Estudo do cultivo de arroz irrigado com ênfase no consumo de água no município de Cachoeira do Sul

Helena Cunha dos Santos

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

E-mail: cunhahelena04@gmail.com

http://lattes.cnpq.br/6347369577728176

Rodrigo Sanchotene Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

E-mail: rodrigo-sanchotene@uergs.edu.br

http://lattes.cnpq.br/9802911959707342

Resumo

O Município de Cachoeira do Sul é um dos principais produtores de arroz do Rio Grande do Sul, Estado que mais produz arroz no Brasil, que tem como meio de irrigação mais utilizados o sistema de inundação de lavoura de arroz, devido a abundante disponibilidade de água natural, nos corpos hídricos da Região Central do RS, contudo, o método convencional é uma atividade que demanda muita água e eleva os custos de produção. A utilização de métodos eficientes e mais baratos de irrigação, torna-se viável, como por exemplo, o uso do sistema de múltiplas entradas, ou também conhecido como MIRI (*Multiple Inlet Rice Irrigation*), que reduz a perda de água nos canais de irrigação, e além disso, cita-se o manejo de água e manejo de solo que podem contribuir para aumentar a eficiência do uso da água. Este trabalho teve por objetivo estudar o cultivo de arroz irrigado com ênfase no consumo de água, considerando o uso racional da água. O trabalho foi realizado por meio de revisão de literatura e sistematização de dados comparando resultados de pesquisas verificando a eficiência de diferentes usos de irrigação para o cultivo de arroz. Os resultados demonstraram que de acordo com os dados obtidos no presente estudo, é possível reduzir o uso da água na irrigação do arroz irrigado utilizando diferentes métodos, como por exemplo, os tensiômetros ou sondas TDR; A utilização da irrigação por aspersão pode ser uma alternativa viável em relação a irrigação por inundação além de ser possível a implementação do sistema MIRI pode ser um opção para os produtores de Cachoeira do Sul/RS, pois sua utilização resulta em redução no consumo de água.

Palavras chave: *Oryza sativa*. Sistema de inundação. Irrigação. Consumo hídrico vegetal.

Abstract

The municipality of Cachoeira do Sul is one of the main rice producers in Rio Grande do Sul, the state that produces the most rice in Brazil, its most used means of irrigation is the rice crop

flooding system, due to the abundant availability of natural water , in the water bodies of the Central Region of RS, however, the conventional method is an activity that demands a lot of water and raises production costs. The use of efficient and cheaper irrigation methods becomes viable, such as the use of the multiple inlet system, or also known as MIRI (Multiple Inlet Rice Irrigation), which reduces water loss in irrigation channels , and in addition, mention is made of water management and soil management that can contribute to increase the efficiency of water use. This work aimed to study the cultivation of irrigated rice with an emphasis on water consumption, considering the rational use of water. The work was carried out through literature review and data systematization comparing research results verifying the efficiency of different irrigation uses for rice cultivation. The results showed that, according to the data obtained in this study, it is possible to reduce the use of water in irrigated rice irrigation using different methods, such as tensiometers or TDR probes; The use of sprinkler irrigation can be a viable alternative to flood irrigation, in addition to being possible, the implementation of the MIRI system can be an option for producers in Cachoeira do Sul/RS, as its use results in a reduction in water consumption .

Keywords: *Oryza sativa.* Flood system. Irrigation. Vegetable water consumption.

1 Introdução

O elevado consumo de água em lavouras de arroz irrigado, tanto no plantio convencional, como no pré germinado, tem impactado financeiramente o produtor e a qualidade ambiental. O uso de tecnologias convencionais tem proporcionado ao produtor de arroz elevados gastos com energia elétrica para utilizar água de rios ou açudes, e consequentemente aumentando o custo de sua lavoura.

Outro aspecto importante é a otimização da utilização da água dentro da lavoura, pois de acordo com a Agencia Nacional de água e Saneamento Básico (ANA),Lei nº 9433/1997, art. 1, inciso I e II, estabelece que a água é um recurso natural de domínio público, limitado e dotado de valor econômico. Com isso há necessidade da busca de novas tecnologias e metodologias que permitam o uso mais eficiente, que permita o máximo benefício ao cultivo do arroz e o menor prejuízo ao meio ambiente e demais usos deste recurso (ANA, 2017).

Metade da população mundial depende diretamente do arroz como fonte energética principal (IRRI, 2013). A produção irrigada do arroz corresponde à metade da área total cultivada, contabilizando 79 milhões de hectares, com demanda hídrica de aproximadamente 14000 $m^3.ha^{-1}$ (BRUINSMA, 2009).

Segundo Caixeta (1984) *apud* Stone (2005), a produtividade de arroz no método de irrigação convencional (contínua) atinge a média de aproximadamente 9000 $kg.ha^{-1}$, enquanto que, para a irrigação intermitente, a média é de aproximadamente 6150 $kg.ha^{-1}$. Entretanto, a eficiência do uso da água foi menor no sistema de irrigação contínuo, com um valor de 0,62 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$, ao passo que o sistema de irrigação intermitente apresentou valor de 1,96 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$.

A eficiência na utilização da água é uma necessidade na atividade de produção de arroz, pois representa custos financeiros e ambientais. Vories *et al*. (2005), ao estudarem o sistema de irrigação por inundação, demostraram que uma das alternativas para a redução do consumo de água e aumento da sua eficiência é o sistema de distribuição de água por múltiplas entradas na lavoura de arroz, conhecido como irrigação de arroz por entradas múltiplas ou *Multiple Inlet Rice Irrigation* (MIRI). Com isso, segundo esses autores, foi possível diminuir em 24% o consumo de água por hectare e aumentar em 36% a eficiência do uso da água.

A disponibilidade e a qualidade da água têm diminuído ao longo do tempo, tornando-se fatores limitantes para a produção agrícola, e principalmente para irrigação na produção de arroz, pois, além da necessidade de grandes volumes para esta atividade, há a concorrência com outros usos da água, como: industrial, abastecimento humano e animal, e esgotamento sanitário e industrial.

Conforme a Lei nº 9.433/97, foi instituída a cobrança do uso da água, com o objetivo de reconhecer a água como bem natural limitado e dotado de valor econômico, incentivar a racionalização do uso da água, além de obter recursos financeiros para manter a sustentabilidade dos recursos hídricos na bacia hidrográfica em que a propriedade está inserida (LADWIG *et al.*, 2017).

A partir disto, o principal desafio na produção de arroz irrigado nos próximos anos está relacionado à otimização do uso de recursos hídricos na lavoura de arroz, e paralelamente, manter e até mesmo aumentar a produtividade da lavoura arrozeira.

Assim, o objetivo do trabalho foi estudar o cultivo de arroz irrigado com ênfase no consumo de água, considerando o uso racional da água.

2 Metodologia

A pesquisa foi realizada por meio de revisão de literatura, entre os meses de janeiro a maio de 2021 a fim de caracterizar a produção de arroz irrigado com ênfase no consumo de água, para a realidade do município de Cachoeira do Sul/RS, Brasil, buscando compreender a caracterização econômica da região e do estado do Rio Grande do Sul, verificar os principais tipos de sistemas de cultivo de arroz, sistema de cultivo irrigado, manejo de água para o arroz irrigado e a descrição do sistema de múltiplas entradas de água em arroz inundado, a fim de verificar sua viabilidade.

As buscas foram feitas a partir da base de dados da rede *Scientific Eletronic Library On Line* (sCIELO), no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Springer Link. As buscas ocorrerão pela combinação de palavras-chave pertinentes ao objetivo do estudo, sendo elas: “Arroz” “Irrigação” “Arroz irrigado”; “Multiple Inlet Rice Irrigation” comparison* efficiency* conventional* income* yield*; “Arroz” “Irrigação” “inundação”; Arroz irrigado OR yield "Convencional" características* produtividade* custo* eficiência* “Intermitente”. O termo OR, adicionado às buscas, corresponde a de um operador booleano, combinando os diferentes sinônimos empregados na busca. Este operador permite

que sejam localizados trabalhos que utilizem ao menos uma das palavras requeridas, ampliando o universo de pesquisa.

A utilização das aspas (“”) permite a união entre termos, possibilitando que o buscador localize palavras em uma ordem específica. Já o asterisco (*) é um operador de truncagem, mantendo o radical da palavra e buscando variações daquele termo. Dos trabalhos encontrados, realizou-se a inclusão ou exclusão destes à pesquisa por critérios anteriormente definidos.

Como critério de inclusão, os trabalhos selecionados deveriam abordar os temas de irrigação por inundação, convencional e/ou intermitente. Foram excluídos trabalhos que não atenderam a estes critérios, sendo utilizados teses, dissertações, artigos e capítulos de livros. Não foi estabelecido uma delimitação temporal, já que o objetivo foi a obtenção do maior número de trabalhos viáveis possíveis.

3 Resultados e Discussão

3.1 Caracterização do Arroz e Caracterização econômica da Orizicultura em Cachoeira do Sul

O arroz (*Oryza sativa*) é considerado um dos principais grãos utilizados na alimentação brasileira, com consumo médio anual de 35,2 $kg.hab^{-1}.ano^{-1}$, de acordo com os dados fornecidos pela Embrapa (2019). Esta característica demanda que o grão seja cultivado em grandes quantidades, pois a demanda interna possui elevado potencial de consumo, uma vez que é constituinte da alimentação básica da população.

O arroz é uma gramínea originária da Ásia, e dentre seus grãos, são comercializados em grande escala basicamente em três tipos: arroz integral, arroz parboilizado e arroz polido. Dentre os principais constituintes químicos do grão, citam-se os teores de amido, proteínas, lipídios, cinzas e fibras totais. Dentre os tipos de arroz, o integral é o que maior possui em quantidades os teores citados: em torno de 74% amido, 11% proteínas, 2,52% lipídios, 1,15% cinzas e 11,76% de fibras totais, contudo, conforme são reduzidos os teores de amido, aumenta-se os demais (CONAB, 2017).

Após a introdução da cultura nas Américas, o Brasil é considerado o primeiro país a cultivá-lo como cultura comercial. Deste modo, na Bahia, teve-se grande parte da produção do grão. Entretanto, conforme houve a expansão territorial, consequentemente o cultivo se difundiu pelos Estados até alcançar o Rio Grande do Sul, sendo hoje considerado o maior produtor do grão, e o município de Cachoeira do Sul é conhecida como a Capital do Arroz (LOPES *et al*., 2017).

No sul do país, o cultivo é realizado principalmente por inundação, e do início de seu cultivo no Estado até meados da década de 1960, a produtividade não passava de três toneladas. Com o avanço da tecnologia ligada à agricultura e a adoção de novas técnicas de cultivo e manejo, 20 anos depois, a produtividade já alcançava o patamar de cinco toneladas por hectare (CONAB, 2021). Grande parte dos avanços ocorreu principalmente pelo desenvolvimento de

novas cultivares e tecnologias para a orizicultura, principalmente introduzidas pelos institutos de pesquisa: Estação Experimental do Arroz (EEA) e Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) (CONAB, 2017).

O arroz caracteriza-se por ser uma cultura cultivada tanto em sistemas de irrigação, ou também conhecido como arroz de terras baixas, quanto pela produção em locais de solo seco, conhecido como arroz de sequeiro. Desta forma, o arroz de sequeiro possui maior predominância de dados históricos de produção, produtividade e área cultivada. Já o arroz irrigado, de acordo com os dados disponibilizados pela Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), só possui dados comparativos nacionais a partir da safra de 2015/ 2016, mostrados na Figura 1.

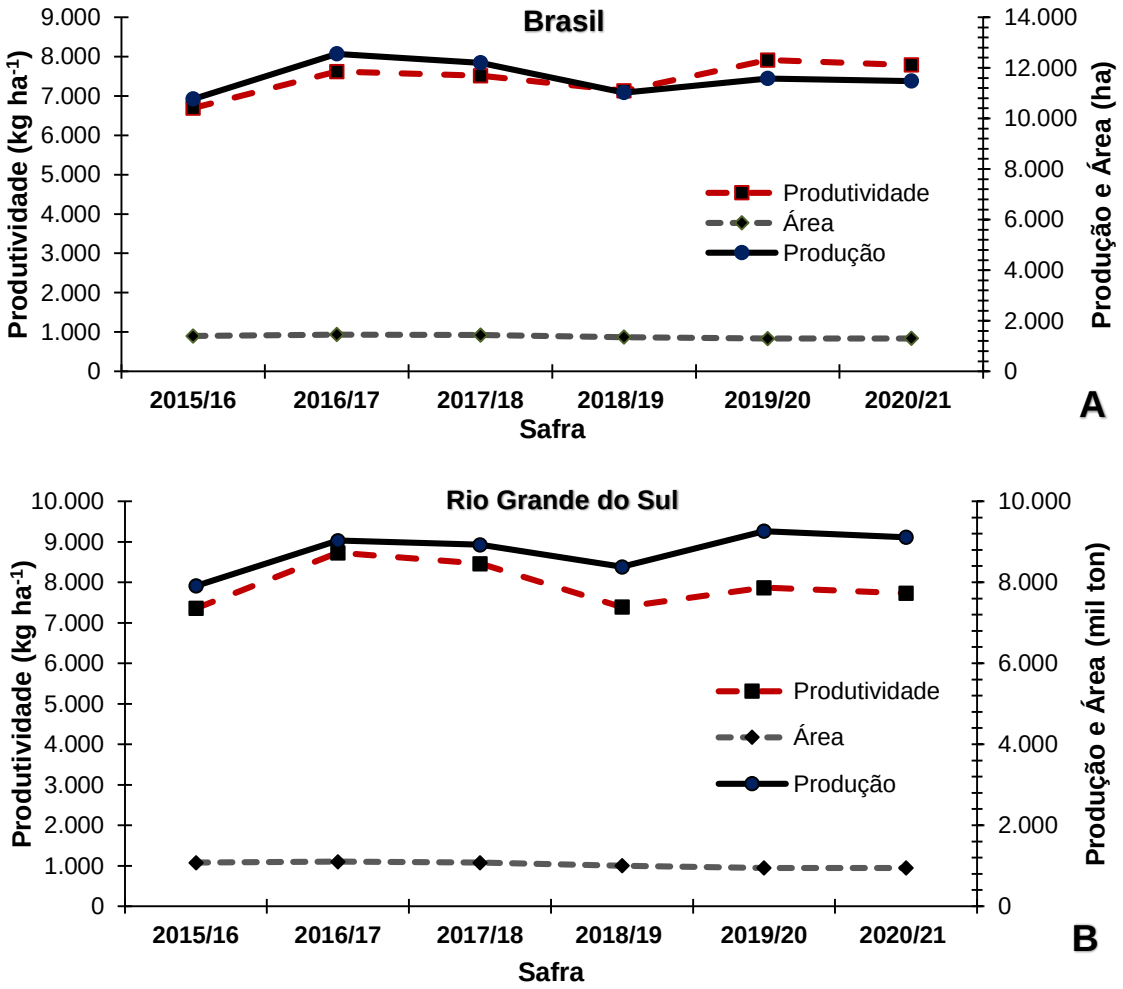

Figura 1 - Produtividade de arroz irrigado no Brasil (A) e no estado do Rio Grande do Sul (B), desde a safra de 2015/2016 até a safra 2020/2021, considerando a produtividade (kg.ha^{-1}), produção (mil toneladas) e área cultivada (mil hectares).
Fonte: Adaptado de CONAB, 2021.

De acordo com a Figura 1, observa-se que, para o Brasil, a produção e a produtividade apresentam comportamento semelhante, ou seja, a produção anual consegue ser aumentada principalmente pelo aumento de produtividade por área, por meio da implementação de tecnologias que permitem esta característica, como por exemplo, cultivares melhoradas com

melhores adaptações às condições de cultivo. Em nível nacional, observados na Figura 1A comparando com o estado do RS, verificados na Figura 1B.

Outro aspecto destacado está relacionado à área de cultivo, que em nível nacional está em torno de 1,37 milhões de hectares cultivados, enquanto que só no estado do RS a média é de 1,02 milhões, indicando a eficácia do estado para a produção nacional. Em relação específica ao município de Cachoeiro da Sul/RS, de acordo com os dados disponibilizados pelo IRGA (2021) para a safra de 2019/2020, foram semeados 25.037 ha, com produtividade estimada de 7,603 $kg.ha^{-1}$ e uma produção de mais de 190 mil toneladas, sendo o quarto município com maior produção de arroz do estado do RS.

Em relação a rentabilidade alcançada com a cultura na produção de arroz no município de Cachoeira do Sul/RS, a Tabela 1 apresenta o valor comercializado por hectare.

Tabela 1 – Evolução da rentabilidade por hectare de arroz em Cachoeira do Sul

Safra	Produtividade ($Kg.ha^{-1}$)	Valor Saca (R$)	Sacas ha^{-1}	Rentabilidade ($R\$.ha^{-1}$)
2006/07	6000	19,51	120	2341,2
2007/08	6000	28,58	120	3429,6
2008/09	6500	26,25	130	3412,5
2009/10	6500	26,57	130	3454,1
2010/11	6500	18,63	130	2421,9
2011/12	6500	25,84	130	3359,2
2012/13	6500	31,14	130	4048,2
2013/14	6500	33,84	130	4399,2
2014/15	7200	34,47	144	4963,68
2015/16	7200	40,46	144	5826,24
2016/17	7200	40,04	144	5765,76

Fonte: adaptado de Conab (2017).

De acordo com a Tabela 1, é possível observar que, da primeira safra analisada de 2006/07 a produtividade estava em torno de 6.000 $kg.ha^{-1}$, enquanto que na safra de 2016/17, a produtividade passou para em torno de 7.200 $kg.ha^{-1}$. Ou seja, houve incremento produtivo de 1.200 $kg.ha^{-1}$ em 8 anos de cultivo, o que indica um aumento produtivo em torno de 150 kg por ano, devido aos avanços tecnológicos relacionados ao cultivo. Contudo, observa-se também que o preço da saca foi aumentando, com exceção da safra de 2010/11, em que o preço caiu, mas a produtividade se manteve estável. Entretanto, na próxima safra, o valor aumentou e, consequentemente, a rentabilidade também, atingindo rendas de aproximadamente 6 mil reais por hectare.

Para a safra de 2019/2020, de acordo com os dados do IRGA (Produtividades Municipais safra 2019/2020), o custo de produção para uma saca de arroz estava em torno de R$ 64,70, com custo médio de R$ 10.078,00 por hectare, considerando uma produção acima de 7,7 toneladas. Deste modo, o custo por módulo fiscal foi de R$ 201.650,00. A venda da saca foi em torno de R$ 85,45 e, considerando a produtividade, as estimativas foram de 156 sacas por hectare, o que gerou ao final, para um módulo fiscal, um lucro de R$ 64.740,00.

3.2 Sistemas de Cultivo de Arroz

O sistema convencional é um sistema que consiste no revolvimento do solo, expondo as partes subsuperficiais à superfície e vice versa, com consequente enterrio de plantas e inversão das camadas do solo. Para tal, são utilizados implementos pesados, como arados e grades, que descompactarão o solo, a fim de ter um solo desagregado, sem torrões, plantas infestantes e impedimentos à semeadura e germinação do arroz. Além disso, é realizado o nivelamento do solo e incorporação de agrotóxicos. A semeadura e a adubação podem ser feitas a lanço ou em linha (ARBAGE; SOUZA, 2002).

O sistema pré-germinado antes da semeadura deve ocorrer o levantamento planialtimétrico, seguido do preparo do solo, com o alagamento e posteriormente ocorre a semeadura de sementes previamente germinadas, diretamente no solo já preparado e alagado. A lâmina deve ser mantida no mínimo até 2 semanas antes da semeadura, evitando a germinação do arroz vermelho (ARBAGE; SOUZA, 2002).

No sistema pré-germinado, o terreno é nivelado, redistribuindo-se o solo de forma uniforme. Esse processo é conhecido por sistematização, objetivando ter um controle maior da água no solo, independente do sistema de irrigação. Essas operações, teoricamente, contribuem para uma maior produtividade, pois contam com vantagens como melhor drenagem superficial, menor compactação do solo, redução de erosão superficial, produção de microclima mais adequado, aproveitamento da água aumentado, mecanização mais eficaz, germinação, cultivo e colheita uniformes, produção com custos mais baixos e menor infestação de arroz vermelho e preto (ARBAGE; SOUZA, 2002).

3.3 Cultivo de arroz inundado

Dentre os diversos fatores que atuam na produtividade das culturas, a disponibilidade hídrica torna-se essencial, uma vez que a água é responsável por diversos processos no desenvolvimento vegetal, como por exemplo, transpiração e translocação de nutrientes. Para o cultivo de arroz, a necessidade hídrica é dependente da exigência da cultivar utilizada. De maneira geral, para o arroz cultivado em áreas de várzeas pelo sistema inundado, a demanda hídrica torna-se elevada. Ou seja, de acordo com Sosbai (2018), é requerida uma quantidade entre 6 e 12 mil mm de água por ciclo de cultivo, sendo um ciclo compreendido por um período de 80 a 100 dias de irrigação. Esta necessidade, além da exigência da cultivar, está ligada ao índice de precipitação, evapotranspiração e época de semeadura.

Para o arroz inundado no sistema pré-germinado, em que a inundação da área ocorre geralmente 20 dias antes da semeadura, com uma drenagem três dias após, com finalidade de permitir melhor desenvolvimento primário das plântulas, e posteriormente, de acordo com a demanda hídrica da fenologia da planta, esta água é inserida novamente no sistema. Entretanto,

neste sistema ocorrem algumas perdas relacionadas à quantidade de água aplicada, ou seja, a água pode ser perdida por evaporação, por percolação, pelas bordas das lavouras e, em menor grau, pelo transbordamento (MARCHEZAN *et al*., 2007).

Dentre o consumo de água para produção de arroz, cerca de 70% está relacionado com a taxa de evapotranspiração, a qual possui demanda atmosférica diária em torno de 6 e 7 mm. Contudo, esta demanda é dependente do sistema de arroz utilizado, uma vez que o sistema convencional demanda mais água do que os sistemas pré-germinado e plantio direto (GOMES et al., 2008). É importante ressaltar que, deste total de água utilizada pela evapotranspiração, cerca de 46% é provindo da precipitação, uma vez que, para o estado do RS, as precipitações anuais são de mais de 2000 mm, o que se torna suficiente para repor os mananciais de água utilizados na irrigação. Contudo, de acordo com o Atlas Climático do RS, na região da depressão central a precipitação é em torno de 1820 mm. Os maiores períodos chuvosos estão nos meses de maio, junho e setembro, enquanto que o período entre novembro e fevereiro é o mais seco, tornando-se preocupante a ocorrência da deficiência hídrica, sendo necessário maiores índices de irrigação, aumentando, portanto, os custos do processo produtivo (MAGALHÃES JÚNIOR *et al*., 2004).

Para o cultivo em inundação, a água deve ser captada dos locais de suprimento e levada até o local de cultivo. Esta atividade quando realizada de forma correta, garante minimização de custos, uma vez que a água pode ser distribuída por gravidade, porém, pode ocorrer da água chegar aos sulcos por sistema de bombeamento. Entretanto, em condições onde os locais provenientes de água são mais baixos que o local de cultivo, a utilização do sistema elétrico por bombas torna-se eficaz. Para a irrigação ocorrer de forma homogênea, deve-se ter um canal principal e canais secundários de distribuição de água, com sistemas de entradas e de drenagem de água próprios para cada quadro (PAZ et al., 2000).

Dentre os constituintes da produtividade do arroz inundado, cita-se a eficiência do uso da água, que é dependente das características edafoclimáticas, do sistema de irrigação e drenagem utilizado, bem como dos tratos operacionais. De maneira geral, quando todo o sistema de cultivo é adequado, a eficiência do volume de água aplicada pode ser entre 50 e 60%. Ou seja, considerando uma taxa de evapotranspiração diária de 7 mm por dia por hectare por um período de 100 dias, o consumo por hectare é em torno de 7.000 $m^3.ha^{-1}$. Para considerar uma eficiência de 60%, a aplicação total da lâmina de água deve ser de 12.000 $m^3.ha^{-1}$.

Para a inundação do sistema, a irrigação, como já mencionado, deve ocorrer antes do início da semeadura, a fim de garantir bom desenvolvimento das plântulas e diminuir a infestação das plantas daninhas. Conforme a planta se desenvolve, a lâmina de água aplicada deve ser em torno de 10 cm de altura até a drenagem final do ciclo produtivo, com início entre 10 e 15 dias após a semeadura. Contudo, a altura da lâmina de água deve ser realizada de acordo com o requerimento da área e a disponibilidade financeira do produtor, uma vez que lâminas maiores requerem um maior consumo de água. Contudo, reduzem as exigências de nivelamento de solo e menores cuidados são requeridos no controle de pragas e doenças (MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

Outra característica a ser observada em relação à lâmina de água está na fenologia da cultura, em que, no período vegetativo, é requerida uma menor lâmina, o que favorece desenvolvimento de perfilhamento, que será fator determinante no enraizamento e, consequentemente, na produção. No período reprodutivo, em condições de temperaturas mais baixas, a lâmina pode ser elevada até 15 cm, a fim de reduzir as perdas da lavoura (MAGALHÃES JÚNIOR *et al*., 2004).

3.4 Manejo da água para consumo eficiente

Torna-se fundamental nos cultivos agrícolas de maneira geral a busca por uma maior eficiência no uso da água, visto que pode ser um recurso limitante. Desta forma, para regiões em que o cultivo agrícola é desenvolvido basicamente por meio irrigado, esta preocupação deve ser ainda maior, com busca em estratégias que melhorem o sistema e consiga aumentar a produtividade, bem como consegue ser eficiente na proteção do solo e recursos hídricos.

O setor agrícola atualmente pode ser considerado como um dos que mais se preocupa com a manutenção dos recursos naturais, pois é estimado que agricultura consome em média 70% dos recursos hídricos disponíveis, sendo especificamente para o estado do Rio Grande do Sul, quando comparado somente no Brasil, o uso está em torno de 84%, principalmente pela produção do arroz inundado. Noronha (2008) indica que a produção de arroz neste sistema torna-se efetivo, pois em níveis de comparação, um hectare de arroz inundado é o equivalente a sete hectares no sistema de sequeiro.

O manejo de água no cultivo de arroz inundado deve ocorrer de forma correta, pois em estudos desenvolvidos por Pinto (2015) foi detectado em duas safras agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) que dentre os fatores que afetam a produtividade do arroz, entre 54 e 70% está relacionado com a disponibilidade hídrica, o que indica que a falta de água ou o manejo realizado de forma errada pode comprometer os resultados de produtividade.

Xavier at al. (2021) com o objetivo de avaliar a relação entre produtividade de grãos e os custos envolvidos na produção de arroz por inundação no estado do Rio Grande do Sul, com finalidade de determinar a faixa de produtividade que maximize os ganhos pelos produtores, realizou um experimento que envolveu oito produtores considerando os seguintes aspectos: preparo do solo, semeadura, fertilização com cobertura, controle de ervas daninhas, controle de pragas e doenças, manejo da água, colheita e trabalho, impostos, juros sobre financiamento e custo da terra. Para tanto, para avaliar os dados, utilizou-se o SimulArroz que é um método em que simula o crescimento, desenvolvimento e produtividade do arroz baseado nos tratos culturais que os produtores aderem em suas produtividades. Para tanto, a fim de estimar o potencial de rendimento (%), considerou-se o rendimento real (kg ha^{-1}) dividido pelo potencial de rendimento em (kg ha^{-1}).

Os resultados do estudo de Xavier et al. (2021) demonstraram que os maiores lucros obtidos ocorrem quando o arroz inundado atinge entre 69 e 83% do potencial de rendimento e que quanto mais próximo o rendimento alcançado estiver do potencial de rendimento maior será

o lucro da colheita para os agricultores. Afirmou-se também neste estudo que em média o lucro médio alcançado pelos produtores foi de R$ 966,00 por hectare devido a diversos fatores, entre eles a utilização da irrigação utilizada de forma natural, ou seja, pela gravidade, sem a necessidade da utilização de sistemas de bombeamento, que torna a atividade mais cara.

Hernandez et al. (1997) com o objetivo de avaliar o efeito de dois níveis de manejo de água, preparo de solo e aplicação de herbicidas no rendimento de grãos, consumo de água, eficiência no uso da água e nos componentes do arroz inundado, realizou em Santa Maria (RS) um ensaio considerando dois períodos de irrigação (15 e 30 dias após a emergência) em cultivo mínimo e em cultivo convencional. Os resultados demonstraram que quando comparado as datas de irrigação no sistema convencional, aos 15 dias proporcionou maiores aumentos produtivos, entretanto, na comparação entre sistemas de manejo aos 30 dias após emergência, quando utilizou-se o cultivo mínimo, houve incremento de 14,2% a mais no rendimento de grãos, além de aumentar o peso de mil grãos, quando comparado ao sistema convencional, indicando que o manejo do solo interferiu positivamente sobre a irrigação aplicada e que se ocorrer atraso no início da irrigação, é preferível adotar o sistema de semeadura direta, comparada ao convencional.

Como grande parte do cultivo do arroz no Rio Grande do Sul ocorre por meio do sistema de inundação, dependendo da necessidade hídrica, o consumo pode ultrapassar 1500 mm por ciclo. Desta forma, a inserção de novos manejos de irrigação para a cultura podem apresentar resultados satisfatórios, pois de acordo com Parfitt et al. (2017) nas mesmas condições de cultivo do arroz inundado no RS, quando se utiliza a irrigação por aspersão, por meio do pivô central, indicaram que houve redução da aplicação de água, que pode variar dependendo das condições climáticas, de 400 a 700 mm por ciclo vegetativo, indicando que há uma redução do uso da água pela irrigação, podendo favorecer os produtores. É relatado também que cultivares que foram desenvolvidas para serem utilizadas em sistema de irrigação por inundação, quando utilizadas no sistema de pivô, apresentaram respostas satisfatórias tanto quanto ao desenvolvimento da planta quanto à produtividade.

Ainda relacionado ao sistema de irrigação por aspersão no arroz, é de fundamental importância que seja programado e monitorado o momento de irrigar a cultura, principalmente porque nestas condições a facilidade das plantas atingirem o déficit hídrico é mais fácil. Assim pode ser utilizados variáveis climáticas para determinar o momento e quantidade de água a ser aplicada, como por exemplo, pela evapotranspiração real e potencial, sendo este último conhecido como coeficiente de cultura (Kc), que leva em consideração o solo saturado, entretanto, para a irrigação por aspersão este parâmetro não se torna efetivo, sendo necessário utilizar mecanismos relacionados ao solo.

Em relação aos mecanismos no solo, a forma mais fácil de se conseguir medir o momento de irrigar está na mensuração da umidade do solo, que varia de acordo com sua granulometria e composição química. Desta forma, para arroz cultivado nestas condições, o ideal, de acordo com Partif et al. (2017) é deixar o solo com até 10 kPa para evitar o alagamento, contudo, se o produtor preferir economizar água no período vegetativo da cultura, é indicado

restringir a água em até no máximo 30 kPa, pois valores acima podem interferir de modo negativo no desenvolvimento da planta.

Esta avaliação da umidade do solo pode ocorrer por meio de tensiômetros ou também por meio da utilização de sondas TDR (*Time Domain Reflectometry*), que utiliza a resistência elétrica para realizar as leituras, e seu uso pode ser restringido pela necessidade de uma uniformização da área, o que torna em condição de campo, uma condição quase impossível de ocorrer.

3.5 Utilização do Sistema MIRI como alternativa no cultivo de arroz inundado

Para os sistemas produtivos, de maneira geral, é indicado conseguir uma maior eficiência a fim de garantir uma melhor rentabilidade aos produtores. Desta forma, a economia na irrigação é uma característica fundamental para as áreas de arroz irrigado, que, em sua grande maioria no Sul do país, continuam a realizar a irrigação pelo método convencional, ou seja, com uma única entrada de água nos quadros para alimentar a irrigação desta área como um todo. Contudo, este sistema faz com que seja necessária muita água e, consequentemente, os custos de produção são elevados (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2021).

Uma forma de se reduzir os custos com a irrigação por inundação em arroz está na utilização do sistema de irrigação por múltiplas entradas, conhecido como sistema *Multiple Inlet Rice Irrigation* (MIRI). Este sistema basicamente consiste em um canal que distribui a água da maneira mais homogênea possível dentro do quadro. Ou seja, a água dentro de cada quadro é distribuída por uma mangueira que possui múltiplas entradas de água no canal, de modo que a vazão é uniforme em toda a mangueira e em todo o tabuleiro de arroz, conforme mostrado na Figura 2. Este sistema torna-se mais efetivo, pelo fato de que o tempo em que a água leva para alcançar as áreas mais distantes da entrada principal de água torna-se menor, aumentando, portanto, a eficiência da distribuição de água, e diminuindo, portanto, o volume de água utilizado na criação da lâmina de irrigação.

Figura 2 – Figura comparativa do sistema de irrigação convencional com o sistema MIRI para irrigação de tabuleiros. A esquerda o sistema convencional e a direita o sistema MIRI.
Fonte: Suárez e Sánchez-Romàn (2016).

A diferença entre o sistema convencional e o sistema MIRI está principalmente na distribuição de água, em que, no sistema convencional, para atingir zonas mais baixas do tabuleiro, é necessário um maior volume de água para manter a lâmina de água ideal nas partes mais baixas, o que aumenta o consumo da água, enquanto que, no sistema MIRI, este consumo é reduzido.

De acordo com a Figura 2, é possível observar a diferença entre os sistemas de distribuição de água, ou seja, no sistema convencional existe apenas uma saída de água e para conseguir realizar a inundação do tabuleiro todo demanda mais água, enquanto que no sistema de múltiplas entradas, existem vários canais de saída de água para o tabuleiro, o que garante maior uniformidade no momento da inundação e uma menor quantidade de água necessária, além de menor perda de água por outros meios (SUÁREZ E SÁNCHEZ-ROMÀN, 2016).

A eficiência do sistema MIRI tem sido comprovada e desenvolvida por alguns estudos. Um destes foi o experimento realizado por Suárez e Sánchez-Romàn (2016) com o objetivo de avaliar o consumo de água no sistema de irrigação com distribuição de múltipla entrada em arroz, comparando ao sistema de inundação convencional, detectaram que em comparação entre os dois sistemas, quando utilizado o sistema MIRI, houve uma aplicação de lâmina de água de 1754,8 mm, enquanto que no sistema convencional a entrada foi de 1920,4 mm, ou seja, um aumento de 165,6 mm por hectare, representando 8,62% a mais de água. Em relação a produtividade, não foi detectada diferença estatística entre os dois sistemas, indicando a eficiência da utilização na redução de água e na não diminuição da produtividade.

Além disso, Suárez e Sánchez-Romàn (2016) encontraram uma eficiência do uso da água de 3,71 e 4,11 kg ha^{-1} mm^{-1}, para o sistema convencional e MIRI, respectivamente, detectando diferença estatística, ou seja, indicando portanto que o sistema de múltiplas entradas possui uma maior eficiência no uso da água. Da mesma forma, Vories *et al.* (2005) também desenvolveram um experimento no estado de Arkansas, Estados Unidos da América, um ensaio a fim de detectar se havia diferença entre a lâmina de água aplicada entre o sistema convencional e o sistema MIRI. Os resultados obtidos indicaram que em relação a produtividade também não houve diferença entre os sistemas, uma vez que apresentou uma relação linear entre os métodos. Contudo, no quesito aplicação de água, notou-se que no sistema convencional foi aplicada uma lâmina de 930 mm enquanto que no sistema MIRI apenas 703 mm, com uma eficiência do uso da água de irrigação de 8,74 e 11,89 kg ha^{-1} mm^{-1}, respectivamente.

Os dados apresentados são de regiões distintas as encontradas no estado do Rio Grande do Sul, porém, pode tornar uma alternativa aos produtores, pois apresenta uma efetividade no sistema e no cultivo de arroz inundado, pois houve redução da quantidade de água utilizada, contudo, torna-se necessário estudos envolvendo a eficiência da implantação sobre a produtividade e sobre os custos envolvendo a implantação e funcionamento do sistema, bem como os cálculos de retorno financeiro aos produtores.

4. Conclusão

De acordo com os dados obtidos no presente estudo, conclui-se que é possível reduzir o uso da água na irrigação do arroz irrigado utilizando diferentes métodos, como por exemplo, os tensiômetros ou sondas TDR.

A utilização da irrigação por aspersão pode ser uma alternativa viável em relação a irrigação por inundação por apresentar uma eficiência de aplicação, porém, para usa implantação na cidade de Cachoeira do Sul, torna-se viável estudos de dados econômicos.

Conforme as pesquisas realizadas neste estudo é possível identificar que a implementação do sistema MIRI pode ser um opção para os produtores de Cachoeira do Sul/RS, pois sua utilização resulta em redução no consumo de água. Como aspecto limitante e necessário para estudos futuros está a análise comparativa de custo de implantação do sistema convencional e do MIRI, a fim de viabilizar sua implementação, via amortização de valores em relação a diminuição de custo operacional.

5. Referências

ARBAGE, A. P.; SOUZA, R. S. Análise de investimento do sistema de cultivo de arroz pré-germinado em relação ao cultivo convencional: um estudo de caso na depressão central do rio grande do sul. **REAd**, v. 8, n. 2, mar./abr., 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. de 1997.

BRUINSMA, J. The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? **FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050**, 24-26 June 2009.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Compêndio de estudos Conab.** Brasília: Conab, v. 11, 2017, 32 p.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. **Séries Históricas do Cultivo de Arroz Irrigado.** 2021.

EMBRAPA. **Socioeconomia**. Consumo per capita de arroz e feijão comum, no Brasil, de 1985 a 2019. Disponível em: https://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapitaarrozefeijao.htm#:~:text=Em%202019%2C%20o%20consumo%20m%C3%A9dio,15%2C2%20kg%2Fhab. Acesso em: 6 maio 2021.

GOMES, A. da S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; FERREIRA, L. H. G. **A água**: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p.

HERNANDEZ, M. G. R.; CARLESSO, R.; ROBAINA, A. D.; JADOSKI, S. O.; DOTTO, C. R. D. Water use ifficiency, water consumiption and rice yield componentes. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, 1997.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. **Produtividades Municipais – Safra 2019/2020.** Disponível em: < https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202007/23141617-produtividade-municipios-safra-19-20.pdf> Acesso em: 7 maio, 2021.

IRRI (International Rice Research Institute) Rice And Food Security. **International Rice Research Institute**. 2013. Disponível em: http://Irri.Org/Index.Php?Option=ComK2&View=Item&Layout=Item& Id=9081&Lang=En. Acesso em: Nov 2020.

LADWIG, N.I. *et al*. A cobrança do uso da água e o impacto no custo da produção do arroz irrigado na região sul do estado de Santa Catarina. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 31-44, 2017.

LOPES, M. A.; FALEIRO, F. G.; FERREIRA, M. E; LOPES, D. B.; VIVIAN, R.; BOITEUX, L. S. Contribuição da Embrapa na produção de novas cultivares de plantas e seu impacto na agricultura. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, [S.L.], v. 12, n.1, p. 31-46, dez. 2017.

MARCHEZAN, E. et al. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. Ciência Rural, v.37, n.1, Santa Maria, jan–fev, 2007.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; GOMES, A. de S.; SANTOS, A. B. **Sistema de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 270 p.

NORONHA, C. L. Com boa gestão, não faltará água. Tempo das Águas, Rio Grande do Sul, 13 p. 2006.

PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W.; CONCENÇO, G.; ANDRES, A. SILVA, J. T.; PINTO, M. A. B. **Soil and Water Management for Sprinkler Irrigated Rice in Southern Brazil**. Advances in International Rice Research, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315363888_Soil_and_Water_Management_for_Sprinkler_Irrigated_Rice_in_Southern_Brazil. Acesso em: 15 jun. 2021.

PAZ, Vital Pedro da Silva *et al*. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 465-473, dez. 2000.
PINTO, M.A.B. **Sprinkler irrigation in rice as function of soil water tension**. 2015. 68 p. Thesis (Doctorate in Agronomy), Federasl University of Pelotas, Pelotas. 2015.

SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). **Recomendações Técnicas da Pesquisa Para o Sul do Brasil.** Disponível em: https://irga.rs.gov.br/irga-disponibiliza-em-seu-site-novas-recomendacoes-tecnicas-da-sosbai. Acesso em: 20 maio 2021.

STONE, L. F. **Eficiência do Uso da Água na Cultura de Arroz Irrigado**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 48 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. **Métodos de Irrigação**. Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000foh49q3602wyiv8065610d5y5f5im.html. Acesso em: 13 maio 2021.

SUÁREZ, D. F. P.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Consumo de água em arroz irrigado por inundação em sistema de múltiplas entradas. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 78-95, 2016

VORIES, E. D; TACKER, P. L; HOGAN, R. Multiplet Inlet Approach to Reduce Water Requirements for Rice Production. **American Society Agricultural Engineers**. Missouri. v.21. n.4. p. 611-616, 2005.

XAVIER, A. I. S.; ARBAGE, A. P.; SILVA, M. R.; RIBAS, G. G.; MEUS, L. D.; SANTOS, G. A. S.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J. Economic and productive analysis of irrigated rice crops using a multicase study. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. 20-37, 2021.