


Balanço hídrico e uso de água em sistema coletivo de irrigação por inundação para a cultura do arroz

Water balance and water use in a collective flood irrigation system for rice cultivation

Álvaro José Back¹ 

¹Estação Experimental de Urussanga, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Urussanga, SC, Brasil. E-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

Como citar: Back, Á. J. (2023). Balanço hídrico e uso de água em sistema coletivo de irrigação por inundação para a cultura do arroz. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e7. <https://doi.org/10.21168/reg.v20e7>

RESUMO: A cultura do arroz irrigado tem grande importância econômica e social para a região Sul de Santa Catarina. O sistema de cultivo predominante é da irrigação contínua com plantio no sistema pré-germinado, que se caracteriza pelo elevado consumo de água. A Bacia hidrográfica do Rio Araranguá é caracterizada pelos conflitos de uso de água, agravada pela degradação dos recursos hídricos devido à mineração de carvão. Para a Gestão dos Recursos Hídricos é importante conhecer o consumo de água usada na irrigação. Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de água e realizar o balanço hídrico da área irrigada para cultivo do arroz pela Associação de Drenagem e Irrigação Santo Isidoro (ADISI). A área irrigada foi de 3036 ha, abrangendo 270 propriedades. Foram monitoradas as vazões de entrada e saída do sistema de irrigação para as safras de 2019/20, 2020/2021 e 2021/22. O consumo de água durante os meses de agosto a janeiro foi respectivamente de 7520, 8962 e 8048 m³ ha⁻¹ com média de 8254 m³ ha⁻¹. A vazão do sistema é limitada à 0,66 L s⁻¹ ha⁻¹, com vazão média no período de 0,58 L s⁻¹ ha⁻¹ e a eficiência de irrigação foi de 1,12 kg arroz para cada m³ de água usada na irrigação.

Palavras-chave: Irrigação; Rizicultura; Eficiência; Gestão.

ABSTRACT: The irrigated rice crop has great economic and social importance for the southern region of Santa Catarina. The predominant cultivation system is continuous irrigation with planting in the pre-germinated system, which is characterized by high water consumption. The Araranguá River Basin is characterized by water use conflicts, aggravated by the degradation of water resources due to coal mining. For the Management of Water Resources it is important to know the consumption of water used in irrigation. The objective of this work was to evaluate the water consumption and carry out the water balance of the area irrigated by the Santo Isidoro Drainage and Irrigation Association (ADISI). The irrigated area is 3036 ha, covering 270 properties. The input and output flows of the irrigation system for the 2019/20, 2020/2021 and 2021/22 harvests were monitored. Water consumption during the months of August to January was respectively 7520, 8962 and 8048 m³ ha⁻¹ with an average of 8254 m³ ha⁻¹. The system flow is limited to 0.66 L s⁻¹ ha⁻¹, with an average flow in the period of 0.58 L s⁻¹ ha⁻¹ and the irrigation efficiency was 1.12 kg of rice for each m³ of water used in irrigation.

Keywords: Irrigation; Rice Farming; Efficiency; Management.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado se destaca no Estado de Santa Catarina pela sua importância social e econômica, com cerca de 5.900 estabelecimentos agropecuários produtores localizados em 93 municípios, os quais têm nessa atividade sua principal fonte de renda (Andrade et al., 2021). Oliveira et al. (2016) descrevem a trajetória da rizicultura e sua importância econômica no Sul de Santa Catarina. Os autores destacam o considerável aumento de produção e produtividade, com redução do trabalho humano. A atividade da rizicultura é a principal economia de muitos municípios, sendo responsável pelo surgimento de dezenas de indústrias de beneficiamento localizadas no Sul do Estado. Por outro lado, os autores ressaltam contradições nesse processo como o esvaziamento da população rural, a dependência de tecnologias e degradação ambiental.

No Estado de Santa Catarina predomina o sistema de plantio do arroz pré-germinado, em quadras sistematizadas que ficam inundadas deste o preparo do solo até a fase final de cultivo. Esse sistema de

Recebido: Dezembro 14, 2022. Revisado: Março 28, 2023. Aceito: Abril 03, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a [licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

cultivo iniciado no final da década de 70 teve grande expansão de área na década de 80, permitiu melhor controle de plantas daninhas, e especialmente, o problema do arroz daninho resultou em ganhos em produtividade de entorno de 300% (Oliveira & Vale, 2022) e levou a ampliação das áreas de cultivo e aumento de uso da água.

A Bacia hidrográfica do Rio Araranguá é considerada como uma das mais importantes bacias de drenagem do litoral Sul Catarinense (Dantas et al., 2005), em que na parte norte, destaca-se a atividade industrial e na parte sul a agricultura é a principal atividade, com destaque a cultura do arroz irrigado (Scheibe et al., 2010). Grande parte dos recursos hídricos desta bacia tem a qualidade da água comprometida pela mineração de carvão (Cardoso et al., 2022). Embora se trate de uma região com elevada pluviosidade, observa-se situações conflitantes no tocante ao tema disponibilidade hídrica versus qualidade. Conflito que se evidencia quando os índices de precipitação registrados ficam abaixo da média anual ou quando a degradação ambiental se evidencia, fatores que aceleram a pressão pela cobrança do uso da água (Ladwig et al., 2017). Existem também conflitos nos períodos de estiagem entre agricultores cujas terras estão mais próximas ou mais distantes das áreas de suprimento (Profill Engenharia e Ambiente Ltda, 2015). Haverroth & Pereira (2022) destacam que devido ao volume significativo de água usada na irrigação, a cultura do arroz é observada com maior ênfase pela população que em conjunto como o Ministério Público, passa a cobrar maior efetividade no cumprimento das legislações vigentes. Dentre as legislações, destaca-se a regulamentação do uso da água e outorga de água e o licenciamento ambiental, que requerem dados de consumo de água pela cultura do arroz irrigado nas condições de solo e clima local.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2023) a microrregião geográfica Araranguá, onde estão inseridos os municípios que fazem parte da bacia do Rio Araranguá, na safra de 2021/22 respondeu por 40,2% da produção de arroz no Estado de Santa Catarina, caracterizando como a microrregião de maior produção do estado e área planta de 58.848 ha. Estudos realizados de prognóstico de uso da água e da disponibilidade de recursos hídricos colocam a região em estudo como déficits hídricos altos. Ainda segundo Profill Engenharia e Ambiente Ltda (2015), essas áreas necessitarão de intervenção para que exista a compatibilização entre a demanda de água e a disponibilidade hídrica existente, permitindo assim que medidas de melhorias e controle possam ser implantadas, conforme a necessidade de cada setor e de acordo com as unidades de gestão da bacia hidrográfica. Considerando os grandes volumes demandados pelo setor de irrigação e pelo fato das atividades serem mais significativas, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá aponta para a necessidade de buscar meios que permitam que estas atividades econômicas sejam realizadas com maior segurança e viabilidade hídrica.

Na literatura existe informação variada sobre o consumo de água e necessidade e irrigação para a cultura do arroz irrigado. No sistema de plantio com sementes pré-germinadas, mais comum em Santa Catarina, o período de irrigação é maior, iniciando-se no preparo do solo. Apesar disso, em geral ocorre menor consumo de água (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2014). Existem vários trabalhos sobre o consumo de água em lavouras de arroz citando valores de ordem de $2,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ até valores inferiores a $1,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. Os dados existentes na literatura sobre consumo de água em lavouras de arroz apresentam grande variação de valores, e geralmente são obtidos de pesquisas em parcelas experimentais. Neste consumo de água estão incluídos os valores perdidos por percolação lateral e drenagem. No entanto, parte da água perdida ou drenada de uma quadra ou propriedade é aproveitada pela propriedade à jusante, e dessa forma quando o consumo de água é avaliado em áreas maiores, os valores obtidos de consumo são menores.

O conhecimento da eficiência e do volume de água consumido exige o monitoramento dos volumes de água usados na irrigação. Nas lavouras de arroz de Santa Catarina, assim como no Rio Grande do Sul, salvo alguns casos, a irrigação é realizada baseada somente na disponibilidade de água, não havendo avaliação da eficiência do sistema de irrigação, nem medidas dos volumes gastos na irrigação. Na grande maioria das propriedades não existe sistema de medição da irrigação, como calhas ou dispositivos automáticos para a medição.

Em grande parte da área cultivada com a cultura do arroz na bacia hidrográfica do Rio Araranguá a irrigação é administrada por sistemas coletivos de irrigação e drenagem, geralmente em forma de Associações formalmente organizadas (Back & Lucietti, 2022). Estas Associações fazem a manutenção dos canais de irrigação, controlam o volume de água e administram os conflitos em épocas de estiagens. No entanto a maioria delas não tem nenhuma estrutura de monitoramento da vazão, o que dificulta a gestão e discussão com outros usuários.

A adoção de medidas de eficiência da irrigação exige o conhecimento dos volumes de água consumidos e das principais perdas existentes no sistema. A implantação de sistema de monitoramento

de vazão em algumas destas Associações apresenta potencial para difusão e adoção da tecnologia, contribuindo para a Gestão de Recursos Hídricos e do uso mais eficiente da água de irrigação. Essa gestão dos recursos hídricos deve ser priorizada visando à sustentabilidade, independentemente da quantidade da água disponível em determinada região.

Em regiões onde há escassez de água, gerando conflitos entre os usuários, é ainda mais importante a implementações de ações que visem a gestão dos recursos hídricos. Back & Lucietti (2022) destacam a falta de informações sobre uso e eficiência de irrigação da cultura do arroz para as condições de clima, solo e manejo adotado em Santa Catarina, ressaltando que para a gestão eficiente dos recursos hídricos é necessário conhecer o volume de água pretendido pelos diferentes usuários. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo monitorar o uso da água para irrigação em um sistema coletivo de irrigação usada para o cultivo do arroz irrigado para levantar informações sobre o consumo e eficiência de uso a água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Associação de Drenagem e Irrigação Santo Isidoro (ADISI), localizada nos municípios de Nova Veneza e Forquilha, Sul da Santa Catarina (Figura 1). Esta Associação administra um sistema de irrigação que abrange uma área de 4250 ha, dos quais 3036 ha são cultivados com a cultura do arroz irrigado em 270 propriedades.

Na ADISI predomina o uso do sistema de cultivo pré-germinado, em que área é sistematizada e ocorre a inundação e preparo do solo antes da sementeira, que é realizada com sementes pré-germinadas nas quadras com lâminas de aproximadamente 5 cm de água. A inundação ocorre de 25 a 30 dias antes da data programada para a sementeira (Oliveira & Vale, 2022).

O sistema de irrigação é formado por um canal de adução subterrâneo com 1,2 m de diâmetro, que faz a derivação da água do Rio São Bento. Toda água é derivada por gravidade e na entrada do canal existe uma comporta que permite regular a vazão. No início da área de cultivo existe uma calha Parshall construída em alvenaria ($W = 1,2$ m), a partir do qual partem os canais de irrigação e drenagem distribuindo a água para as lavouras. Os canais de irrigação são de terra e não existe medição de irrigação individualizada para cada propriedade. Existem canais auxiliares que recolhem a água usada nas propriedades retornando aos canais de irrigação.

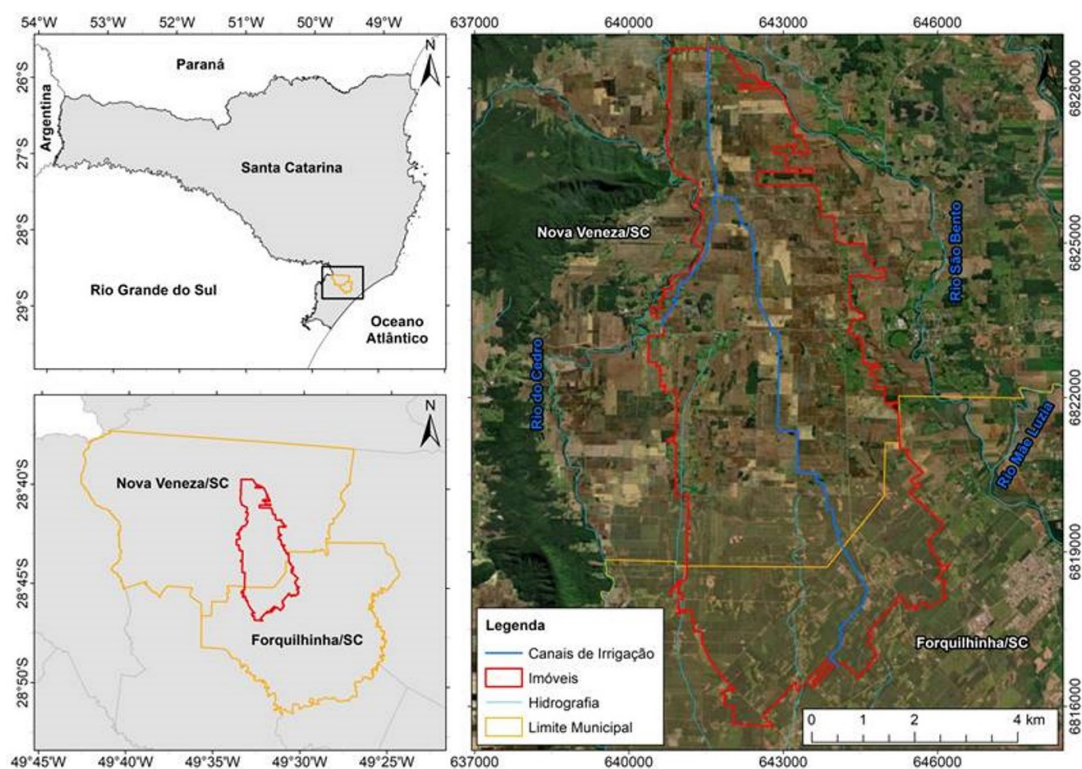


Figura 1. Localização da área de estudo.

Sistema de Monitoramento

O monitoramento consistiu em três estações hidrométricas para monitorar a entrada de água e as saídas de água no sistema de irrigação. A vazão de entrada foi monitorada com a calha Parshall (Figura 2) dotadas de sensores de nível do tipo *levelogger* e também régua linimétrica. Nos dois canais que drenam as saídas foram instaladas calhas do tipo CTR (Back, 2015) (Figura 3), também com régua linimétrica e sensores de nível. Ainda foi colocado um sensor de pressão do tipo *barologger* para monitoramento da pressão atmosférica e correção dos níveis registrados nos sensores de nível. Os sensores foram programados para realizar a leitura com intervalo horário durante todo o período de irrigação, que se estendeu de 01 de agosto a 31 de janeiro para cada ano de safra. Foram realizadas ainda medições de vazão com molinete hidrométrico para aferição das vazões medidas nas calhas e ajuste da relação cota x vazão.

A precipitação pluviométrica foi monitorada com a instalação de um pluviômetro localizado dentro da área da ADISI. A evapotranspiração foi monitorada com um Tanque Classe A da estação meteorológica da Barragem do Rio São Bento, que se localiza 6 km do início da área da ADISI.

O monitoramento foi realizado por três safras consecutivas 2019/20, 2020/21 e 2021/22, durante os meses de agosto a janeiro, que é o período em que ocorre o preparo do solo e cultivo com irrigação. A partir de fevereiro a irrigação é suspensa e inicia a drenagem das quadras para a colheita.



Figura 2. Calha Parshall para monitoramento da vazão de entrada na irrigação

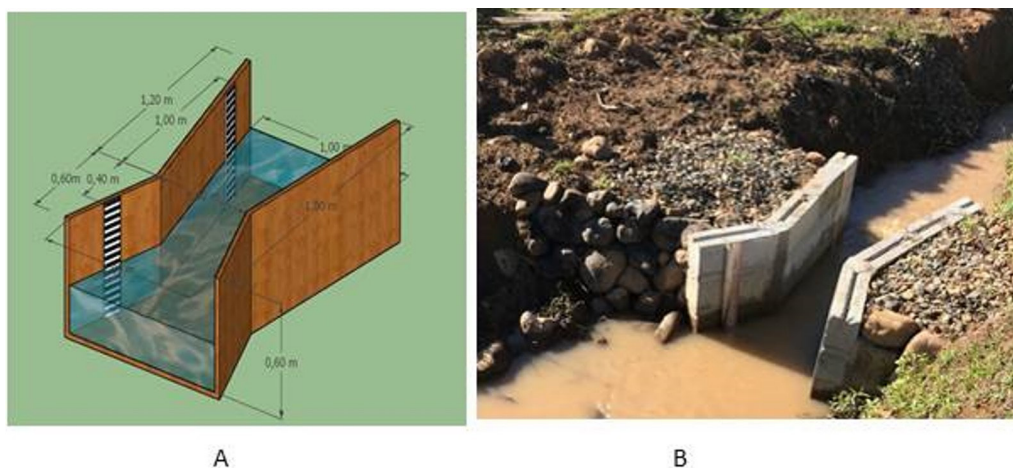


Figura 3. Modelo de calha CTR (A) e calha construída em blocos de concreto (B)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 consta o resumo das principais variáveis climáticas monitoradas durante o período de irrigação. A precipitação total nas três safras foi respectivamente 852,0 mm; 986,0 mm e 757,0 mm, com desvios de -6,2; 8,6 e -16,6% em relação à precipitação média normal para Nova Veneza durante os meses de agosto a janeiro, que é de 908,2 mm (Back, 2020). De acordo com Back (2020), a precipitação com 20% de probabilidade para os meses de agosto a janeiro é de respectivamente 43,0; 74,4; 85,2 80,4; 91,1 e 121,0 mm, onde se verificou que somente quatro dos dezoito meses monitorados tiveram precipitação abaixo da esperada com 20% de probabilidade. Dos 181 dias monitorados, observa-se nos três anos que em média 51 dias tiveram precipitação acima de 2,0 mm. Ainda, pode-se constatar que a maioria dos meses a precipitação foi superior à evaporação do tanque classe A (ECA).

Tabela 1. Resumo dos dados climatológicos durante o período de irrigação.

Mês/Ano	Temperatura do ar (°C)			Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)	Dia de chuva >. 2,0mm	Evaporação ECA (mm)
	Média	Máxima	Mínima				
Safr 2019/2020							
Agosto/19	16,3	23,2	11,3	81,3	32 ^a	3	*
Setembro/19	17,6	23,2	13,8	84,2	39 ^a	5	*
Outubro/19	20,6	26,3	16,8	87,4	243	16	*
Novembro/19	21,4	26,9	17,3	86,4	144	7	95,8
Dezembro/19	23,6	30,2	18,4	82,0	91	6	160,3
Janeiro/20	23,6	29,3	19,9	88,1	303	14	109,8
Total	20,5	26,5	16,2	84,9	852,0	51,0	*
Safr 2020/2021							
Agosto/20	16,4	23,1	11,6	83,2	77	5	91,6
Setembro/20	17,5	22,7	13,9	87,4	143	6	76,3
Outubro/20	19,9	25,4	15,9	78,6	75 ^a	4	131,9
Novembro/20	20,6	25,8	16,9	84,9	139	8	126,9
Dezembro/20	22,5	28,1	19,0	88,0	239	13	141,1
Janeiro/21	23,5	28,8	20,2	89,1	313	15	108,1
Total	20,1	25,7	16,3	85,2	986,0	51,0	675,8
Safr 2021/22							
Agosto/21	17,0	22,6	13,2	85,3	39 ^a	5	86,5
Setembro/21	18,6	23,6	15,2	86,1	213	12	104,2
Outubro/21	18,7	23,3	15,3	85,7	111	9	98,4
Novembro/21	20,8	26,4	17,1	85,5	114	8	125,3
Dezembro/21	21,8	26,7	18,3	87,3	109	7	127,3
Janeiro/22	24,6	30,5	20,3	69,3	171	11	119,9
Total	20,3	25,5	16,6	83,2	757,0	52,0	661,5

^a Precipitação inferior a precipitação esperada com 20% de probabilidade

O período de plantio da cultura do arroz irrigado recomendado para a região do Litoral Sul de Santa Catarina é de a 01 de setembro a 30 de novembro (Pandolfo et al., 2022). Na Tabela 2 consta a distribuição das áreas plantadas para cada safra. Observa-se que os agricultores antecipam o plantio, concentrando nos meses de agosto e setembro. Embora fora do período recomendado, a antecipação do plantio em agosto é justificada em parte pelo fato dos agricultores aproveitarem a ocorrência das chuvas de julho e agosto para inundar as quadras e fazer o preparo do solo. Oliveira & Vale (2022) destacam que uma das vantagens do sistema pré-germinado é o aproveitamento do volume precipitado na primavera para a inundação reduzindo a necessidade de bombeamento de água dos mananciais. Outra justificativa é o histórico de maior frequência de déficit hídrico nos meses de novembro e dezembro. Na ADISI toda a captação é realizada por gravidade, não tendo custos com bombeamento, mas mesmo assim os produtores antecipam o plantio, principalmente nos anos que ocorrem chuvas mais abundantes no inverno.

Tabela 2. Área de plantio (%) do arroz irrigado na ADISI.

Mês	Safr		
	2019/20	2020/21	2021/22
Agosto	25,3	47,5	47,0
Setembro	60,8	48,9	47,6
Outubro	13,9	3,6	5,4

Na Tabela 3 constam os resumos anuais do balanço hídrico da irrigação da ADISI onde constatou-se que o volume de irrigação durante os 181 dias de monitoramento variou de 26,08 hm³ a 27,245 hm³. Subtraindo os volumes das saídas, obteve-se o volume consumido nas três safras, respectivamente de 23,57 hm³, 27,245 hm³ e 24,47 hm³, correspondendo aos volumes de 7752 m³ ha⁻¹, 8962 m³ ha⁻¹ e 8048 m³ ha⁻¹, com média de 8254 m³ ha⁻¹.

A vazão de entrada é limitada pela capacidade do canal de adução em 2000 L s⁻¹, e para a área de 3036 ha corresponde a vazão de 0,66 L s⁻¹ ha⁻¹. Durante as três safras monitoradas, obteve-se a vazão média mensal variando de 0,45 a 0,65 L s⁻¹ ha⁻¹. Essa variação deve-se ao gerenciamento adotado na ADISI, com o fechamento da comporta de adução e redução da vazão nos períodos com chuvas excessivas. Também contribui para os valores de vazão relativamente baixos a distribuição do plantio durante os meses de agosto a outubro. Back & Lucietti (2022) destacam que para as condições de Santa Catarina a precipitação pluvial é um dos principais componentes relacionados ao suprimento de água, contribuindo com cerca de 40% da demanda pela cultura.

Tabela 3. Resumo do balanço hídrico do sistema de irrigação da ADISI.

Mês	Volume (hm ³)		Consumo		Vazão (L/s/ha)		
	Entrada	Saídas	Consumo	m ³ /ha	Entrada	Saídas	Consumo
Safr 2019/20							
Agosto	4,27	0,35	3,93	1291	0,52	0,04	0,48
Setembro	4,43	0,52	3,91	1285	0,56	0,07	0,50
Outubro	3,65	0,56	3,09	1016	0,45	0,07	0,38
Novembro	4,02	0,88	3,14	1033	0,51	0,11	0,40
Dezembro	4,97	0,11	4,86	1599	0,61	0,01	0,60
Janeiro	4,75	0,11	4,64	1528	0,58	0,01	0,57
Total	26,08	2,51	23,57	7752	0,54	0,05	0,49
Safr 2020/21							
Agosto	4,025	0,361	4,025	1324	0,49	0,04	0,49
Setembro	4,44	1,044	4,44	1461	0,56	0,13	0,56
Outubro	5,146	0,336	5,146	1693	0,63	0,04	0,63
Novembro	4,516	0,388	4,516	1486	0,57	0,05	0,57
Dezembro	4,615	1,056	4,615	1518	0,57	0,13	0,57
Janeiro	4,503	1,026	4,503	1481	0,55	0,13	0,55
Total	27,245	4,211	27,245	8962	0,56	0,09	0,56
Safr 2021/22							
Agosto	4,248	0,213	4,035	1327	0,52	0,03	0,50
Setembro	3,633	0,763	2,87	944	0,46	0,10	0,36
Outubro	4,42	0,869	3,551	1168	0,54	0,11	0,44
Novembro	5	0,246	4,754	1564	0,63	0,03	0,60
Dezembro	5,282	0,386	4,896	1611	0,65	0,05	0,60
Janeiro	5,056	0,696	4,36	1434	0,62	0,09	0,54
Total	27,639	3,173	24,476	8048	0,572	0,066	0,51

Na literatura existem valores discrepantes sobre a vazão necessária para o cultivo do arroz irrigado. Essa discrepância deve-se a vários fatores, como tipo de irrigação, tipo de solo, clima da região. Segundo Instituto Riograndese do Arroz (2001), no Rio Grande do Sul, no sistema de tabuleiros em contorno, para suprir a necessidade de água durante o período médio de irrigação de 80 a 100 dias para os sistemas de cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto é recomendada a utilização de vazões contínuas de 1,5 a 2,0 L s⁻¹ ha⁻¹. Corrêa et al. (1997) estimaram o consumo de água por meio do balanço hídrico, não estando contempladas as perdas na condução da água nos canais nem a saída contínua para o dreno,

ou seja, foi considerada a irrigação com lâmina de água estática. Nessas condições, o consumo de água variou de 1,15 a 1,76 L s⁻¹ ha⁻¹, ou de 0,77 a 1,02 L s⁻¹ ha⁻¹. De acordo com Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (2018), o sistema tradicional de irrigação apresenta elevada exigência hídrica podendo variar de 6000 a 12000 m³ ha⁻¹, por um período médio de irrigação de 80 a 100 dias, dependendo do cultivar utilizado. Da mesma forma, a demanda hídrica é maior em anos com temperaturas elevadas e umidade relativa do ar baixa ou com baixa precipitação. Para realizar o Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá Profill Engenharia e Ambiente Ltda (2015) destaca que Conforme informações obtidas na reunião com membros da Epagri e Comitê Araranguá, o cultivo do arroz na bacia utiliza o sistema pré-germinado tendo como taxa anual de demanda por hectare aproximada de 7.500 a 8.000 m³ ha⁻¹, sendo a vazão média utilizada variando de 1,0 a 2,0 L s⁻¹. Desta forma, para o cálculo das demandas de água para irrigação de arroz na bacia do rio Araranguá utilizou-se a taxa de 8.000 m³ ha⁻¹ e a vazão de 1,0 L s⁻¹. Para o distrito da irrigação do arroio do Duro, no município de Camaquã-RS, com aproximadamente 45782 hectares de arroz irrigado, o uso da água por hectare é de aproximadamente 12.00 m³ (Porciúncula et al., 2019). Marcolin et al. (2011) determinaram o uso da água de quatro lavouras de arroz, em duas safras agrícolas, conduzidas no sistema pré-germinado, o qual variou de 9.300 e 11.200 m³ ha⁻¹. Petrini et al. (2013), em experimentos realizados em Pelotas e Bagé, determinaram uso de 9.489 e 12.127 m³ há⁻¹ de água, respectivamente, durante o ciclo de cultivo do arroz, sem considerarem as chuvas que ocorreram durante a condução do experimento.

No caso da ADISI, a vazão máxima limitada pela capacidade do canal de adução, determinou a necessidade e aumentar a eficiência da irrigação e redução das perdas. Nesse sentido, foram investidos recursos na construção de canais de drenagem evitando as perdas laterais e condução para reaproveitamento da água para as quadras à jusante. Nos três anos de monitoramento ocorreram alguns períodos de estiagens em que a vazão de entrada não atendeu toda a demanda da área irrigada (Tabela 4). Na safra 2019/20 ocorreram três períodos em que a vazão não atendeu a demanda, com consequente falta de água para atender parte dos agricultores, com duração máxima de sete dias. O maior déficit ocorreu no início de outubro, quando 800 ha (26,3% da área) ficaram com falta de água por seis dias. Observa-se que nesse período ocorreu uma estiagem mais prolongada e os meses de agosto e setembro também tiveram chuva abaixo da esperada com 20% de probabilidade. No entanto, ainda no mês de outubro ocorreram alguns dias com grande volume de precipitação, suprimindo as demandas e até gerando excessos. Para diminuir os problemas alguns produtores situados mais próximos à entrada de água drenam parte da água para que os produtores que estão situados na parte final da área possam captar água para suas lavouras. Esta prática requer a conscientização e também é viabilizada pelo fato de vazão de 2000 L s⁻¹ estar relativamente garantida pela Barragem do Rio São Bento. Deve-se destacar que essa falta de água não necessariamente implica em déficit hídrico para a planta, no entanto, a falta de água mais prolongada pode causar problemas de manejo, uma vez que na ausência da lâmina de água pode trazer problemas com o surgimento de plantas daninhas, que competem com a cultura do arroz por luz, água e nutrientes, constituindo-se em um dos principais fatores limitantes da produtividade nas lavouras de arroz irrigado do Brasil (Agostinetto et al., 2007). A cultura do arroz irrigado tolera pequenos períodos de déficit hídrico. Existem vários trabalhos que mostram que a irrigação intermitente permite economia de água sem reduzir a produtividade (Petrini et al., 2013; Parfitt et al., 2018). No entanto, a ausência da lâmina de água possibilita o surgimento de plantas daninhas que podem causar prejuízos pela redução na produção ou pela necessidade de aplicação de herbicidas.

Na região sul de Santa Catarina a contribuição da chuva é importante para a redução da necessidade de irrigação. Rosso & Back (2008), simulando o balanço hídrico em lavoura de irrigação por inundação nas condições climáticas do Sul de Santa Catarina observaram que a precipitação efetiva atende em média, de 51% a 33% da demanda, sendo o restante fornecido pela irrigação. Os maiores valores de irrigação ocorrem na fase de preparo do solo com vazões variando de 1,0 a 1,2 L.s⁻¹ha⁻¹, conforme a taxa de percolação. Para o período de 160 dias as vazões médias ficaram entre 0,44 e 1,0 L.s⁻¹ha⁻¹. Parfitt et al. (2018) destacam que o sistema de irrigação por inundação contínua, como é praticado atualmente no Sul do Brasil, não permite o aproveitamento direto da água das chuvas no cultivo de arroz, embora durante o período de irrigação a precipitação pluvial nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul seja, em média, de 46% da água evapotranspirada pelo arroz (Mota et al., 1990). Parfitt et al. (2018) ressaltam que novos sistemas de manejo da água para o arroz devem ser desenvolvidos e validados, visando o melhor aproveitamento das chuvas e, preferencialmente, evitando impactos negativos à produtividade das lavouras orizícolas.

No caso da ADISI a precipitação média supera a evaporação do tanque classe A, e tem contribuição importante para a redução das demandas, de tal forma que somente ocorrem registros de falta de água nas estiagens mais prolongadas. Destaca-se ainda que 71% da área interna da ADISI é usada como rizicultura, e os escoamento superficial das chuvas nos demais 29% da área contribui para o sistema de irrigação.

A eficiência de uso da água se refere à quantidade de água que realmente é utilizada na produção agrícola. No entanto, parte da água usada na irrigação se perde no sistema por percolação, escoamento superficial ou por fluxo lateral. Segundo Stone (2005), parte das perdas pode ser evitado com manejo adequado, porém não eliminado ao todo, além de que, deverá ser considerada também a água utilizada anterior à sementeira, no preparo do solo, na saturação do solo e na formação da lâmina inicial. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2005), a eficiência da irrigação por submersão é em torno de 50 e 60%, dependendo de fatores ligados ao solo, ao sistema de irrigação e de como foram construídos, os drenos, os canais, as taipas e da própria operação do sistema. A Agência Nacional de Águas (2013) produziu o manual de procedimento técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos, onde considera uma eficiência de 60% para irrigação no sistema de inundação, sistema utilizado na produção de arroz no sul do Brasil.

A eficiência da irrigação pode ser avaliada pela quantidade de água usada para a produção de 1 kg do produto. Esta eficiência é expressa pela relação entre a produtividade e o volume de água utilizado, mostrando a conversão do insumo água em produção de grão (Macedo & Menezes, 2004). Dessa forma, pode-se aumentar a eficiência com a redução da quantidade de água usada na irrigação e também com o aumento da produtividade. Neste sentido, Agência Nacional de Águas (2009) destaca que nas últimas décadas houve grande aumento na eficiência de uso da água., uma vez que e na década de 1970, eram necessários 15.000 m³ ha⁻¹ de arroz irrigado e produtividade de 4.000 kg ha⁻¹, no fim da década de 1990 eram necessários 12.000 m³ ha⁻¹ para produzir 5.000 kg ha⁻¹, e atualmente é possível produzir acima de 7.000 kg com volume próximo de 8.000 m³ ha⁻¹.

Para as três safras analisadas a produtividade de arroz na ADISI foi respectivamente de 9245 kg ha⁻¹, 9325 kg ha⁻¹, e 9185 kg ha⁻¹, com média de 9252 kg ha⁻¹, correspondendo a eficiência de usos da água de 1,12 kg de arroz por m³ de água usada na irrigação. Borin et al. (2015) avaliaram diferentes manejos da irrigação pro inundação obtendo a quantidade de água utilizada foi em média de 9094 m³ ha⁻¹, com eficiência de uso da água de 1,1 kg de arroz por m³ de água, e concluíram que o manejo da irrigação na cultura do arroz irrigado, realizando a supressão da irrigação ou mantendo-a contínua, em anos com precipitações pluviométricas uniformes, não afeta a resposta da planta e utiliza o mesmo volume de água de irrigação. Sánchez et al. (2016) avaliaram diferentes sistema de manje de irrigação em Cuba e citam rendimento de 0,56 kg por m³ de água para o arroz cultivado por inundação em que a produtividade era de 4090 kg ha⁻¹. Gomes et al. (2022) destacam que a produtividade do arroz irrigado situa-se na faixa de 1,1 kg de grão por metro cubico de água e pode atingir até 1,6 kg m⁻³, o que é comparável com outros cereais. Os autores afirmam que a baixa eficiência do uso da água pela cultura do arroz irrigado decore as perdas de água além dos volumes de evapotranspiração.

Embora os valores de eficiência sejam maiores que obtidos em outros estudos no Brasil, ainda é possível aumentar a eficiência adotando práticas recomendadas visando a sustentabilidade ambiental e econômica da rizicultura (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2014; Instituto Riograndese do Arroz, 2011; Vale & Hickel, 2022). A contribuição das chuvas para o atendimento da demanda se mostrou muito importante e fundamental para o atendimento do todo área irrigada com a vazão de 0,56 L⁻¹ ha⁻¹. Destaca-se que o uso de taipas mais altas e mais reforçadas possibilitam aumentar a eficiência de uso da água da chuva. O escalonamento do plantio dentro da época de plantio recomendada para a região contribui para aumentar a eficiência do sistema, uma vez que as águas drenadas por um produtor pode ser utilizada na irrigação das áreas a jusante. Percebeu-se que houve uma antecipação das datas de plantio, embora concentrando nos meses de agosto e setembro. A eficiência da irrigação também poderia ser aumentada com um sistema mais ágil de abertura e fechamento das comporta, permitindo a redução da vazão de entrada. No entanto, deve-se destacar que o excesso de água desta Associação é utilizado por produtores que estão à jusante, ocorrendo inclusive certa pressão para que a Associação deixe fluir a água pelos seus canais para ser aproveitada por estes produtores.

Tabela 4. Área e dias de ocorrências de déficit de água na ADISI.

Mês	Safras					
	2019/20		2020-21		2021/22	
	Área (ha)	Dias	Área (ha)	Dias	Área (ha)	dias
Agosto	0	0	0	0	0	0
Setembro	120	5	0	0	0	0
Outubro	800	6	180	5	120	5
Novembro	270	7	0	0	280	3
Dezembro	0	0	0	0	0	0
Janeiro	0	0	0	0	0	0

CONCLUSÕES

O consumo de água na Associação de Drenagem e Irrigação Santo Isidoro durante três safras apresentou volume médio de 8254 m³ ha⁻¹. A precipitação tem contribuição importante para atendimento da demanda da água. A vazão média de irrigação foi de 0,58 L s⁻¹ ha⁻¹ e a eficiência de irrigação foi de 1,12 kg arroz para cada m³ de água usada na irrigação. Embora a ADISI tenha investido recursos consideráveis visando aumentar a eficiência do sistema de irrigação, ainda é possível aumentar a eficiência visando a produção sustentável de arroz irrigado. Os resultados obtidos neste estudo podem servir de referências para a Gestão de Água na Região Sul de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas. (2009). *Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul: produção mais limpa*. Brasília: ANA/Instituto Rio Grandense de Arroz.
- Agência Nacional de Águas. (2013). *Manual de procedimento técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas*. Brasília: ANA.
- Agostinetti, D., Galon, L., Moraes, P. V. D., Tironi, S. P., Dal Magro, T., & Vignolo, G. K. (2007). Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* Spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza Sativa*) em função da época de irrigação. *Planta Daninha*, 25(4), 689-696.
- Andrade, A., Marschalek, R., & Noldin, J. A. (2021). Breve retrospectiva da orizicultura catarinense. *Agropecuária Catarinense*, 34(1), 5-6.
- Back, Á. J. (2015). *Hidráulica e hidrometria aplicada (com programa Hidrom para cálculo)*. Florianópolis: Epagri.
- Back, Á. J. (2020). *Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses (com programa HidroClimaSC)*. Florianópolis: Epagri.
- Back, Á. K., & Lucietti, D. (2022). Manejo da água em arroz irrigado. In M. L. C. Vale & E. R. Hickel (Eds.), *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina* (pp. 50-54). Florianópolis: Epagri.
- Borin, J. B. M., Martins, A. P., Carmina, F. C., Anghinoni, I., & Jaeger, I. (2015). Resposta do arroz irrigado e eficiência de uso da água afetados por diferentes manejos da irrigação por alagamento/inundação. In 35^o Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (pp. 1-4). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Cardoso, A. L. T., Fan, F. M., Frasen, M., Simão, G., & Troian, G. C. (2022). Recursos hídricos superficiais da região sul de Santa Catarina – background geoquímico da região afetada pela mineração de carvão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 27, e41. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.272220220084>.
- Corrêa, N. I., Caicedo, N. L., Feddes, R. A., Louzada, J. A. S., & Beltrame, L. F. S. (1997). Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. *Lavoura Arrozreira*, 50(432), 3-8.
- Dantas, M. E., Goulart, D. R., Jaques, P. D., Almeida, I. S., & Krebs, A. S. J. (2005). *Geomorfologia aplicada à gestão integrada de bacias de drenagem: bacia do rio Araranguá (SC), Zona Carbonífera Sul-Catarinense*. João Pessoa: CPRM.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. (2005). *Sistema de cultivo do arroz irrigado no Brasil*. Pelotas: Embrapa de Clima Temperado. Sistema de produção n^o 3.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. (2023). *Boletim agropecuário n^o 118*. Florianópolis: Epagri.
- Gomes, A. S., Petrini, J. A., & Scivittaro, W. B. (2022). *Irrigação e drenagem. Cultivo de arroz*. Brasília: Portal Embrapa.
- Haverroth, H. S., & Pereira, M. L. T. (2022). Aspectos legais para o cultivo do arroz irrigado. In M. L. C. Vale & E. R. Hickel (Eds.), *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina* (pp. 23-26). Florianópolis: Epagri.
- Instituto Riograndense do Arroz – IRGA. (2001). *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Porto Alegre: IRGA.
- Instituto Riograndense do Arroz – IRGA. (2011). *Manual de boas práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: IRGA.
- Ladwig, N. I., Silva, E. P., & Back, Á. J. (2017). A cobrança do uso da água e o impacto no custo da produção do arroz irrigado na região sul do estado de Santa Catarina. *Boletín Geográfico*, 35(2), 31-44.
- Macedo, V. R. M., & Menezes, V. G. (2004). Influência dos sistemas de produção e manejo no uso da água pela planta de arroz. In 27^o Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e Reunião da Cultura e Arroz Irrigado (pp. 1-20). Pelotas: Gráfica e Editora Pallotti.

- Marcolin, E., Stocker, G. M., Biavatti, W. C., & Macedo, V. R. M. (2011). Produtividade e eficiência de uso de água em função de sistemas de manejo da irrigação em arroz irrigado. In *7º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado* (pp. 335-338). Itajaí: Epagri.
- Mota, F. S., Alves, E. G. P., & Becker, C. T. (1990). Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. *Lavoura Arrozeira*, 43(392), 3-6.
- Oliveira, D. G., & Vale, M. L. C. (2022). Sistemas de cultivo. In M. L. C. Vale & E. R. Hickel (Eds.), *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina* (pp. 27-34). Florianópolis: Epagri.
- Oliveira, E. D., Biz, J. B., & Salvaro, G. I. J. (2016). A trajetória de modernização da cultura do arroz no município de Turvo – Santa Catarina, Brasil. *Agroalimentaria*, 22(43), 135-150.
- Pandolfo, C., Vianna, L. F. N., Lucietti, D., & Vale, M. L. C. (2022). Caracterização do ambiente de cultivo. In M. L. C. Vale & E. R. Hickel (Eds.), *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina* (pp. 11-14). Florianópolis: Epagri.
- Parfitt, J. M. B., Silva, J. T., Bueno, M. V., Timm, P. A., Campos, A. D. S., Aires, T. A., & Timm, C. (2018). *Quantificação da demanda hídrica na cultura do arroz em função do manejo da irrigação por inundação*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 313.
- Petrini, J. A., Azambuja, I. H. V., Magalhães Junior, A. M., Fagundes, P. R. R., Winkler, A. S., & Kuhn, R. (2013). Estratégias de irrigação para redução do uso da água em arroz irrigado. In *8º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado* (pp. 1180-1183). Santa Maria: SOSBAI.
- Porciúncula, G. S., Stefanello, G., Chagas Neta, M. C. C., & Cardoso, L. P. (2019). Estudo para avaliação e revitalização do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro. *Expressa Extensão*, 24(3), 161-176.
- Profill Engenharia e Ambiente Ltda –PROFILL. (2015). *Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá*. Porto Alegre: PROFILL.
- Rosso, J. C., & Back, Á. J. (2008). Necessidade de água para irrigação do arroz no cultivo pré-germinado nas condições climáticas do sul de Santa Catarina. In *Taller Internacional Red Riegos CYTED* (pp. 1-13). Madri: CYTED.
- Sánchez, M. R., Hernandez, Y. M., Dell’Amico, J. M., & Péres, R. P. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 178-186. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2649.8800>.
- Scheibe, L. F., Buss, M. D., & Furtado, S. M. A. (2010). *Atlas ambiental da Bacia do Rio Araranguá/SC*. Florianópolis: Cidade Futura.
- Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI. (2014). *Reunião técnica da cultura do arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Bento Gonçalves: SOSBAI.
- Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado – SOSBAI. (2018). *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil/XXXII Reunião da Cultura do Arroz Irrigado*. Cachoeirinha: SOSBAI.
- Stone, L. F. (2005). *Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Vale, M. L. C., & Hickel, E. R. (2022). *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri.