

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

**CULTIVO DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS IRRIGADO POR
PIVÔ CENTRAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Erick Tibulo Steffen

**Itaqui, RS, Brasil
2021**

ERICK TIBULO STEFFEN

**CULTIVO DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS IRRIGADO POR
PIVÔ CENTRAL**

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: Daniel Andrei Robe da Fonseca

Itaqui, RS, Brasil
2021

d111d Steffen , Erick Tibulo
Cultivo de arroz de terras baixas irrigado por pivô central / Erick Tibulo Steffen.
34 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
AGRONOMIA, 2021.
"Orientação: Daniel Andrei Robe da Fonseca".

1. *Oryza sativa*. 2.Irrigação no pivô central . 3. Sistemas de produção. 4. Rotação
de culturas. I. da Fonseca, Daniel Andrei Robe. II. Engenheiro Agrônomo.

ERICK TIBULO STEFFEN

**CULTIVO DE ARROZ DE TERRAS BAIXAS IRRIGADO POR
PIVÔ CENTRAL**

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. Daniel Andrei Robe da Fonseca
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Alexandre Russini
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

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

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho especialmente aos meus Pais, Ralph Fritz Steffen, Vanessa Lisiane Tibulo Steffen e minha irmã Rayssa Tibulo Steffen, por todo apoio que tive em todas as escolhas realizadas em minha vida, em especial a que hoje vira realidade, me tornar um Engenheiro Agrônomo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus e aos meus Pais Ralph Fritz Steffen, Vanessa Lisiane Tibulo Steffen e minha irmã Rayssa Tibulo Steffen, por todo apoio obtido em minha vida, na decisão da carreira a qual pretendia seguir e em todo o período de graduação do curso.

A minha namorada Maria Eduarda Pereira Pillon por sempre estar junto comigo me incentivando nas minhas escolhas, auxiliando nas decisões a serem tomadas e dando forças para seguir em frente.

Aos meus familiares, avós, tios, tias, primos e primas, por termos sempre uma relação maravilhosa em todos os momentos de nossas vidas, bons e ruins, auxiliando e dando forças para seguir em frente independente da dificuldade a ser enfrentada.

As minhas colegas Shirlei Pezzi Fehndrich e Leticia Oliveira de Paula que sempre estiveram comigo durante todo curso, me ajudando inúmeras vezes em dificuldades obtidas nas disciplinas, as quais foram fundamentais para a conclusão do mesmo.

Ao Prof. Dr. Daniel Andrei Robe da Fonseca, pela oportunidade de me orientar e incentivar na execução deste trabalho.

A banca examinadora do trabalho, composta pelo Prof. Dr. Alexandre Russini e Prof. Dr. Cleber Maus Alberto pelas contribuições e enriquecimento do trabalho.

Aos Professores que durante toda a trajetória de graduação, foram essenciais para a obtenção de todos e fundamentais conhecimentos adquiridos.

Por fim e de fundamental importância a vida, com saúde, alegria, proteção, fé, determinação e força de vontade, conseguimos conquistar o que almejamos.

RESUMO

CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO SOB PIVÔ CENTRAL

Autor: Erick Tibulo Steffen

Orientador: Daniel Andrei Robe da Fonseca

Local e data: Via plataforma Google Meet, 22 de setembro de 2021 as 16:00 horas.

O cenário produtivo da cultura do arroz no Brasil se mostra bem promissor, com produção estimada de 11,6 milhões de toneladas na safra 2020/2021, caracterizando um aumento de 4% em relação à safra anterior (safra 2019/2020), deste total 10,7 milhões de toneladas provém de cultivos irrigados (92,2%) e apenas 0,9 milhões de toneladas a partir de cultivos em sequeiro (7,8%). Um dos pilares que determinam a construção da alta produtividade do arroz é a irrigação, devido ao alto requerimento deste recurso pela cultura ao longo do seu ciclo produtivo. A irrigação via aspersão com a utilização de pivô central surge como um método que tem o objetivo central de aumentar a eficiência do uso da água em uma lavoura comercial de arroz, buscando aliar a redução do consumo de água e à elevação da eficiência de sua utilização. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi a descrever sobre o tema irrigação por aspersão na cultura do arroz, buscando montar um histórico de uso e elencar pontos positivos e negativos do método. Para organização do trabalho foram direcionadas pesquisas em periódicos científicos encontrados nas principais bases indexadas, teses e dissertações de repositórios de universidades públicas e privadas, bem como livros e circulares técnicas de instituições de pesquisa. O sistema de cultivo de arroz com irrigação por pivô central vem se solidificando no Estado do Rio Grande do Sul, especialmente na região orizícola da fronteira oeste do Estado. Essa solidificação se deve às pesquisas e estudos desenvolvidos sobre o tema e o interesse dos produtores em buscar novas tecnologias para suas áreas de cultivo.

Palavras-chave: *oryza sativa*. irrigação no pivô central. sistemas de produção. rotação de culturas.

ABSTRACT

IRRIGED RICE CULTIVATION UNDER CENTRAL PIV

Author: Erick Tibulo Steffen

Advisor: Daniel Andrei Robe da Fonseca

Date: September 22, 2021 at 4:00 p.m.

The production scenario for rice cultivation in Brazil is very promising, with an estimated production of 11.6 million tons in the 2020/2021 crop, featuring an increase of 4% compared to the previous crop (2019/2020 crop), of this total 10.7 million tons come from irrigated crops (92.2%) and only 0.9 million tons from rainfed crops (7.8%). One of the pillars that determine the construction of high rice productivity is irrigation, due to the high requirement of this resource by the crop throughout its production cycle. Sprinkler irrigation with the use of a center pivot emerges as a method that has the main objective of increasing the efficiency of water use in a commercial rice crop, seeking to combine the reduction of water consumption and the increase in the efficiency of its use. Given the above, the objective of the work was to describe the theme of sprinkler irrigation in rice cultivation, seeking to assemble a history of use and list the main advantages and disadvantages of the method. To organize the work, research was conducted in scientific journals found in the main indexed databases, theses and dissertations from repositories of public and private universities, as well as books and technical circulars from research institutions. The rice cultivation system with central pivot irrigation has been solidifying in the State of Rio Grande do Sul, especially in the rice-growing region of the western border of the State. This solidification is due to the researches and studies carried out on the subject and the interest of producers in seeking new technologies for their cultivation areas.

Keywords: *oryza sativa*. central pivot irrigation. production systems. crop rotation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produtividade de diferentes cultivares e híbridos de arroz irrigado sob diferentes lâminas de irrigação por aspersão (100, 150 e 200% da ETc).....	25
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtividade de grãos, rendimento de engenho e peso de mil grãos para quatro variedades avaliadas, quando irrigadas por aspersão, em Bagé, RS. Safra 2012/2013.....26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Princípios do sistema de irrigação por inundação.....	14
2.2 Princípios do sistema de cultivo pré-germinado.....	15
2.3 Definição do sistema de irrigação por pivô central.....	16
2.4 Histórico e panorama geral do cultivo de Arroz irrigado por aspersão.....	17
2.5 Princípios do sistema de irrigação por pivô central.....	18
2.5.1 Necessidade de irrigação x Manejo da irrigação.....	18
2.5.2 Construindo o solo para adotar o sistema.....	20
2.5.3 Manejo de plantas daninhas em cultivos irrigados por pivô central.....	20
2.5.4 Manejo de doenças e insetos.....	22
2.5.5 Produtividade e desempenho de cultivares.....	24
2.5.6 Rotação de culturas e plantio direto.....	26
2.5.7 Custos de produção.....	27
3 METODOLOGIA.....	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
5 REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O arroz [*Oryza sativa* (L.)] se caracteriza como uma planta monocotiledônea, de ciclo anual, pertencente à família Poaceae, com centro de origem concentrado no Continente Asiático. É uma cultura que possui ampla importância no cenário mundial, havendo reflexos nos âmbitos sociais e econômicos a partir do seu cultivo, possuindo relativo destaque pela sua área expressiva de cultivo e produção acentuada (CONAB, 2015).

O cenário produtivo da cultura do arroz no Brasil se mostra bem promissor, com produção estimada de 11,6 milhões de toneladas na safra 2020/2021, caracterizando um aumento de 4% em relação à safra anterior (safra 2019/2020), deste total 10,7 milhões de toneladas provém de cultivos irrigados (92,2%) e apenas 0,9 milhões de toneladas a partir de cultivos em sequeiro (7,8%) (CONAB, 2021). Considerando o cultivo irrigado a produtividade média nacional durante a safra 2020/2021 foi de 8.181 kg ha⁻¹, em uma área cultivada de 1.687.000 ha (CONAB, 2021). O Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 80% da produção nacional (CONAB, 2020), registrando produtividades recordes com patamares de 8.402 kg ha⁻¹, em uma área semeada de 936.316 hectares (IRGA, 2020).

A construção da alta produtividade da cultura do arroz é determinada por diversos fatores, dentre eles se destaca a irrigação e conseqüentemente a eficiência do uso da água como um fator que determina o potencial produtivo. Relatos encontrados na bibliografia indicam serem necessários volumes que variam de 8.000 a 15.000 m³ ha⁻¹ de água durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, refletindo em uma produtividade de água de 1,4 m³ para a produção de 1 kg de grãos nas zonas tropicais do Continente Sul Americano (ALBERTO et al., 2020; CARRACELAS et al., 2018; SOSBAI, 2018). Nesse sentido, existe a necessidade de estudos e obtenção de sistemas que visem à sustentabilidade e eficiência no uso da água, buscando tornar esse recurso mais produtivo e otimizado (LI et al., 2015). A água se caracteriza como um recurso em potencial escassez a nível mundial, devendo haver racionalização no seu uso para a produção de alimentos de maneira sustentável (MEKONNEN & HOESKSTRA, 2016).

A preocupação em racionalizar o uso do recurso hídrico surge, principalmente, pela baixa eficiência do uso da água em sistemas inundados (maior utilização), em vista de potenciais prejuízos de cunho econômico e ambiental (BOUMAN et al., 2007). Em alternativa a esses métodos de irrigação por superfície surge a aspersão, em destaque o

uso do pivô central, como uma ferramenta capaz de entregar economia no uso da água aliado à redução dos impactos ambientais ocorrentes em outros sistemas de irrigação.

A irrigação via aspersão tem o princípio de realizar a simulação da precipitação durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz, se caracteriza como um método que tem o objetivo central de aumentar a eficiência do uso da água em uma lavoura comercial de arroz, buscando aliar a redução do consumo de água à elevação da eficiência de utilização (PINTO et al., 2016). De acordo com Meus et al. (2020) a irrigação por aspersão por meio da utilização de pivô central possibilita uma redução de até 15% os custos de produção do produtor, em reflexo a diminuição de mão-de-obra, redução ou eliminação do preparo de solo, menor depreciação do maquinário e outros.

O sistema de irrigação por aspersão está em uma linha crescente de adoção ao manejo das propriedades rurais do Sul do Brasil, especialmente a região da Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, investimento que busca a manutenção e elevação dos patamares produtivos e a integração de outras atividades no sistema, como a integração lavoura-pecuária (ILP) (BARTZ et al. 2017; ALBERTO et al., 2020). Porém, mesmo com esse crescimento acentuado da adoção desse método nos últimos anos, questionamentos tem surgido entre os produtores que buscam ampliar o conhecimento para melhor ajuste desse sistema a sua realidade produtiva (MEUS et al., 2020).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o tema irrigação por aspersão na cultura do arroz, buscando montar um histórico de uso e apresentar os principais processos que constituem esse método de irrigação.

2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

2.1 Princípios do sistema de irrigação por inundação

O sistema de irrigação pelo método de inundação consiste na manutenção de uma lâmina de água permanente sobre a superfície do solo, sendo que esse manejo permanece durante a maior parte do ciclo produtivo da cultura do arroz. Para a garantia do sucesso desse sistema é necessário o nivelamento ou sistematização da área produtiva, visando promover a manutenção da lâmina de irrigação necessária para atender a evapotranspiração da cultura, bem como a saturação do solo, considerando-se as perdas pela percolação e infiltrações laterais (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2006; ALBERTO et al., 2020). As áreas arroseiras brasileiras, especialmente o RS responsável pela maior fração da produção do cereal, é utilizado predominantemente o sistema de irrigação por inundação, utilizando um volume de água variável entre 5.000 m³ ha⁻¹ (MACHADO et al., 2006; SARTORI et al., 2013) a volumes que podem ultrapassar 15.000 m³ ha⁻¹ durante o período agrícola (SUÁREZ & ROMÁN, 2016).

É crucial acertar o momento da entrada da lâmina de irrigação no sistema de inundação, pois esse manejo se concentra principalmente nos estádios vegetativos iniciais da planta (estádio fenológico V3). Ainda, outro ponto que requer atenção é a altura da lâmina d'água, que deve ser mantida na lavoura de 2,5 a 5 cm. Lâminas de água superiores a 10 cm podem ocasionar efeitos redutivos no perfilhamento de plantas e até mesmo o processo de estiolamento das mesmas. Para o sucesso da formação da lâmina d'água ideal a cultura do arroz recomenda-se uma vazão média de 3,0 a 5,0 L s⁻¹ ha⁻¹, e para manutenção 0,70 a 1,75 L s⁻¹ ha⁻¹ (STONE, 2015).

O sistema de irrigação por aspersão requer algumas exigências edáficas para sua concretização, o caráter hidromórfico, com baixa condutividade hidráulica, aliada a profundidade efetivamente moderada são pontos importantes para o processo. De maneira geral, o método de irrigação por inundação é dependente de sistemas de preparo de solo que envolvem o revolvimento da camada arável do mesmo (cultivo convencional e cultivo mínimo). Esses manejos incluem operações mecânicas de gradagens, aplainamento, nivelamento e construção de taipas que futuramente permitirão a introdução da lâmina de irrigação nas áreas de cultivo (SOSBAI, 2018).

A semeadura nesse sistema de irrigação é realizada em solo seco, com o preparo da área previamente executado. Após o estabelecimento da cultura é realizada a formação da lâmina de água, prática que tem início durante o perfilhamento da cultura (estádio vegetativo V3). O momento da entrada da lâmina de irrigação e velocidade que se completa esse manejo são pontos chave para altas produtividades em lavouras de arroz irrigado. Atrasos na formação e no complemento da lâmina de irrigação da inundação podem acarretar em perdas de até 430 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de produtividade de grãos (ALBERTO et al., 2020).

2.2 Princípios do sistema de cultivo pré-germinado

O sistema pré-germinado de cultivo de arroz irrigado surge como uma alternativa de produção frente aos demais sistemas utilizados, em razão de apresentar peculiaridades de manejos e obter altas repostas produtivas em áreas com infestações de arroz vermelho e preto. As características de destaque desse sistema consistem na sistematização total da área (cota zero), construindo-se quadros de cultivo, seguindo-se da inundação total da área com intervalo de aproximadamente 20 dias antes da semeadura, e posterior drenagem (3 dias antes da semeadura) para facilitar o estabelecimento inicial das plântulas (LAURETTI et al., 2001; MARCHEZAN et al., 2007).

Machado et al. (2006) avaliando a utilização de água para o sistema pré-germinado constataram que um volume de 6.126 m³ ha⁻¹ é suficiente para atender as demandas hídricas da cultura do arroz durante seu ciclo produtivo, onde cerca de 20% desse volume é utilizado para a formação da lâmina de água. A água que é utilizada para a inundação da área de cultivo proporciona alterações nas características químicas e biológicas do solo, possibilitando um aumento na disponibilidade de nutrientes (MARCHEZAN et al., 2007).

O preparo do solo é realizado em sistema de cultivo convencional, realizando-se o revolvimento do solo por meio de operações mecânicas caracterizada por gradagens, nivelamento superficial do terreno, com sistematização em cota zero, e posterior construção das taipas para manutenção da lâmina de água dentro do quadro de cultivo (MARCHEZAN et al., 2007). A semeadura é realizada no barro, já que a drenagem dos quadros é realizada três dias antes desse processo. Anteriormente ao processo de semeadura, as sementes são submetidas ao processo de aceleração da germinação sendo

acondiçionadas em locais com umidade elevada para germinar em menor período de tempo, sendo esse manejo realizado cerca de 24 horas antes da semeadura. Desta forma, as sementes são implantadas na área de cultivo já germinadas e apresentando seus componentes primários (radícula e coleóptilo) (MARCHEZAN et al., 2007).

De acordo com Alberto et al. (2020) o sistema de cultivo pré-germinado possui algumas desvantagens, sendo a desestruturação do solo a principal delas, devido à permanência da lâmina de água por longos períodos de tempo. A vantagem desse sistema é caracterizada pela economia de água durante o ciclo produtivo, fazendo uso até mesmo da precipitação para formação e manutenção da lâmina de água.

2.3 Definição do sistema de irrigação por pivô central

A irrigação por aspersão em cultivos orizícolas tem por finalidade o fornecimento de uma lâmina de irrigação que atenda as exigências da cultura, considerando as perdas pela evapotranspiração do sistema. Em lavouras comerciais a utilização do pivô central tem assumido posição de destaque para a maior eficiência desse modelo de irrigação (ALBERTO et al., 2020). A irrigação por pivô central possibilitou uma amplitude de avanços no manejo produtivo arrozeiro, como é o caso da adoção do sistema plantio direto, diferentemente do sistema inundado que é dependente do sistema convencional e/ou cultivo mínimo (ALBERTO et al., 2020; TORTELLI et al., 2019).

A possibilidade de cultivo de arroz em sistema de plantio direto alavancou o sistema de rotação de culturas com a cultura da soja, criando o sistema conhecido popularmente como “*ping-pong*”, onde a área é cultivada um ano agrícola com a cultura da soja e o ano subsequente com o arroz, ou vice-versa, ainda com a inserção de outra cultura durante o inverno como o trigo ou pastagem (TORTELLI et al., 2019). Essa prática abre possibilidades para a fixação do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), motivando a diversificação da matriz produtiva das propriedades e estimulando a inserção da cultura do arroz em áreas anteriormente impossibilitadas de implantação, devido à exigência de inundação (ALBERTO et al., 2020).

O resultado é diferente ao comparar o sistema de irrigação por aspersão ao sistema por inundação, pois, em teoria a aspersão distribui de forma mais uniforme e em menor período de tempo. Já a lâmina de água (inundação), tem a característica de sofrer

atrasos até água chegar ao final da lavoura, em razão do nivelamento das taipas e eficiência da mão de obra. Esses atrasos geram diferenças no ciclo da planta, podendo impactar a produtividade final da lavoura (ALBERTO et al., 2020; BOSCO et al., 2009; BARTZ et al., 2017). Em contrapartida, estudos realizados por Streck et al. (2019) verificaram diminuição de até 32% na produtividade de arroz irrigado por aspersão quando comparada ao sistema inundado comparando o sistema com aspersão x inundado. Gereando motivos para o refinamento de estudos na área em destaque.

2.4 Histórico e panorama geral do cultivo de Arroz irrigado por aspersão

O cultivo de arroz irrigado pelo método de aspersão foi iniciado durante o ano agrícola 2006/2007 no município de Uruguaiiana – RS. Em um primeiro momento o cultivo foi realizado de forma experimental em uma área de aproximadamente três hectares na Granja Águas Claras. Esses experimentos permitiram a difusão da técnica para os demais municípios, principalmente os localizados nos limites da região da Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (RS) (Itaqui, Maçambará, São Borja, Alegrete, Quaraí, entre outros), considerados importantes polos de produção da cultura (PARFITT et al., 2017). Tortelli et al. (2019) relatam que o sistema surge como alternativa ao sistema de inundação contínuo (cultivo inundado) presente em lavouras com suaves ondulações, que requerem curvas de nível (taipas) muito próximas para controle da lâmina de irrigação. Essa proximidade das taipas dificulta manejos cruciais para a construção da produtividade da cultura, como a própria irrigação, semeadura, controle químico com herbicidas e a aplicação de fertilizantes (PARFITT et al., 2017).

Alberto et al. (2020) comentam que os estudos com o cultivo do arroz sob irrigação com aspersão ainda estão sendo refinados, e que os mesmos estão sendo desenvolvidos visando determinar a lâmina de irrigação ideal para cada fase do cultivo, para que às exigências hídricas sejam totalmente atendidas. Com a utilização do método de aspersão é possível reduzir de 40 a 60% o uso da água durante o ciclo de cultivo, o que possibilita a elevação da eficiência no uso de recursos, realizando-se adaptações no manejo técnico da cultura (PINTO et al., 2016). No Continente Sul-americano o principal sistema que possibilita a irrigação por aspersão na cultura do arroz é o pivô central, sistema que está em grande expansão no RS, sendo alavancado pela rotação de culturas entre o arroz e a soja.

De acordo com Tortelli et al. (2019) a região orizícola do RS possui sete municípios que fazem uso do pivô central como método de irrigação para o cultivo de arroz, sendo: São Borja com três pivôs; Itaqui com cinco pivôs; Uruguaiana com 11 pivôs; Alegrete com três pivôs; Barra do Quaraí com um pivô e Aceguá com um pivô, totalizando 2.160 hectares. É notável o destaque da região da Fronteira Oeste como difusor da tecnologia de irrigação por pivô central. Contudo, existem cerca de 145 pivôs ativos nas regiões tradicionalmente arrozeiras, sendo utilizados para irrigação da cultura da soja, dados que permitem margem para o aumento do uso da tecnologia no arroz, bem como o ajuste técnico do manejo em distintas áreas (EMBRAPA, 2019).

2.5 Princípios do sistema de irrigação por pivô central

2.5.1 Necessidade de irrigação x Manejo da irrigação

Para determinação da necessidade de irrigação do sistema pivô central é crucial haver o conhecimento das características físicas de cada solo, bem como das condições meteorológicas predominantes de cada região de cultivo, especialmente a precipitação média durante o ciclo de produção (ALBERTO et al., 2020).

O momento de irrigar é uma questão fundamental para o sucesso do sistema, assumindo ainda maior relevância no arroz irrigado por aspersão, em razão da sensibilidade que a cultura possui ao déficit hídrico. O controle dessa irrigação pode ser realizado através do monitoramento constante das variáveis climáticas e de solo. Essas informações são necessárias para o planejamento do manejo da irrigação na cultura (PARFITT et al., 2017).

O manejo da irrigação pode ser construído por mensurações realizadas no conteúdo de água contido no solo, por meio de medidas bio-fisiológicas das plantas ou mesmo por estimativas de ETo com elementos climáticos. O método de irrigar é dependente das condições edafoclimáticas da região aliada a fatores econômicos. O momento de irrigar pode ser definido por meio de tensiômetros, que mensuram a tensão de água contida no solo, porém são pouco eficientes, pois os valores referenciais utilizados são muito próximos a zero, em razão da alta demanda hídrica da cultura. Neste sentido, é necessário realizar a irrigação diária da cultura, permanecendo o solo sempre próximo do nível de capacidade de campo (CC) (ALBERTO et al. 2020; PINTO et al., 2016).

Streck et al. (2019) desenvolveram um estudo, onde realizavam a irrigação por meio do monitoramento do nível de água no solo, processo desempenhado com o auxílio de sensores Watermark instalados a 0,10 m de profundidade no perfil do solo (zona de concentração das raízes de plantas, rizosfera). O manejo da irrigação ocorria quando a leitura média da tensão de água atingia 40 KPa, durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Da mesma forma Pinto et al. (2016) realizaram as mensurações da tensão de água no solo com este equipamento, aplicando três manejos distintos para o manejo da irrigação: 20 KPa durante todo ciclo da cultura; 40 KPa durante a fase vegetativa e 20 KPa durante a fase reprodutiva; 40 KPa durante todo o ciclo da cultura.

Parfitt et al. (2017) relatam que quanto mais próximo da saturação do solo (tensão zero), maior será a produtividade do arroz e que ocorre um decréscimo de rendimento produtivo até a tensão de 15 KPa, sendo diminuída a partir dessa tensão, se mantendo em torno de 50% da produtividade potencial. Esses resultados demonstram que a tensão de água no solo deve ser mantida próxima da saturação, sem que ocorram perdas por escoamento superficial da lâmina de irrigação.

Outra metodologia utilizada para a definição do quanto é necessário irrigar se baseia na estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc). Esse método se caracteriza no somatório das perdas de água pelo processo fisiológico de transpiração das plantas e evaporação de água da superfície do solo. Para a realização do cálculo da ETc é necessário multiplicar a evapotranspiração de referência da cultura (ETo), neste caso do arroz, pelo coeficiente da cultura (Kc) (ALLEN et al. 1998).

Alberto et al. (2020) destacam que após 10 anos de estudos dedicados ao trabalho com diferentes lâminas de irrigação no arroz (0, 50, 100, 150, 200, 250% da ETc) foi possibilitado a determinação de um Kc adequado as cultivares de arroz trabalhadas no cultivo de terras baixas. Estes experimentos demonstraram que elevadas produtividades (12.000 kg ha⁻¹) podem ser obtidas com lâminas de 150 e 200% da ETc a partir de coeficientes da cultura propostos por Allen et al. (1998). Dalla Porta (2020) salienta que lâminas de água a partir de 100% da ETc permitem obter maiores produtividade de água total quando comparados a outros métodos de irrigação para arroz em terras baixas.

2.5.2 Construindo o solo para adotar o sistema

O cultivo de arroz irrigado ocorre preferencialmente em solos que apresentam relevo plano a suavemente ondulados, ocorrendo as baixadas conhecidas como área de “várzea”, sendo caracterizados por serem mal drenados. Esses solos representam cerca de 25% da área total do RS (PEREIRA et al., 2005). De acordo com Streck et al. (2008) os municípios da fronteira oeste do Estado possuem distintos solos; Itaqui tem predominância de Luvisolos, Plintossolos e Chernossolos, Uruguaiana tem ocorrência de Chernossolos em maiores proporções e os Neossolos Regolíticos intensamente destinados ao cultivo de arroz irrigado.

A região da campanha e fronteira oeste do RS realizam por anos consecutivos o cultivo em sistema convencional de preparo do solo, realizando o revolvimento por meio de operações mecânicas. Esse sistema de cultivo também é impulsionado pelo sistema de irrigação por inundação que requer um preparo da área a ser cultivada. Ademais, essas áreas geralmente permanecem em pousio durante o inverno e promove o aumento de infestação de plantas daninhas, principalmente o arroz-vermelho. Aliado a isso o uso sucessivo de máquinas e implementos agrícolas acarretam a compactação subsuperficial das áreas de cultivo, degradando a estrutura do solo e dificultando o movimento de ar e água no solo (PAULETO et al. 1993, MUNARETO et al. 2010).

Com a adoção de sistemas de irrigação por aspersão para o cultivo do arroz, o sistema plantio direto cresceu entre o manejo dos produtores, tornando o processo de produção mais sustentável. Com esse sistema é possível minimizar o problemático arroz-vermelho além de outros benefícios a orizicultura (MUNARETO et al. 2010). Pereira et al. (2005) comentam que o preparo do solo é realizado antecipadamente, visando estimular a germinação de plantas daninhas, especialmente o arroz-vermelho e preto, dessa forma não poderão concorrer com o arroz cultivado, sendo que antes da semeadura do arroz é realizado a dessecação destas invasoras. Este sistema é conhecido como um sistema semi-direto de cultivo, sendo realizado o revolvimento anualmente no solo.

O arroz que é cultivado em sistema plantio direto com rotação de cultura, principalmente a soja e o milho, realizando-se a semeadura do arroz sobre a cobertura vegetal das culturas de inverno (pastagens ou trigo). Esse modelo de produção foi impulsionado pela tecnologia de irrigação com o pivô central que consegue atender

todas as culturas trabalhadas dentro desse sistema (ALBERTO et al. 2020; MUNARETO et al. 2010).

Munareto et al. (2010) realizaram estudos comparando sistemas de cultivo convencional (duas gradagens + nivelamento) ao cultivo em plantio direto (apenas nivelamento do solo) e verificaram que adequada proporção de restos culturais em sistema de plantio direto não difere em produtividade do manejo convencional. Pinto et al. (2016) realizaram estudos com a cultivar BRS PAMPA sob cultivo em sistema de irrigação por aspersão e sistema de plantio direto sobre cobertura vegetal de azevém (*Lolium multiflorum*) e cornichão (*Lotus corniculatus*), verificando que não apresentou diferenças de produtividade entre as condições de solo inundado e saturado. Esse resultado demonstra que mesmo uma cultivar desenvolvida para um ambiente anaeróbico não sofre restrições produtivas em um ambiente aeróbico.

2.5.3 Manejo de plantas daninhas em cultivos irrigados por pivô central

A tecnologia de cultivo de arroz irrigado sob irrigação por pivô central potencializou a utilização desse sistema para a produção de sementes de alta qualidade em áreas isentas da incidência de plantas daninhas, como é o caso do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), além de promover a prática da rotação de culturas dentro do sistema produtivo, seja com espécies produtoras de grãos quanto com a inserção de pastagens, manejos que refletem em altas produtividades quando realizados de forma assertiva (STONE et al., 2001, THEISEN et al., 2013).

Ainda que apresente bom potencial produtivo, o modelo de produção de arroz sob sistemas de irrigação por aspersão ainda apresenta dificuldade de manejo técnico. Nesse cenário destaca-se o manejo de controle de plantas daninhas (THEISEN et al., 2011). Diferentemente do método de irrigação por inundação, onde a lâmina de água constante age como barreira natural suprimindo a germinação de sementes de diversas espécies de plantas daninhas e facilitando o controle químico. A irrigação por aspersão não conta com esse processo, ocorrendo o processo reverso que acarreta o favorecimento do desenvolvimento de plantas concorrentes através do fornecimento constante de água (STEVENS et al., 2012; THEISEN et al. 2013).

Na produção de arroz em terras baixas as principais plantas daninhas presentes se resumem as poáceas anuais, que ocasionam intensa interferência negativa na produção de arroz, seja por inundação ou aspersão (THEISEN et al., 2013). As

principais espécies de daninhas ocorrentes incluem o capim arroz (complexo *Echinochloa*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), milhã (*Digitaria spp.*), papuã (*Brachiaria plantaginea*) e arroz vermelho (*Oryza sativa*) (ANDRES et al. 2017). De acordo com Theisen et al. (2015) entre os períodos de 2012 a 2015 mostram que a presença de plantas daninhas em sistemas de produção de arroz sob aspersão tem capacidade de reduzir de 11 a 95% a produtividade de grãos.

Ao se adotar o sistema de irrigação por aspersão como alternativa de irrigação é crucial que se faça a integração de distintos métodos de controle das plantas infestantes. A inserção da tecnologia ClearField® (CL) em meados dos anos 2000 permitiu o trabalho com herbicidas diferenciados e de ação residual nas lavouras de arroz. Outro manejo tecnológico é a dessecação de plântulas em consórcio com herbicidas pré-emergentes seletivos para a cultura nos períodos iniciais da emergência do arroz, chamada de aplicação em “ponto de agulha”. Esses dois manejos aliados a uma boa adubação nitrogenada em cobertura, objetiva acelerar o fechamento do espaçamento linear de plantas, são alternativas para a produção orizícola por aspersão (STONE & SILVA et al. 2007, THEISEN et al., 2013).

De acordo com estudos realizados por Theisen et al. (2013), a eficiência da integração da prática de dessecação em “ponto de agulha” aliada ao manejo de herbicidas CL no controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) e capim arroz (*Echinochloa crusgalli*), apresenta excelentes resultados de controle das plantas daninhas. De acordo com os autores os maiores níveis de controle de capim arroz e papuã em arroz irrigado por aspersão foram permitidos pelo uso de imazapir + imazapic (200 g ha⁻¹ de produto comercial) e imazetapir + imazapic (1,5 L ha⁻¹ de produto comercial). O manejo da dessecação em “ponto de agulha” teve melhores níveis de controle de papuã e capim arroz quando associado aos herbicidas clomazone, pendimetalin, penoxsulan e imazetapir + imazapic (dose de 1,0 L ha⁻¹ de produto comercial).

2.5.4 Manejo de doenças e insetos

A ocorrência de doenças em plantas cultivadas é resultante de um processo dinâmico que envolve a interação entre três fatores distintos: hospedeiro x patógeno x ambiente, onde os dois primeiros estão intimamente ligados ao último. Ao haver

modificação em um ou mais desses fatores é possível influir sobre a incidência das doenças (NUNES et al., 2004).

Ao ser analisado o ambiente, as variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar são as mais atuantes na ocorrência de doenças fúngicas no arroz. Esses fatores influenciam na duração da água livre sobre as folhas da cultura, processo que corresponde ao tempo de molhamento foliar, sendo altamente correlacionados com a evolução de doenças (infecção, crescimento e esporulação (NUNES, 2017).

Estudos realizados ao longo de quatro anos agrícolas com o cultivo de arroz irrigado por aspersão na área experimental da EMBRAPA Clima Temperado verificaram a brusone (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc = *Magnaporthe grisea* Barr.) como a principal doença incidente na cultura, comprometendo em até 70% a produção da cultura sem a intervenção do manejo com fungicida. Outras doenças foliares de menor expressão e de baixo potencial de danos econômicos foram: mancha-parda (*Helminthosporium oryzae* = *Bipolaris* sp.), escaldadadura-da-folha (*Gerlachia oryzae* = *Rhynchosporium oryzae*), carvão-verde (*Ustilaginoidea virens*), cárie (*Tilletia barclayana*) e mancha-de-glumas (causada por mais de um patógeno) (NUNES, 2017).

Para controle efetivo da brusone em sistemas de cultivo por aspersão é importante se considerar a escolha ideal de materiais genéticos resistentes e/ou tolerante a doença, aliada a correta densidade e época de semeadura da cultura, cuidando o manejo da adubação para não haver desbalanço nutricional nas plantas. No sistema de aspersão é crucial a manutenção do solo saturado durante todo o ciclo da cultura minimizando os riscos da doença (NUNES, 2017). Nunes et al. (2015) realizaram estudos envolvendo quatro fungicidas para o tratamento da brusone, e verificaram que o melhor controle (68%) se deu com a mistura de Trifloxistrobina + Tebuconazol com Triciclazol.

Os insetos-praga são potenciais redutores da produtividade orizícola em terras baixas da região sul do Brasil (GOMES & MAGALHÃES JUNIOR, 2004). Considerando o cultivo em aspersão, a não formação da lâmina de água sobre a superfície do solo reflete em um fator determinante para a alteração da incidência de insetos-praga no sistema em questão, quando em comparação ao sistema inundado. Insetos de pré-perfilhamento da cultura, ou ainda as “pragas de solo”, como é o caso do cascudo-preto e lagarta-da-folha são beneficiados pela ausência da lâmina de irrigação. Essas condições de benefício são geradas pela não formação das condições anaeróbicas

do solo, desta forma os insetos não são forçados a se deslocar para evitar o afogamento, bem como não são expostos à ação de predadores (pássaros) (MARTINS, 2017).

Os principais insetos-praga incidentes sobre o cultivo de arroz podem ser divididos pelas fases do arroz. Os da fase de pré-perfilhamento correspondem ao pulgão-da-raíz, a pulga-do-arroz, lagarta-da-folha, lagarta-elasma e cascudo-preto; durante a fase de perfilhamento temos a incidência do gorgulho-aquático, percevejo-do-colmo e broca-do-colmo; na fase reprodutiva ocorre o percevejo-do-grão e lagarta-da-panícula. O sistema de cultivo de arroz irrigado por aspersão é antagônico a infestações da área de cultivo pela bicheira-da-raíz, sendo desnecessário o controle. Em contrapartida esse sistema é favorável ao aumento da população do percevejo-do-colmo, pela não formação da lâmina de água, os demais insetos-praga ainda necessitam de maiores estudos de avaliação do sistema de aspersão sobre sua infestação (; REUNIÃO..., 2014; MARTINS, 2017).

2.5.5 Produtividade e desempenho de cultivares

A irrigação por aspersão é estudada desde a década de 1970, porém um dos gargalos para a implantação deste sistema é a inexistência de cultivares adaptadas e desenvolvidas para esse sistema de cultivo, o que é um fator determinante para o sucesso da lavoura (STONE et al., 2001). Alberto et al. (2020) relatam que a produtividade do arroz irrigado por aspersão, desde que seja realizado o correto manejo da irrigação, é bastante similar aos rendimentos obtidos pela irrigação via inundação.

Para a garantia da produtividade da cultura além da lâmina de irrigação aplicada a precipitação tem influência direta sobre a produtividade de grãos (ALBERTO et al., 2020). Magalhães Junior et al. (2017) comentam que no Rio Grande do Sul a estimativa do uso da água em sistema de pivô central é de 550 mm por ciclo, havendo variações entre as regiões produtoras e regime de precipitações. A chuva desempenha papel fundamental nesse processo, anos de maior volume de chuva e distribuição mais homogênea auxiliam no suprimento da necessidade hídrica do arroz, permitindo redução no número de irrigações necessárias (ALBERTO et al. 2020).

Dentro deste contexto, é necessário a considerar a variabilidade genética existente, ocorrendo distintos comportamentos dos genótipos de arroz irrigado frente à menor quantidade de água aplicada pelo método de aspersão (MAGALHÃES JUNIOR et al., 2017). Esse processo é conhecido como expressão fenotípica, onde cada cultivar

pode apresentar potenciais de produtividade diferentes quando cultivadas em ambiente aeróbico (ALBERTO et al. 2020). Por isso é tão importante à avaliação agrônômica das cultivares recomendadas para o cultivo no RS sobre esse sistema de cultivo.

Alberto et al. (2020) realizaram trabalhos com três diferentes lâminas de irrigação (100, 150 e 200% da ETc) durante o decorrer de 10 safras agrícolas com seis diferentes cultivares e dois híbridos de arroz irrigado. Avaliando a produtividade de grãos (Mg ha⁻¹) observaram diferentes rendimentos entre cultivares e especialmente entre as lâminas de irrigação aplicadas. Semelhante a todas cultivares e híbridos as menores produtividades concentradas em 100% da ETc, enquanto que as maiores produtividades foram resultantes da lâmina de 200% da ETc (Figura 1).

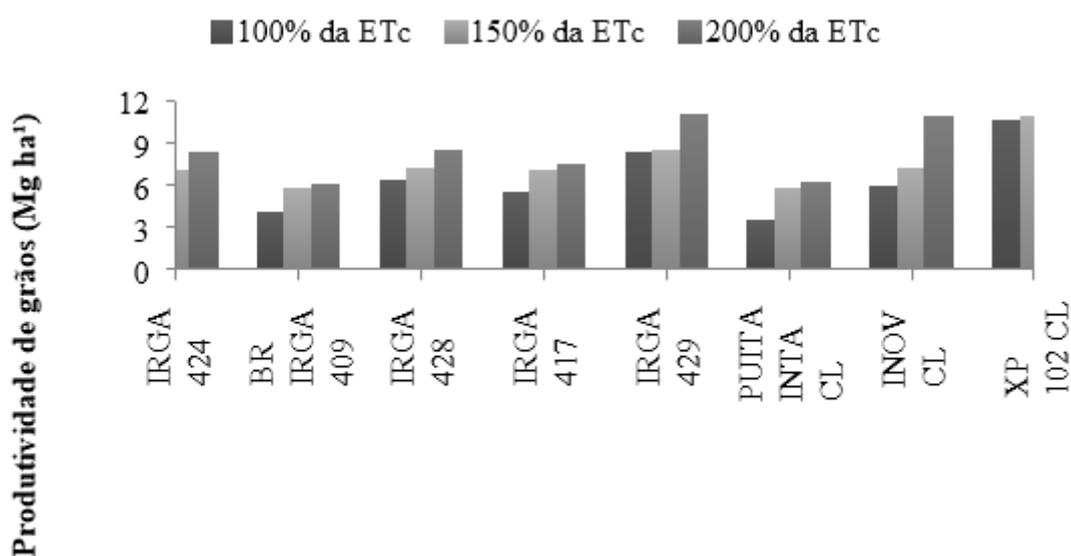


Figura 1. Produtividade de diferentes cultivares e híbridos de arroz irrigado sob diferentes lâminas de irrigação por aspersão (100, 150 e 200% da ETc).

Fonte: Adaptado de Alberto et al. (2020) – Equipe FieldCrops e Unipampa.

Magalhães Junior et al. (2017) realizaram experimentos com quatro diferentes genótipos durante a safra 2012/2013, cultivadas sob sistema de irrigação por aspersão no município de Bagé-RS. Procederam avaliações para a produtividade de grãos (kg ha⁻¹), rendimento de engenho (%) e peso de mil grãos (g), onde em tais análises as cultivares BR IRGA 409 e BRS QUERÊNCIA se destacaram na produtividade de grãos, para rendimento de engenho a BRS PAMPA se sobressaiu juntamente a cultivar BR IRGA 409, e o peso de mil grãos não representou diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade de grãos, rendimento de engenho e peso de mil grãos para quatro variedades avaliadas, quando irrigadas por aspersão, em Bagé, RS. Safra 2012/2013.

Fonte: Adaptado de Magalhães Junior et al. (2017)

Genótipos	Produtividade (kg/ha)	Rendimento engenho (%)	Peso de mil grãos (g)
BR IRGA 409	8.637 a	62,0 a	22,7 a
BRS SINUELO CL	7.172 b	53,7 b	23,8 a
BRS QUERÊNCIA	9.091 a	55,2 b	23,5 a
BRS PAMPA	7.254 b	61,7 a	22,3 a

Em relação à qualidade de grãos, fator determinante a qualidade de grãos e desempenho comercial das cultivares, Meus et al. (2018) não verificaram diferenças na qualidade de grãos produzidos em terras baixas sobre sistema de aspersão ou por inundação. Essas informações confirmam que a teoria de que essa característica é fortemente correlacionada ao genótipo do que o método de irrigação.

2.5.6 Rotação de culturas e plantio direto

Com a adoção do sistema de cultivo de arroz irrigado por aspersão, através da utilização do pivô central e sistemas lineares, foi permitida a adoção da rotação de culturas aliada ao sistema plantio direto (TOESCHER et al., 2005; CONCENÇO et al., 2009). Esses dois manejos utilizados em conjunto possibilitam benefícios à cultura do arroz, seja pela melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pela melhor estabilidade da produção, redução na incidência de doenças, insetos-praga e plantas daninhas, o que diminui a utilização dos agrotóxicos durante o ciclo de cultivo, por fim, permitindo a diversificação dos cultivos agrícolas, posicionando-se conforme as demandas mercadológicas (GUIMARÃES et al., 2006).

A rotação de culturas aliada ao plantio direto da cultura do arroz minimiza os riscos de degradação do solo, havendo elevação dos teores de matéria orgânica e retenção de água no solo. Com esses dois prismas também há diminuição do consumo de combustível das máquinas agrícolas, em razão de que as operações de preparo de solo são diminuídas, conseqüentemente havendo menor desgaste de máquinas e operadores. Além disso, esses dois sistemas utilizados em conjunto possibilitam uma

menor emergência das plantas daninhas infestantes das áreas de cultivo, o que se torna um ponto positivo para os campos de produção de sementes (CONCENÇO et al., 2009; BORTOLOTTI et al., 2008).

Salienta-se também benefícios de cunho socioambientais e econômicos com a adoção desses dois processos. Socio-ambientalmente o cultivo de arroz por aspersão possibilita o uso mais racional do recurso hídrico, considerando a limitação crescente que o mesmo vem apresentando, ainda, se torna opção para o atendimento da demanda mundial por alimentos pelo aumento exponencial da população. Economicamente, áreas de cultivo com aspersão permitem maior economia de água em relação ao sistema inundado, possuindo um custo de produção menor que possibilita maior margem líquida, além de exigir um menor número de máquinas e implementos para a produção quando comparado ao sistema de inundação (PARFITT et al., 2017).

2.5.7 Custos de produção

Estudos com o cultivo de arroz irrigado por aspersão, realizando o uso do pivô central, datam desde os anos de 1980. No entanto, só recentemente o cultivo de arroz nesse sistema obteve certo sucesso, alcançando altas produtividades e qualidade de grãos, ainda, possuindo particularidades de ajustes para determinados ambientes, podendo ser até economicamente vantajoso (CONCENÇO & AZAMBUJA, 2017).

Concenço & Azambuja (2017) realizaram monitoramento e coleta de informações em quatro propriedades, do Rio Grande do Sul (3 ao total) e Minas Gerais (1 propriedade), durante a safra agrícola 2009/2010, que trabalharam com a irrigação por pivô central no sistema “lado a lado” com o cultivo por inundação. Foi realizado o levantamento de todo ciclo de produção, levando em considerações as operações, maquinários, insumos, mão-de-obra, preparo, implantação, condução, colheita, transporte, secagem e armazenagem, possibilitando as estimativas dos custos de produção.

Resumidamente, os resultados desse estudo apontaram redução de 20% dos custos de produção do sistema de cultivo com irrigação por pivô central em comparação ao sistema de inundação. As principais razões para essa redução se devem ao menor dispêndio com o preparo da área de cultivo, com a construção de taipas e sistema de drenagem, aliado a isso a menor utilização de combustíveis e manutenção do maquinário (CONCENÇO & AZAMBUJA, 2017).

O maior desembolso do sistema de cultivo por pivô central em comparação a inundação se concentrou no manejo de controle de pragas, em destaque as plantas daninhas que necessitaram reaplicação do manejo químico, contribuindo para uma redução na produtividade da área. Porém, esses custos não foram suficientes para aumentar o custo da saca produzida e auxiliaram na manutenção da margem líquida ao produtor (CONCENÇO & AZAMBUJA, 2017). Os autores salientam que custos relacionados à semeadura, tratos culturais e colheita não sofreram alterações significativas entre os dois sistemas de irrigação.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Campus Itaqui – RS, em decorrência das restrições e segurança sanitária imposta pela Pandemia da doença COVID – 19. O período de concentração do trabalho foi de julho de a setembro de 2021. A área geográfica do trabalho se concentrou para o Estado do Rio Grande do Sul (RS), mais especificamente a Fronteira Oeste (FO)

Com o auxílio dos materiais científicos foi possível elencar as principais informações e dados técnicos que atenderam o foco direcional do trabalho. Realizando-se o posicionamento das informações de forma lógica e clara, visando atender os objetivos de ser compreensível e prático ao uso comum de acadêmicos, técnicos e produtores ligados ao cultivo do arroz irrigado.

Para organização do trabalho foram direcionadas pesquisas em periódicos científicos encontrados nas principais bases indexadas, teses e dissertações de repositórios de universidades públicas e privadas, bem como livros e circulares técnicas de instituições de pesquisa. O foco direcional para filtrar as pesquisas foi o cultivo de arroz irrigado sob o método de irrigação por aspersão, com destaque ao pivô central, elencando-se o histórico de utilização, processos de constituição do método de irrigação por aspersão, desafios, vantagens e desvantagens do sistema.

Desta forma, foi possível reunir um apanhado de dados e informações relevantes do processo de cultivo de arroz inundado sobre irrigação por aspersão com pivô central, contribuindo positivamente para a difusão desta prática em lavouras comerciais do RS.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de cultivo de arroz com irrigação por pivô central vem se solidificando no Estado do Rio Grande do Sul, especialmente na região orizícola da fronteira oeste do Estado. Essa solidificação se deve às pesquisas e estudos desenvolvidos sobre o tema e o interesse dos produtores em buscar novas tecnologias para suas áreas de cultivo, o que demonstra a importância do estudo sobre novos métodos de irrigação na cultura do arroz irrigado representa para essas regiões.

A divulgação de materiais científicos nessas temáticas são cruciais para o crescimento e desenvolvimento desse sistema. Este trabalho busca contribuir de maneira positiva nesse aspecto, selecionando e elencando informações importantes e utilitárias para o dia-a-dia das áreas de cultivo, salientando pontos positivos e negativos que possam ser encontradas pelos atuantes do processo produtivo de arroz irrigado por pivô central.

5. REFERÊNCIAS

- 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. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p.
- ANDRES, A.; THEISEN, G.; TELÓ, G. M.; CONCENÇO, G.; MARTINS, M. B. Manejo de plantas daninhas. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.
- 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.
- BORTOLOTTI, R. P.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; MATTIONI, N. M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, v. 67, p. 513-520, 2008.
- 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, 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.
- 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 2020/2021 – Nono levantamento**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 8, 2021. 121p. Disponível em: <<https://conab.gov>> Acesso em: 27 de junho de 2021.
- 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: 27 de junho de 2020.
- CONCENÇO, G.; AZAMBUJA, I. H. V. Custos de produção. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.

CONCENÇO, G.; BATALHA, B. R.; LARUE, J. L.; GALON, L.; TIRONI, S. P.; MANTOVANI, E. C.; ROLFES, C. R.; SILVA, A. A. Eficiência do uso da água na produção de arroz sob irrigação mecanizada ou inundação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2009, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2009.

DALLA PORTA, F. S. **Produtividade da água de arroz de terras baixas irrigado por aspersão**. Itaquí: Unipampa (trabalho de conclusão de curso), 2020. 33 p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES A. M.; STONE, L. F. Sistema de cultivo In: SANTOS, A. B. de; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de. (Ed.) **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 53-96.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899 p.

IRGA. **Boletim De Resultados Da Lavoura** – Safra 2019/2020 - Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz. 2020. 11p. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br>> Acesso em: 27 de junho de 2021.

LAURETTI, R.L.B. et al. Efeitos de diferentes manejos de água no estabelecimento de plantas de arroz no sistema pré germinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1093-1099, 2001.

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.

MACHADO, S. L. 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 de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p. 65-71, 2006.

MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; MARQUES, J. B. B.; PARFITT, J. M. B.; PEREZ, N. B.; FAGUNDES, P. R. R. Desempenho de cultivares. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.

MARCHEZAN, E.; GARCIA, G. A.; CAMARGO, E. R.; MASSONI, P. F. S.; AROSEMENA, D. R.; DE OLIVEIRA, A. P. B. B. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.

MARTINS, J. F. S. Manejo de insetos e outros fitófagos. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Sustainability: four billion people facing severe water scarcity. **Sci. Adv.**, v. 2, n. 1500323, p. 1-6, 2016.

MEUS, L. D. et al. Classification of rice grains of lowland cultivars grown under flood irrigation and aprinkler irrigation. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 4, p. 599-605, 2018.

MUNARETO, J. D.; BEUTLER, A. N.; RAMÃO, C. J.; DIAS, N. P.; RAMOS, P. V.; POZZEBON, B. C.; ALBERTO, C. M.; HERNANDES, G. C. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1499-1506, 2010.

NUNES, C. D. M. Manejo de doenças. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.

NUNES, C. D. M.; PARFITT, J. M. B.; MAGALHÃES, JÚNIOR. A. M.; FAGUNDES, P. R. R.; ALVES, Y. S. **Avaliação dos fungicidas no controle da brusone em arroz em sistema de irrigação por aspersão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9. 2015, Pelotas, RS. Anais... Pelotas: SOSBAI, 2015. 1.

NUNES, C. D. M.; RIBEIRO, A. S.; TERRES, A. L. Principais doenças em arroz irrigado e seu controle. In: GOMS, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004, p. 579-621.

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

PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B.; CONCENÇO, G. Importância econômica da cultura. In: SCIVITTARO et al. (org.). **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 140p.

PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil>>. Acesso em: 13 agosto de 2021.

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.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 30., 2014, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2014. 192 p.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; AZEVEDO, C. F.; STRECK, N. A.; ROSO, R.; COELHO, L. L.; OLIVEIRA, M. L. DE. 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.

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

STRECK, E. A.; AGUIAR, G. A.; FACCHINELLO, P. H. K.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; KRÜGER, T. K.; PARFITT, J. M. B. Desempenho agrônômico de cultivares de arroz sob sistema de irrigação por aspersão e inundação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

STEVENS, G.; VORIES, E.; HEISER, J.; RHINE, M. Experimentation on cultivation of rice irrigated with a center pivot system. In: LEE, T. S. (Ed.). **Irrigation systems and practices in challenging environments**. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. p. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/irrigation-systems-and-practices-in-challenging-environments/experimentation-on-cultivation-of-rice-irrigated-with-a-center-pivot-system>>. Acesso em: 16 agosto de 2021.

STONE, L. F. et al. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 232p.

STONE, L. F. et al. **Irrigação**. In: BORÉM, A.; NAKANO, P. H. (Ed.). **Arroz: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: ED. UFV, 2015. P. 135-160.

STONE, L. F.; SILVA, S. C. **Requerimento de água do arroz irrigado por aspersão em diversas regiões produtoras do RS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 5 ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 27, 2007, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p.487-489.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural, 2008. 222p.

THEISEN, G.; REIS, A.; FIPKE, M.V. et al. **Controle de plantas daninhas em arroz irrigado por aspersão**. In. VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2011. Anais. Balneário Camboriú: Epagri/Sosbai. V1, p.534-537, 2011.

THEISEN, G.; XAVIER, F. M.; BONOW, J. F. L.; PARFITT, J. M. B.; ANDRES, A.; DA SILVA, J. J. C. **Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de produção de arroz irrigado por aspersão.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 4 p.

TOESCHER, C. F.; KOPP, L. M.; ANCINELO, A. G.; COLETTI, L. S. **Lâmina de água aplicada no arroz, via pivô central, em Uruguaiana - RS.** Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/seriedocumentos/>. 2005.

TORTELLI, G. S.; HERNANDES, G.; PARFITT, J. M. B.; CONCENÇO, G.; DE CAMPOS, A. D. S.; AIRES, T. A.; ANDRES, A. **Arroz irrigado por aspersão no Rio Grande do Sul: situação na safra 17/18.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 4 p.