/2015 com volume total de 3003,10 m³ ha⁻¹. O maior valor para PAI foi observado na lâmina de 209% da ET_c, com PAI de 3,389 kg m⁻³. Para PAT o maior valor observado foi na lâmina de irrigação por aspersão de 156,76% da ET_c, com PAT de 0,806 kg m⁻³. Entre os materiais genéticos utilizados o híbrido de arroz de terras baixas XP 102 CL apresentou os maiores valores para PAI e PAT nos diferentes anos agrícolas deste estudo. A média das lâminas de irrigação para

encontrar os maiores valores de PAI e PAT para os quatro anos agrícolas de estudo são 163,80 e 176,21% da ETc, respectivamente.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., produtividade da água, disponibilidade hídrica.

ABSTRACT

WATER PRODUCTIVITY OF LOWLAND RICE SPRINKLER IRRIGATED

Author: Felipe Schmidt Dalla Porta

Advisor: Cleber Maus Alberto

Data: Itaquí, November 30, 2020.

The objective of this work was to evaluate the irrigation water and total water productivity for different lowland rice cultivars irrigated by sprinkling. The study was carried out in the agricultural years 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 in a completely randomized block design with subdivided plots and randomized blocks in 2016/2017. In 2010/2011, 2014/2015 and 2015/2016 treatments were lowland rice cultivars grown under five sprinkler irrigation layers (0, 50, 100, 150 and 200% of the crop evapotranspiration, ET_c) with four replications. In 2016/2017, the experimental design was maintained, but the 0% ET_c depth was removed and the 250% ET_c irrigation depth was added. The need for irrigation was determined from the crop evapotranspiration (ET_c), multiplying the reference evapotranspiration (ET_o) by the crop coefficient (K_c). The water input (I) (m³ ha⁻¹) was measured from the sum of the irrigations for each sprinkler irrigation depth. The Total Water (WT) (m³ ha⁻¹), was measured by the sum of the irrigation volume plus the rainfall recorded during the entire crop development cycle. The Irrigation Water Productivity (WPI) (kg m⁻³), as the relationship between grain yield (13% humidity) and water input. Total Water Productivity (WPT) (kg m⁻³) was calculated as the relationship between grain yield and total water volume (irrigation + rainfall). In all agricultural years there was no interaction between sprinkler irrigation depths and cultivars for WPI and WPT, showing a significant difference between sprinkler irrigation depths and between lowland rice cultivars. The highest water input was observed in the 2014/2015 agricultural year with a total volume of 3003.10 m³ ha⁻¹. The highest value for WPI was observed in the 209% depth of ET_c, with WPI of 3,389 kg m⁻³. For WPT the highest value observed was in the irrigation sprinkler of 156.76% of ET_c, with WPT of 0.806 kg m⁻³. Among the genetic materials used, the lowland rice hybrid XP 102 CL showed the highest values for WPI and WPT in the different agricultural years of this study. The average of the irrigation depths to find the highest values of WPI and WPT for the four agricultural years of study are 163.80 and 176.21% of ET_c, respectively.

Keywords: *Oryza sativa* L., water productivity, water availability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Precipitação pluviométrica (mm), irrigação (mm) e evapotranspiração de referência (ET_o, mm) para a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura, durante o ciclo de desenvolvimento do arroz de terras baixas irrigado por aspersão, nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). A linha tracejada corresponde à ocorrência da semeadura (S0), diferenciação da panícula (R1) e maturidade completa dos grãos da panícula (R9) (COUNCE et al., 2000) das cultivares de arroz de terras baixas sob a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura. Itaqui, RS, Brasil, 2020. 18
- Figura 2:** Produtividade da Água da Irrigação (PAI, kg m⁻³) de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). Itaqui, RS, Brasil, 2020. Os coeficientes seguidos de ** e * são significativos a 1% e 5%, respectivamente..... 23
- Figura 3:** Produtividade da Água Total (PAT, kg m⁻³) de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). Itaqui, RS, Brasil, 2020. Os coeficientes seguidos de ** e * são significativos a 1% e 5%, respectivamente..... 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Volume de precipitação ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), irrigação na lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (ETo , $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), durante os períodos de S0-R1 (semeadura a diferenciação da panícula), R1-R9 (diferenciação da panícula a maturidade completa dos grãos da panícula) e S0-R9 (semeadura a maturidade completas dos grãos da panícula) (COUNCE et al., 2000), para os anos agrícolas de 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 no município de Itaqui fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. Itaqui, RS, Brasil, 2020.....	19
Tabela 2: Produtividade da Água da Irrigação (PAI) e Produtividade da Água Total (PAT) (kg m^{-3}) para diferentes cultivares de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas de 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Os valores apresentados na tabela são valores médios para todas as lâminas de irrigação por aspersão. Itaqui, RS, Brasil, 2020.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 Condições meteorológicas e uso da água	17
3.2 Produtividade da Água da Irrigação (PAI) e Produtividade da Água Total (PAT)	22
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
5 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os dez países com as maiores áreas agrícolas irrigadas, cultivando entre 4 a 7 Mha, juntamente com países como México, Itália, Espanha, Tailândia, entre outros. Grande parte da água para irrigação brasileira tem seu uso destinado ao cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.), com área total de arroz irrigado de 1,54 Mha (ANA, 2017), desempenhando um importante e estratégico papel socioeconômico para o Brasil que visa solucionar questões ligadas a segurança alimentar da população mundial (SOSBAI, 2018).

Atualmente, a produção brasileira de arroz é de cerca de 11 milhões de toneladas de grãos, sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) responsável por 80% da produção nacional (CONAB, 2020). Predominantemente, no RS, a produção desta gramínea é tradicionalmente irrigada por inundação, sendo necessários elevados volumes hídricos. Relatos da literatura indicam ser necessários volumes que variam de 7000 a 15000 m³ ha⁻¹ durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (SOSBAI, 2018; CARRACELAS et al., 2019; ALBERTO et al., 2020).

A baixa eficiência do uso da água pela cultura do arroz irrigado é alvo de constante preocupação ambiental e econômica. Prognósticos indicam possíveis alterações na disponibilidade hídrica em cenários de mudanças climáticas e de redução de áreas agricultáveis (BOUMAN, 2007). Assim, existe a necessidade de obter sistemas mais sustentáveis e eficientes no uso da água e recursos (LI et al., 2015). Como alternativa aos métodos de irrigação por superfície, visando economia de água, surgem os métodos de irrigação por aspersão, destacando-se o sistema de irrigação por pivô central.

O método de irrigação por aspersão visa suprir as demandas hídricas dos vegetais por meio da simulação da precipitação e diminuir as perdas eminentes do sistema de irrigação por inundação (PINTO et al., 2016). Este sistema está sendo adotado por diversos produtores rurais da região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, onde os mesmos buscam reduzir o uso de água, facilitar a rotação de culturas, implementar a integração lavoura-pecuária, bem como reduzir os custos de produção do arroz irrigado mantendo os mesmos patamares produtivos (BARTZ et al., 2017; MEUS et al., 2018; ALBERTO et al., 2020).

Para quantificar a eficiência deste método de irrigação, pode-se utilizar o conceito de produtividade da água. A produtividade da água é a relação entre a quantidade de grãos produzidos pelo volume de água irrigado (CARRACELAS et al., 2019), com unidade em quilogramas de arroz por volume de água. Diversos autores vêm estudando a produtividade da água para diferentes métodos de irrigação na cultura do arroz, mais comumente citados os

métodos de irrigação contínua, irrigação intermitente e irrigação por molhamento e secamento alternado (MSA) (MACHADO et al., 2006; CARRACELAS et al., 2019; ALBERTO et al., 2020). Contudo, poucos são os estudos sobre a produtividade da água para o sistema de irrigação por aspersão com as cultivares modernas de arroz de terras baixas, onde estas apresentam maior potencial produtivo do que cultivares utilizadas em estudos anteriores (BRUNINI et al., 1981; SARTORI et al., 2013; CARRACELAS et al., 2019; LIU et al., 2019), apresentando assim uma lacuna científica a ser estudada.

O trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade da água da irrigação e total para diferentes cultivares de arroz de terras baixas irrigado por aspersão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos na área experimental da Universidade Federal do Pampa (Latitude 29°09'21.68" S; Longitude 56°33'02.58" W; altitude de 74 m), no município de Itaqui no estado do Rio Grande do Sul (RS). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical com verões quentes e sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). O solo da região é classificado como Plintossolo Háplico (SANTOS, 2013).

Foram conduzidos quatro experimentos nos anos agrícolas 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas nos anos agrícolas 2010/2011, 2014/2015 e 2015/2016, e DBC no ano agrícola 2016/2017. No primeiro ano agrícola (2010/2011) os tratamentos foram compostos de duas cultivares e um híbrido de arroz de terras baixas (IRGA 424, IRGA 417 e INOV CL), sob cinco lâminas de irrigação por aspersão (0%, 50%, 100% e 150% e 200% da evapotranspiração da cultura, ETc), com quatro repetições.

O segundo experimento (2014/2015) foi conduzido com as cultivares de arroz de terras baixas, IRGA 428, IRGA 429 e XP 102 CL, sob cinco lâminas de irrigação por aspersão (0%, 50%, 100% e 150% e 200% da ETc). No terceiro ano agrícola (2015/2016) os tratamentos foram compostos de quatro cultivares de arroz de terras baixas (IRGA 409, IRGA 424, IRGA 428 e Puitá INTA CL), sob cinco lâminas de irrigação por aspersão (0%, 50%, 100% e 150% e 200% da ETc), com quatro repetições

No último experimento (2016/2017) foi introduzida a lâmina de irrigação de 250% ETc e assim, retirada a lâmina de irrigação de 0% da ETc. Propôs-se, testar se há o incremento na produção de grãos com o aumento na lâmina irrigada. A retirada do tratamento sem irrigação

não prejudicou os resultados do experimento, onde em outros anos agrícolas já havia sido testada, e a cultura não completou o seu ciclo de desenvolvimento. Dessa forma, no ano 2016/2017 foi utilizada a cultivar IRGA 424 CL, sob cinco lâminas de irrigação por aspersão (50%, 100%, 150%, 200% e 250% da ETc) e quatro repetições. As semeaduras foram realizadas nos dias 09 de novembro de 2010, 17 de novembro de 2014, 25 de novembro de 2015 e 4 de outubro de 2016.

Cada unidade experimental foi composta de 18 linhas espaçadas em 0,17 m e cinco metros de comprimento, totalizando área de 15,3 m² por parcela. A exceção foi no ano agrícola 2016/2017, a parcela consistiu de 54 linhas de semeadura espaçadas em 0,17 m e cinco metros de comprimento, totalizando área de 45,9 m². A densidade de semeadura foi de 100 kg ha⁻¹ (ou 350 plantas m⁻²) para as cultivares IRGA 417, IRGA 424, Puitá INTA CL, IRGA 428, IRGA 429, IRGA 409 e IRGA 424 CL. Para os híbridos, INOV CL e XP 102 CL, utilizou-se uma densidade de 50 kg ha⁻¹ (ou 175 plantas m⁻²).

A adubação foi realizada de acordo com a recomendação para a cultura do arroz segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), com estimativa de produção de 12 Mg ha⁻¹ e o pH da área corrigido para 6,0, com a aplicação de calcário dolomítico (PRNT 70%). O manejo fitossanitário foi realizado sempre que necessário durante o ciclo da cultura, a fim de minimizar os danos causados por pragas e doenças de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil para a cultura de arroz (SOSBAI, 2018).

As amostras para a determinação do rendimento de grãos (kg ha⁻¹) foram obtidas com amostragens de 0,5 m² por subparcela, quando as plantas atingiram o estágio R9 (maturidade completa dos grãos da panícula) (COUNCE et al., 2000). Após a coleta as amostras foram levadas para laboratório, onde os grãos posteriormente foram secos em estufa até umidade de 13%. Após a secagem as amostras foram pesadas em balança de precisão.

A necessidade de irrigação foi determinada a partir da evapotranspiração da cultura (ETc), multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente de cultura (Kc). A ETo foi estimada através da equação de Penman-Montheith (ALLEN et al., 1998) a partir de dados de temperatura, umidade relativa do ar, vento e radiação solar, obtidos da estação meteorológica automática situada a 200 m do local de cultivo. Os valores de coeficiente de cultura (Kc), foram de 1,05 até 20 dias após a emergência (DAE), de 1,125 de 21 até 40 DAE, de 1,2 de 41 até 95 DAE, e de 0,9 a partir dos 96 DAE (ALLEN et al., 1998).

O volume de Irrigação (I) (m³ ha⁻¹) foi mensurado a partir do somatório das irrigações para cada lâmina de irrigação por aspersão. O Total de Água (TA) (m³ ha⁻¹), foi mensurado

pelo somatório do volume de irrigação mais precipitação pluviométrica registrada durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, calculou-se a Produtividade da Água da Irrigação (PAI) (kg m^{-3}), como a relação entre o rendimento de grãos pelo volume de irrigação. A Produtividade da Água Total (PAT) (kg m^{-3}) foi calculada como a relação entre o rendimento de grãos e o volume total de água (irrigação + precipitação pluviométrica) (CARRACELAS et al., 2019).

Após, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e foram testadas as interações entre lâminas de irrigação e cultivares para cada ano (experimento fatorial), não havendo interação foram ajustadas equações não lineares para PAI e PAT por ano agrícola e as cultivares foram submetidas ao teste T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. Como tomada de decisão para a utilização do formato de equação a ser utilizado, a mesma deveria ter ao menos um parâmetro significativo estatisticamente com probabilidade de erro inferior a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições meteorológicas e uso da água

Durante a condução dos experimentos observou-se que as condições meteorológicas foram distintas (Figura 1).

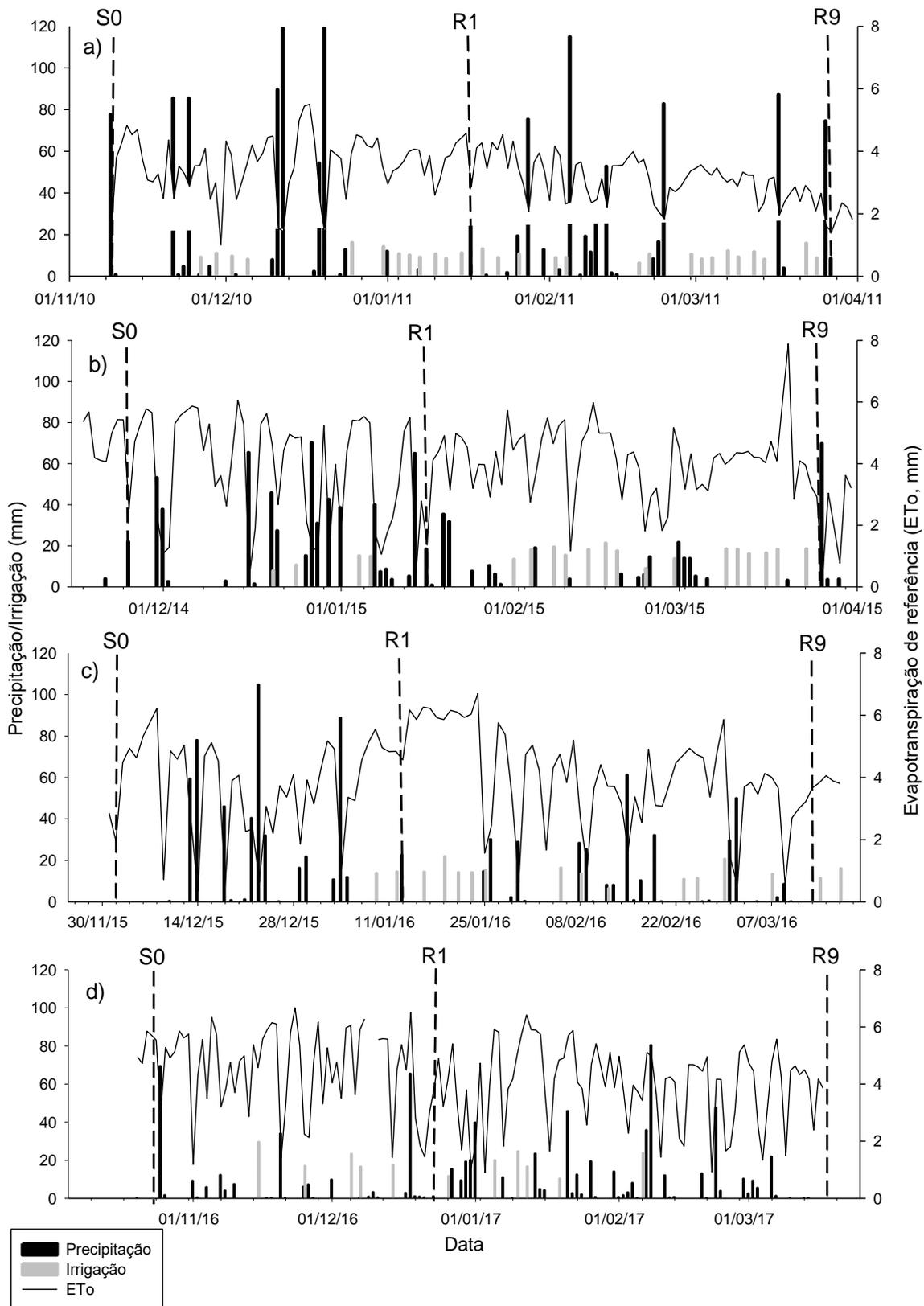


FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica (mm), irrigação (mm) e evapotranspiração de referência (ETo, mm) para a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura, durante o ciclo de desenvolvimento do arroz de terras baixas irrigado por aspersão, nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). A linha tracejada corresponde à ocorrência da semeadura (S0), diferenciação da

panícula (R1) e maturidade completa dos grãos da panícula (R9) (COUNCE et al., 2000) das cultivares de arroz de terras baixas sob a lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura. Itaqui, RS, Brasil.

No ano agrícola 2010/2011 o acumulado de precipitação foi de 15004 m³ ha⁻¹ (Tabela 1), sendo este o dobro da normal climatológica para o mesmo período (7450 m³ ha⁻¹) (WREGE et al., 2011), como também, superior aos valores de precipitação para os demais anos agrícolas. O somatório da evapotranspiração de referência (ET_o) foi de 4712,5 m³ ha⁻¹, sendo inferior a evapotranspiração potencial (6005 m³ ha⁻¹) para a região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul (WREGE et al., 2011). Além disso, foram realizadas 28 irrigações, totalizando 2912 m³ ha⁻¹ para a lâmina de 100% da ET_c.

TABELA 1 – Volume de precipitação (m³ ha⁻¹), irrigação na lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c) (m³ ha⁻¹) e evapotranspiração de referência (ET_o, m³ ha⁻¹), durante os períodos de S0-R1 (semeadura a diferenciação da panícula), R1-R9 (diferenciação da panícula a maturidade completa dos grãos da panícula) e S0-R9 (semeadura a maturidade completas dos grãos da panícula) (COUNCE et al., 2000), para os anos agrícolas de 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017 no município de Itaqui fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. Itaqui, RS, Brasil, 2020.

Ano Agrícola	Irrigação (m ³ ha ⁻¹)			Precipitação (m ³ ha ⁻¹)			ET _o (m ³ ha ⁻¹)		
	S0-R1	R1-R9	S0-R9	S0-R1	R1-R9	S0-R9	S0-R1	R1-R9	S0-R9
2010/2011	1424,5	1487,5	2912,0	8744,0	6260,0	15004,0	2620,8	2091,7	4712,5
2014/2015	483,1	2520,0	3003,1	5166,0	3796,0	8962,0	2180,4	3202,7	5383,1
2015/2016	650,7	1652,5	2303,2	5356,0	3434,0	8790,0	1697,2	2135,9	3833,1
2016/2017	1356,7	754,0	2110,7	3588,0	3874,0	7462,0	3417,8	2798,3	6216,1

No ano agrícola 2014/2015 observou-se que o acumulado de precipitação pluviométrica foi 1512 m³ ha⁻¹ superior à normal climatológica (7.500 m³ ha⁻¹). A ET_o para o período de

cultivo foi de $670 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ inferior a evapotranspiração potencial ($6.050 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Tabela 1). Em complemento a precipitação, foram realizadas 19 irrigações com volume total de $3003,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. No ano agrícola de 2015/2016 o volume total de precipitação foi de $8790 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, valor este superior à normal climatológica para o mesmo período de cultivo (WREGGE et al., 2011). O somatório de ETo ($3833,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) foi inferior ao somatório de evapotranspiração potencial para o local de cultivo ($5000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Tabela 1). Neste ano agrícola, devido a distribuição e o volume acumulado de precipitações (Figura 1c) realizaram-se 16 irrigações, totalizando $2303,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

No ano agrícola de 2016/2017, foram observados 46 eventos de precipitação pluviométrica com acumulado de $7462 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo este inferior ao valor esperado para o mesmo período de cultivo ($9250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (WREGGE et al., 2011). Concomitantemente, o somatório de ETo foi de $6210 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 1), sendo inferior a evapotranspiração potencial para o mesmo local ($6780 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Foram realizadas 11 irrigações no ano agrícola 2016/2017, que dentre os anos de estudo apresentou o menor número de irrigações. Este fato, está ligado a distribuição de chuvas no período reprodutivo com 24 eventos de precipitação, realizando-se quatro irrigações (Figura 1d).

Conforme observado, o volume de irrigações apresenta variação, $2.110,70$ a $3.003,10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 1), no sistema de irrigação por aspersão para os anos agrícolas de 2016/2017 e 2014/2015, respectivamente. Este resultado explica a grande relação entre o volume precipitado e o volume irrigado, como também, ao método utilizado para o manejo da irrigação, a ETc. No sistema de irrigação por inundação é possível observar o mesmo comportamento, entretanto, nota-se que o volume de água necessário para irrigação do sistema convencional é superior aos volumes de irrigação deste estudo. Alguns exemplos podem ser citados, como na região Central do RS, onde utilizou-se $8.180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de irrigação (DE AVILA et al., 2015), valor este superior ao observado no sistema de irrigação por aspersão.

Ainda na região Central do RS, especificadamente no município de Santa Maria, observaram-se volumes máximos de irrigação para o sistema de cultivo inundado de $8.452 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sob diferentes épocas de semeadura (SARTORI et al., 2013). Outros locais do globo terrestre, como no Uruguai, há um elevado volume de irrigação para o sistema de irrigação convencional, conforme é observado no estudo de Carracelas et al. (2019) com variação de 7.001 a $14.711 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. No Estados Unidos (EUA), no estado do Arkansas, foram observados volumes de irrigação que variaram de 4.040 a $8.582 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em sistemas de cultivos arroz-arroz e soja-arroz (LINQUIST et al., 2015).

No cultivo de arroz irrigado por aspersão, observa-se similaridade nos volumes irrigados em diferentes locais de cultivo. Na localidade de Capão do Leão, zona sul do RS, em cultivo de arroz de terras baixas irrigado por aspersão observou-se aplicação média de irrigação de $3.100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, onde o método de manejo baseou-se na tensão de água no solo (PINTO et al., 2016). Na China, província de Hubei, foram observados volumes de irrigação de 1.370 a $2.970 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, estudando diferentes cultivares e híbridos de arroz de terras altas e arroz de terras baixas em sistema de cultivo aeróbico com irrigações suplementares (LIU et al., 2019), demonstrando a similaridades nos volumes de irrigação por aspersão com este estudo. De acordo com o exposto, é possível notar os elevados volumes de irrigação para o sistema convencional de irrigação de arroz de terras baixas e, ainda, a elevada redução no uso da água pelo sistema de irrigação por aspersão.

Intrinsicamente ligado ao uso da água estão as condições físicas dos solos. Conforme De Avila et al. (2015), a capacidade de armazenamento de água e taxa de percolação são fatores ligados a redução do uso da água na cultura do arroz. Como característico dos solos de terras baixas, tem-se a presença de uma camada mais profunda impermeável, que limita a percolação de água nestes solos, como também pode interferir no crescimento radicular das plantas, interferindo diretamente no uso da água pela cultura do arroz irrigado (DE AVILA et al., 2015; SCIVITTARO & PARFITT, 2017).

Dessa maneira, a estruturação dos solos para que seja cultivado arroz de terras baixas irrigado por aspersão torna-se um ponto primordial. Evitar a perda de água por percolação profunda e escoamento superficial, são processos básicos para elevar a produtividade da água desta espécie vegetal. Logo, a inserção do plantio direto e rotação de culturas são essências para construção de um solo estruturado, melhorando a taxa de infiltração (evita-se perdas por escoamento superficial) e a capacidade de retenção de água no solo pela adição de matéria orgânica e formação de microporos (PINTO et al., 2016) que devem ser pontos chaves para a adoção de métodos de irrigação por aspersão.

Com a utilização destes manejos conservacionistas, além de aumentar a capacidade de armazenamento de água, fatores ambientais, como a emissão de gases do efeito estufa, podem ser modificados se comparados ao cultivo de arroz inundado. De acordo com Buendia et al. (1997), retirar a lâmina de água do sistema de cultivo permite reduzir a emissão de gases do efeito estufa (CH_4), atenuando os efeitos do aquecimento global. Adekoya et al. (2014), também ressaltam, em cultivo de arroz sob sistema de irrigação por gotejamento, a redução na emissão de gases do efeito estufa, sendo estas alternativas, não só para redução no uso da água do cultivo

de arroz irrigado por inundação, como também, sistemas de produção benéficos ao meio ambiente.

3.2 Produtividade da Água da Irrigação (PAI) e Produtividade da Água Total (PAT)

A variável produtividade da água da irrigação (PAI) apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as lâminas de irrigação por aspersão. Entretanto, não se obteve interação significativa entre lâminas de irrigação e cultivares de arroz de terras baixas para todos os anos agrícolas em estudo. A função quadrática foi a que apresentou melhor ajuste para PAI para todas as cultivares por ano agrícola, conforme a lâmina de irrigação por aspersão aplicada (Figura 2).

Nos três primeiros anos de estudo, na lâmina de 0% da ETc não houve produção de grãos, assim, não apresentou valores para PAI (Figura 2). O estresse hídrico ocasionado pela falta de água faz com que a cultura aumente o seu ciclo de desenvolvimento ou não o complete, levando a perda de produtividade ou a não produção de grãos (BARTZ et al., 2017; ALBERTO et al., 2020). Nesse sentido, é importante ressaltar que a disponibilidade hídrica é essencial para o processo de formação de grãos, atuando diretamente sobre o processo de fotossíntese, onde com o déficit hídrico, este processo e a quantidade de fotoassimilados exportados das folhas para os grãos, pode reduzir a translocação de fotoassimilados, a produção de grãos e interferir no desenvolvimento de plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Ainda, nota-se que somente o volume de precipitação não é capaz de suprir a necessidade hídrica das cultivares de arroz de terras baixas utilizadas neste estudo.

No ano agrícola de 2010/2011 os valores de produtividade de grãos para todas as cultivares, variaram de 932,00 a 12.125,00 kg ha⁻¹ para as lâminas de 50 e 150% da ETc, respectivamente. Com isso, a variação da PAI, observada para este ano agrícola, foi de 0,640 a 2,992 kg m⁻³ nas lâminas de 50 e 100% da ETc. O ponto de máxima eficiência técnica (PMET) estimado para o primeiro experimento foi na lâmina de 175,5% da ETc, permitindo obter (estimado conforme equação) 3,232 kg m⁻³ de grãos de arroz no sistema de irrigação por aspersão (Figura 2a).

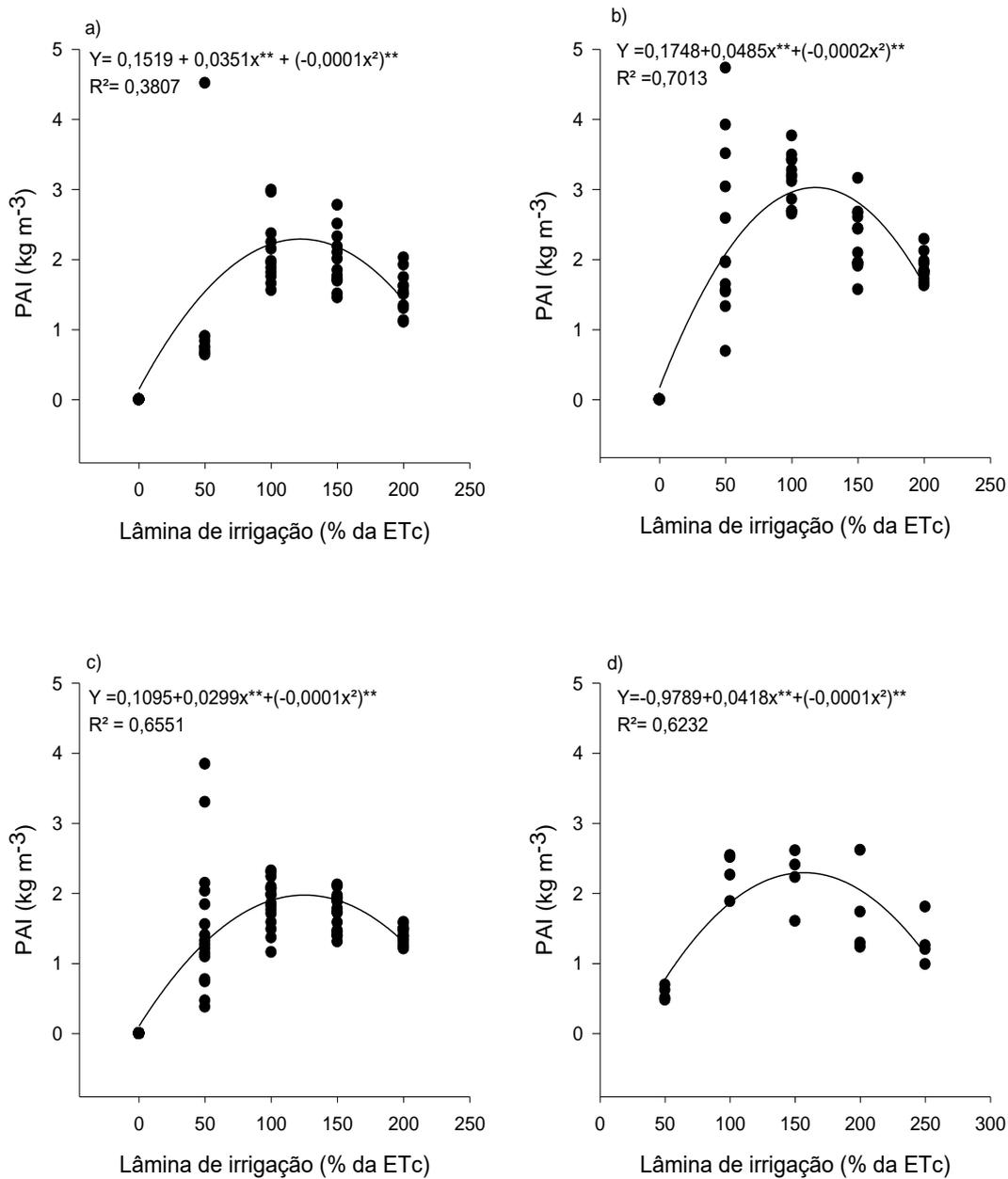


FIGURA 2 – Produtividade da Água da Irrigação (PAI, kg m^{-3}) de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). Itaqui, RS, Brasil, 2020. Os coeficientes seguidos de ** e * são significativos a 1% e 5%, respectivamente.

No segundo ciclo de cultivo (2014/2015) as produtividades apresentaram variação de 2.648,32 a 14.225,65 kg ha^{-1} para as lâminas de 50 e 150% da ETc, respectivamente. O PMET foi observado na lâmina de 121,25 % da ETc com PAI de 3,115 kg m^{-3} (Figura 2b). Seguidamente, no ano agrícola de 2015/2016 o PMET para a PAI foi na lâmina de irrigação por aspersão de 149,50 % da ETc, permitindo obter a PAI de 2,344 kg m^{-3} (Figura 2c).

No último ano de estudo (2016/2017), diferente dos demais, não se utilizou a lâmina de irrigação de 0% da ET_c, iniciando os tratamentos a partir de lâmina de 50% da ET_c. As produtividades obtidas para a cultivar de arroz IRGA 424 variaram de 3.977,40 a 11.042,00 kg ha⁻¹ para as lâminas de 100 e 200% da ET_c. O PMET estimado foi na lâmina de 209% da ET_c, permitindo obter PAI de 3,389 kg m⁻³ (Figura 2d).

As produtividades do arroz irrigado por aspersão são similares a média de produtividade de arroz irrigado por inundação no RS na safra 2019/2020 (8.402 kg ha⁻¹) (IRGA, 2020). Concomitantemente, os dados de produtividade deste estudo corroboram com os de Pinto et al. (2016), que no município de Capão do Leão/RS obtiveram produtividades de até 8.800 kg ha⁻¹ com arroz irrigado por aspersão, com manejo da irrigação baseado na tensão de água no solo. Na China, província de Hubei, obtiveram-se valores de produtividade 8.160,00 e 9.800 kg ha⁻¹ para duas cultivares de arroz de terras baixas sob cultivo anaeróbico, com irrigações complementares (LIU et al., 2019), o que permite comprovar o alto potencial produtivo destas cultivares no sistema aeróbico ou de irrigação por aspersão.

A PAI observada durante os quatro anos de experimentos é superior aos valores encontrados por Carracelas et al. (2019), com valor máximo obtido para PAI de 1,77 kg m⁻³ no manejo de irrigação intermitente. Para que sejam elevados os valores de PAI e/ou mantidas as produtividades de arroz, o solo não pode ter sua umidade, durante o cultivo, abaixo da saturação ou capacidade de campo (CC), onde com a redução excessiva da umidade do solo, perde-se produtividade e reduz a PAI (CARRACELAS et al., 2019). A perda devido à condição de umidade estar abaixo da saturação, também é descrita para arroz de terras baixas, onde cita-se diversos mecanismos afetados, tais como, redução na emissão de folhas e área foliar, ocasionando a redução na taxa de fotossintética, como também, redução na estatura de plantas (BOUMAN & TUONG, 2001; ALBERTO et al., 2020). Neste trabalho, a partir da lâmina de 100% da ET_c, é possível manter o solo na CC, evitando que ocorram perdas e grandes variações da PAI, como observado para a lâmina de 50% da ET_c.

A utilização de cultivares e híbridos desenvolvidos para o cultivo de arroz inundado mostram que, manter a disponibilidade de água próxima a saturação, permite o melhor desenvolvimento da cultura e conseqüentemente a expressão do seu potencial produtivo (PINTO et al., 2016). Em estudo de desempenho de cultivares de arroz de terras baixas, sob ambiente inundado, saturado e aeróbico com déficit hídrico, foi possível observar que a produtividade nos tratamentos irrigados por inundação e com o solo saturado não apresentaram redução, apresentando perdas de produtividade quando mantido em ambiente aeróbico sem irrigação por mais de 5 dias (ZAIN et al., 2014), demonstrando também, que o período em que

a planta fica submetida a estresse hídrico afeta diretamente a produtividade e a PAI (BOUMAN & TUONG, 2001; VIJAYARAGHAVAREDDY et al., 2020).

A utilização da irrigação por aspersão, permite elevar os valores de PAI, quando comparado aos sistemas de irrigação por inundação e intermitente. É possível ver que a PAI deste estudo é maior que a obtida por Sartori et al. (2013), sob sistema de irrigação por inundação em diferentes épocas de semeadura, onde o mesmo obteve valores de 1,92 e 1,81 kg m⁻³, com semeaduras no início de outubro e dezembro, respectivamente.

A variável produtividade da água total (PAT) apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as lâminas de irrigação por aspersão. Contudo, não se obteve interação significativa entre lâminas de irrigação e cultivares de arroz de terras baixas para todos os anos agrícolas em estudo. A PAT apresentou melhor ajuste à função quadrática para todas as cultivares por ano agrícola, conforme a lâmina de irrigação por aspersão aplicada (Figura 3).

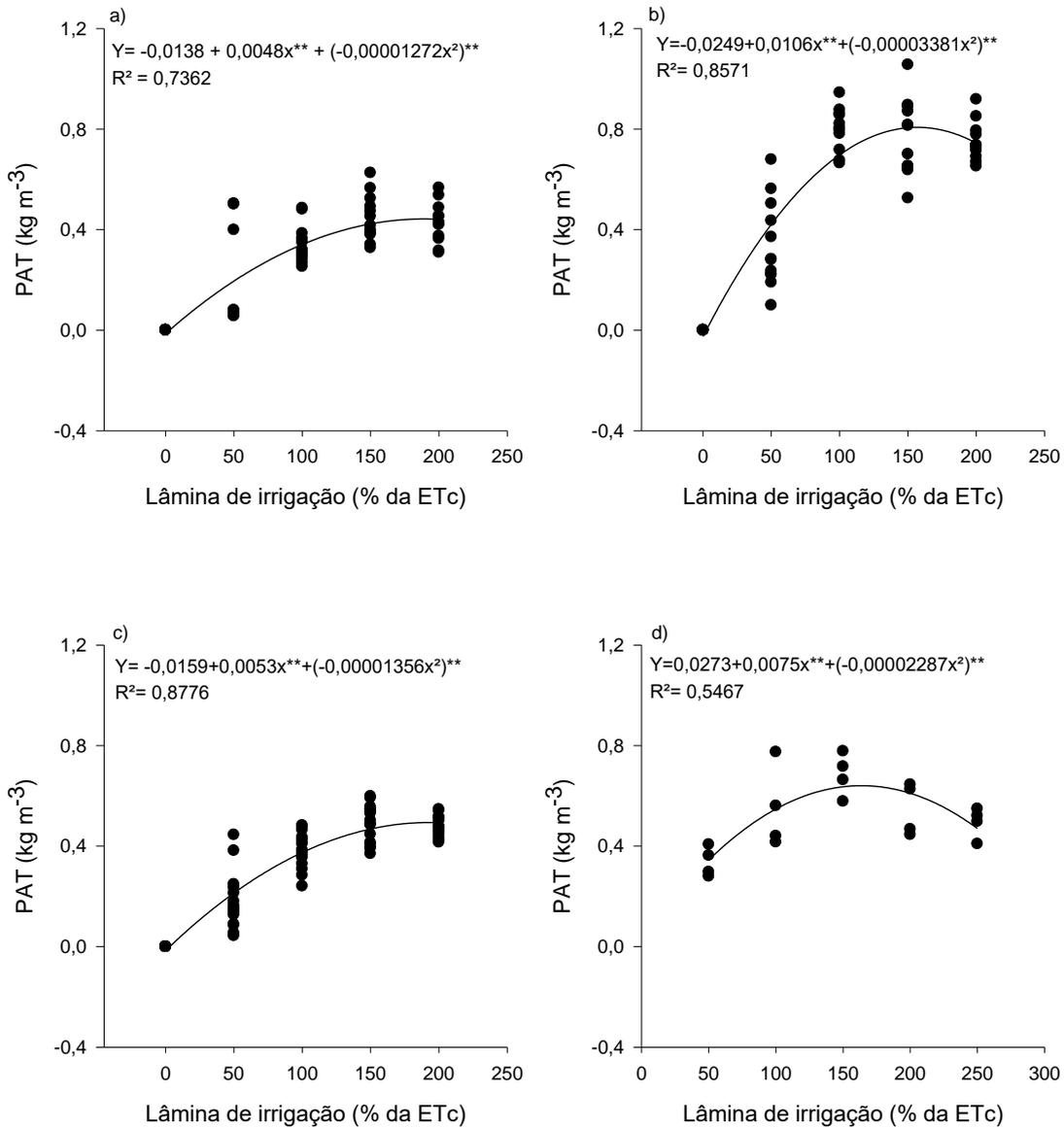


FIGURA 3 – Produtividade da Água Total (PAT, kg m^{-3}) de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas 2010/2011 (a), 2014/2015 (b), 2015/2016 (c) e 2016/2017 (d). Itaqui, RS, Brasil, 2020. Os coeficientes seguidos de ** e * são significativos a 1% e 5%, respectivamente.

A PAT apresentou diferentes valores de lâmina de irrigação, em todos os anos agrícolas do estudo, onde os PMET encontrados foram para as lâminas de 188,68, 156,76, 195,43 e 163,97% da ETc, para 2010/11, 2014/15, 2015/16 e 2016/17, respectivamente. Os valores estimados de PAT no PMET foram de 0,439, 0,806, 0,502 e 0,642 kg m^{-3} para os anos respectivos quatro anos de estudo. Ressalta-se a grande diferença da PAT para os anos 2010/2011 e 2014/2015, onde apesar do menor volume de precipitação no período de R1-R9 (Tabela 1) para 2014/2015, a distribuição destas chuvas foi mais adequada para que a cultura do arroz obtivesse valores mais elevados de PAT. O maior valor de PAT observado neste estudo

(0,806 kg m⁻³) é similar aos valores observados por Carracelas et al. (2019) no Uruguai, obtendo o valor de 0,71 kg m⁻³ com o manejo de irrigação intermitente durante todo o ciclo de cultivo do arroz.

Concomitantemente a discussão apresentada no tópico 3.1, o sistema de irrigação proporciona utilizar de maneira mais eficiente a água proveniente das precipitações. Os valores de PAT desse estudo são similares a diversos estudos ao redor do mundo, porém, nota-se que o grande incremento relacionado a produtividade da água é apresentado para a PAI. Isso se deve ao fato que o sistema de irrigação intermitente permite armazenar grande parte da água das chuvas, tornando o sistema mais econômico no uso da água se comparado ao sistema de irrigação convencional (inundação) (YAO et al., 2012). Da mesma maneira, é possível observar esta situação sob o sistema de irrigação por aspersão, o que permite viabilizar o cultivo de arroz de terras baixas.

Em estudo no Japão, comparando o cultivo de arroz aeróbico, com volume de irrigação mais chuva de 8.000 a 13.000 m³ ha⁻¹, e o cultivo de arroz irrigado, foi possível observar valores de produtividade da água de 0,8 a 1 kg m⁻³ (KATO et al., 2009). Adicionalmente, relata-se que as produtividades obtidas por esses autores (7.400 e 9.400 kg ha⁻¹ para arroz aeróbico) são similares as obtidas neste estudo com arroz irrigado por aspersão. Portanto, a inserção do sistema de irrigação por aspersão mantém o potencial produtivo das cultivares atuais de arroz de terras baixas, como também, proporciona o aumento na PAI e PAT.

Para que os valores de PAI e PAT sejam ainda mais otimizados, é de extrema importância selecionar as cultivares que se adaptam da melhor maneira para este sistema de cultivo. O cultivo de arroz de terras baixas irrigado por aspersão pode alterar processos básicos de crescimento e desenvolvimento do arroz, quando comparado ao cultivo convencional. Liga-se essas alterações a interação entre os fatores genéticos e ambientais (BOSCO et al., 2009), levando a necessidade de conhecer as cultivares que melhor se adaptem ao cultivo e manejo de arroz irrigado por aspersão.

As cultivares apresentaram diferença significativa para PAI e PAT nos diferentes anos agrícolas para o teste T (LSD) (Tabela 2). No ano agrícola 2010/2011 não se obteve diferença para PAI entre as cultivares com valor médio, para todas as lâminas de irrigação por aspersão (50 a 200% da ETc), de 1,50 kg m⁻³. Contudo, quando avaliada a PAT o híbrido INOV CL foi superior as demais cultivares.

TABELA 2 – Produtividade da Água da Irrigação (PAI) e Produtividade da Água Total (PAT) (kg m^{-3}) para diferentes cultivares de arroz de terras baixas em função de diferentes lâminas de irrigação por aspersão nos anos agrícolas de 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Os valores apresentados na tabela são valores médios para todas as lâminas de irrigação por aspersão. Itaquí, RS, Brasil, 2020.

CULTIVARES	2010/2011		2014/2015		2015/2016		2016/2017	
	PAI	PAT	PAI	PAT	PAI	PAT	PAI	PAT
	kg m^{-3}							
XP 102 CL	-	-	2,15 a (3,76-100%)	0,58 a (1,58-150%)	-	-	-	-
INOV CL	1,77 a (2,99-100%)	0,33 a (0,81-150%)	-	-	-	-	-	-
Puitá INTA CL	-	-	-	-	1,27 ab (2,12-150%)	0,31 ab (0,83-150%)	-	-
BR IRGA 409	-	-	-	-	1,14 b (3,32-100%)	0,29 b (0,74-150%)	-	-
IRGA 417	1,31 a (2,15-100%)	0,24 b (0,54-150%)	-	-	-	-	-	-
IRGA 424	1,42 a (2,18-150%)	0,26 b (0,59-200%)	-	-	1,51 a (2,30-100%)	0,34 a (0,77-200%)	1,77 (4,26-100%)	0,57 (1,48-200%)
IRGA 428	-	-	1,75 b (3,49-100%)	0,50 b (1,53-150%)	1,30 ab (2,03-100%)	0,30 ab (0,82-200%)	-	-
IRGA 429	-	-	1,90 ab (3,27-100%)	0,50 b (1,32-200%)	-	-	-	-
CV %	64,30	33,03	27,64	18,52	32,85	21,21	25,57	20,94

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo Teste T (LSD) a 5% de probabilidade de erro. Valores dentro dos parênteses representam o máximo valor encontrados nos experimentos para PAI e PAT e a respectiva lâmina de irrigação em % da ETc.

No segundo ano de estudo (2014/2015), o híbrido XP 102 CL apresentou-se superior as demais cultivares analisadas no respectivo ano agrícola. Seguidamente, a cultivar IRGA 424 apresentou valores médios de 1,5118 e 0,3384 kg m^{-3} , para PAI e PAT no ano agrícola 2015/2016, respectivamente. O valor médio em todas as lâminas de irrigação por aspersão para PAI e PAT em 2016/2017, foi de 1,7733 e 0,5665 kg m^{-3} , respectivamente.

Os valores observados neste estudo para PAI do cultivar IRGA 424 (1,4211 a 1,7733 kg m^{-3}), corroboram com os valores encontrados por Sartori et al. (2013), de 1,84 kg m^{-3} na média para duas épocas de semeadura. De Avila et al. (2015), encontrou valores de eficiência do uso da água (EUA) de 1,1 a 8,1 kg L^{-1} para a cultivar de arroz de terras baixas IRGA 424 CL. Dessa maneira, os valores encontrados, na média para todas as lâminas de irrigação, são similares aos valores encontrados na literatura para as cultivares utilizadas atualmente na produção orizícola.

As informações apresentadas neste estudo, permitem conhecer e compreender quais são os ganhos em PAI e PAT com a inserção do sistema de irrigação por aspersão para o cultivo de arroz de terras baixas. Agricultores e técnicos agrícolas, que buscam a otimização dos recursos hídricos (irrigação e precipitação), como também, buscam sistemas conservacionistas, podem retirar informações valiosas deste trabalho. Ainda, este estudo traz a relação da quantidade de grãos que podem ser produzidos com base nos recursos hídricos totais das propriedades agropecuárias, permitindo realizar o planejamento das safras agrícolas (BOUMAN et al., 2007).

Mais pesquisas são necessárias, visando refinar o manejo da irrigação por aspersão em diferentes fases do ciclo de desenvolvimento do arroz de terras baixas. Com o refinamento é possível proporcionar o aumento nos valores de PAI e PAT relatados neste estudo. Assim, a irrigação por aspersão é um método de irrigação promissor para o cultivo de arroz de terras baixas, mantendo o potencial produtivo e reduzindo o uso da água.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica da irrigação por aspersão como alternativa a irrigação por inundação mostra-se como um método de irrigação que permite manter as produtividades de arroz de terras baixas, reduzir o uso da água e aumentar valores de produtividade da água.

Lâminas de irrigação por aspersão a partir da lâmina de 100% da ETc permitem obter valores de PAI e PAT superiores a valores encontrados na literatura para outros métodos de irrigação para arroz de terras baixas.

O estudo da PAI e PAT para o arroz de terras baixas irrigado por aspersão apresenta valores de produtividade da água para lâminas de irrigação que variam de 0 a 250% da ETc e com isso permite que profissionais do agronegócio façam o planejamento de propriedades rurais e possam estimar a produção de grãos sabendo o volume de água de seus reservatórios, como também, permite gerir os recursos naturais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEKOYA, M. A.; LIU, Z.; VERED, E. Agronomic and ecological evaluation on growing water-saving and drought-resistant rice (*Oryza sativa* L.) through drip irrigation. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 5, p. 110-119, 2014.
- ALBERTO, C. M.; DALLA PORTA, F. S.; GARRIDO, G. C.; ZANON, A. J.; POERSH, A. H.; JUNIOR, A. J. D.; RIBEIRO, B. S. M. R.; RIBAS, G. G.; ROSSATO, I. G.; PILECCO, I. B.; MEUS, L. D.; SILVA, M. R.; NASCIMENTO, M. F.; SOUZA, P. M.; PEREIRA, V. F.; STRECK, N. A. Uso da água em arroz irrigado. In: MEUS et al. (org.). **Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades**. Santa Maria: Editora GR, 2020. p. 145-164.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, p. 711–728, 2013.
- AYRIMORAES, S. **ATLAS IRRIGAÇÃO Uso da Água na Agricultura Irrigada**. Brasília: ANA, 2020. 86 p.
- BARTZ, A. C.; MUTTONI, M.; ALBERTO, C. M.; STRECK, N.A.; MACHADO, G. A.; GIACOMELI, R.; HELGUEIRA, D.B.; MOURA, D.S. Thermal time in sprinkler irrigated lowland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 475-484, 2017.
- BOSCO, L.C.; GRIMM, E.L.; STRECK, N.A. Crescimento e desenvolvimento de genótipos de arroz cultivados em solo alagado e não alagado. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 796-804, 2009.
- BOUMAN, B.A.M. A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. **Agricultural Systems**, Philippines, v. 93, p. 43–60. 2007.
- BOUMAN, B. A. M.; TUONG, T. P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. **Agricultural water management**, v. 49, n. 1, p. 11-30, 2001.
- BOUMAN, B.A.M., LAMPAYAN, R.M., TUONG, T.P., 2007. **Water Management in Irrigated Rice: Coping With Water Scarcity**. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines) 54 p.
- BRUNINI, O.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; ORTOLANI, A. A.; DOS SANTOS, J. M. Eficiência do uso da água por cultivares de arroz em duas densidades de plantio. **Bragantia**, v. 40, n. 1, p. 135-143, 1981.
- BUENDIA, L. V.; NEUE, H. U.; WASSMANN, R.; LANTIN, R. S.; JAVELLANA, A. M. Understanding the nature of methane emission from rice ecosystem as basis of mitigation strategies. **Applied Energy**. v. 56, p. 433–444, 1997.

CARRACELAS, G.; HORNBuckleb, J.; ROSASA, J.; ROEL, A. Irrigation management strategies to increase water productivity in *Oryza sativa* (rice) in Uruguay. **Agricultural Water Management**. v. 222, p. 161-172, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2019/2020 – Décimo segundo levantamento**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 7, 2020. 68p. Disponível em: <<https://conab.gov>> Acesso em: 20 de setembro de 2020.

COUNCE, P.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

DE AVILA, L. A.; MARTINI, L. F. D.; MEZZOMO, R. F.; REFATTI, J. P.; CAMPOS, R., CEZIMBRA, D. M.; MACHADO, S. L. O.; MASSEY, J. H.; CARLESSO, R.; MARCHESAN, E. Rice water use efficiency and yield under continuous and intermittent irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 442-448, 2015.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Boletim de resultados da lavoura – safra 2019/2020. **IRGA**. 2020, 11p.

KATO, Y., OKAMI, M.; KATSURA, K. Yield potential and water use efficiency of aerobic rice (*Oryza sativa* L.) in Japan. **Field Crops Research**. v. 113 n.3, p. 328-334, 2009.

LINQUIST, B. A.; ANDERS, M. M.; ADVIENTO-BORBE, M. A. A.; CHANEY, R. L.; NALLEY, L. L.; DA ROSA, E. F.; VAN KESSEL, C. Reducing greenhouse gas emissions, water use, and grain arsenic levels in rice systems. **Global change biology**, v. 21, n. 1, p. 407-417, 2015.

LI, T.; HASEGAWA, T.; YIN, X.; ZHU, Y., BOOTE, K.; ADAM, M.; BREGAGLIO, S.; BUIS, S.; CONFALONIERI, R.; FUMOTO, T.; GAYDON, D.; MARCAIDA, M.; NAKAGAWA, H.; ORIOL, P.; RUANE, A. C.; RUGET, F.; SINGH, B.; SINGH, U.; TANG, L.; TAO, F.; WILKENS, P.; YOSHIDA, H.; ZHANG, Z; BOUMAN, B. Uncertainties in predicting rice yield by current crop models under a wide range of climatic conditions. **Global Changes Biology**, v. 21, p. 1328–1341. 2015.

LIU, H.; ZHAN, J.; HUSSAIN, S.; NIE, L. Grain Yield and Resource Use Efficiencies of Upland and Lowland Rice Cultivars under Aerobic Cultivation. **Agronomy**, v. 9, n. 10, p. 591, 2019.

MACHADO, S. L. D. O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 65-71, 2006.

MEUS, L. D.; MUTTONI, M.; BARTZ, A. C.; KAMINSKI, T. A.; ALBERTO, C. M. Classification of rice grains of lowland cultivars grown under flood irrigation and sprinkler irrigation. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 4, p. 599-605, 2018.

PINTO, M. A. B.; PARFITT, S. M. B.; TIMM, L. C.; FARIA, L. C.; SCIVITTARO, W. B. Produtividade de arroz irrigado por aspersão em terras baixas em função da disponibilidade de água e de atributos do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1584-1593, 2016.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; AZEVEDO, C. F.; STRECK, N. A.; ROSO, R.; COELHO, L. L.; OLIVEIRA, M. L. D. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 397-403, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SCIVITTARO, W. B.; PARFITT, J. M. B. **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2017.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2018. 205 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª edição. Artmed: Porto Alegre – RS, 2009. 848 p.

VIJAYARAGHAVAREDDY, P.; XINYOU, Y. I. N.; STRUIK, P. C.; MAKARLA, U.; SREEMAN, S. Responses of Lowland, Upland and Aerobic Rice Genotypes to Water Limitation During Different Phases. **Rice Science**, v. 27, n. 4, p. 345-354, 2020.

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; DE ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

ZAIN, N. A. M.; ISMAIL, M. R.; PUTEH, A.; MAHMOOD, M.; ISLAM, M. R. Impact of cyclic water stress on growth, physiological responses and yield of rice (*Oryza sativa* L.) grown in tropical environment. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2136-2141, 2014.

YAO, F.; HUANG, J.; CUI, K.; NIE, L.; XIANG, J.; LIU, X.; WU, W.; CHEN, M.; PENG, S. (2012) Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. **Field crops research**, v. 126, p. 16-22, 2012.