

Polo



ProfÁgua

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES COMO BASE PARA A
PRODUÇÃO DE DIRETRIZES DE OUTORGA, PLANOS DE
BACIAS HIDROGRÁFICAS E PAGAMENTO POR SERVIÇOS
AMBIENTAIS EM REGIÃO ARROZEIRA DO RIO GRANDE DO
SUL**

IVO MELLO

Porto Alegre/RS
2022

Polo



ProfÁgua



ProfÁgua



IVO MELLO

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES COMO BASE PARA A
PRODUÇÃO DE DIRETRIZES DE OUTORGA, PLANOS DE
BACIAS HIDROGRÁFICAS E PAGAMENTO POR SERVIÇOS
AMBIENTAIS EM REGIÃO ARROZEIRA DO RIO GRANDE DO
SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) Polo IPH/UFRGS como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques

Porto Alegre/RS
2022

CIP - Catalogação na Publicação

MELLO, IVO
SISTEMA DE INFORMAÇÕES IRGA, BASE PARA A PRODUÇÃO
DE DIRETRIZES DE OUTORGA, PLANOS DE BACIA E PSA EM
BACIAS ARROZEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL / IVO MELLO. --
2022.
183 f.
Orientador: GUILHERME FERNANDES MARQUES.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2. ARROZ IRRIGADO.
3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES. 4. BOAS PRÁTICAS. 5. USO
EFICIENTE DA ÁGUA. I. MARQUES, GUILHERME FERNANDES,
orient. II. Título.

IVO MELLO

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES COMO BASE PARA A PRODUÇÃO DE DIRETRIZES
DE OUTORGA, PLANOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E PAGAMENTO POR
SERVIÇOS AMBIENTAIS EM REGIÃO ARROZEIRA DO RIO GRANDE DO
SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) Polo IPH/UFRGS como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Aprovada em: Porto Alegre, 10 de maio de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques - UFRGS
Orientador

Dra. Jussara Cabral Cruz - UFSM

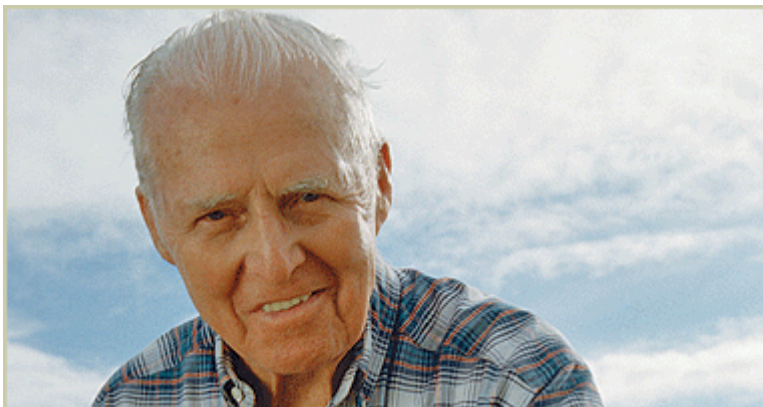
Dr. Paulo Regis Ferreira da Silva - UFRGS

Dra. Amanda Wajnberg Fadel - FEPAM

“The only way that the world can keep up with food production is by the improvement of science and technology.”

“A única maneira de o mundo acompanhar a produção de alimentos é pelo aprimoramento da ciência e da tecnologia.”

(NORMAN BURLAUG – Prêmio Nobel da Paz 1970)



NOBEL PRIZE
FOR PEACE



“THE only way that the world can keep up with food production is by the improvement of science and technology.”

- Inducted: 1971 -

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao ProfÁgua a oportunidade de poder desenvolver este trabalho. Voltar aos bancos acadêmicos, mesmo que em parte virtual, foi um desafio muito interessante, que revigora nossas energias para poder seguir melhorando continuamente as nossas vidas. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

Em especial, agradeço à minha companheira Suzana M. Krebs pelos conselhos e incentivos para focar no trabalho, e aos meus filhos Rafael, Ricardo e Gabriela, que também me incentivaram para que chegasse ao final com a missão cumprida.

Aos meus colegas do NATE de Alegrete do IRGA, Nilton Oliveira, Jaqueline Thiel, Celeni Viana e as estagiárias de Engenharia Agrícola Sheilise Vicente, Micaela Segabinazzi e Alessandra Machado Ferreira, agradeço a parceria no dia a dia de trabalho, o acompanhamento nas saídas de campo e as tabulações dos dados coletados.

Meu agradecimento à diretoria do Instituto Rio Grandense do Arroz, que permitiu minha participação neste mestrado. Espero que o trabalho finalizado possa contribuir para as estratégias do Instituto, colaborando com os produtores de arroz e com o fortalecimento da cadeia produtiva.

Aos professores do ProfÁgua, meu agradecimento por terem me guiado para construir a pesquisa que está sendo encerrado. Em especial, agradeço ao meu orientador Professor Guilherme Marques, por todas as oportunidades de crescimento, através de suas reflexões e aconselhamentos. E aos colegas do Grupo de Pesquisa em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (GESPLA), meu agradecimento por compartilharem suas experiências e incentivo para que se possa chegar a resultados factíveis para a gestão de recursos hídricos.

Agradeço aos membros da banca, Professora Dra. Jussara Cabral Cruz da UFSM, Professor Dr. Paulo Regis Ferreira da Silva da UFRGS e Dra. Amanda Wajnberg Fadel do DRHS, por terem gentilmente aceitado o convite.

Em nome dos professores André Silveira e Cristiano Poletto, responsáveis pela coordenação do polo durante o período do meu mestrado, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas (UFRGS/IPH), por me ter acolhido em mais esta etapa acadêmica.

RESUMO

MELLO, Ivo. Sistema de Informações como Base para a Produção de Diretrizes de Outorga, Planos de Bacias Hidrográficas e Pagamento por Serviços Ambientais em Região Arrozeira do Rio Grande do Sul. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre. 2022.

A produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul se desenvolve há mais de 100 anos e o setor é o maior usuário de água da maioria das bacias hidrográficas da metade sul do estado. A partir das regulamentações da Política Nacional de Recursos Hídricos, o setor foi chamado para se adequar, principalmente no que diz respeito ao instrumento de outorga do uso da água. Apesar da infraestrutura deficiente, o órgão gestor atendeu às demandas de autorizações de uso para os irrigantes, através de vários processos. Entretanto, a combinação de mudanças no arcabouço legal e institucional, e mesmo nos processos produtivos e de manejo, vem requerendo atualizações nos sistemas de informação sobre o uso da água, que são responsáveis por dar subsídios à gestão. Instrumentos como a outorga, os planos de Bacia e os programas de Pagamento por Serviços Ambientais dependem de uma base técnica, organizada em sistemas de informações capazes de representar, de forma fidedigna, o balanço hídrico regional e local, bem como os efeitos de diferentes ações e práticas de manejo. Estes sistemas permitirão que os instrumentos possam se ajustar às particularidades de cada bacia, tornando-os mais efetivos. Entretanto, na prática, as mudanças e evolução nos usos da água e práticas de manejo ainda não vêm sendo incorporadas em atualizações nos instrumentos de gestão, o que os torna ultrapassados e de efetividade limitada, sem condições de comunicar aos usuários o seu propósito. O presente trabalho busca contribuir para sanar esse tipo de lacuna, analisando o nexo entre boas práticas agrícolas, disponibilidade hídrica e a eficiência do uso da água, propondo um sistema de informações para a sua organização. O trabalho enfoca o uso preponderante da água na produção de arroz, tendo como base a bacia hidrográfica do arroio Inhanduí na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Como resultado, foi produzido, para a sociedade e para o Instituto Rio Grandense do Arroz, um sistema de informações que fornece subsídios à construção e ao aperfeiçoamento de diretrizes de outorga, planos de bacia e pagamento por serviços ambientais, levando em conta as especificidades das bacias hidrográficas onde o uso preponderante da água é a irrigação do arroz.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, arroz irrigado, sistema de informações, boas práticas, uso eficiente da água.

ABSTRACT

MELLO, Ivo. **Information System as a Foundation for the Issuance of Water Rights, Watershed Management Plans, and Payment for Environmental Services in the Rice-Growing Region of Rio Grande do Sul.** Master thesis. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, IPH/UFRGS, Porto Alegre. 2022.

The rice irrigation activity in Rio Grande do Sul has been developing for over 100 years and the sector is the largest user of water in most watersheds in the southern half of the state. Based on the regulations of the National Water Resources Policy, the sector was called upon to adapt, mainly about the instrument for granting water use. Despite the deficient infrastructure, the state management authority met the demands for water use authorizations for irrigators through various processes. But as governments change and even regulations update, these processes lack an integration that allows continuity with systemic and robust updates in information treatment. As a basis for the water balance of hydrographic watersheds, the grant is a key instrument for the others, such as Basin Plans and Payment for Environmental Services. Management instruments will be more effective as they are adjusted to the particularities of each basin. In addition, as the use of water in the basins changes and evolves over time, for example through the improvement of management techniques, and management instruments remain unchanged, they can become outdated, losing effectiveness and the ability to communicate to users its purpose. In this work, the link between Best Management Agricultural Practices and water availability was analyzed, as well as the efficiency of water use using them. The present work is the result of a study of the predominant use of water to irrigate rice based on the watershed of the Inhanduí stream on the West Frontier region of Rio Grande do Sul in the context of water resources management. At the end, a methodology was made available to Instituto Rio Grandense do Arroz for the construction and management of an information system that allows it to deliver to users, to water management authorities and to the society, elements necessary for the construction and improvement of grant guidelines, Basin Plans and Payment for Environmental Services considering the specificities of hydrographic basins where the predominant use of water is rice irrigation.

Keywords: water resources management, flooded rice, information system, best management practices, water efficiency use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa estratégico do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.....	21
Figura 2 – Imagem de captura de tela do Sistema de Outorga de Água do RS (SIOUT/SIG) com as informações cadastrais de uso de água do produtor Geraldo Lauro Trojahn na bacia do arroio Inhanduí.	34
Figura 3 – Fluxograma da metodologia de geração da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do RS para a realização do balanço hídrico integrado ao SIOUT.	36
Figura 4 – Enquadramento Bacia Hidrográfica Rio Ibicuí com destaque para a bacia do arroio Inhanduí na elipse laranja – Classe 1.	38
Figura 5 - Histórico da evolução da área de cultivo (linha tracejada com triângulo), da produtividade (linha contínua com quadrado) e do incremento de produtividade (linha pontilhada com círculo) ao longo de 100 safras de arroz irrigado no Sul do Brasil.	56
Figura 6 - Número de empreendimentos que receberam o Selo Ambiental no período de 2008/09 a 2020/21 no estado do RS.	69
Figura 7 – Produtividade de grãos e retorno financeiro de arroz irrigado cultivado em quatro sistemas de práticas de manejo (baixo, médio, alto e muito alto), em duas épocas de semeadura (preferencial: 5/11/2003, 29/10/2004 e 27/10/2006 e tardia: 3/12/2003, 3/12/2003, 3/12/2004 e 13/12/2006), na média de três estações de crescimento (2003/2004, 2004/2005 e 2006/2007) em Cachoeirinha, RS.	81
Figura 8 – Comparação entre épocas de semeadura e produtividade de arroz irrigado nas parcelas experimentais (safra 2004/2005) da cultivar BR IRGA 410, na Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS.	86
Figura 9 – Taipas de base larga construídas em nível, em solo previamente aplainado em desnível após a ocorrência de uma chuva.	88
Figura 10 – Produtividades de grãos de arroz (t ha ⁻¹) em função da época de irrigação, em dias após a emergência (DAE), em Cachoeirinha e Santa Vitória do Palmar-RS.....	91
Figura 11 – Diagrama esquemático do Balanço Hídrico em tabuleiros de arroz irrigado por inundação (sem o fluxo de irrigação).	93
Figura 12 – Fluxograma da metodologia para estabelecer o Sistema de Informações IRGA.	104
Figura 13 – Bacias do rio Ibirapuitã – poligonal vermelha (ANA/CONAB, 2020) e do arroio Inhanduí – poligonal cinza (RAMON, 2021).....	105
Figura 14 – Região hidrográfica do rio Uruguai.....	107
Figura 15 – Bacia do rio Ibirapuitã-RS, destacada em amarelo na região hidrográfica do rio Uruguai.	108
Figura 16 – Bacia do rio Ibirapuitã-RS e sua hidrografia, destacando o arroio Inhanduí como a subbacia mais a oeste e a norte.	109
Figura 17 – Ferramenta Régua/Polígono Google Earth para desenhar as áreas de cultivo de arroz da bacia do arroio Inhanduí-RS na safra 2021/2022.....	114
Figura 18 – Composição de imagens: a eos cor natural, b eos cor infravermelho do dia 19/12/2021, e c o resultado do desenho da poligonal em escritório, utilizando a ferramenta Régua/Polígono do Google Earth na porção média da bacia do arroio Inhanduí-RS.....	115
Figura 19 – Composição de imagens de satélite: Quadro azul claro cores normais e infravermelho/vegetação do dia 26/12/2021 e Quadro azul escuro cores normais e infravermelho/vegetação da UP às margens do arroio Carvoraci afluente do Inhanduí.....	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos Planos de Recursos Hídricos conforme o nível	22
Tabela 2 - Produtividade da Água - Média Global de Seleção de Categorias de Alimentos.....	76
Tabela 3 – Produtividade (kg ha ⁻¹) de grãos de arroz irrigado em função de estação de crescimento, época de semeadura e níveis de práticas de manejo em Cachoeirinha, RS	80
Tabela 4 – Receita, custo operacional, retorno financeiro e produtividade da água, segundo FAO (2020), do arroz irrigado, em função da época de semeadura (preferencial e tardia) e níveis de práticas de manejo em três estações de crescimento em Cachoeirinha, RS	82
Tabela 5 – Volume de água aplicado, produtividade, eficiência do uso da água em kg m ⁻³ (FAO, 2020) do arroz irrigado, em função da época de semeadura (recomendada e tardia) nas safras 2010/2011 e 2011/2012 em Santa Maria, RS	83
Tabela 6 – Períodos recomendados para a semeadura de cultivares de arroz para maiores produtividades em função de duração de ciclo de desenvolvimento no estado do Rio Grande do Sul	87
Tabela 7 – Índice de Qualidade da Água (IQA) das unidades amostrais: PC – Plantio Convencional, PG – Pré-germinado e PD – Plantio Direto. Coletas realizadas entre 15/12/2000 e 29/03/2001 no rio Gravataí.....	97
Tabela 8 – Indicadores que compõem o Índice de Eficiência Uso da Água na lavoura de arroz, com seus respectivos pesos.....	117
Tabela 9 – Cálculo Indicador Cortes de Lavoura de Arroz (CL).....	118
Tabela 10 – Cálculo Indicador Capacidade de Irrigação da Lavoura de Arroz (AS)	119
Tabela 11 – Cálculo Indicador Preparo Antecipado do Solo (MA).....	119
Tabela 12 – Cálculo Indicador Cultivos de Outono-Inverno / Rotação de Verão (CI)	120
Tabela 13 – Cálculo Indicador Genética para Altas Produtividades de Arroz (GP).....	121
Tabela 14 – Cálculo Indicador Qualidade de Sementes de Arroz (SC).....	122
Tabela 15 – Cálculo Indicador Densidade de Semeadura de Arroz (QS).....	122
Tabela 16 – Cálculo Indicador Data de Semeadura do Arroz (DS).....	123
Tabela 17 – Cálculo Indicador Nutrição Balanceada no Arroz (NB)	124
Tabela 18 – Cálculo Indicador Adubação Nitrogenada em Cobertura no Arroz (AN)	125
Tabela 19 – Cálculo Indicador Época de Entrada de Água na Lavoura de Arroz (EA)	126
Tabela 20 – Cálculo Indicador Capacidade de Encher a Lavoura de Arroz (DE)	127
Tabela 21 – Tipologia de Captações para irrigação de arroz e Registros SIOUT/RS na bacia do arroio Inhanduí-RS.	130
Tabela 22 – Parte da planilha Excel com as informações catalogadas dos 48 produtores e suas 56 unidades de produção ativas na safra 2021/2022 na bacia do arroio Inhanduí-RS.....	132
Tabela 23 – Cálculo do Índice de Eficiência do Uso da Água pela cultura do arroz da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí-RS – Safra 2021/2022.....	135
Tabela 24 – Percentuais de Unidades Produtivas avaliadas nas classificações Ideal, Alerta e Crítica dos Indicadores (Ii) que compõem o Índice de Eficiência do Uso da Água da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí Safra 2021/2022	136
Tabela 25 – Áreas Perdidas, Produtividade com e sem áreas perdidas, Índice de Eficiência do Uso da Água, indicador disponibilidade de água (AS) e EUA/FAO (kg m ⁻³) da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí Safra 2021/2022	141

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABC – Agricultura de Baixo Carbono
ANA – Agência Nacional de Águas
BPA – Boas Práticas Agrícolas
BPF – Boas Práticas de Fabricação
CAR – Cadastro Ambiental Rural
CFC – Common Fund Commodities
CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIC/PLATA – Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CRH/RS – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
DRHS – Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI – Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária
FAO – Food and Agriculture Organization – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente
FLAR – Fundo Latino-Americano de Arroz de Riego
GYGA – Global Yield Gap Atlas
IC – Irrigação Contínua
ICFI – Irrigação Contínua com Fornecimento Intermitente
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
MAPA – Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento
MARCO – Programa para a Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos da Bacia do Prata
MIP – Manejo Integrado de Pragas
NATE – Núcleo de Assistência Técnica e Extensão Rural
PERAI – Programa Estadual de Regularização da Atividade Irrigante do Rio Grande do Sul
PI – Produção Integrada
PIA – Produção Integrada de Arroz
PNUMA – Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente
SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura
SIOUT – Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul
SOSBAI – Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado
UFPEL – Universidade Federal de Pelotas
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UNEP – Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente
UNIDO – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento Industrial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	ARCABOUÇO LEGAL DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	18
3.1.1	<i>Plano de recursos hídricos</i>	19
3.1.2	<i>Enquadramento</i>	22
3.1.3	<i>Outorga</i>	23
3.1.4	<i>Cobrança pelo uso da água</i>	26
3.2	O ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL.....	27
3.3	EXEMPLO DE APLICAÇÃO ARTICULADA DE INSTRUMENTOS DE GESTÃO	31
3.4	CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	32
3.5	SIOUT RS – SISTEMA DE OUTORGA DE ÁGUA DO RIO GRANDE DO SUL	33
3.5.1	<i>O SIOUT e as dificuldades existentes</i>	34
3.5.2	<i>Bacias Ibirapuitã e Inhanduí – Sistema de Gestão de Recursos Hídricos</i>	37
3.6	INHANDUÍ – UMA BACIA QUE ARMAZENA ÁGUA	42
3.7	EXPERIÊNCIA EM OUTRA BACIA, REGIÃO, PAÍS	47
3.8	PROPOSTA DE PLANO DE AÇÕES – COMITÊ IBICUI	54
3.9	TÉCNICAS DE MANEJO DE SOLO E ÁGUA	55
3.9.1	<i>Evolução tecnológica e ganhos em produtividade</i>	55
3.9.2	<i>Arroz vermelho e estagnação da produtividade de arroz</i>	57
3.9.3	<i>Projetos para diminuir a lacuna de produtividade do arroz</i>	59
3.10	AS BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA ARROZ IRRIGADO COMO BASE DOS PROJETOS 10, CFC E 10+	64
3.10.1	<i>Boletim técnico nº 4 – Tecnologias mais limpas na lavoura de arroz irrigado e na propriedade</i>	65
3.10.2	<i>Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul – ANA/IRGA</i> 65	
3.10.3	<i>Selo ambiental RS</i>	67
3.10.4	<i>Manual de boas práticas agrícolas – Guia para a sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS</i> 69	
3.10.5	<i>Produção integrada de arroz – MAPA/EMBRAPA</i>	70
3.10.6	<i>Programa marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata</i>	72
3.11	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA (EUA) E BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NO CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO	74
3.11.1	<i>Época de semeadura</i>	77
3.11.2	<i>Sistematização das áreas de cultivo de arroz</i>	87
3.11.3	<i>População de plantas – Estande</i>	89
3.11.4	<i>Manejo da água de irrigação</i>	90
3.12	O SUPORTE AOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO	99
3.12.1	<i>Pagamento por serviços ambientais (PSA)</i>	99
4	METODOLOGIA	104
4.1	BACIAS IBIRAPUITÃ E INHANDUÍ – MEIO FÍSICO	105
4.2	ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	109
4.2.1	<i>Cadastro de Usuários</i>	111
4.2.2	<i>Banco de Dados – Sistema de Informações Geográficas</i>	113
4.3	METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO MANEJO DA LAVOURA DE ARROZ E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA IRRIGAÇÃO	116
4.3.1	<i>Descrição e Forma de Cálculo do Indicadores Proposto</i>	118
4.3.2	<i>Índice de eficiência do uso da água – Avaliação proposta</i>	127
4.3.3	<i>Questionário levantamento manejo da unidade produtiva avaliada</i>	128

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	130
5.1	SÍNTESE DOS DADOS E CADASTROS DE CAPTAÇÕES	130
5.2	SISTEMA DE INFORMAÇÕES SIG/IRGA 2021/2022 – BACIA DO ARROIO INHANDUÍ-RS 132	
5.2.1	<i>Resultados de coleta, armazenamento de dados sobre o manejo e a operação de unidades produtivas</i>	132
5.2.2	<i>Avaliação da eficiência do uso da água na lavoura de arroz da Bacia Arroio Inhanduí – Safra 2021/2022.....</i>	134
6	CONCLUSÕES	144
7	RECOMENDAÇÕES	146
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
	ANEXO	170

1 INTRODUÇÃO

Em 1998, o Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul (MP/RS) notificou o setor de irrigação superficial do arroz a se adequar ao novo regramento previsto na legislação relativa a licenciamento ambiental vigente a partir da constituição de 1988. Na época, a Fundação de Proteção ao Ambiente Natural Henrique Luiz Roessler – FEPAM, vinculada à Secretaria da Saúde do estado do Rio Grande do Sul, não disponibilizava um protocolo para licenciamento de irrigação conforme solicitava o MP/RS. A demanda de empreendimentos arrozeiros a serem licenciados estimada à época era de 14.000 unidades de produção, o que corresponde a 859.589 ha. Com a instalação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente em 2000, a FEPAM passou a ser vinculada a esta e, juntamente com lideranças representativas do setor de produção orizícola, iniciaram tratativas para estabelecer por parte do órgão ambiental o regramento necessário a ser cumprido pelo empreendedor, visando proteção dos ecossistemas e a melhoria ambiental através do licenciamento da atividade de irrigação. Através do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA/RS) estruturou-se um Programa Estadual de Regularização da Atividade Irrigante (PERAI) no âmbito do licenciamento ambiental.

A partir do estabelecimento deste regramento, os produtores buscaram a regularização, uma vez que a mesma passou a ser condição para acessar crédito rural oficial com recursos oriundos do tesouro nacional (Lei 6938/1981). Dentre os documentos exigidos pelo sistema de licenciamento constam a outorga de uso de recursos hídricos emitida pelo órgão gestor de recursos hídricos do RS – Departamento Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS/SEMA) em corpos de água de domínio do estado e pela Agência Nacional de Águas (ANA) em corpos de água de domínio da União.

Considerando o volume de água utilizado em valores médios para a lavoura de arroz irrigado na região subtropical de 8.000 a 12.000 m³ ha⁻¹ ou 1,0 a 1,4 l s⁻¹ ha⁻¹ em períodos de 85 a 100 dias de irrigação, dependendo do ciclo da variedade (GOMES et al. 2008), foi estabelecido pelo DRHS, para efeito do PERAI, que nas bacias dos rios Sinos, Gravataí, Santa Maria e da Lagoa Mangueira (consideradas críticas¹), o volume outorgado por safra seria de 10.000 m³ ha⁻¹. No restante das bacias hidrográficas o volume foi de 12.000 m³ ha⁻¹.

Considerando que o uso em irrigação regularmente configura a maior demanda em relação aos outros usos principalmente nas bacias hidrográficas da metade sul do estado, a variabilidade na faixa entre aproximadamente 8.000 e 12.000 m³ ha⁻¹ (GOMES et al. 2008) pode ser objeto de programa de racionalização e melhoria da eficiência do uso da água. Tal melhoria permite que o saldo hídrico seja realocado para outros usos, seja no próprio incremento em áreas em produção irrigada (irrigar os cultivos de sequeiro em rotação com o arroz) ou ainda outros usos que não a irrigação, como as demandas ambientais.

Nesse sentido, é função do instrumento de gestão operacionalizar um programa ou política hídrica. Ou seja, uma vez definido que o objetivo é o aumento na eficiência no uso da água via um programa de racionalização, o próximo passo é definir quais os critérios para a implementação do instrumento. Isso irá requerer um conhecimento mais detalhado sobre as condições de produção, incluindo as técnicas de manejo empregadas pelos irrigantes e as características físicas e hidrológicas das bacias que determinam a efetividades dessas técnicas. Mais do que um diagnóstico dessas condições, é necessária a sua organização em um sistema de informações, capaz de dar suporte e diretrizes para instrumentos de gestão da água (outorgas, planos de bacias, dentre outros) safra após safra. Sistemas dessa natureza ainda são muito incipientes no Brasil, o que demonstra uma lacuna de conhecimento não apenas sobre o efeito combinado de técnicas de manejo no contexto da bacia, mas também sobre como esse efeito pode ser empregado para a definição de diretrizes para instrumentos de gestão.

O objetivo deste trabalho de pesquisa no âmbito do ProfÁgua – Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos é propor um sistema de informações do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) para ajudar a suprir a lacuna de conhecimento apresentada, tendo como recorte a produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul e como instituição-alvo o IRGA. Este instituto tem conduzido levantamentos de campo por meio do trabalho dos extensionistas dos 38 Núcleos de Assistência Técnica e Extensão (NATE) a mais de 80 anos apoiando as políticas de desenvolvimento do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul (RS). A presente proposta de pesquisa irá conceber um sistema de informações para estruturar e organizar o conhecimento já consolidado pelo IRGA e direcioná-lo para auxílio à tomada de decisão no âmbito da gestão de recursos hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste projeto é contribuir para o aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão, melhorando a sua efetividade ao incorporar informações sobre a produção e manejo do uso da água na agricultura irrigada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver um sistema de informações para o manejo da irrigação do arroz integrado a instrumentos de gestão de recursos hídricos, organizando dados de manejo e operação de unidades produtivas de forma a permitir a análise integrada de relações de causa e efeito decorrentes das atitudes do gestor. A elaboração do sistema deverá também avaliar a eficiência do uso da água (EUA) nas lavouras de arroz irrigado em função da adoção de boas práticas agrícolas, permitindo ao usuário irrigante de arroz fornecer as informações necessárias ao acompanhamento de sua outorga no Sistema de Outorga do RS (SIOUT/RS).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Buscando adequar demandas decorrentes do crescimento demográfico acelerado característico da segunda metade do século XX no Brasil a Constituição Federal de 1988 incorporou princípios e conceitos globais visando o uso sustentável dos recursos naturais como a água. A regulamentação do uso dos recursos hídricos no Brasil, através das atualizações normativas estabelecidas no arcabouço legal nacional, de estados e do Distrito Federal, induziu os diversos setores usuários das águas a se adequar.

O uso preponderante da água na chamada Metade Sul do RS tem sido a irrigação do arroz desde meados do século XIX. Os irrigantes de várias gerações mantinham um relacionamento com as águas de suas bacias com pouca atuação do Estado. Poucos conflitos de uso, pois além da abundância de água na maioria das regiões, quase sempre o conflito acontecia entre vizinhos de cerca sem prejudicar outros usos além da irrigação do arroz.

Nesta parte do trabalho estruturou-se uma revisão do conhecimento disponível de forma a contextualizar a evolução dos usos da água na agricultura irrigada e as alterações ocorridas na medida em que o arcabouço legal foi atualizado pela crescente ameaça de falta de água em determinadas regiões. Os usuários irrigantes vêm buscando se adequar às novas diretrizes de uso, alinhadas principalmente à necessária incorporação do conceito de desenvolvimento sustentável no uso dos recursos naturais.

3.1 ARCABOUÇO LEGAL DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Nos termos da Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRH) (BRASIL, 1997). Alguns anos antes, mas no mesmo escopo no Rio Grande do Sul, a Lei 10.350/1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994) estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Estadual Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os principais objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos são assegurar a disponibilidade da água às futuras gerações em padrões de qualidade adequada ao respectivo uso, utilizá-la racionalmente e prevenir-se contra eventos hidrológicos críticos. Suas diretrizes baseiam-se na gestão sistêmica, apoiadas em aspectos de quantidade e qualidade, adequando-se às diversidades do país. A PNRH deve buscar a integração com a gestão ambiental e a articulação com os demais planejamentos em todas as instâncias gestoras.

Tendo a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da política, as decisões são tomadas no âmbito do órgão colegiado que integra poder público, usuários e comunidade – Comitê de Bacia. Com o objetivo de apoiar estas discussões e decisões coletivas, o sistema de gerenciamento de recursos hídricos propõe a utilização dos instrumentos de gestão e estabelece diretrizes e políticas públicas para melhor utilização da água. Os princípios norteadores destes regramentos estabelecem a água como bem de domínio público sendo um recurso limitado e dotado de valor econômico e que deve ser usada para os diversos setores da sociedade, porém com uma gestão integrada e participativa.

Para operar o gerenciamento integrado e sistêmico dos recursos hídricos de forma efetiva, a legislação federal estabeleceu instrumentos de gestão. Na Lei 9433, há instrumentos de gestão para regular e garantir o acesso (outorgas), definir metas de qualidade da água associadas aos usos desejados pelos usuários (enquadramento), sinalizar a escassez e obter recursos para financiar ações (cobrança), organizar as informações sobre a água (sistema de informações) e finalmente definir os objetivos, prioridades e ações a serem implementadas em cada bacia (planos). A esses instrumentos pode-se somar diversos outros já em aplicação, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e os Marcos Regulatórios. Os instrumentos da Lei 9.433/97 são descritos a seguir.

3.1.1 Plano de recursos hídricos

Segundo Carvalho (2014), plano de recursos hídricos (PRH) são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e devem apresentar um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso ,com vistas a proteção dos recursos hídricos, entre outras informações. São planos diretores, de natureza estratégica e operacional, que tem por finalidade fundamentar e orientar a implementação da Política de Recursos Hídricos, compatibilizando os aspectos quantitativos e qualitativos do uso das águas, de modo a assegurar as metas e os usos neles previstos, na área da bacia ou região hidrográfica considerada. O plano de bacia visa gerar elementos e meios que permitam aos comitês, órgãos gestores e aos demais componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos exercerem a gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de modo a garantir os usos múltiplos de forma racional e sustentável.

Plano Nacional de Recursos Hídricos, Plano Estadual de Recursos Hídricos e Plano de Bacia Hidrográfica são três instrumentos de planejamento previstos nas legislações que regem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O PNRH foi construído pelo CNRH a partir de 2003 culminando com sua aprovação pelo conselho em março de 2006. O Brasil foi um dos poucos países signatários dos Objetivos do Milênio onde um destes era estabelecer até 2005 um Plano Nacional de Recursos Hídricos, que alcançou a meta com somente 3 meses de atraso.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos no RS contratado junto a consultoria em 2007 por problemas contratuais não pode ser finalizado, mas na sequência na medida que processos burocráticos foram sendo vencidos, a documentação está disponível para consulta com diagnóstico e prognóstico proposto na época. Este trabalho revisado e atualizado foi submetido ao CRH em que aprovou o PERH através da Resolução nº 141, de 21 de março de 2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Em 2022 a SEMA e o DRHS publicaram em seu sítio eletrônico (<https://www.sema.rs.gov.br/perh>) que:

O 1º Plano de Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, elaborado entre 2006 e 2014, foi instituído pela Resolução CRH nº 141, de 21 de março de 2014. Este Plano está em processo de atualização, tendo como diretrizes principais o caráter estratégico e a transparência das informações, visando garantir o alinhamento das expectativas dos envolvidos.

O Plano de Trabalho da Atualização do PERH foi publicado em 22 de fevereiro de 2022, e dia 29 de abril de 2022 foram divulgadas e publicadas a versão final e a versão síntese do Relatório Anual da Situação dos Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul (referente a 2021), que está sendo utilizado como o diagnóstico para a Atualização do PERH. No mês de maio de 2022 foram realizadas Oficinas Setoriais e com os Comitês de Bacias Hidrográficas para percepção e discussão dos problemas. O resultado das Oficinas permitiu a elaboração do Mapa Estratégico do PERH (Figura 1):






Figura 1 – Mapa estratégico do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul.

Fonte: <http://www.sema.rs.gov.br/perh>, acesso em 23/03/2022

No caso da Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí onde está inserida a bacia piloto deste estudo (arroio Inhanduí) conforme o Relatório Anual de Recursos Hídricos 2020 (RIO GRANDE DO SUL, 2020), em 2012 foram aprovados pelo CRH/RS os relatórios de diagnóstico e prognóstico, bem como o enquadramento proposto através da Resolução nº 107 de 22 de junho de 2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012). Mais adiante ao caracterizar a bacia do Inhanduí abordar-se-á a metodologia e os resultados encaminhados para este curso d'água.

A Tabela 1 apresenta os três níveis de planejamento propostos conforme suas características.

Tabela 1 – Características dos Planos de Recursos Hídricos conforme o nível

Nível	Conteúdo	Responsável pela elaboração	Responsável pela aprovação
Plano Nacional 	Abrange todo o território nacional e deve ter cunho eminentemente estratégico. Deve conter metas, diretrizes e programas gerais	MDR (coordena) ANA (apoia)	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Plano Estadual 	Plano estratégico de abrangência estadual, com ênfase nos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos.	Órgão Estadual de Gestão de Recursos Hídricos	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
Plano de Bacia Hidrográfica 	É o documento programático para a bacia, contendo as diretrizes de usos dos recursos hídricos e as medidas correlatas. Em outras palavras é a agenda de recursos hídricos da bacia.	Agência ou Órgão gestor correspondente	Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica

Fonte: Relatório Anual Recursos Hídricos 2020 (RIO GRANDE DO SUL, 2020)

Nesse contexto, o presente trabalho irá organizar um sistema de informações que deve ser útil para que um comitê de bacias discuta, negocie e defina a sua agenda de usos da água, o que inclui também a agricultura irrigada. A agenda de recursos hídricos do uso irrigação em arroz irá se materializar no Plano de Bacias.

3.1.2 Enquadramento

O segundo instrumento, enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes das águas, busca integrar os aspectos de qualidade e quantidade, já que a concentração de poluente está diretamente relacionada à vazão do corpo hídrico.

Segundo Machado et al. (2019) o enquadramento visa indicar a meta de qualidade hídrica em função da classificação por tipo de uso, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 (BRASIL, 2005). Essa meta deve ser de longo

prazo, pois o instrumento também é de planejamento e contempla estudos de diagnóstico, prognóstico, proposta de enquadramento e programa de efetivação, conforme procedimentos gerais descritos na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 91 (BRASIL, 2008). Dessa forma, o instrumento busca assegurar às águas qualidades compatíveis com os usos mais exigentes a que forem destinadas e, simultaneamente, diminuir os custos de combate à poluição.

Esse instrumento consiste em enquadrar os corpos d'água em classes de acordo com o uso preponderante, sendo que cada classe tem uma série de parâmetros de qualidade da água a serem atendidos, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). A classificação é realizada em cinco grupos: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4. A Classe Especial representa os usos mais exigentes, ou seja, aqueles que requerem melhor qualidade da água, como a proteção e a preservação da vida aquática; o outro extremo, a Classe 4, expressa os usos menos exigentes, como a navegação e a harmonia paisagística. Os mesmos autores afirmam ainda que persistem muitas dúvidas, tanto na definição do enquadramento como na sua efetivação.

A bacia hidrográfica objeto deste estudo já possui enquadramento nas fases diagnóstico e prognóstico do processo de planejamento, mas ainda não foram estabelecidas as ações necessárias para o monitoramento e manutenção dos parâmetros de quantidade e qualidade prevista na sua classe de uso.

O relatório final do processo de planejamento do Rio Ibicui (U50) fases A e B (COMITÊ IBICUÍ, 2012) descreve a metodologia utilizada para o seu enquadramento. Os resultados para a drenagem principal do Arroio Inhanduí definiram como Classe 1 conforme a Resolução 107/2012 publicada no Diário Oficial do Estado em 19 de julho de 2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012). No presente trabalho, será disponibilizada para a bacia do Arroio Inhanduí uma base de informações do uso preponderante em quantidade (irrigação superficial), buscando contribuir com objetivos de planejamento estabelecidos pelo enquadramento, bem como estabelecer diretrizes e ações necessárias para que o uso de água na lavoura de arroz irrigado e suas rotações estejam em equilíbrio com os demais usos hídricos na sua área de abrangência.

3.1.3 Outorga

O terceiro instrumento previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos é a outorga pelo uso da água, cujo objetivos são assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso associado a uma garantia. Segundo Silva, 2004,

a outorga é um ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (usuário da água) o uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nas condições expressas no respectivo ato. A Lei n.º 9.984/2000 (BRASIL, 2000), que criou a Agência Nacional de Águas – ANA, conferiu a esta Agência a competência para emitir outorgas de direito de uso dos recursos hídricos de domínio da União.

A lei gaúcha das águas estabelece no seu artigo 29º (RIO GRANDE DO SUL, 1994) a outorga do uso de recursos hídricos para qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas, observado o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica. Este instrumento foi regulamentado pelo Decreto 37.033 de 1996 (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

A Lei n.º 10350/1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994), em seu Art. 1º, estabelece que a água, enquanto bem público de domínio do Estado, terá sua gestão definida através de uma política de Recursos Hídricos para atender aos interesses dos múltiplos usos já que é um recurso natural de disponibilidade limitada e dotado de valor econômico. Entretanto, ao longo histórico de mais de 100 anos de usos da água para a produção na região arrozeira do estado, com captações que antecedem a quaisquer tipos de regramentos como a outorga do direito de uso da água consolidaram a percepção de que não é necessário este monitoramento por órgãos regulatórios como a ANA e o DRHS/SEMA/RS. Atualmente, nem todos os produtores realizam monitoramento mais detalhado de suas captações para registrar os volumes de água utilizados numa determinada safra. Para a operação e manutenção da outorga de uso da água emitida pela ANA através do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos CNARH, o empreendedor deve fornecer dados de vazões captadas mensalmente através da Declaração Anual de Usos de Recursos Hídricos – DAURH. Estas informações são importantes para alimentar o banco de dados do Sistema Nacional de Informações em Recursos Hídricos para complementar o sistema de monitoramento instalado nas bacias de forma a permitir o acompanhamento do balanço hídrico das bacias hidrográficas e para que os órgãos gestores de recursos hídricos possam gerir as autorizações de uso (outorgas).

Os usos dos recursos hídricos sujeitos à outorga são:

- Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo.
- Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo.

- Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.
- Aproveitamento dos potenciais hidrelétricos.
- Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Em relação a origem das autorizações de uso de água, Ignacio (2020) informa que em 1992, durante a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), foram discutidas as bases da Agenda 21 proposta na sequência. Este documento global sugeriu que se deve “otimizar a alocação de recursos hídricos sob limitações físicas e socioeconômicas”, mostrando desde então a necessidade de um sistema de outorga de direito de uso das águas.

O arcabouço legal que estabeleceu e regulamentou a outorga a nível estadual (RS) e nacional iniciou a partir da aprovação da lei gaúcha das águas em 1994 e culminou em maio de 2001 com a aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) da Resolução n.º 16 (BRASIL, 2008), de caráter nacional, regulamentando a Lei n.º 9.433/97 no que diz respeito à outorga. Segundo Silva & Monteiro (2004) há avanços importantes nessa Resolução, os quais procuram tornar o processo mais transparente e ágil.

Nesse sentido, seguem observações sobre os artigos considerados mais relevantes para o presente texto. O Art. 10 estabelece que “A autoridade outorgante deverá assegurar ao público o acesso aos critérios que orientaram as tomadas de decisão referentes à outorga”. Os autores acrescentam que essa norma traz mais credibilidade ao processo, uma vez que os usuários poderão ter conhecimento das regras de alocação de água na bacia e, eventualmente, poder questioná-las e apontar sugestões. Talvez a dificuldade esteja em utilizar uma linguagem acessível ao público para expor esses critérios, principalmente aqueles ligados à qualidade de água e ao lançamento de efluentes.

No seu Art. 11 a Lei 9.433/1997 (BRASIL, 1997) estabelece que o regime de outorga tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Para que isso seja possível, é fundamental o conhecimento dos impactos quali-quantitativos de cada usuário e, principalmente, a sistematização da avaliação cumulativa desses impactos sobre o corpo de água. Além disso, o “efetivo exercício dos direitos de acesso à água” reporta ao Art. 1º, IV, dos fundamentos, o qual

determina que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” (SILVA e MONTEIRO, 2004).

Sobre a legalidade de uso da água no Brasil, Ravello (2007), em seu estudo “Análise Técnica, Legal e Social para subsídio à Outorga de Direito do Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí”, escreve que o direito de uso da água tem, atualmente, três condicionantes: i) legal; ii) técnico e iii) social. O técnico refere-se à análise da disponibilidade hídrica e da demanda. O social ao embasamento do balanço hídrico em critérios elaborados em conjunto com a sociedade (Comitê de Bacia), e o legal resta ser feita a melhor interpretação da lei, de acordo com o aspecto técnico e atendendo aos anseios da sociedade, pois a participação social é princípio da gestão dos recursos hídricos, previsto em lei.

O presente trabalho pretende oferecer um sistema cadastral de práticas de manejo de irrigação superficial que alimente os sistemas de informações de recursos hídricos a nível estadual e federal, contribuindo para a integração e a avaliação cumulativa dos impactos qualitativos citados acima.

3.1.4 Cobrança pelo uso da água

O quarto instrumento previsto na lei 9.433/1997 é a cobrança pelo uso da água. O Art 1º da Lei Federal em seus fundamentos estabelece que “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Nela também estão listados os objetivos da cobrança de reconhecer a água como bem econômico de dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do seu uso; e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e das intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Estes dois instrumentos podem ser associados e resumidos da seguinte forma: a outorga pelo uso da água tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, associado a uma garantia. A cobrança está condicionada à outorga e objetiva a) reconhecer a água como um bem econômico, b) incentivar a racionalização do uso da água e c) obter recursos financeiros para atendimento das metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos. Considerando o princípio básico de descentralização da obtenção e produção de dados e informações para funcionamento previsto no inciso I do Art. 26. Lei 9.433/1997, o presente trabalho organiza informações estruturadas a partir de avaliação e acompanhamento nas unidades de produção sobre a atividade de irrigação superficial numa dada bacia hidrográfica como forma de contribuir com os operadores do princípio II – coordenação unificada do sistema; garantindo acesso a toda sociedade (princípio

III). Ao reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, o trabalho traz uma proposta de atualização permanente de informações sobre a disponibilidade e demanda na área de atuação do Instituto Rio Grandense do Arroz. Os resultados deverão ser úteis na formulação de diretrizes para outorgas e acompanhamento de balanços hídricos, além de contribuir para a elaboração e acompanhamento de execução dos Planos de Recursos Hídricos.

3.2 O ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL

Os municípios produtores de arroz predominantemente situados na Metade Sul do estado do RS têm sido responsáveis por aproximadamente 70 % da produção brasileira do cereal. Segundo a Divisão de Assistência Técnica e Extensão Rural do IRGA (2021) a colheita da safra gaúcha de arroz de 2020/2021 foi de 8.523 mil toneladas. Comparada à produção brasileira estimada pela CONAB (Acompanhamento da Safra Brasileira 12º Levantamento – Grãos Safra 2020/21) de 11.747 mil toneladas significa pouco mais de 72% da produção brasileira do cereal nesta safra.

Segundo Beskow (1984) a atividade de irrigação de arroz no RS tem suas origens no século XIX quando os produtores pioneiros utilizando sementes de variedades do cereal trazidas de outras partes do planeta, aproveitaram as condições de solos, de clima e meio físico da paisagem próximo à região do complexo lagunar entre Porto Alegre e Chuí e nas planícies de inundação dos grandes rios como o Jacuí e o Camaquã para cultivar o cereal. O autor segue sua narrativa informando que esta expansão teve incentivo a partir da adoção de tarifação do arroz importado após abolição da escravatura como forma de minimizar os impactos econômicos no setor produtivo agropecuário.

A lavoura de arroz irrigado é importante atividade socioeconômica para a grande maioria dos municípios localizados na metade sul do RS. Ribaski et al (2005), citam que a composição da receita dos municípios da região é oriunda basicamente das produções pecuária e vegetal, tendo como principal cultura o arroz irrigado. Sendo o arroz um cultivo dependente de altos volumes de água para irrigação, é grande o desafio para a gestão sustentável dos recursos hídricos das bacias hidrográficas considerando a necessidade de manter as atividades econômicas e garantir o desenvolvimento às populações que as habitam.

Desde o início da atividade de produção orizícola com irrigação superficial no RS, muitos conflitos pelo uso de água foram reportados entre os produtores e atores da cadeia

produtiva. Na ausência de regramentos e participação do estado como mediador, casos como o do Arroio Velhaco (COMITÊ CAMAQUÃ, 2018) são famosos no meio arroseiro onde contadores de causos reportam até a ocorrência de disputas pela água com morte entre produtores. Há um conflito recorrente entre o uso da água para agricultura e o abastecimento humano em algumas regiões brasileiras, principalmente quando a demanda é muito expressiva como para irrigação por inundação de arroz (TUCCI, 2001).

Exemplo destes tipos de conflitos ocorreram nas regiões de Dom Pedrito e Rosário do Sul na bacia do rio Santa Maria, e foram gerenciados e encaminhados de maneira que, praticamente junto com a promulgação da lei estadual das águas em dezembro de 1994, foi criado o comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria como forma de equacionar e estabelecer soluções para dirimir os conflitos instalados (COMITÊ SANTA MARIA, 2019).

A solução desses conflitos passa pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e pelo gerenciamento adequado dos efluentes agrícolas para se evitar a contaminação (TUCCI, 2001). Com este objetivo, o IRGA tem trabalhado para gerar e validar tecnologias que maximizem resultados das atividades econômicas utilizadoras de recursos naturais. Além da atuação na pesquisa aplicada e na transferência de tecnologia, este instituto tem participado na categoria representação da sociedade civil – instituições de ensino, pesquisa e extensão de 20 dos 25 comitês de bacias em funcionamento no RS.

Como referido na introdução deste trabalho, o MP/RS no ano de 1998, notificou o setor de irrigação de arroz do RS para cumprir a legislação ambiental brasileira reestruturada a partir da Constituição Federal de 1988. Segundo o Manual de Orientação Licenciamento Ambiental para Irrigação Superficial da Orizicultura no Rio Grande do Sul (FEPAM, 2018) o licenciamento ambiental no Brasil é um instrumento de gestão ambiental da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei Federal Nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), e o processo de licenciamento, regulamentado pela Resolução Nº 237/1997 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1997).

O Manual da FEPAM é resultado de uma construção de quase 20 anos desde que se iniciou a primeira ação em prol de atender a demanda do MP/RS já que a agência ambiental estadual (FEPAM), não disponibilizava um protocolo para licenciamento ambiental da atividade de irrigação de arroz. Várias iniciativas contribuíram para o desenvolvimento do sistema de licenciamento de atividade irrigante. No dia 13 de março de 1999, ao encerrar a 9ª Abertura Oficial da Colheita do Arroz em Alegrete, o Governador Olívio Dutra determinou ao

então presidente da FEPAM (ainda vinculada à Secretaria da Saúde do Estado) Claudio Langone, que estabelecesse diálogo com os arrozeiros para construir este processo. Como parte desta construção, na safra 1999/2000, técnicos da FEPAM visitaram lavouras de arroz na Fundação Maronna (Rio Ibirapuitã – APA Ibirapuitã) e na Fazenda Cerro do Tigre (rio Ibicuí - Arroio São João) em Alegrete para conhecer os ambientes onde se desenvolve o cultivo de arroz. Como presidente da Fundação Maronna e Responsável Técnico pela produção de arroz na Fazenda Cerro do Tigre, participei destes eventos citados acima.

No ano 2000, a FEPAM passou a ser vinculada à recém-criada Secretaria Estadual do Meio Ambiente que integrou, no mesmo ato, o Departamento de Recursos Hídricos (DRH) originário da Secretaria Estadual de Obras Públicas. As equipes técnicas de meio ambiente e recursos hídricos, sob a mesma gestão, facilitaram a continuidade da construção deste processo.

Em 2003 iniciou-se o processo através da Resolução n° 036/2003 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA/RS (RIO GRANDE DO SUL, 2003), que permitiu um cadastramento eletrônico das atividades irrigantes e determinou a elaboração do Plano Estadual de Regularização da Atividade Irrigante (PERAI). Este cadastro destinava-se a empreendimentos de irrigação existentes operando até a data da publicação da Resolução.

Já a resolução n° 100/2005 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2005) veio para aperfeiçoar o sistema de licenciamento ambiental das lavouras de arroz e outras atividades irrigantes do RS através da execução do PERAI. Entre os documentos exigidos pelo sistema de licenciamento consta a outorga de uso de recursos hídricos emitida, pelo órgão gestor de recursos hídricos do RS – Departamento Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento DRHS/SEMA, em corpos de água de domínio do RS e, pela Agência Nacional de Águas – ANA, em corpos de água de domínio da União.

Em algumas bacias hidrográficas, este processo demandou do Sistema de Informações em Recursos Hídricos existente dados para o balanço hídrico, que acabaram identificando zonas com potenciais conflitos de uso. Bacias como as do Sinos, Gravataí, Santa Maria e Quaraí passaram a ser consideradas especiais ou críticas. Bloedow (2018) cita que em algumas bacias com uso intenso de recursos hídricos e demanda superior à disponibilidade hídrica, estão sendo adotados critérios práticos para regulação da água em momentos de escassez. Conforme o descrito no artigo 20 do decreto estadual RS n° 37.033/1996 “são consideradas bacias especiais aquelas em que a disponibilidade e a demanda estiverem muito próximas, de acordo com critérios definidos pelo DRHS e pela FEPAM” (RIO GRANDE DO SUL, 1996).

O Relatório Síntese da Fase A – Diagnóstico e Prognóstico Hídrico das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul parte do Plano Estadual de Recursos Hídricos de 2007, apresenta a proposta de regulamentação destes critérios para definição de áreas críticas com base nos balanços hídricos das bacias gaúchas. De acordo com o relatório, a bacia do rio Quaraí se encontra numa situação crítica em relação ao balanço entre disponibilidades e demandas hídricas, em especial confrontando-se os valores de demanda no verão e a disponibilidade mínima no mesmo período, onde o comprometimento chega a 585% da disponibilidade (RIO GRANDE DO SUL, 2007).

Bloedow (2018) cita que para atender a todos os usuários de irrigação de forma isonômica, foi estabelecido o Marco Regulatório do Uso da Água do rio Quaraí, formalizado através da Resolução ANA nº 607, de 9 de novembro de 2010 (ANA, 2010). Esta resolução outorgou o direito de uso de água a 39 irrigantes, prevendo a possibilidade de redução do tempo de captação diário, de acordo com o nível d'água do rio, medido em uma estação de monitoramento de referência (regra da régua).

A Agência Nacional de Águas através das metodologias de determinação de trechos de bacias críticas constantes da Nota Técnica Conjunta nº 002/2012 das Superintendências de Planejamento e de Regulação de Recursos Hídricos (ANA, 2012) e o Estudo de Modelagem Quantitativa e Qualitativa de Trechos de Rio em Bacias Hidrográficas Consideradas Críticas de 2016 (ANA, 2016), indicam a bacia do rio Quaraí como crítica figurando no segundo estudo entre as bacias analisadas com os maiores índices de criticidade quantitativa devido ao uso intenso com irrigação.

O mesmo estudo indica que para o cálculo das demandas de irrigação, ainda que a metodologia desenvolvida no presente estudo tenha sido inovadora, boa parte dos dados necessários para a estimativa das demandas também apresentaram falhas e limitações, seja na determinação das áreas irrigadas ou na identificação do manejo específico de algumas culturas.

Com o objetivo de melhorar a qualidade dos dados e sua análise desenvolveremos um banco de dados com base na metodologia do Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM. Mariani (2007) afirma que CTM é um sistema de informações que integra dados diversificados, com fins de satisfazer as necessidades de vários setores socioeconômicos, representa um sistema integrado de informação em uma determinada escala espacial. Deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica e descritiva, constituindo-se desta forma, o veículo mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, sempre respaldados quanto à estruturação e funcionalidade.

Considerando que o complexo arroseiro gaúcho é o maior usuário de água do estado, torna-se necessário o aprimoramento constante das bases de dados e sistemas de informação necessários à gestão de recursos hídricos. Sistemas como o cadastro técnico multifinalitário ou Sistema de Informações IRGA, podem contribuir para aporte de dados em escala 1:1, reunindo informações de técnicos de campo. É uma contribuição relevante para aperfeiçoar outros sistemas já existentes, como o SIOUT. A próxima seção detalha como esses instrumentos podem ser articulados.

3.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO ARTICULADA DE INSTRUMENTOS DE GESTÃO

Ao final da etapa de discussões e negociações, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF, em 06 de maio de 2009, aprovou a Deliberação CBHSF n° 40, estabelecendo os mecanismos e sugerindo os valores de cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2008). Esta deliberação foi avaliada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, sendo aprovada por meio da Resolução CNRH n° 108 em 13 de abril de 2010 (BRASIL, 2010). Através da resolução ANA n° 267 de 24/05/2010 a agência estabeleceu procedimentos para campanha de retificação, ratificação e regularização de usos em corpos de água de domínio da União na Bacia do Rio São Francisco com vistas à implementação da cobrança em 01 de julho de 2010.

Segundo Pereira (2011) na bacia do Rio São Francisco as ações de rerratificação da outorga que precederam a instalação da cobrança resultaram em diminuição de vazões requeridas na ordem de até 25,9%.

Concomitantemente com base em conhecimento consagrado por instituições de pesquisa como o próprio IRGA e outros, onde o manejo da irrigação é necessária para reduzir os impactos da atividade na qualidade e quantidade das águas, o sistema de informações é uma ferramenta fundamental para organizar os dados sobre o manejo, permitindo que os mesmos sejam empregados no planejamento, seja para melhorar o conhecimento sobre o contexto de usos da água e eficiência na bacia (porque agir), seja para identificar caminhos futuros para ação (como agir) e direcionar programas e estratégias (onde agir). Exemplos incluem programas de pagamento por serviços ambientais capazes de incitar o manejo sustentável da irrigação e a proteção de mananciais.

Outro exemplo importante é o emprego de avaliações de balanço hídrico necessárias ao equilíbrio entre os usos múltiplos das águas nas diversas bacias hidrográficas onde são desenvolvidas atividades de irrigação de arroz no Rio Grande do Sul. Uma outra potencialidade é partir de pesquisas em qualidade de água originadas de lavouras de arroz no que diz respeito a poluentes difusos (nitrogênio e fósforo principalmente), sedimentos e agrotóxicos desenvolvidas pelo IRGA e outras instituições de pesquisa, para aferir os modelos para as condições de bacias hidrográficas com produção orizícola e produzir informações para suporte à decisão envolvendo qualidade da água e sistemas de pagamento por serviços ambientais.

A exemplo do que aconteceu na bacia do Rio São Francisco, a disponibilização de informações que contribuam para a melhoria contínua da gestão das outorgas para o uso predominante de irrigação por inundação de bacias do Rio Grande do Sul em geral e em bacias especiais/críticas como as dos Rios Santa Maria, Gravataí, Sinos e Quaraí irá oferecer tanto ao usuário quando a sistema de gestão de recursos hídricos de um modo geral uma ferramenta que associa os melhores conhecimentos de manejo disponíveis, permitindo que processos sejam otimizados e modelos matemáticos de apoio a decisão sejam aperfeiçoados com informações de campo.

3.4 CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico. O termo “bacia hidrográfica” refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água (SOUTO et al. 2009). As bacias hidrográficas são únicas, possuindo características morfométricas que, combinadas, permitem a diferenciação de áreas homogêneas. Essa diferenciação leva em conta meio físico, como hidrologia e clima; biótico, como demandas ambientais e importância ecológica; e as intervenções antrópicas, tais como os usos da água, sua variação no tempo e as técnicas de manejo utilizadas (TEODORO et al, 2007).

Portanto, cada bacia hidrográfica possui particularidades em relação ao referido acima. Para estudá-las, com objetivo de atender os preceitos da Política Nacional de Recursos Hídricos através do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, é necessário sua caracterização e diagnóstico.

A caracterização e diagnóstico em bacias hidrográficas são o início do processo de sistematização das informações com foco na gestão. Ao descrever as fases para o enquadramento de corpos de água, o Portal da Qualidade das Águas da ANA (ANA, 2021) afirma que na etapa de diagnóstico deve ser reunido o maior número de informações disponíveis

sobre a situação atual da bacia hidrográfica, do uso e ocupação do solo e do uso dos recursos hídricos. Essas informações deverão ser sistematizadas e consolidadas, formando assim um diagnóstico da situação dos recursos hídricos da bacia. Os aspectos principais desta etapa são a identificação dos usos preponderantes, da condição atual dos corpos d'água e da identificação de áreas reguladas por legislação específica (ex: Unidades de Conservação).

Gomes Netto & Sant'ana (2012) destacam a importância do diagnóstico com a análise integrada da paisagem de uma bacia hidrográfica, que mostram como a forma de uso, tipos de solo e relevo, a vegetação/local existente, o desmatamento e a presença de cidades exercem pressão sobre os recursos naturais que compõem uma bacia hidrográfica. Todas as atividades realizadas na bacia desenvolvidas por indústrias, propriedades rurais e cidades refletem na qualidade da água do rio, numa relação de causa e efeito.

A preocupação crescente com a preservação dos recursos naturais tem motivado trabalhos científicos realizados a nível de bacia hidrográfica que enfocam o diagnóstico ambiental; menos comum, entretanto são os diagnósticos capazes de integrar informações associadas ao emprego de determinadas técnicas de manejo (Scoti, 2015).

3.5 SIOUT RS – SISTEMA DE OUTORGA DE ÁGUA DO RIO GRANDE DO SUL

O cadastro disponível de usos da água na bacia do arroio Inhanduí encontra-se no Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT/SIG) disponível em: <<http://www.siout.rs.gov.br/sig/>>. Segundo Manara et al. (2019), o Sistema de Outorga de Água do RS (SIOUT) foi criado com o intuito de aperfeiçoar o gerenciamento das concessões de outorga por meio de ferramentas que explorem as informações relativas aos recursos hídricos de forma eletrônica e integrada nas bacias hidrográficas.

Qualquer usuário pode acessar o sistema a partir de um cadastro simples que permite navegar pelo portal, consultando as autorizações de uso de água disponíveis no sistema. A presente análise constituiu em comparar o cadastro elaborado com as informações confirmadas em cada uma das unidades produtivas com o existente na página web do SIOUT/SIG.

O SIOUT/SIG é uma interface que oferece a localização geográfica das autorizações disponíveis no cadastro no dia da consulta. Com base no mosaico de imagens de satélite, o SIOUT/SIG apresenta nos locais das captações ícones que ao serem clicados abrem uma nota de resumo daquela autorização. Pode-se seguir mais um passo e acessar o cadastro completo

do lançamento georreferenciado. A Figura 2 apresenta um print de tela do SIOUT/SIG com a informação de um dos produtores e sua unidade produtiva no arroio Inhanduí.

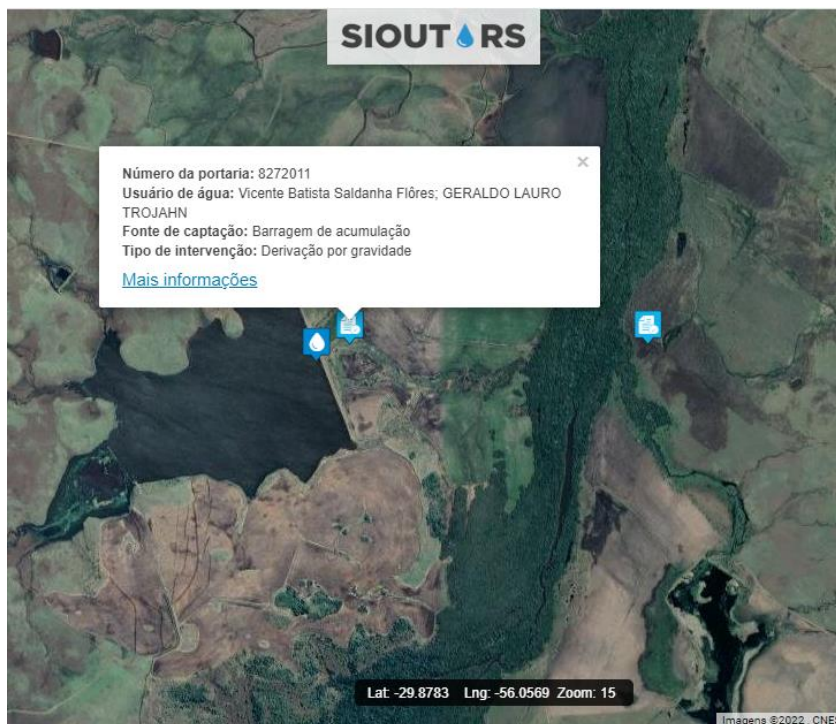


Figura 2 – Imagem de captura de tela do Sistema de Outorga de Água do RS (SIOUT/SIG) com as informações cadastrais de uso de água do produtor Geraldo Lauro Trojahn na bacia do arroio Inhanduí.

Fonte: <http://www.siou.rs.gov.br/sig/>, acesso em 09/04/2022

Cada uma das unidades produtivas associadas a uma ou mais captações com o objetivo de irrigar foi avaliada no portal do SIOUT e as informações foram cadastradas na Pasta de Trabalho Excel, que é o banco de dados deste projeto. Existem entradas de dados carentes de atualização. Há exemplos de registros no SIOUT nos quais as autorizações referentes a uma determinada unidade produtiva ou não estão disponíveis, ou apresentam volumes armazenados que diferem dos reais. Existem informações duplicadas em nome de outros produtores ou proprietários. Na seção metodologia de análise dos registros do SIOUT/SIG relativos à bacia do arroio Inhanduí, são demonstradas algumas destas inconsistências.

3.5.1 O SIOUT e as dificuldades existentes

Como são muitos usuários, as equipes de técnicos do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da SEMA trabalharam muito para que o sistema de autorizações e

emissões de outorga de uso da água atendessem à demanda mas, nestes últimos 20 anos com falta de apoio do executivo para estruturar o órgão gestor atendendo às demandas crescentes, várias fases dos processos de análise e emissão de autorizações aconteceram deixando alguns procedimentos sem a necessária continuidade e atualização com a qualidade técnica necessária para apoiar o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos.

As evidências relatadas nesta seção do estudo pela análise das informações disponíveis no SIOUT das captações da bacia do arroio Inhanduí, são compreensíveis, considerando as dificuldades que o sistema vem experimentando nas duas últimas décadas pois, além das limitações internas do órgão gestor, fatores externos como as dinâmicas de trocas de titulares das autorizações de uso, naturais do processo empresarial de uma empresa de produção de arroz, têm contribuído para sobrecarregar o sistema de análise e emissão de outorgas de uso da água.

Um exemplo desta dinâmica foi a troca de titularidade da concessionária de distribuição de energia elétrica da região onde a bacia do arroio Inhanduí está localizada em 2017. A RGE que substituiu a AES passou a exigir que as ligações de energia para bombeamento estivessem em nome do proprietário da lavoura. Ocorre que a antiga concessionária se contentava com a autorização de uso da água no ponto de captação independentemente de a outorga estar no nome do proprietário da terra, do produtor anterior ou do atual em caso de venda do negócio para outro produtor.

Esta demanda levou os produtores a encaminharem atualizações através do SIOUT, na tentativa de atender à exigência a tempo de dar continuidade em seu empreendimento arroeiro dependente de energia elétrica para bombeamento.

Algumas inconsistências verificadas já são de conhecimento da Divisão de Outorga (DIOUT) do DRHS/SEMA. Segundo técnicos do órgão, por motivos burocráticos, a prestadora de serviços que disponibiliza e atualiza o Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul, está sem contrato desde o final da gestão 2015/2019. Foi também informado que o DRHS está tramitando processo visando a contratação desta prestação de serviços nos próximos meses para corrigir inconsistências, atualizar com novos processos e modernizar o SIOUT, de forma a seguir apoiando o sistema de gestão de recursos hídricos no tocante às autorizações de uso.

Pela metodologia proposta por Manara et al. (2019) incorporou-se ao SIOUT/RS um módulo de balanço hídrico que permite simular, considerando dados cadastrados de diferentes

usos de água, as disponibilidades do recurso hídrico nos trechos dos rios do RS, permitindo aos técnicos responsáveis pelas autorizações uma otimização da gestão das solicitações.

Na Figura 3, estes autores demonstram o fluxo das informações da metodologia que permite ao gestor conhecer as disponibilidades de água em cada uma das mini-bacias como proposto pelo modelo.

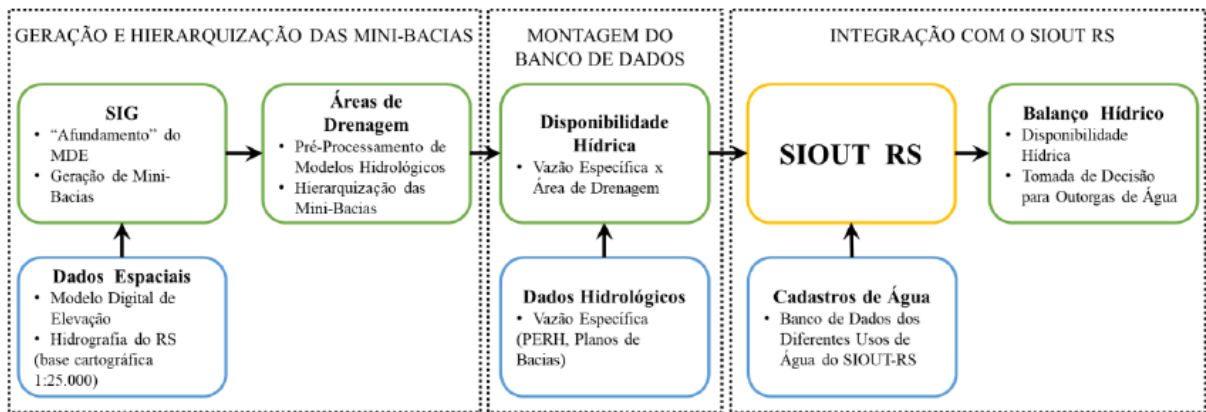


Figura 3 – Fluxograma da metodologia de geração da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do RS para a realização do balanço hídrico integrado ao SIOUT.

Fonte: Manara et al. (2019)

Para que esta ferramenta seja efetiva as informações constantes do SIOUT (caixa do fluxograma: **Cadastrros de Água** * Banco de Dados de Diferentes Usos de Água do SIOUT-RS) devem estar atualizadas com as outorgas de usos operando e registrando dados de monitoramento para que o sistema possa calcular as disponibilidades em cada trecho de rio.

3.5.2 Bacias Ibirapuitã e Inhanduí – Sistema de Gestão de Recursos Hídricos

A Nota Técnica “Modernização da Lei Estadual nº 10.350/1994 – Processos de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos emitida pelo DRHS/SEMA/RS em 10 de março de 2021 (RIO GRANDE DO SUL, 2021) explica que no RS, assim como em outros Estados do país, os Planos de Bacia são segmentados em diagnóstico, prognóstico e plano de ações (em concordância com as diretrizes da Resolução CNRH 145/2012), respectivamente chamados no RS de Fase A, Fase B e Fase C.

A Fase A compreende o diagnóstico dos recursos hídricos e tem como objetivo principal gerar o balanço hídrico entre a disponibilidade hídrica e a demanda atual da água na bacia hidrográfica, bem como a determinação da qualidade atual dos corpos hídricos. Seguindo na informação da Nota Técnica, posteriormente, na Fase B é elaborado o prognóstico, considerando população, dinâmica econômica, uso e ocupação do solo e demais condicionantes para a estimativa da demanda futura pelo uso da água e dos lançamentos dos efluentes, sendo gerados possíveis cenários futuros com relação a quantidade e qualidade das águas. A partir disso, é definido o Enquadramento dos corpos hídricos e o critério de máximo outorgável de água na bacia, em consonância às metas de qualidade e quantidade de água estabelecidas por cada CBH.

Por fim, a Fase C apresenta o conjunto de ações necessárias para que as metas previstas no Enquadramento sejam atendidas, bem como verifica a sustentabilidade financeira do Plano de Ações proposto.

Conforme o Relatório Anual Recursos Hídricos 2020 (RIO GRANDE DO SUL, 2021) o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí onde se insere a bacia do Rio Inhanduí está entre 7 bacias hidrográficas que possuem o “Plano Incompleto” (apenas fases A e/ou B) das 25 bacias hidrográficas do RS.

A Resolução CRH 107/2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012) que aprova o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí para o horizonte de 20 anos conforme deliberado pelo Comitê de Bacia determinou o arroio Inhanduí na Classe de Uso 1 conforme mapa da Figura 4.

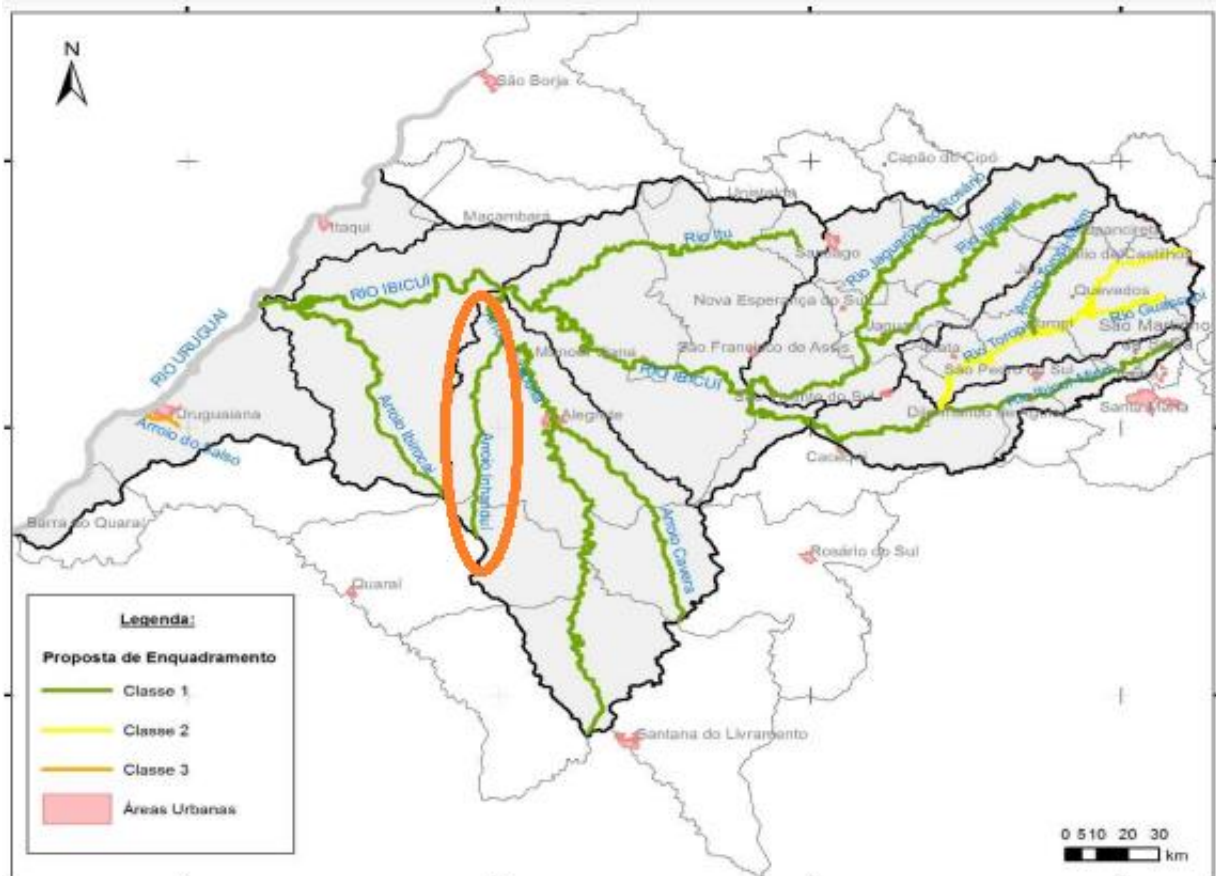


Figura 4 – Enquadramento Bacia Hidrográfica Rio Ibicuí com destaque para a bacia do arroio Inhanduí na elipse laranja – Classe 1.

Adaptado de: COMITÊ IBICUÍ (2012)

O arroio Inhanduí por ocasião do diagnóstico se encontrava na Classe 1, por isso no quadro do Art 2º da Resolução CRH 107/2012 as metas intermediárias para os horizontes de 5 e 10 anos estão da mesma forma previstas na Classe 1. Em seu Art 3º a resolução estabelece a vazão de referência Q 90% para este cenário de Enquadramento (vazão igualada ou superada em 90% do tempo).

Na elaboração do Plano de Bacia do Ibicuí – Atividades Preliminares (antecedentes à Fase A – Diagnóstico), foi aprovada a utilização dos Modelos Matemáticos de Apoio a Decisão MGB/IPH e SAD/IPH. O Relatório Técnico Final (CBH IBICUI, 2012) informa que estas ferramentas possibilitaram a produção de informações necessárias ao desenvolvimento das atividades técnicas das próximas fases, notadamente quanto à definição das disponibilidades hídricas, balanços hídricos, simulação de condições da qualidade das águas superficiais e simulação de retiradas de água ao longo da rede hidrográfica (suporte à definição de critérios de outorga).

Já na Fase A, o diagnóstico foi realizado considerando uma primeira ação de identificação e consolidação das informações existentes, seguida de obtenção de informações complementares e finalmente a consolidação do diagnóstico que contemplou:

- Caracterização do Uso e Ocupação Atual do Solo
- Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas
- Diagnóstico e Prognóstico das Demandas Hídricas
- Balanços Hídricos
- Validação do Diagnóstico – Participação Social

Para facilitar o entendimento e interpretação do Diagnóstico, a Bacia do Ibicuí foi dividida em oito Unidades de Planejamento e Gestão (UPG's). A Bacia do rio Ibirapuitã restou denominada UPG 65 sendo o Arroio Inhanduí uma das 4 divisões estabelecidas para efeito do Enquadramento estabelecido pela Resolução CRH n° 107/2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

Em relação à infraestrutura de monitoramento segundo o portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas, a bacia do arroio Inhanduí possui uma estação pluviométrica convencional na Fazenda Três Capões funcionando desde 31/03 de 1986 (Código 2956009 – operada pela CPRM) e outra telemétrica na Fazenda São Leontino funcionando desde 31/01/2019 (Código 2956016 – operada pela SEMA/RS).

Segundo o relatório final do Processo de Planejamento dos Recursos Hídricos da Bacia do Ibicuí de fevereiro de 2012 (COMITE IBICUI, 2012), a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí conta como uma superfície total de 35.158,43 km² se desenvolvendo desde a sua nascente mais distante no município de Itaara até sua foz na divisa entre os municípios de Itaqui e Uruguaiana onde desagua no Rio Uruguai. Neste mesmo relatório, a Bacia do Rio Ibirapuitã, considerada a Unidade de Planejamento e Gestão 65, conta com 7.973,79 km² e seu afluente o Arroio Inhanduí tem 1.048,2 km², e é parte da bacia do Rio Uruguai que tem uma superfície de 365.000 km² sendo 57% no Brasil, 31% no Uruguai e 12% na Argentina, sendo, portanto, uma Região Hidrográfica Transfronteiriça (RAMON, 2021).

A descrição das características de cada UPG no relatório do Plano de Bacia do Ibicuí, Fases A e B, apresenta a bacia do Ibirapuitã com 13,8% da área total tendo áreas dos municípios de Alegrete, Santana do Livramento, Rosário do Sul e Quaraí. Os dados de 2012 apontam 408.000 habitantes residentes na bacia do Ibicuí dos quais 341.000 em áreas urbanas. A bacia

do Arroio Inhanduí contribui com aproximadamente 13,1 % da do Ibirapuitã e 2,9% do Ibicuí sendo a sua maior parte no município de Alegrete e a outra a montante no de Quaraí (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

Apesar da bacia do Ibirapuitã ser citada como a UPG de maior número de habitantes por causa da zona urbana de Alegrete, a bacia do Arroio Inhanduí não conta com nenhuma concentração urbana, sendo totalmente rural onde os residentes são os proprietários rurais e os trabalhadores durante períodos semanais ou mensais dependendo do tipo de atividade (pecuária ou agricultura).

Segundo o último censo IBGE, 2020 Alegrete contava com 73.589 habitantes e Quaraí com 22.531 habitantes, o que confere uma densidade aproximada de 9,4 hab/km² e 7,3 hab/km² respectivamente. Em termos de Produto Interno Bruto (PIB) a Bacia do Ibicuí contava na época com 6,4% do total do estado sendo a renda *per capita* calculada na época foi de 70% da média estadual.

Em relação à tipologia de uso do solo e cobertura vegetal, o diagnóstico da bacia do Ibicuí indica que 46% são usos de agropecuária, 38% campo, 6,5% mata ciliar e 6,7% orizicultura (COMITE IBICUI, 2012). Se considerarmos os dados do Atlas Irrigação – Mapeamento do Arroz Irrigado no Brasil da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), o município de Alegrete aparece como o 4º maior produtor com uma área total de 52.700 ha que é 6,8% de seu território. Já o município de Quaraí contava neste levantamento com aproximadamente 10.000 ha que são 3,2% do total de sua superfície. Na safra 19/20 segundo levantamento CONAB/ANA (Atlas da Irrigação) foram cultivados na bacia do Inhanduí 8.638,1 ha de arroz irrigado o que significa 8,2 % da superfície total da bacia.

Considerando os dados dos levantamentos de campo realizados na safra 2021/2022 a área cultivada com arroz irrigado na bacia do Arroio Inhanduí totalizou 8.191 ha, representando 7,8% da área total da bacia. Com base nos dados médios de ocupação do solo do diagnóstico da bacia do Ibicuí, descontando as áreas de arroz e as matas ciliares (13,2%) restam 86,8% ocupados com agropecuária e campo. Nessas áreas são desenvolvidas atividades de produção de cultivos de terras altas (soja, milho, trigo) e pastagens nativas e/ou cultivadas constituindo na maioria das propriedades da bacia Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

Na maioria das propriedades da bacia do arroio Inhanduí os produtores arroteiros possuem pelo menos 2 planos de lavouras efetivando ano após ano a rotação da área de cultivo estival com outras produções (principalmente com bovinos e ovinos em pastagens introduzidas

ou naturais). Dois planos de lavouras significam que o produtor tem disponível o dobro de área agricultável se comparado com o potencial de disponibilidade de água para irrigação. Isso faz com que ocorra a rotação das parcelas que compõem os planos de lavoura que fazem parte do planejamento de uma unidade de produção.

Em um clima subtropical típico da bacia do arroio Inhanduí a safra de arroz anual se limita a uma única colheita no período de verão, permitindo outros usos no período de outono/inverno. Isso complementa a rotação de cultivos na unidade de produção arrozeira em favor da intensificação sustentável, conforme preconizado pela FAO (2009).

Com essas características, percebe-se que a produção de arroz inundado na bacia do arroio Inhanduí não configura monocultivo em todas as unidades de produção, contribuindo para a intensificação sustentável da produção de alimentos, fibras e energia na agropecuária no contexto de um Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) (CARVALHO et al., 2014).

A bacia do Ibicuí e suas unidades de planejamento e gestão tiveram suas disponibilidades hídricas determinadas com base na vazão de referência Q90%, que é indicativo de que as vazões do rio são maiores ou iguais a ela durante 90% do tempo. A disponibilidade hídrica superficial anual do Rio Ibicuí é $146 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e do Rio Ibirapuitã de $18,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A bacia do Ibicuí possuía por ocasião do relatório do Plano de Bacia 2.228 açudes com mais de 1 ha de área alagada. Considerando apenas os açudes com área alagada acima de 5 ha tem-se uma superfície alagada de 51.400 ha. O volume total acumulado nestes é de 1.294 Hm^3 , capaz de atender 111.360 ha que é aproximadamente 50% da área total irrigada na bacia (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

Os principais usos consuntivos são o abastecimento público, criação animal, abastecimento industrial e irrigação do arroz (que ocorre somente entre os meses de novembro a fevereiro). As demandas totais variam sazonalmente em função da irrigação do arroz de um máximo de $344 \text{ a } 2,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo que a irrigação representa 98% do valor máximo (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

Na bacia do Ibicuí sobre as vazões naturais fluentes nos cursos de água (descontando-se a contribuição da água estocada pelos açudes — e das captações diretas no rio Uruguai) a demanda total dos usos múltiplos varia de 142 (entre novembro e fevereiro) a $2,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no resto do ano. Considerando-se os consumos sobre os cursos de água fluentes, descontando as parcelas

das demandas que retornam aos mananciais, e em termos de volume, totalizam 746 Hm³ ano⁻¹, variando entre 196 a 4,5 hm³ mês⁻¹ (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

A análise dos dados dos balanços hídricos disponibilidade versus demandas e disponibilidades versus consumos na bacia do Ibirapuitã apenas no mês de janeiro o balanço apresenta déficit de aproximadamente 2%. (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

Em relação à qualidade das águas superficiais, foi verificada com base em campanhas de amostragem e análise em 2005, 2010 e 2011 e embasaram os estudos para determinar as classes de uso atuais que apresentam situação boa, visto que na maioria dos pontos amostrados indicou águas em padrão Classe 1 de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (COMITÊ IBICUÍ, 2012). Os pontos mais críticos são aqueles que recebem lançamento de esgotos urbanos que não é o caso da bacia do arroio Inhanduí.

O Relatório Técnico Final finaliza o diagnóstico afirmando que, em termos de quantidade, os recursos hídricos superficiais na bacia do Ibicuí já são utilizados em seu limite no que diz respeito à vazão disponível nos rios, mas assinala que é importante considerar que aproximadamente 50% da demanda hídrica total é atendida a partir de água estocada nos açudes e barramentos, não há possibilidade de expansão das demandas (no período entre novembro e fevereiro) sem a correspondente reservação de água (COMITÊ IBICUI, 2012).

O diagnóstico realizado através do Plano de Bacia do Rio Ibicuí Fases A e B foi organizado com base no estabelecido no plano de trabalho contemplando a identificação das variáveis a serem utilizadas, coletas e sistematização das informações existentes, estrutura de SIG, unidades de gestão, programas de ações e intervenções previstos e informações complementares para consolidar o trabalho com o prognóstico a partir da caracterização do uso e ocupação do solo, diagnóstico das disponibilidades hídricas e finalmente diagnóstico e prognóstico das demandas hídricas confrontadas com seus balanços hídricos. (COMITÊ IBICUÍ, 2012).

COMITÊ IBICUÍ (2012) levou em conta a escala da bacia dividindo em 8 unidades de planejamento e gestão (mais a contribuição do Rio Santa Maria) onde o Arroio Inhanduí restou parte da UPG 5 que é a bacia do Rio Ibirapuitã. Por limitações de tempo e recursos, nesta escala muitos detalhamentos de informações não foram contemplados.

3.6 INHANDUÍ – UMA BACIA QUE ARMAZENA ÁGUA

Considerando que a maior parcela das águas utilizada na irrigação do arroz na bacia do Ibicuí provém de infraestruturas construídas (açudes e barragens), como evidenciado no

Relatório Final do Processo de Planejamento do Rio Ibicuí Fases A e B (COMITÊ IBICUÍ, 2012), descrevemos a seguir alguns aspectos da análise e propostas do GWP para “Armazenamento de água: Uma nova abordagem sistêmica para o desenvolvimento resiliente”.

Segundo Global Water Partnership (2021), o armazenamento de água tem sido a pedra fundamental do desenvolvimento socioeconômico, particularmente para sociedades expostas a grande variabilidade climática. A natureza sempre forneceu a maior parte do armazenamento de água na Terra, mas o armazenamento construído aumentou significativamente, especialmente ao longo do século XX. Hoje, vários países sofrem de lacunas no armazenamento de água e precipitação cada vez mais variável, ameaçando o desenvolvimento sustentável e até a estabilidade social. Há uma necessidade crescente de melhorar a capacidade de armazenamento e gerenciar melhor o armazenamento existente. Existem custos e benefícios grandes e incertos de diferentes tipos de armazenamento, e desenvolver o armazenamento pode ser arriscado e controverso. Embora haja consenso de que os armazenamentos natural e construído são fundamentalmente complementares, ainda não há uma agenda pragmática para orientar o desenvolvimento futuro do armazenamento integrado de água.

Tilmant et al (2015) e Postel & Thompson (2005) ponderam que o armazenamento de água é um serviço, dotado de valor econômico. Tanto o volume de água armazenado atrás de uma barragem ou no solo e aquíferos em bacias hidrográficas, contribuem para a distribuição no tempo e no espaço de volumes precipitados, disponibilizando água em períodos quando não há chuvas. Cabe à gestão de recursos hídricos desenvolver, preservar e integrar os sistemas de armazenamento naturais e artificiais, em benefício da sociedade. Isso reduzirá os custos de desenvolvimento de novos projetos de armazenamento e tornará os benefícios mais sustentáveis a longo prazo. É um enfoque que reflete na segurança hídrica, definida como “a disponibilidade confiável de uma quantidade e qualidade aceitáveis de água para a saúde, subsistência e produção, juntamente com um nível aceitável de riscos relacionados à água” (GRAY& SADOFF, 2007). Em metodologia desenvolvida pela Agência Nacional de Águas para um índice de segurança hídrica – ISH, ambos o armazenamento natural e artificial nas bacias hidrográficas compõe indicadores para a categoria de resiliência, que faz parte do ISH (ANA, 2019). O armazenamento é, portanto, parte de um sistema maior de ferramentas de gerenciamento de recursos hídricos para gerenciar a resiliência. Os sistemas de armazenamento são uma ferramenta que os gestores de água têm para fornecer vários serviços às sociedades (presentes e futuros), bem como para gerenciar os recursos (por exemplo, em relação a inundações, secas e qualidade da água) para proteger as comunidades (GWP, 2021).

As características naturais, em algumas circunstâncias, também podem desempenhar um papel importante nos sistemas de proteção contra inundações. Por exemplo, o Yolo Bypass (operado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e pelo Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia), uma área úmida de 240 km² ao longo de uma depressão natural perto da cidade de Sacramento, Califórnia, é uma característica importante do sistema de gerenciamento de inundações da Califórnia (capaz de desviar 80 por cento do Rio Sacramento durante eventos de cheia).

A água pode ser armazenada nos solos da paisagem. Os solos desempenham um papel importante na resposta chuva-escoamento de uma bacia. Globalmente, os volumes totais de água armazenados nos solos são pequenos em comparação com outros depósitos terrestres naturais. As estimativas são de cerca de 16.500 BCM (SHIKLOMANOV, 1993). A capacidade dos solos de regular o abastecimento de água doce terrestre é um serviço ecossistêmico fundamental. Em particular, por causa de sua parcela significativa do uso total da terra, as práticas de gestão agrícola (por exemplo, práticas de cultivo, aração profunda, irrigação e drenagem, faixas de proteção e zonas de amortecimento) podem alterar as propriedades hidrológicas e levar a mudanças no armazenamento de água do solo (OCDE, 2016).

Entretanto, mudanças em usos do solo já avançaram de forma significativa em bacias hidrográficas em todo o mundo, o que vem contribuindo para a perda de diversos serviços ecossistêmicos (POSTEL e THOMPSON, 2005) incluindo o armazenamento natural. Por outro lado, toda a infraestrutura construída traz consigo alguma externalidade negativa. Finalmente, há uma interação e co-dependência significativas entre o armazenamento natural e o construído que precisa ser considerada no planejamento e nas operações (HURFORD et al., 2020). É possível haver co-benefícios importantes (por exemplo, reduções de emissões) a serem considerados. Por exemplo, a erosão e perda de solo em bacias hidrográficas também pode assorear barragens por meio do aumento da sedimentação, e o armazenamento de água em barragens pode reduzir a recarga do aquífero a jusante. O desafio, portanto, não é apenas pensar mais amplamente sobre os diferentes tipos de armazenamento disponíveis, mas também considerar as instalações de armazenamento como parte de um sistema integrado maior para melhorar a resiliência na gestão da água e na prestação de serviços.

O Global Water Partnership (2021), afirma que dentro de qualquer bacia ou paisagem, considerando as diferentes características que cada tipo de armazenamento oferece, os gestores têm mais abordagens possíveis disponíveis para lidar com o desafio multidimensional da água. Uma 'lacuna de armazenamento de água' é definida como a diferença entre a quantidade de

armazenamento de água necessária e a quantidade de armazenamento que existe para um determinado tempo e lugar. Essas lacunas são normalmente calculadas em relação aos objetivos da política em nível de país (por exemplo, atingir as metas da Meta de Desenvolvimento Sustentável (ODS) sobre abastecimento de água e saneamento e riscos de inundação aceitáveis) e eficiência do setor público.

Os dados sistemáticos sobre o armazenamento integrado são limitados; no entanto, existem abordagens inovadoras de sensoriamento remoto para preencher algumas lacunas de dados. ICOLD mantém o maior dos conjuntos de dados globais de grandes barragens. Além disso, esta pesquisa aponta para o maior desafio de identificar a localização de instalações de armazenamento distribuídas menores. Muitos países relatam conhecimento limitado sobre a localização e o status de pequenas unidades de armazenamento (de todos os tipos) (GWP, 2021). Pisaniello et al. (2012) descobriram no Vietnã, por exemplo, que tem milhares de pequenas barragens, que não há registro nacional dessas barragens nem das condições de armazenamento associadas a elas (ou seja, não há dados sistemáticos sobre tipo, tamanho, classificações de risco, condições técnicas). Isso é problemático, pois os impactos cumulativos, particularmente do ponto de vista da segurança da barragem, podem ser muito maiores do que para uma única grande barragem.

Numa bacia hidrográfica como a do Inhanduí onde aproximadamente 90% da água utilizada pelos 8.191 ha de arroz irrigados superficialmente na safra 2021/2022 provém de açudes e barramentos construídos para este fim, o Sistema de Informações IRGA vai servir como base de dados para uma abordagem sistêmica de armazenamento de água como o disposto pelo *Global Water Partnership (2021) em Storing water: A new integrated approach for resilient development*, (tradução livre: Armazenando água: uma nova abordagem integrada para o desenvolvimento resiliente), o armazenamento é conceituado como um provedor de serviços, em vez de uma coleção de instalações de armazenamento individuais.

Global Water Partnership (2021), afirma que a abordagem baseada na prestação de serviços esclarece a relação entre armazenamento, processos biofísicos, interesses socioeconômicos e bem-estar humano. Os serviços são definidos de forma ampla para incluir serviços de abastecimento humano e irrigação, funções do ecossistema e proteção contra enchentes e secas, entre outros. Adotar uma abordagem de serviços torna possível articular os parâmetros de desempenho do serviço de armazenamento (por exemplo, volume entregue, confiabilidade) que podem então ser usados para definir e avaliar qual sistema ou portfólio de soluções de armazenamento pode melhor atender às várias necessidades.

Planejar e integrar soluções de armazenamento também requer uma imagem mais clara das vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de armazenamento e de como eles interagem. As barragens contribuem apenas com uma pequena proporção do armazenamento total de água global. No entanto, muitas vezes elas se tornam o foco durante as respostas políticas e debates sobre o aumento do armazenamento. Soluções baseadas na natureza são quantitativamente muito mais significativas, mas é menos claro como investir ou "gerenciar" a água armazenada na natureza (GWP, 2021).

Da mesma forma, embora as águas subterrâneas sejam coletivamente um vasto recurso, seus parâmetros de desempenho locais não são claros, especialmente em ambientes com escassez de dados, levando a desafios de sustentabilidade. Para colocar as soluções de armazenamento em prática, o melhor complemento de tipos de armazenamento deve ser identificado e integrado para fornecer serviços diferentes. A integração desses tipos de armazenamento não apenas dá ao planejador mais opções a serem consideradas, mas também o leva a compreender melhor as relações entre elas.

As ferramentas de contabilidade da água também podem ser usadas para entender melhor como os diferentes estoques de água interagem, são codependentes e podem ser usados em conjunto para atingir certos objetivos de serviço. Isso será fundamental para compreender como integrar diferentes tipos de armazenamento e determinar a eficácia geral do sistema para a entrega de serviços. Para dimensionar e valorizar o serviço prestado pelo sistema de armazenamento é necessário estabelecer uma métrica que associe o serviço prestado a um valor monetário percebido pelo mercado.

A presente proposta de Sistema de Informações integrado às políticas de abastecimento, meio ambiente, recursos hídricos e pagamento por serviços ambientais numa bacia piloto com mais de 102 açudes/barragens que contribuem para o armazenamento integrado de água, contempla os dados físicos destas infraestruturas bem como sua operação.

Global Water Partnership (2021), pondera que as barragens são controversas devido aos já conhecidos impactos. O desafio é identificar até que ponto a pequena infraestrutura distribuída, as abordagens baseadas na natureza, a restauração da paisagem ou uma mistura de soluções cinza e verdes serão mais eficazes (técnica, econômica, ambiental e socialmente) e publicamente aceitas para atender às necessidades da sociedade. Apesar do desenvolvimento positivo no estabelecimento da escala, natureza e locais de vários tipos de armazenamento ainda há mais a ser feito para entender melhor quanto armazenamento existe de diferentes tipos, como ele está mudando ao longo do tempo e seus vários atributos. A caracterização completa de

sistemas de armazenamento inteiros (ativos naturais e construídos) dentro de uma estrutura de bacia permanece limitada.

3.7 EXPERIÊNCIA EM OUTRA BACIA, REGIÃO, PAÍS

Um exemplo de construção de acordo entre usuários de uma bacia hidrográfica envolvendo a irrigação superficial de arroz e serviços ecossistêmicos está configurado na região da Camargue no sul da França. Esse exemplo reúne semelhanças com o Brasil no que se refere ao contexto de usos da água para a produção de arroz, efeitos do manejo do arroz no balanço hídrico quali-quantitativo e das interações entre os usuários e funções ecossistêmicas. A próxima seção traz esses detalhes como forma de ilustrar potenciais oportunidades para o contexto brasileiro.

Camargue – Delta do Rio Rôhne

O Rhône é um grande rio da Europa ocidental industrializada e desce ao sul da geleira Furka nos Alpes suíços até o Mar Mediterrâneo. O vale e a planície aluvial representam uma história complexa de mudança fluvial iniciada durante o último degelo. Mudanças no clima e no uso da terra modificaram o equilíbrio entre descarga e sedimentos, criando uma diversidade de padrões fluviais e formas de relevo das planícies aluviais (BRAVARD, 2015).

A perspectiva humana nas planícies de inundação do Rio Rhône inclui uma das comunidades ameaçadas por inundações durante os períodos de eventos de baixa frequência e alta magnitude e ajuste de canal e planície de inundação. As ocupações das terras baixas enfrentaram um risco constante de enchentes de alta velocidade, que foram importantes para causar danos às propriedades e terras agrícolas. A complexa história da ocupação das planícies e defesa contra inundações é responsável por uma diversidade de configurações locais e regionais.

O desenvolvimento moderno do rio foi realizado para melhorar a navegação, mas também impactou o curso de água se metamorfoseando de um padrão trançado para um sinuoso canal único, com as consequentes mudanças no ambiente. O tipo “melhorado” de planície de inundação promoveu forte sedimentação sobre a margem. Uma segunda geração de distúrbios humanos resultou da construção de reservatórios, canais e usinas com um legado duradouro de impactos fluviais específicos.

O site *Parc Naturel Régional de Camargue* (<http://www.parc-camargue.fr/accueil.html>) descreve o território como delta aberto ao Mediterrâneo que abrange três municípios: Arles, Saintes-Marie-de-la-Mer e Port-Saint-Louis-du-Rhône. Cobre mais de 100.000 ha e 75 km de orla marítima. Conhecida pelas paisagens naturais e pela riqueza cultural é também uma terra onde homens e mulheres trabalham nas paisagens com pântanos, campos e arrozais onde flamingos rosa selvagens dividem espaço com touros da raça bovina típica da região.

Como todos os outros parques naturais regionais, o *Parc Naturel Régional de Camargue* se organiza em torno de um projeto de desenvolvimento sustentável consensuado, baseado na proteção e valorização do patrimônio natural, cultural e humano de seu território.

O documento Contrato do Delta – Dossier définitif (PARC NATUREL RÉGIONAL DE CAMARGUE, 2012) disponibilizado pelo Parc Natural Regional da Camargue explica que na região da Camargue a água é um importante elo entre as atividades humanas e os ecossistemas.

Um recurso econômico, biológico e cultural, a água é o foco de muitas disputas no delta do Rhône. Sua gestão está no centro da organização do território. Seus diferentes usos dividem atores locais (agricultores, criadores, pescadores, trabalhadores das salinas, caçadores, gestores de áreas naturais, usuários e habitantes da Camargue) e levam a fortes tensões sociais.

Por exemplo, a agricultura de arroz, uma atividade agrícola dominante, está na vanguarda das redes de água há mais de 50 anos. É responsável a montante pela introdução de grandes volumes de água doce no delta do rio Rhône durante a estação seca e disponibiliza esse recurso para outras atividades humanas: conservação da natureza, turismo, pecuária, caça, pesca.

Essa situação contribui para a mudança dos ritmos hidrológicos naturais anteriormente marcados pelo déficit hídrico de verão específico para as regiões do Mediterrâneo. O resultado é um sistema complexo que pode levar a conflitos entre usos cuja natureza gira em torno de três questões fundamentais:

- 1) Qualidade da água: as necessidades divergem principalmente sobre a salinidade: água doce para a agricultura, salgada para certos ambientes naturais e zonas úmidas, sal para salicultura.
- 2) Sazonalidade das necessidades: os maiores consumidores (produtores de arroz e trabalhadores de salinas) têm necessidades de água na primavera e no verão. Eles

impõem uma hidrologia do delta "oposta" à do regime natural desfavorável, por exemplo, à conservação das espécies animais e vegetais mais originais.

- 3) Quantidade de água: nível desejado da água no ambiente para o exercício de uma atividade (crescimento do arroz, pesca, caça...). Difere de uma atividade para outra levando à questão da aceitabilidade do nível da água e sua variação do tempo e no espaço.

As dificuldades enfrentadas pela agricultura e os usos da água exigem a implementação de uma gestão sistêmica que também atenda aos principais objetivos da Comunidade Europeia e nacional em termos de desenvolvimento sustentável. A conservação da natureza desempenha um papel importante e atual na gestão do território, mas as outras atividades são essenciais para a sustentabilidade de seu desenvolvimento.

O projeto do contrato do Delta no rio Rhône na região da Camargue tem como objetivo estabelecer essa gestão global e compartilhada da água no respeito mútuo dos diversos atores usuários e no respeito coletivo dos ambientes naturais dos quais depende grande parte da economia do território através do turismo, pecuária, caça, pesca ... (PARC NATUREL RÉGIONAL de CAMARGUE, 2012).

Este projeto, coordenado pelo Parque Natural Regional da Camargue onde todos os agentes hídricos se reúnem, busca também melhorar de forma consensual a atual gestão da água, a fim de preservar o recurso, os ambientes naturais e a economia local. No entanto, seu progresso enfrenta fortes e às vezes contraditórias tensões entre questões políticas, patrimônio social e cultural, a necessidade de avançar para garantir o território diante do risco de inundação e uma visão coerente e compartilhada da gestão da água no que diz respeito às políticas territoriais e europeias.

A Hidrologia do Delta do Ródano

O documento Contrato do Delta da Camargue, Etat des lieux et Diagnostic informa que o funcionamento hidrológico do delta foi modificado pelo atual sistema de densas redes de diques, canais de irrigação e drenagem criado após o desenvolvimento da viticultura do final do século XIX e substituída pelo cultivo de arroz após a segunda guerra mundial. No interior do delta entre os diques do Grande e Pequeno Rhône, um extenso conjunto de barragens de

dimensões variadas garante o controle da água. As redes de canais estão espalhadas por 585 km² de território antropizado dividido em seis bacias de drenagem que contam com sub-bacias administradas coletivamente pelas associações sindicais de agricultores usuários (PARC NATUREL RÉGIONAL de CAMARGUE, 2012).

Submetido por séculos aos caprichos das vazões do Rio Rhône que cavou múltiplos meandros de acordo com suas inundações fertilizantes, além do Mar Mediterrâneo que submergiu alguns pântanos e esterilizou os solos, a região da Camargue passou, durante a segunda metade do século XIX, por importantes transformações que lhe conferem sua aparência atual. O sistema hidrológico da Camargue é totalmente artificial. Desde 1875, a operação hidráulica é um “polder” sob a dependência do homem que represou os dois braços do Rhône para mitigar o efeito das enchentes e construiu o dique do mar para proteger as lagoas das invasões marinhas (PARC NATUREL RÉGIONAL de CAMARGUE, 2012).

Com a contenção total do Rhône, o delta ficou protegido de inundações, mas ao mesmo tempo ficou privado das afluências de água doce que compensavam o déficit hídrico natural e permitiam manter o lençol freático salino em profundidade. Para estabelecer gestão sistêmica e compartilhada da água, foi proposto e implementado, em 2003, o contrato do Delta do Camargue, com a função de cumprir os requisitos da Diretiva Quadro da Água da União Européia e do *Schéma Directeur d'Aménagement et Gestion des Eaux – SDAGE 2010-2015* que estabeleceu para o Rhône-Méditerranée um novo enquadramento para a gestão dos ambientes aquáticos acompanhado de obrigações de desempenho (PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE, 2012). O Contrato do Delta da Camargue (descrito mais adiante) na linha do tempo de acontecimentos históricos do desenvolvimento da gestão de águas na região, aponta em 1945 o desenvolvimento significativo das áreas de cultivo de arroz que necessitam consideráveis entradas de água doce, tanto para sua inundação quanto para a dessalinização do solo.

Na Camargue, o balanço hídrico natural é globalmente negativo devido à ação combinada de um déficit líquido de chuvas no final da primavera e no verão e da evaporação ativa, correspondendo a uma lâmina d'água média em torno de um metro por ano. O contraste é claro entre o período de cultivo, de maio ao final de setembro, e o restante do ano, que costuma ser excessivo (sete em cada dez anos em média). Às vezes, o déficit ou excesso de água é tão grande que compromete a riqueza ecológica e econômica do delta. Os aportes da água de drenagem, ou inversamente, do rebombeamento do saneamento (drenagem) no Ródano são,

portanto, essenciais para "corrigir" os excessos do clima, evitando ressecamento excessivo ou, ao contrário, inundações generalizadas por transbordamento das lagoas.

O resumo do Dossier definitivo do Contrato do Delta da Camargue (PARC NATUREL RÉGIONAL de CAMARGUE, 2012) destaca que a água na Camargue apresenta um funcionamento hidrológico artificial, uma vez que o interior do delta encerrado pelos diques do Grande e do Pequeno Ródano é uma unidade hidrológica homogênea de operação autônoma com um sistema hidráulico composto por uma rede de diques, canais de irrigação e drenagem e estações de bombeamento. Esses são administrados em sua maioria coletivamente, por associações sindicais de agricultores, e constituído de seis sub-bacias principais. A gestão hidráulica interna do delta visa o cultivo de arroz em solo alagado, inundação de pântanos seminaturais ou abastecimento de lagoas com água doce que são parte integrante da paisagem e das atividades humanas colaborando desta forma para a sustentabilidade da região.

Em visita ao Parque Natural Regional da Camargue em junho de 2008 foi possível conhecer o funcionamento de algumas destas estruturas, incluindo canais de irrigação e drenagem e pontos de monitoramento de concentração salina das águas subterrâneas. Segundo informações de uma mostra no centro de visitação o cultivo de arroz após a segunda guerra mundial chegou a 3.000 ha em 1945 e em 1950 a 32.000 ha, mas devido a problemas de mercado interno, a produção de arroz decresceu abaixo de 10.000 ha anuais. Nas condições relatadas acima a vazão necessária para irrigar esta área era insuficiente para manutenção do equilíbrio hidrológico permitindo intrusão salina indesejável para os ambientes ecológicos a serem conservados no âmbito do parque. Como solução a partir da década de 1990 os produtores foram incentivados a incrementar as áreas de cultivo de arroz inundado como forma de contribuir para o equilíbrio hidrológico citado, sendo na safra 2019/2020 de 17.069 ha (AtlasBig, 2020).

Para realizar a gestão deste complexo sistema hidrológico artificial de entradas e saídas no âmbito do sistema francês de gestão de recursos hídricos o Resumo Definitivo do Plano do Delta da Camargue (PARC NATUREL RÉGIONAL de CAMARGUE, 2012) informa os Atores do Contrato:

O Comitê do Delta – Decisão e Acompanhamento - órgão consultivo institucionalizado, encarregado de dar parecer sobre as escolhas e orientações do Contrato e de fiscalizar sua aplicação, o Comitê Delta foi instituído por decreto municipal de 23 de junho de 2003. É composto por 54 membros a partir de 20 de abril de 2011. São representantes das coletividades territoriais (11), dos serviços e estabelecimentos públicos (16) e usuários (27).

Parque Natural Regional da Camargue – Segundo o resumo definitivo do Contrato do Delta da Camargue um Parque Natural Regional é um espaço aberto, um território habitado e reconhecido pela sua excepcional qualidade, mas cujo equilíbrio é frágil. A missão é gerir o seu património conciliando o meio ambiente com o desenvolvimento local.

O Parque Natural Regional de Camargue foi criado em 1970 e é administrado por um consorcio municipal ampliado com entidades departamentais desde novembro de 2005. Este consórcio misto ampliado tem um órgão de decisão (a comissão sindical composta por funcionários eleitos das autarquias locais e das câmaras consulares) e um órgão consultivo (o Conselho do Parque que reúne atores económicos, socioprofissionais e associativos). A atividade do Parque é assegurada por uma equipe de cerca de quarenta agentes e pelo trabalho de 9 comissões orgânicas e 3 comissões estruturais que impulsionam, monitoram e implementam as ações do sindicato. No contexto do Contrato do Delta, a função da estrutura do parque é animação e coordenação. O Comitê de Delta deve contar com estrutura e ferramentas para a implementação de suas decisões e o acompanhamento do Contrato. Desde a fase inicial do Contrato em 2002, o Parque Natural Regional da Camargue tem desempenhado o papel de estrutura de apoio e facilitador do processo: preparação dos arquivos preliminares e finais, coordenação do projeto, em estreita consulta com os parceiros locais e com apoio dos técnicos do comitê.

Após a assinatura do Contrato, o Parque se encarrega das missões relacionadas com o acompanhamento e a condução do Contrato: secretaria, logística do projeto, organização das reuniões do Comitê de Delta e das diversas comissões, preparação de avaliações, assistência aos gerentes de projeto. Deverá também assegurar a criação de um observatório ambiental e a implementação de um plano de comunicação que assegure a informação e sensibilização dos atores locais e usuários interessados.

No contexto do Plano Diretor de Desenvolvimento e Gestão das Águas (SAGE) do delta da Camargue, o setor de produção de arroz, além da operação e manutenção do sistema de aporte e afastamento de águas doces para o perímetro do delta da Camargue, está comprometido com metas a serem atingidas para a melhoria da qualidade das águas no que diz respeito a poluição difusa pelo uso de fertilizantes nitrogenados e fosfatados e a poluição por agrotóxicos.

Segundo Scarwell, (2006, apud Bohn, 2008) na legislação francesa de recursos hídricos a planificação sistemática e obrigatória dos recursos hídricos, tanto no plano qualitativo quanto no plano quantitativo, foi instituída na Lei nº 92-3 de 3 de janeiro de 1992, sob a forma de planos diretores denominados Schémas Directeurs d’Amenagement et de Gestion des Eaux

(SDAGE), na escala das grandes bacias hidrográficas e de Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), na escala das bacias de pequeno porte. O Plano de Ordenamento e Gestão das Águas (SAGE) segundo Hubert et al. (2002) é um instrumento privilegiado para uma gestão equilibrada dos recursos hídricos na escala local. Estabelecido sobre a base de uma iniciativa participativa, é elaborado para um território definido através de critérios físicos e econômicos.

Já o Plano Diretor de Ordenamento e de Gestão das Águas (SDAGE) pode ser definido como um “contrato de desenvolvimento” no domínio das águas, acordado entre os diversos atores, com objetivos comuns a serem atingidos numa escala de bacia hidrográfica e num prazo de 10 a 15 anos (Hubert, 2002). O mesmo autor resume: SDAGE é considerado como um instrumento de planeamento estratégico e por causa da sua escala de aplicação, só pode definir as grandes orientações da gestão.

O SAGE é considerado como um instrumento de planeamento operacional, sobre um determinado território (bacia ou sub-bacias correspondentes a uma unidade hidrográfica ou a um sistema aquífero) e deve: a) fixar objetivos precisos de utilização, desenvolvimento e proteção dos recursos hídricos; b) definir os meios necessários para atender esses objetivos (meios estruturais, regulamentares, financeiros etc.); e c) ser compatível com as orientações do SDAGE.

Bohn (2008) cita que na regulamentação desta norma constam os procedimentos de elaboração do SAGE e a necessidade de planificação, de delimitação de área de abrangência, constituição da Comissão Local de Água, funcionamento desta comissão, conteúdo do SAGE, aprovação e alcance jurídico do SAGE.

A Comissão Local de Água no caso do arranjo do Contrato do Delta da Camargue é desempenhada pela infraestrutura do Parque Regional Natural que apoia executivamente o Comitê do Delta que é uma espécie de Comitê de bacia desta região.

Na maioria dos comitês franceses, os SAGE's são agendas executivas desenvolvidas com apoio da Agência de Águas e parceiros locais, que quando vão a campo na maioria das vezes se transformam em contratos de gestão onde serão aplicados os recursos financeiros destinados ao plano executivo do território. Esse último busca uma coerência física e técnica (geografia, ecossistema) e viabilidade da gestão negociada em virtude da existência ou não de estruturas locais, de recortes administrativos, de identidade cultural e econômica do setor,

esforçando-se para encontrar um tamanho operacional, cuja superfície se situa entre 1.000 e 2.000 km² (BOHN, 2008).

3.8 PROPOSTA DE PLANO DE AÇÕES – COMITÊ IBICUI

As atividades de cooperação com a Agência do Loire-Bretagne com interveniência do Office International de l'Eaux (OIEaux) entre 2015 e 2017 trouxeram aprendizado e exemplos que contribuíram para que o Comitê Ibicuí estruturasse uma proposta de Plano de Ações correspondente a parte da Fase C do Plano de Bacia. Em Seminário realizado em abril de 2015 com a presença do Diretor do Departamento de Recursos Hídricos, Fernando Meirelles, o comitê discutiu e estabeleceu as bases de um programa de ações para a Fase C do Plano de Bacia. Alguns comitês do RS realizaram esta atividade durante a gestão do Diretor Meirelles que ficou conhecida como o “Plano Endógeno”, isto é, realizado com a facilitação do DRHS e a participação dos membros do comitê, se elegeram as prioridades de investimentos e ações considerando o Enquadramento estabelecido em 2012 após as Fases A e B do Plano de Bacia.

De posse destas prioridades eleitas e registradas, com a colaboração da OIEaux que disponibilizou um consultor, a diretoria executiva do Comitê Ibicuí juntamente com a entidade apoiadora das atividades executivas do colegiado, a Fundação Maronna, que constituíram o Grupo de Trabalho Agência do Ibicuí contando ainda com a UNIPAMPA, a SEMA/Fepam e o IRGA; elaboraram uma proposta intitulada: Projeto Piloto Agência de Bacia do Ibicuí.

Na proposta elaborada à época da participação do IRGA foi sugerido desenvolver e operar um cadastro de irrigantes, semelhante à proposta no presente trabalho.

Entre as atividades previstas deste plano, em junho de 2016 a OIEaux proporcionou uma visita técnica à França onde, a Agência de Águas do Loire-Bretagne conduziu o grupo do GT Agência do Ibicuí para conhecer alguns dos Planos de Ordenamento e Gestão das Águas (SAGE) em andamento. Todos construídos com base no SDAGE com apoio da agência e instituições locais como prefeituras, sindicatos rurais, departamentos, entre outros.

A atuação da cadeia produtiva do arroz no delta da Camargue está comprometida com a operação dos planos de ações previstos no Contrato do Delta e tem prestado serviços ecossistêmicos na medida que a inundação de determinada superfície de arroz contribui para o equilíbrio de determinados ecossistemas evitando contaminação de águas freáticas pelo sal e o extravasamento de algumas lagoas por conta de excesso de vazões ou mesmo poluídas.

Esta experiência foi descrita devido a sua complexidade em termos de atores e características morfométricas de uma sub bacia onde o uso predominante das águas é também

a irrigação do arroz e seus arranjos institucionais amparados pelo ambiente legal da França e da União Europeia são um exercício de gestão participativa das águas visando o desenvolvimento local sustentável.

3.9 TÉCNICAS DE MANEJO DE SOLO E ÁGUA

Considerando que a lavoura de arroz com finalidade comercial no Rio Grande do Sul tem mais de 100 anos e representou sempre uma cadeia produtiva importante para a sócio economia dos municípios produtores, a evolução das práticas de manejo de solo e água são objeto de análise nesta seção da dissertação, visando a associação destas com os quesitos de alinhamento com a sustentabilidade cada vez mais cobrada pela sociedade como um todo.

3.9.1 Evolução tecnológica e ganhos em produtividade

Na publicação Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2020 pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (RIO GRANDE DO SUL, 2021) o Valor Bruto da Produção (VBP) do Arroz de R\$ 8,42 bilhões figura na terceira posição abaixo apenas do complexo Soja (R\$ 16,9 bilhões) e do complexo Aves (carne e ovos). Neste estudo a Soja aparece com pouco mais de 3 vezes o VBP do arroz, mas é interessante ressaltar que na safra considerada na publicação (2020/21) o arroz utilizou uma superfície pouco menos de 16 % (933.170 ha) dos 5,96 M ha ocupados pela oleaginosa. Pode-se comparar os dois setores utilizadores de área agricultável calculando o VBP em reais por hectare (R\$ ha⁻¹), sendo a soja R\$ 2.835,57 e o arroz R\$ 9.023,00 por cada hectare colhido.

Através dos investimentos em pesquisa e validação tecnológica proporcionados principalmente por instituições como IRGA e Embrapa ao longo da evolução da produção de arroz no estado, o Rio Grande do Sul atualmente experimenta níveis de produtividade comparáveis aos maiores do planeta. Sem dúvida, o investimento em genética e manejo adequados permitiram alcançar estes patamares. Na Figura 5, Souza (2021) apresenta de forma gráfica o avanço da área de cultivo, da produtividade e dos ganhos ou perdas de produtividades de arroz no período de 1920 a 2019. O autor informa que, neste período, a lavoura de arroz do RS aumentou a produtividade em 3,5 vezes, o que representa 25% a mais que a média de aumento de produtividade no mundo. Ainda segundo este autor, se o RS tivesse acompanhado a taxa de evolução da produtividade no mundo, teria que ter aproximadamente 25% a mais de área para ter a mesma produção.



Figura 5 - Histórico da evolução da área de cultivo (linha tracejada com triângulo), da produtividade (linha contínua com quadrado) e do incremento de produtividade (linha pontilhada com círculo) ao longo de 100 safras de arroz irrigado no Sul do Brasil.

Fonte: Souza (2021).

Nesta mesma representação gráfica, Souza (2021) elenca oito fases históricas que determinaram ganhos ou perdas em produtividade responsáveis pela curva de crescimento/decréscimo a cada década. Nas próximas seções apresenta-se as três últimas fases que influenciaram sobremaneira os investimentos em tecnologia e aperfeiçoamento de manejo no Rio Grande do Sul resultando em excelentes níveis de produtividade alinhados a diretriz intensificação sustentável sugerida pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO.

A intensificação sustentável da produção agrícola é o Objetivo Estratégico A do primeiro Marco Estratégico da FAO estabelecido em 2009 para o período 2010 – 2019. Por meio desse Objetivo Estratégico, a FAO fornece aos países membros tecnologias, políticas, conhecimentos, informações e capacitação para que possam aumentar a produtividade e a lucratividade de suas colheitas ao longo do tempo. Isso é alcançado por meio de sistemas de produção e tecnologias de manejo de safras que aumentam a produtividade sem efeito adverso

sobre os recursos naturais, aumentando a resiliência às mudanças climáticas e a eficiência no uso de insumos, e criando um ambiente propício para que os agricultores possam participar competitivamente dos mercados.

A Divisão de Produção e Proteção de Plantas da FAO promove a intensificação da produção agrícola usando a abordagem do ecossistema, incluindo considerações técnicas e políticas tais como redução ecologicamente correta em perdas de campo e pós-colheita de estresses abióticos e bióticos; conservação e uso sustentável de recursos fitogenéticos para o desenvolvimento de variedades de cultivo melhoradas e sua implantação por meio de sistemas de sementes pró-pequenos produtores. (FAO, 2009)

No RS, o advento das cultivares modernas como o BR IRGA 409 originadas de um esforço global em favor do incremento de produtividade, buscando genética responsiva a fertilizantes concentrados e produtos químicos com objetivo de proteção dos cultivos características da Revolução Verde. Segundo Souza (2021), períodos recentes nos quais experimentamos maior perda de produtividade deve-se principalmente ao avanço do Arroz Vermelho (arroz daninho).

3.9.2 Arroz vermelho e estagnação da produtividade de arroz

A década de 1990 observou, segundo Souza (2021), uma taxa negativa de ganho de produtividade de 602,4 kg ha⁻¹ (Figura 5). Já Marchesan (1994) afirma que o arroz vermelho é citado como o principal entrave à elevação do rendimento de arroz em 80% dos municípios produtores de arroz do RS, e arremata afirmando que os prejuízos são devidos a diminuição do rendimento de grãos, redução da qualidade do produto comercial, das sementes e elevação da infestação das áreas. Marchesan (1994) segue sua análise citando que o arroz vermelho diminui a produtividade devido à competição por luz, nutrientes, espaço físico etc.; e cita alguns dados de outros autores como: Baldwin (1978) concluiu que uma quantidade de 33 panículas de arroz vermelho/m² pode reduzir a produtividade em cerca de 64%, ao passo que Pulver (1986) não obteve resultados tão drásticos, encontrando que uma população de 47 plantas de arroz vermelho/m², reduziu a produtividade em 25%.

O arroz vermelho ou daninho tem sido nos últimos 35 anos um dos maiores desafios de manejo em busca de produtividades potenciais de quaisquer cultivares. Na década de 1990 a 2000, tecnologias como o Plantio Direto com Cultivo Mínimo de arroz irrigado e o sistema Pré Germinado se transformaram em opções viáveis de cultivo do cereal no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, exatamente pelo fato de cada uma com suas características proporcionar um

controle do arroz daninho/vermelho a níveis suportáveis em termos de produtividade da variedade semeada.

Muitas áreas de lavouras inviabilizadas pela adaptação do arroz daninho/vermelho ao manejo vigente à época puderam retornar ao cenário produtivo combinando novas tecnologias de manejo, descritas a seguir.

Terraceamento: Elaborado em nível com taipas permanentes, se instalou nas terras baixas e persiste como um investimento fundamental para o manejo buscando altas produtividades das variedades modernas.

Plantio Direto com Cultivo Mínimo: Trouxe à cadeia produtiva do arroz irrigado a tecnologia de construção do sistema de irrigação de coxilhas (terras altas) com taipas ou marachas¹ de base larga. Esta estrutura, que serve para manter a lâmina de água em um quadro de arroz em nível, é associada com a semeadeira articulada para absorver o relevo composto (taipas e declividade natural do terreno) de uma área declivosa como as de coxilha da Fronteira Oeste do RS. Essa técnica permitiu que o arroteiro racionalizasse o uso de máquinas e mão de obra distribuindo tarefas (boas práticas de manejo) ao longo do ano.

Preparo antecipado com a infraestrutura de drenagem e irrigação: É instalado antes da primavera, aumentando a possibilidade de semear o arroz na época mais indicada para atingir altas produtividades. São utilizadas modernas máquinas com ferramentas adequadas para realizar a semeadura homogênea em todas as condições de perfil de solo.

Sistema Pré Germinado: Realiza preparo de solo com água antes da semeadura, permitindo que muitas das tarefas de uma lavoura de arroz convencional fossem distribuídas ao longo do ano e facilitando a otimização do manejo na busca por maior produtividade.

Dentre essas, as tecnologias disponibilizadas pelo Sistema Plantio Direto com Cultivo Mínimo de Arroz Irrigado foram responsáveis por grandes incrementos de produtividade em diversas propriedades no estado na década de 2000 a 2010 (MENEZES et al., 2004). Segundo Recomendações Técnicas Arroz (SOSBAI, 2007), na safra 2006/2007 o Rio Grande do Sul predominou o sistema cultivo mínimo com 66% seguido do convencional (21%), pré-germinado (10%) e plantio direto (3%).

A resposta para as limitações impostas pelo arroz daninho/vermelho iniciou com o desenvolvimento da tecnologia Clearfield® que, acompanhada de uma cultura de

¹ Maracha é a denominação da taipa na Região Sul do RS.

aprimoramento do manejo com boas práticas, permitiu ao produtor arroteiro a conviver com ele minimizando seu dano econômico, pois encontram-se poucos trabalhos na literatura nacional estudando impactos econômicos do Arroz Vermelho a partir de 2000.

No entanto a nível internacional Sudianto (2013) estudando os impactos da tecnologia Clearfield® caracteriza *Oryza sativa f. spontanea*, comumente conhecido como arroz daninho/vermelho, como uma das plantas daninhas mais difíceis de controlar na produção de arroz. Segundo o autor, o impacto sobre o rendimento varia amplamente entre os locais, dependendo do nível de infestação, duração da interferência, o tipo de cultivo de arroz e a prática de manejo da safra dos agricultores. Segundo Gunawardana (2008) as perdas podem variar de 30 a 100% devido à infestação do arroz daninho/vermelho.

Sudianto (2013) informa que para resolver este problema, o Centro Agrícola da Universidade do Estado de Louisiana (LSU AgCenter) introduziu variedades de arroz cultivado resistentes à herbicidas do grupo das imidazolinonas (IMI), conhecidas como arroz Clearfield®.

Os Projetos 10 e CFC contabilizaram estas oportunidades tecnológicas para a consecução de seus objetivos em diminuir a lacuna de produtividade. Utilizaram o conhecimento disponível para com os grupos de agricultores desenvolver habilidades para desempenhar Boas Práticas Agrícolas nas lavouras de arroz,

3.9.3 Projetos para diminuir a lacuna de produtividade do arroz

Segundo Menezes et al. (2012) a partir da safra 2001/2002 foram estabelecidas as primeiras áreas em colaboração com os profissionais de pesquisa e extensão do IRGA e com os produtores do município de Dom Pedrito/RS visando o estabelecimento de estratégias para incrementar produtividade e sustentabilidade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, incluindo o lançamento das bases do Projeto 10. O autor informa que esta iniciativa emergiu do fato que o potencial genético das cultivares disponíveis nas condições ambientais de nossa região subtropical estava sendo subutilizado deixando margem para uma lacuna de produtividade a ser conquistada pelos agricultores. As diferenças de manejo entre as parcelas experimentais e as lavouras comerciais foram tabuladas e se estruturou um programa de extensão focado em permitir que o agricultor se desse conta que, com pouco investimento (melhoria de manejo), poderia alcançar níveis de produtividade mais compensadores considerando o gasto realizado durante uma estação de crescimento.

A partir de 2003, com o lançamento da cultivar IRGA 422 CL que incorporou a tecnologia Clearfield®, mais uma importante ferramenta foi agregada a este processo em

construção, permitindo que inclusive aqueles campos comprometidos com arroz daninho/vermelho pudessem seguir as recomendações do já conhecido Projeto 10.

Menezes et al. (2012) acrescentam que ao longo deste processo o IRGA iniciou um programa para validar e incentivar a adoção de Tecnologias Mais Limpas visando melhorar a eficiência do uso de recursos naturais a exemplo do que acontecia no setor industrial gaúcho através da atuação do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL/SENAI/RS/UNIDO). Segundo o autor, o Projeto 10 é uma resposta do setor de produção de arroz do estado aos desafios de sustentabilidade respeitando o meio físico através do constante investimento em validação tecnológica pela pesquisa aplicada, associado com a difusão deste conhecimento aos usuários finais.

O resultado deste arranjo através da ação dos então 40 Núcleos de Assistência Técnica e Extensão Rural (NATE) espalhados pelos municípios das seis regiões arrozeiras do estado foi percebido na etapa 7 do estudo de Souza, 2021 (Figura 5) onde, na década 2000 – 2010, os agricultores acrescentaram $650,6 \text{ kg ha}^{-1}$ à produtividade média de arroz no estado do Rio Grande do Sul.

A abordagem com foco na busca da diminuição da lacuna de produtividade na lavoura de arroz irrigado do estado do Rio Grande do Sul tem suas origens em algumas iniciativas entre as quais a do Fundo Latinoamericano de Arroz Irrigado (FLAR em espanhol – riego = irrigado) em algumas regiões dos países que são parte do consórcio.

O Fundo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) é uma parceria público-privada entre instituições de arroz da América Latina e Caribe e o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) estabelecida em 1995 com o objetivo de melhorar a vida das pessoas através do desenvolvimento de tecnologia aprimorada para o cultivo de arroz. Desde que foi estabelecido o FLAR implementou programas para promover o uso de cultivar/es melhoradas, boas práticas de manejo otimizando o uso dos recursos naturais. (ZORILLA et al, 2012).

Zorilla et al. (2012), citando MaClean et al. (2002), afirmam que o arroz é na atualidade o grão alimentar mais importante na maioria das áreas tropicais da América Latina e Caribe (ALC), onde fornece mais calorias na dieta das pessoas do que trigo, milho, mandioca ou batata, e é principal fonte de proteína para os 20% mais pobres da população. Nesse contexto, a garantia da segurança alimentar destes países depende do incremento na produção de arroz de forma sustentável. Os autores afirmam que este incremento de produção tem que contemplar a abordagem ecoeficiente que implica em produzir mais utilizando menos recursos e diminuindo

o desperdício e a poluição, e complementam que a produção ecoeficiente deve garantir renda, ser competitiva com outras atividades agrícolas e comerciais e ecologicamente sustentável; ainda deve ser resiliente frente as mudanças climáticas e promover a equidade social garantindo para todas as categorias de produtores acesso a novas tecnologias e práticas de manejo. Como resumo os autores afirmam que a produção ecoeficiente de arroz permite que os agricultores obtenham mais benefícios do cultivo de arroz usando menos recursos.

A disponibilidade de genéticas modernas e adequadas às demandas atuais é importante, mas para otimizar a produtividade de uma variedade com bagagem genética promissora para o mercado, a agronomia e os manejos de boas práticas são complementos fundamentais para atingir a agricultura ecoeficiente.

Segundo Zorilla et al (2012), o uso sustentável dos recursos naturais, as habilidades dos agricultores e as técnicas de manejo de cultivos são fatores chave para construção de uma agricultura ecoeficiente. Para cumprir seu papel neste processo em 2003 o FLAR com o apoio financeiro do Fundo Comum de Commodities (CFC) iniciou um programa de transferência de tecnologia no estado do Rio Grande do Sul no Brasil e nos estados de Portuguesa e Guarico na Venezuela com o objetivo de reduzir a lacuna de produtividade nestas três regiões.

Recentemente Yuan S. et al. (2021) avaliaram lacuna de produtividade e uso eficiente de recursos (incluindo água, pesticidas, nitrogênio, trabalho e energia) em 32 sistemas de produção de arroz que juntos respondem por 88% da produção global de arroz e demonstraram que alcançar altos patamares de produção e alta eficiência de uso de recursos não são metas conflitantes e que a maioria dos sistemas tem espaço para incremento de produtividade e eficiência no uso de recursos, ou ambos.

Este estudo também mostra que um foco explícito em áreas com grande diferença de rendimento e/ou grande impacto ambiental pode ajudar a aumentar o retorno global dos investimentos em programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) agrícola. Por exemplo, aumentar o rendimento médio para um nível equivalente a 75% do potencial de rendimento em 19 sistemas de cultivo onde os rendimentos atuais são intermediários ou baixos (< 60% do potencial de rendimento) aumentaria a produção anual global de arroz em 262 Mt (+ 36% de nível atual), o que seria suficiente para atender a uma demanda global projetada de arroz até 2030.

O sistema de cultivo de arroz do estado do Rio Grande do Sul é um dos 32 estudados por Yuan, S. et al, (2021). Neste estudo o sistema de cultivo gaúcho situa-se na categoria onde

as produtividades estão acima dos 60% da lacuna de produtividade devido aos programas FLAR/CFC e IRGA Projeto 10 a partir da década de 2000 que contribuíram para incrementar a produtividade média em 1,6 Mg ha⁻¹ no RS (5,4 Mg ha⁻¹ em 2001/02 para 7,1 Mg ha⁻¹ em 2007/08). (IRGA, 2021).

O programa FLAR/CFC focou seis estratégias de manejo básicas:

- Semeadura na época adequada
- Baixa densidade de semeadura
- Uso de sementes certificadas com tratamento contra pragas e doenças
- Controle de ervas daninhas no cedo
- Manejo de Fertilização
- Manejo da irrigação

Estas práticas foram complementadas pelas experiências específicas locais desenvolvidas pela pesquisa e/ou através da investigação participativa com os agricultores nas parcelas demonstrativas a campo. O projeto FLAR/CFC empregou uma abordagem de extensão de agricultor a agricultor, usando um líder de agricultor para transferir a tecnologia para outros agricultores.

Segundo Pulver (2005), concentre-se primeiro no fácil: Qualquer programa de transferência de tecnologia bem-sucedido requer uma estratégia de implementação e uma metodologia para expor aos produtores as tecnologias aprimoradas. A estratégia do projeto CFC consistiu em focar no serviço de extensão do IRGA desde que os recursos humanos necessários estivessem disponíveis, iniciar o programa em áreas do estado onde os impactos da produção pudessem ser feitos com relativa facilidade, concentrar-se em parcelas de demonstração nas fazendas e trabalhar com grupos de produtores em oposição a agricultores individuais. Após a experiência inicial, o programa se expandiria para áreas mais difíceis com base na experiência adquirida durante a fase inicial.

Em cada localidade foi realizado um levantamento inicial do setor de arroz para identificar as principais deficiências tecnológicas. Agricultores inovadores que tinham capacidade e vontade de comunicar suas experiências foram então selecionados. Esses líderes-agricultores recebem treinamento extensivo nas práticas recomendadas, e parcelas de demonstração foram estabelecidas nas terras do líder-agricultor. Grupos de produtores nas proximidades de cada fazenda-piloto visitavam regularmente as parcelas de demonstração e

discutiam suas observações com o agricultor-líder, muitas vezes levando à modificação das práticas recomendadas. Esses produtores foram então auxiliados na adoção das práticas recomendadas.

A este modelo de transferência de tecnologia se atribui grande parte do sucesso do programa exatamente pela participação do agricultor no processo de construção dos melhores manejos adaptados à sua condição de solo e clima.

Segundo Menezes et al. (2012), nos modelos tradicionais de geração e difusão de tecnologia a decisão do que pesquisar cabe ao pesquisador, após ele ir ao campo para ver se os resultados obtidos são úteis aos produtores; na sequência ele retorna à estação experimental para ajustes e só então o pesquisador passa as informações para o serviço de extensão. De posse das novas informações e tecnologia, os extensionistas difundem para os produtores e, finalmente, a tecnologia estará disponível para ser adotada por eles.

No modelo de geração e difusão de tecnologia adotado pelo IRGA no âmbito do Projeto 10 e pelo CFC a decisão daquilo que vai ser pesquisado parte de um diagnóstico com a participação de extensionistas, produtores e pesquisadores sendo que muitos dos problemas diagnosticados podem já ter sua solução nesta fase e, as tecnologias serem adotadas imediatamente pelos produtores. Neste caso a implementação de parcelas demonstrativas a nível de propriedade é estruturada pelos atores com a orientação do pesquisador. Caso os problemas diagnosticados necessitem de investigação, o pesquisador instala seus experimentos na estação experimental em busca de soluções e depois com os resultados retorna a campo e constrói com os extensionistas e produtores novas parcelas demonstrativas para validar a nova tecnologia de forma que os agricultores visualizem os resultados numa lavoura comercial.

Depois de validadas as tecnologias, cabe aos extensionistas difundir em larga escala. Ao final do processo o produtor estará apto a adotar ou não as sugestões propostas. Neste modelo extensionistas e produtores participam dos processos de geração e difusão de tecnologia como sujeitos ativos. Por esta razão afirmam Menezes et al. (2012) que há maior probabilidade do que foi gerado atender à real demanda dos usuários e as probabilidades de adoção de novas tecnologias são maiores.

3.10 AS BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA ARROZ IRRIGADO COMO BASE DOS PROJETOS 10, CFC E 10+

Para estabelecer a metodologia de avaliação do uso eficiente da água através do índice EUA, estruturou-se uma matriz de indicadores decorrentes do uso e aplicação de boas práticas agrícolas que influenciam na eficiência do uso do recurso hídrico. Com o objetivo de determinar os indicadores e seus pesos na matriz de cálculo do índice EUA, nesta seção analisa-se as diversas propostas de abordagem de boas práticas agrícolas estabelecidas desde o início do atual século que permitiram alcançar os níveis de produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Segundo Menezes (2012), aproximar os atores envolvidos na geração, validação, transferência e utilização da tecnologia alinhada aos desafios propostos pela sociedade de produzir mais com menos é uma estratégia de sucesso para diminuir a lacuna de produtividade.

O pesquisador, o extensionista e o agricultor juntos são protagonistas de uma evolução em termos de produtividade e uso racional dos recursos naturais nestes locais como o estado do Rio Grande do Sul, nunca experimentada em outras épocas. No estudo de Yuan, et al. (2021), os sistemas de produção de arroz dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, do Uruguai e da Argentina são exemplos deste avanço. Os projetos CFC, Projeto 10 e Projeto 10+ do FLAR e IRGA contribuíram para este avanço em produtividade, mas para chegar nestes patamares, esta parceria precisou sistematizar conhecimento validado de modo que fontes de consulta estivessem disponíveis para novos usuários.

A Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI) publica bianualmente desde 1991 o boletim técnico-científico “Arroz Irrigado: Recomendações da Pesquisa para o Sul do Brasil”. O documento é produzido e editado pela Comissão Técnica do Arroz Irrigado (CTAR-I) com objetivo de divulgar tecnologias de produção, industrialização e comercialização de arroz irrigado nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Ele é atualizado periodicamente para acompanhar a evolução da cadeia produtiva do arroz. A cada nova edição, o boletim passa por uma revisão geral para a correção de pequenas inconformidades e para inclusão de novas recomendações da pesquisa para o cultivo de arroz (SOSBAI, 2018).

São membros da SOSBAI pesquisadores, extensionistas de instituições como o IRGA, EPAGRI, EMBRAPA, UFRGS, UFSM, UFPEL entre outras, bem como produtores e técnicos de consultorias e empresas privadas que atuam na área de produção do arroz irrigado. O Boletim da SOSBAI é um manual de boas práticas onde o cientista e suas parcerias disponibilizam em

linguagem acessível as recomendações de manejo da cultura visando, o manejo ecoeficiente, a produção equilibrada ou, nos termos da FAO (2009), a intensificação sustentável de arroz irrigado.

Considerando que o setor de produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul foi notificado pelo Ministério Público Estadual na década de 1990 para que se adequasse a legislação vigente no que diz respeito a uso de recursos naturais, os próprios pesquisadores e usuários perceberam que seria necessário absorver as novas agendas que incluíram o manejo sustentável de recursos naturais nos programas de desenvolvimento e validação de novas tecnologias visando otimizar as atividades de produção. Por conta deste contexto várias iniciativas contribuíram para construção de um compendio de Boas Práticas Agrícolas para a lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Como citado anteriormente, a Resolução 100/2005 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2005) que estabeleceu o Plano Estadual de Regularização da Atividade Irrigação, obrigou o agricultor irrigante que desejasse seguir na sua atividade, a realizar investimentos e reestruturar sua propriedade de acordo com a legislação de ocupação e uso do solo vigente como o conhecido Código Florestal de 1965 e suas evoluções que culminaram com a lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012) que estabeleceu o Cadastro Ambiental Rural – CAR.

3.10.1 Boletim técnico nº 4 – Tecnologias mais limpas na lavoura de arroz irrigado e na propriedade

Como uma destas iniciativas de estruturar texto com as exigências legais e a forma de se adaptar aos novos regramentos, em 2007 o IRGA publicou o Boletim Técnico nº 4 – Tecnologias Mais Limpas na Lavoura de Arroz e na Propriedade (MACEDO et al. 2007). Como parte da estratégia Arroz RS, o Boletim apresenta as ações do IRGA voltadas para o estabelecimento de um programa de Tecnologias Mais Limpas adequadas ao processo de gestão da lavoura e propriedades agrícolas envolvidas na produção de arroz no RS e garante através do programa Produção Mais Limpa (PML) benefícios ao produtor, sustentabilidade da lavoura e está adequado ao que preconiza a legislação no tocante ao uso dos recursos naturais e à preservação ambiental.

3.10.2 Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul – ANA/IRGA

Resultado de cooperação com o IRGA, a Agência Nacional de Águas (ANA) publicou em 2009 uma cartilha com foco na “Conservação de Água e Preservação Ambiental nas

Lavouras de Arroz do Rio Grande do Sul – Produção Mais Limpa”. A publicação apresenta a Produção Mais Limpa (PML ou P+L) como um termo definido pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – UNIDO e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP, para designar a aplicação continuada de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos, aos produtos e aos serviços, a fim de aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos para o homem e meio ambiente.

O Manual discute a água e o meio ambiente na lavoura de arroz e na propriedade afirmando que as lavouras de arroz irrigado, quando mal planejadas e conduzidas, podem acarretar impactos ambientais negativos aos ecossistemas naturais, prejuízo às propriedades físicas e químicas do solo e redução da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Mas por outro lado a lavoura de arroz, se bem manejada, apresenta potencial de depuração de águas com alta carga orgânica, pode contribuir para a conservação da água e preservação do meio ambiente (ANA, 2009).

O manual cita exemplos como a economia de água de alta qualidade para usos mais nobres substituindo na irrigação do arroz por águas de reuso de estações de tratamento de esgoto. Na cidade de Kumamoto no Japão se produz arroz com irrigação a partir de esgoto municipal tratado. Segundo o manual, a lavoura de arroz irrigado pode receber águas poluídas evitando disposição deste efluente diretamente nos cursos de água funcionando como sistema de tratamento como na unidade de Camaçari/BA da Ford onde o arroz é parte da tecnologia “wetlands” que purifica a água depurando principalmente poluentes difusos como Nitrogênio e Fósforo. (ANA, 2009)

De forma resumida a cartilha da ANA/IRGA descreve a Tecnologia Mais Limpa ou Produção Mais Limpa abrangendo:

- Desenvolvimento de cultivares produtivas e tolerantes a doenças
- Uso racional da água
- Redução do consumo de energia
- Diminuição da contaminação dos mananciais hídricos

Sendo a ideia central viabilizar o aumento da produtividade com o uso mais eficiente dos recursos naturais pela lavoura.

A cartilha ANA/IRGA informa ainda os documentos e autorizações necessárias para produzir arroz no Rio Grande do Sul (atender às demandas do PERAI) e afirma que o manejo

da propriedade onde está inserida a lavoura de arroz pode perfeitamente ser compatibilizado ao que é previsto na legislação, que se volta em especial à proteção de fontes e cursos de água, em razão da lavoura de arroz estar intimamente associada a áreas com maior disponibilidade deste recurso natural.

Basicamente são necessários dois tipos de autorização: a Licença Ambiental e a Outorga de Uso da Água. O manual da FEPAM de 2019 descreve os passos para obtenção destas autorizações já agregando todas as atualizações realizadas nestes últimos anos.

3.10.3 Selo ambiental RS

Em 05 de junho de 2008 através do Decreto Nº 45.690, a governadora do estado do Rio Grande do Sul institui o Selo Ambiental RS, no âmbito da competência da Secretaria do Meio Ambiente. O então Secretário de Meio Ambiente questionou suas equipes de técnicos sobre o que poderia se fazer para que a secretaria deixasse de ser um local onde o cidadão somente percebe problemas e que o executivo pudesse trabalhar de forma proativa diminuindo as ações punitivas. Sugeriu-se que estabelecesse um prêmio para quem cumpre a legislação e contribui para a melhoria do ambiente natural através de uma atitude ecoeficiente, sustentável ou amigável com os recursos naturais.

Dessa discussão no âmbito da Secretaria Estadual do Meio Ambiente surgiu a ideia do estabelecimento de regramento que permitisse ao executivo reconhecer, através do Selo Ambiental, aquele empreendedor que além de cumprir a legislação, atua de forma a educar através do bom exemplo alinhado aos desafios de ser sustentável. O Secretário Otaviano Moraes fez um esboço do decreto e a Governadora Yeda Crusius homologou (RIO GRANDE DO SUL, 2008). “Selo Ambiental/RS marca o Dia Mundial do Meio Ambiente no Estado”: notícia vinculada no sitio eletrônico da SEMA/RS em 5 de junho de 2008, que complementa “a Governadora Yeda Crusius assinou, nesta quinta-feira (5), Dia Mundial do Meio Ambiente, decreto instituindo o Selo Ambiental RS, com objetivo de fomentar a proteção ao meio ambiente, a educação ambiental e a utilização sustentável dos recursos ambientais...” (disponível em: <https://estado.rs.gov.br/selo-ambiental-rs-marca-o-dia-mundial-do-meio-ambiente-no-estado>).

Santos et al. (2017) afirmam que o programa do Selo Ambiental do IRGA tem como objetivo promover a sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade orizícola no estado do Rio Grande do Sul. Os autores descrevem as etapas do programa como a seguir

- 1) Habilitação – aptos a participar empreendimentos agrícolas cadastrados no IRGA e inscritos pelos NATE
- 2) Vistoria técnica e auditoria – realizadas com o intuito de verificar a conformidade das informações constantes da declaração do empreendimento inscrito – realizadas pelo técnico do NATE a que pertence o empreendimento
- 3) Julgamento – o comitê gestor do programa realiza a análise de acompanhamento de dados e confere o selo aos empreendimentos que não apresentarem algum critério eliminatório descrito no regulamento do programa (edital)

O IRGA, autarquia da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural tendo um documento base disponibilizado para que o arroteiro pudesse se guiar no burocrático processo de regularização ambiental de sua exploração agrícola (Boletim Técnico, 4 – Tecnologias Mais Limpas na Lavoura de Arroz e na Propriedade) adaptou a estratégia e normatizou o Selo Ambiental da Lavoura de Arroz Irrigado do RS. Os objetivos do Selo Ambiental do IRGA são:

1. Promover a sustentabilidade ambiental do sistema de produção de arroz irrigado
2. Desencadear o processo de certificação e rastreabilidade
3. Garantir aos empreendimentos agrícolas reconhecimento quanto ao uso de práticas ambientais e sociais corretas na lavoura de arroz irrigado
4. Melhorar a gestão da propriedade rural, reduzir custos agregados ao processo produtivo e contribuir para agregação de valor ao produto
5. Incentivar a produção de arroz dentro dos princípios da segurança do alimento

Na safra 2020/2021 o IRGA promoveu a 12ª rodada do processo do selo onde foram contemplados 54 empreendimentos arroteiros no estado. A Figura 6 apresenta no formato de gráfico de barras a quantidade de empreendimentos arroteiros que receberam selos ambientais desde a sua implementação até a última safra avaliada 2020/2021 (SANTOS, 2021).

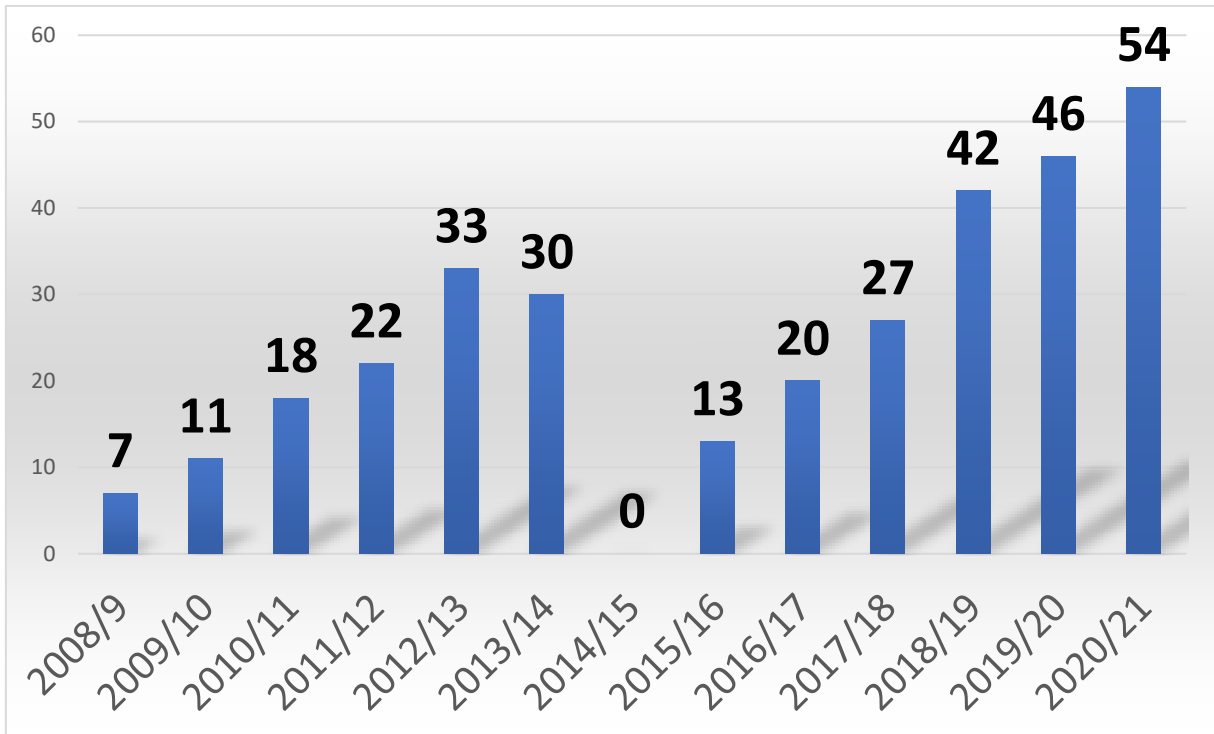


Figura 6 - Número de empreendimentos que receberam o Selo Ambiental no período de 2008/09 a 2020/21 no estado do RS.

Fonte: (SANTOS, 2021).

Independente dos selos conferidos aos produtores que se submetem ao processo, não houve monitoramento das condições de indicadores que possam atestar a manutenção ou melhoria dos recursos naturais utilizados ou no entorno do empreendimento avaliado. Esta é uma lacuna a ser preenchida na medida em que as exigências sociais e de mercado por produtos ecoeficientes avancem valorizando este tipo de instrumento disponível aos produtores de arroz irrigado do estado.

3.10.4 Manual de boas práticas agrícolas – Guia para a sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS

A partir do lançamento do Selo Ambiental da Lavoura de Arroz do RS as equipes de pesquisa e extensão do IRGA trabalharam na atualização do Boletim Técnico n° 4 onde as Boas Práticas assumiram a nomenclatura da UNIDO de P+L e, em 2011 a autarquia disponibilizou o Manual de Boas Práticas Agrícolas (BPAs) – Guia para a Sustentabilidade da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul. Este define BPAs como “princípios e procedimentos adotados no processo de produção de arroz e aplicados no manejo da lavoura, na propriedade agrícola e nas etapas que se seguem a colheita” (Mundstock et al. 2011).

O texto acrescenta que ao utilizar as BPAs há o aperfeiçoamento do uso de recursos naturais, dos insumos agrícolas e do trabalho para o aumento da produtividade e rentabilidade do cultivo, bem como a melhoria na qualidade de vida das comunidades e modificações no processo produtivo visando a sustentabilidade ambiental nas áreas cultivadas e adjacentes e nos cursos de água.

O Manual categoriza as BPAs em Práticas Recomendadas e Preferenciais e chama a atenção para aquelas Não Recomendadas cujo uso deve ser evitado, pois trazem prejuízos à sustentabilidade da atividade. As Práticas Recomendadas são aquelas geradas pela pesquisa científica e tecnológica (SOSBAI, 2018) e que são essenciais ao produtor no uso mais correto dos recursos naturais e insumos para obter produtividade adequada à sustentabilidade sendo adequadas à legislação ambiental vigente.

Sobre as Práticas Preferenciais Mundstock et al. (2011), definem que, se adotadas, aperfeiçoam os métodos empregados corretamente e melhoram o sistema da cadeia produtiva do arroz irrigado, tornando-o mais competitivo.

Por fim as Práticas Não Recomendadas são as cujo uso é prejudicial aos aspectos da sustentabilidade e, em muitos casos, contrárias ao que rege a legislação específica vigente.

3.10.5 Produção integrada de arroz – MAPA/EMBRAPA

Na mesma linha de ação respondendo às demandas mercadológicas de uma produção de alimentos, fibras e energia de forma amigável com o meio ambiente, o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento estabeleceu o Sistema de Produção Integrada (PI).

Segundo a página eletrônica do MAPA (<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/o-que-e-pi>>), o Sistema de Produção Integrada Agropecuário da Cadeia Agrícola é focado na adequação dos processos produtivos para a obtenção de produtos vegetais e de origem vegetal de qualidade e com níveis de resíduos de agrotóxicos e contaminantes em conformidade com o que estabelece a legislação sanitária, mediante a aplicação de boas práticas agrícolas, favorecendo o uso de recursos naturais e a substituição de insumos poluentes, garantindo a sustentabilidade e a rastreabilidade da produção agrícola na etapa primária da cadeia produtiva, que é passível de certificação pelo selo oficial “Brasil Certificado”.

A estratégia PI iniciou com algumas cadeias produtivas de frutas principalmente, mas através da liderança da Embrapa Clima Temperado e a Estação de Terras Baixas em Capão do Leão, com a liderança da pesquisadora Maria Laura Turino Mattos, um esforço multidisciplinar com especialistas de várias entidades parceiras estabeleceu as bases da Produção Integrada de Arroz – PIA (Mattos e Martins, 2016).

Descrevendo o processo de gerenciamento do Projeto da Produção Integrada do Arroz, os autores informam que PIA é um processo de produção agrícola de alta qualidade, que utiliza mecanismos de regulação naturais, respeitosos ao meio ambiente. A PIA visa manter a rentabilidade das explorações agrícolas e industriais. E as exigências sociais conforme requisitos estabelecidos para o arroz em correspondente Normalização de Produção, visando a certificação, rastreabilidade e a concessão de um selo de conformidade, sendo de adesão voluntária.

Os autores ainda remarcam que a PIA constitui um instrumento de apoio ao agronegócio orizícola que busca um indicador com identidade visual própria, com reconhecimento em nível nacional e internacional. Tem por princípio assegurar a gestão da propriedade agrícola e a produção do cereal em conformidade com princípios de “Boas Práticas Agrícolas” (BPA), Boas Práticas de Fabricação (BPF) e de “Agricultura de Baixo Carbono” (ABC), incorporando requisitos de segurança alimentar, ambiental e de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Na PIA, é fundamental que componentes (sementes, agrotóxicos, fertilizantes, equipamentos, etc.), práticas culturais [preparo do solo, semeadura, adubação, irrigação e drenagem, manejo integrado de pragas (MIP)], colheita, beneficiamento, armazenamento, entre outros, e recursos naturais (água, biodiversidade, clima, solo), inerentes a sistemas de produção de arroz, sejam utilizados de modo a promover a redução de riscos de contaminações químicas, degradação biológica e física do solo, como também a redução das emissões de gases de efeito estufa.

A Norma Técnica Específica para a Produção Integrada de Arroz formulada por premissas estabelecidas pela Instrução Normativa nº 27 de 30 de agosto de 2010, refere-se à etapa Fazenda e Indústria da PIA, que abrange todos os processos conduzidos na produção agrícola, colheita pós-colheita e beneficiamento de grãos, conforme fixada pelo Anexo da Portaria nº 443, de 23 de novembro de 2011, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), foi publicada como anexo II do Diário Oficial da União – Seção 1 Nº 218, segunda-feira, 14 de novembro de 2016.

3.10.6 Programa marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata

Todas as publicações citadas anteriormente evoluíram na medida em que a pesquisa disponibilizava tecnologia validada alinhada aos desafios de sustentabilidade, mas como forma de descrever as BPA neste trabalho optou-se pelo *Manual de Boas Práticas para o cultivo de Arroz na Bacia do Prata* que é uma publicação originada no âmbito do Programa MARCO.

Segundo a publicação Programa Marco da Bacia do Prata – Processo de Implementação e Principais Resultados de dezembro de 2016 (CIC/PLATA, 2016), em 1969, os governos da Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai assinaram o Tratado da Bacia do Prata, o principal instrumento vinculativo na área da bacia.

Pelo tratado, o Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata (CIC) foi consolidado como organismo promotor de seus objetivos. O CIC havia sido criado em 1967 durante a primeira reunião de chanceleres da Bacia do Prata, oportunidade na qual os governos participantes se comprometeram a fazer um estudo conjunto e abrangente da área, tendo em vista a realização de obras, bilaterais e nacionais, destinadas ao progresso e desenvolvimento da região.

Segundo este relatório (CIC/PLATA, 2016) a Bacia do Prata, importante por suas características socioeconômicas, constitui um sistema hídrico com uma diversidade e produtividade biológica notável, abriga o maior corredor de zonas húmidas na América do Sul. Apesar de sua riqueza, é uma das bacias hidrográficas mais afetadas social e economicamente pelas inundações cíclicas e pelos períodos persistentes de seca.

Para atender estes desafios em 2001 os governos dos cinco países que integram o CIC decidiram incorporar ao órgão capacidades técnicas e organizar um Programa de Ação para orientar a gestão, onde os recursos hídricos desempenham um papel fundamental, incluindo relações entre águas superficiais e subterrâneas e seus vínculos com o uso do solo e do clima.

Neste esforço, que desenvolveu pela primeira vez uma abordagem integrada, as instituições participantes concordaram sobre a necessidade de fortalecer uma visão comum da Bacia, procurando identificar e priorizar problemas comuns e suas principais causas, a fim de enfrentá-los de forma conjunta e coordenada. Com base neste plano, e com o apoio da SG/OEA e do PNUMA, foi gerado e se obteve financiamento do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (FNAM) para a implementação do PROGRAMA MARCO PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PRATA (Programa Marco).

Em relação ao uso de água na agricultura, o documento Boas Práticas para o Cultivo do Arroz na Bacia do Prata (CIC/PLATA, 2016) descreve que a busca pelo desenvolvimento de uma agricultura sustentável passa obrigatoriamente pela proteção dos recursos hídricos. No marco do CIC se tem construído um Programa de Ações Estratégicas para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (CIC/PLATA, 2016), orientado a fortalecer e implementar uma visão comum para o desenvolvimento econômico, social e sustentável na Bacia. Um dos objetivos tem sido contribuir na gestão conjunta dos recursos hídricos compartilhados entre os países que a compõem.

Neste sentido os diagnósticos realizados pelo Programa Marco mostram que um dos temas críticos identificados está relacionado com o uso de água para agricultura e o impacto ambiental dos cultivos irrigados, em especial o arroz. Esta situação identifica questões relativas à quantidade utilizada na atividade agrícola que geram conflitos por demanda e mau uso do recurso, atingindo também a qualidade da água.

Considerando este ambiente, o CIC organizou nos dias 20 e 21 de agosto de 2014, no Instituto Rio Grandense do Arroz em Porto Alegre, Brasil, a Oficina Internacional Sobre Boas Práticas de Cultivo Irrigado de Arroz, na Bacia do Prata. O objetivo foi de compartilhar experiências e gerar bases para a elaboração de um documento com o diagnóstico e discussão das Boas Práticas para o cultivo irrigado de arroz na bacia, com vistas a incorporação à formulação da Análise Diagnóstico Transfronteiriço (CIC/PLATA, 2016) do PAE.

Através da análise realizada, concluiu-se que uma das formas de mitigar estes conflitos é através da adoção de um sistema de melhoria contínua visualizando os processos da lavoura de arroz com atitudes de cunho sustentável. Assim, este trabalho propõe a criação de um Manual de Boas Práticas para a lavoura de arroz no âmbito da Bacia do Prata, levando em conta a iniciativa do IRGA, do Brasil, mas também buscando subsídios técnicos de manuais e guias elaborados pela Asociación Cultivadores de Arroz (ACA), do Uruguai; e ainda, da Fundação Proarroz – Entre Rios, da Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA) e do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária (INTA), da Argentina. O trabalho visa servir de parâmetro aos arrozeiros da Bacia do Prata fomentando o uso correto dos recursos naturais, e principalmente da água, em todas as etapas da formação da lavoura. Este deve ser adaptado às realidades regionais de maneira sustentável.

No âmbito deste trabalho, optou-se por esta publicação como base de um Manual de Boas Práticas Agrícolas (BPAs) para a lavoura de arroz irrigado do RS pelo fato de:

- ser uma das mais atuais;
- foi construída a partir de um diagnóstico realizado no âmbito da gestão integrada de recursos hídricos dos países da Bacia do Prata;
- além dos técnicos de instituições de fomento de agricultores, participaram da oficina internacional técnicos de órgãos gestores de recursos hídricos dos países e seus entes federativos (estados, províncias e departamentos);
- se fizeram presentes contribuindo para esta construção praticamente todos os autores dos manuais e boletins técnicos de BPAs citados anteriormente e;
- os redatores da oficina foram um engenheiro de águas do órgão de autorização de captações do Uruguai (Jorge Gussoni) e um engenheiro agrônomo consultor privado com vasta experiência em Boas Práticas Agrícolas (Ramiro Toledo).

O representante técnico do governo brasileiro neste projeto foi a SNRH, através do engenheiro Julio Thadeu Ketelhut.

O Manual de Boas Práticas para o Cultivo Irrigado de Arroz na Bacia do Prata (CIC/PLATA, 2016) está reproduzido no Anexo ao final deste trabalho.

3.11 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA (EUA) E BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS NO CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO

Para cumprir o objetivo de estabelecer uma métrica (indicador) que relacione a Eficiência do Uso da Água em função da adoção de Boas Práticas Agrícolas na lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, nesta seção analisou-se as técnicas de manejo que influenciam no uso quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos da bacia onde se desenvolve a atividade de irrigação.

A partir desta seção os textos vão se referir frequentemente à nomenclatura que identifica a idade do arroz a partir de uma escala de desenvolvimento que caracteriza com precisão os eventos morfológicos.

Diante disto, fica clara a necessidade de adoção de uma escala de desenvolvimento apropriada para a cultura do arroz irrigado, que caracterize com precisão os eventos morfológicos e que utilize critérios facilmente visíveis. Para a cultura do arroz, existem algumas escalas de desenvolvimento que levam em consideração a diferenciação de folhas novas, como

o filocrono, que mede o tempo entre o surgimento de uma folha e a subsequente. O inconveniente desta forma de avaliação é a necessidade de uso de microscópio, dificultando a análise no local de coleta do material.

Para superar este tipo de dificuldade, Counce et al. (2000), em estudo utilizando cultivares americanas, propuseram uma escala que divide as etapas de desenvolvimento do arroz em três fases: desenvolvimento da plântula, vegetativa e reprodutiva.

Tendo como referência o trabalho de Freitas et al. (2006) foi testada e disponibilizada metodologia com base na escala proposta por Counce et al. (2000), que é a mais utilizada para referenciar os manejos daqui em diante. A descrição desta escala está disponível em Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2018).

Para referenciar a eficiência do uso da água na agricultura, a publicação da FAO: The State of Food and Agriculture – Overcoming Water Challenges in Agriculture (A Situação da Alimentação e da Agricultura – Superando os Desafios da Água na Agricultura) de 2020 disponibiliza alguns conceitos como a produtividade da água como sendo a razão entre os benefícios líquidos das culturas, silvicultura, pesca, pecuária e sistemas agrícolas mistos e o volume de água usado como evapotranspiração real para produzir estes benefícios.

Estes benefícios podem ser expressos de várias formas: como produção (kg), conteúdo nutricional (calorias, proteínas, cálcio etc.), renda (moeda), ou qualquer outra medida acordada de bem-estar derivada dos bens e serviços provenientes do sistema agrícola (por exemplo, empregos).

Em seu sentido mais amplo, a produtividade da água reflete os objetivos de produzir mais alimentos, renda, meios de subsistência e benefícios ecológicos com menor custo social e ambiental por unidade de água consumida.

No contexto agrícola, a produtividade física da água é definida como a razão entre a produção agrícola e o volume de água consumido – “mais safra por gota” (quilogramas de produto por metro cúbico de água), e a produtividade econômica da água é definida como o valor monetário gerado por cada unidade de água consumida (dólares americanos por metro cúbico de água). A produtividade econômica da água tem sido usada para relacionar o uso da água na agricultura com nutrição, empregos, bem-estar e meio ambiente.

A Tabela 2 adaptada de FAO (2020), relaciona a Produtividade da Água considerando estes parâmetros citados para alguns grupos de alimentos. O arroz está inserido no grupo dos cereais com uma média global de $0,68 \text{ kg m}^{-3}$, $2.197 \text{ kcal m}^{-3}$, $54,8 \text{ g m}^{-3}$ ou $0,113 \text{ USD m}^{-3}$.

Tabela 2 - Produtividade da Água - Média Global de Seleção de Categorias de Alimentos

Categoria de Alimentos	Produtividade da Água			
	Peso (kg m ⁻³)	Calorias (kcal m ⁻³)	Proteína (g m ⁻³)	Valor (USD m ⁻³)
Culturas de Açúcar	5,49	1.566	0,0	0,141
Legumes	4,22	1.013	50,6	1,173
Raízes Amiláceas	2,92	2.411	37,9	0,445
Frutas	1,15	527	6,1	0,433
Cereais	0,68	2.197	54,8	0,113
Oleaginosas	0,45	1.296	65,1	0,103
Feijões	0,3	1.027	64,7	0,106
Nozes	0,12	298	7,8	0,179

Adaptado de: FAO (2020)

A publicação da FAO de 2020 adverte que 41% da irrigação global ocorre às custas de fluxo ambiental e por isso é fundamental reconciliar as retiradas de água de forma a respeitar os usos múltiplos essenciais para sustentar ecossistemas que fornecem funções de suporte à vida para atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030. E recomenda que para os 171 milhões de hectares (62%) de terras agrícolas irrigadas do mundo sob alto ou muito alto estresse hídrico, deve-se priorizar o incentivo de adoção de práticas que incrementem a produtividade da água, incluindo reabilitação e modernização da infraestrutura existente e adoção de tecnologias inovadoras.

Estas ações de manejo a nível de propriedade devem ser combinadas com políticas de governança da água para garantir acesso e alocação equitativa aos recursos hídricos bem como requisitos de fluxos ambientais. Além disso, a tecnologia avançada de irrigação traz importantes benefícios como economia de mão de obra, aplicação precisa e econômica de fertilizantes e produtos químicos, minimiza a lixiviação de nitratos e outros poluentes, reduz custos de bombeamento e economiza energia, e permite ao agricultor diversificar culturas de maior valor, incrementando o valor da produção (FAO, 2020).

Para serem sustentáveis, investimentos em tecnologia de irrigação avançada devem incluir uma contabilidade robusta da água (balanço hídrico); limite de outorgas; avaliação de

incertezas; valorização de trade-offs; e melhor compreensão dos incentivos e comportamentos dos irrigantes (FAO, 2020).

FAO (2020) ainda preconiza que a gestão das águas é mais efetiva quando combinada com o uso eficiente de insumos e boas práticas de manejo agrícolas. A eficiência de um recurso limitado é máxima quando todos os outros insumos estão no seu melhor uso. E informa que existem grandes lacunas de dados para regiões tropicais e subtropicais, bem como bacias hidrográficas de micro a meso escala (de 0,01 a 100 km²).

O Banco de dados estruturado no presente trabalho parte das lacunas identificadas em FAO (2020), buscando contribuir para o planejamento de recursos hídricos em um contexto de usos múltiplos da água e demandas para agricultura irrigada na bacia do Inhanduí. Segundo o levantamento CONAB/ANA 2019/2020 foram cultivados 8.638,1 ha de arroz irrigado na bacia do Arroio Inhanduí, ou 8,2% de sua área.

As recomendações consolidadas no relatório CIC/PLATA Projeto Marco acima foram validadas por diversos trabalhos científicos que são atualizados e incorporados às recomendações para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2018); bem como aquelas que são inerentes ao manejo sustentável de recursos naturais como referidas no Manual de Boas Práticas Agrícolas – Guia para a Sustentabilidade da Lavoura de Arroz Irrigado do RS (MUNDSTOCK et al, 2011).

A seguir são apresentadas e discutidas algumas das recomendações que consolidam a relação entre as BPA e a Eficiência do Uso da Água (EUA) na irrigação do cultivo de arroz, com o objetivo de entender sua influência e consequente relação com a Gestão de Recursos Hídricos.

3.11.1 Época de semeadura

Segundo Rossato (2021) citando Kissmann (1999) o arroz (*Oryza sativa L.*) é uma monocotiledônea, com aparato fotossintético C³, que utiliza a radiação solar como combustível para o processo de fotossíntese sintetizando carboidratos e liberam oxigênio a partir de dióxido de carbono e água.

A energia armazenada nessas moléculas são o combustível para a planta desenvolver seu potencial de produção que é a produtividade de uma cultivar (genética) que se desenvolve sem limitações de nutrientes, água e estresses bióticos (ROSSATO, 2021 citando EVANS, 1993; VAN ITTERSUM & RABBINGE, 1997).

Para o arroz, a disponibilidade de radiação solar define o potencial de produtividade pois a água permanece na lavoura durante a maior parte do desenvolvimento, não sendo um fator limitante (ROSSATO, 2021 citando STANSEL, 1975; YOSHIDA & PARAO, 1976). Segundo Junior et al. (2021) a principal estratégia de manejo relacionada ao aproveitamento da radiação solar é a época de semeadura.

Mariot et al. (2009), conduziram por três safras consecutivas (2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006) em Cachoeirinha/RS, experimento onde compararam níveis de adoção de BPAs com produtividade e rentabilidade do cultivo de arroz irrigado. Os autores iniciam sua argumentação afirmando que rendimentos elevados e estáveis na cultura do arroz irrigado são obtidos principalmente pela escolha da melhor época de semeadura.

SOSBAI (2018), informa em vários estudos que, nos subperíodos entre a diferenciação da panícula e a floração (influenciando o número de grãos por panícula) e entre a floração e a maturação (influenciando o peso de grãos) existe uma relação linear positiva entre a radiação solar incidente e a produtividade de grãos; e complementam os autores indicando medidas para melhorar o aproveitamento da radiação solar como:

i) definir a época de semeadura mais apropriada para cada cultivar para que as fases críticas da planta coincidam com os meses de maior disponibilidade de radiação solar (dezembro e janeiro);

ii) Adequar os níveis de adubação, particularmente a nitrogenada, à época de semeadura para que o índice de área foliar (IAF) seja apropriado e a planta aproveite ao máximo, a radiação solar disponível.

Segundo Stone & Steinmetz, 1979 o Índice de Área Foliar (IAF) é a área da superfície da folha por unidade de área de superfície do solo e segue informando que o IAF é determinado, na cultura do arroz, pelo tamanho da folha e o número de perfilhos. Ainda afirmam que dos vários fatores do meio ambiente, a adubação nitrogenada tem efeito mais marcante no IAF, por aumentar o número e o tamanho das folhas. Em outras palavras, o índice de Área Foliar (IAF) avalia a capacidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo disponível (LUCCHESI, 1987).

Para enfatizar, a eficiência do uso do nitrogênio (N) é maior quando ocorre alta taxa de radiação solar nos períodos reprodutivo e de formação e início de enchimento de grãos (FAGI & De DATTA, 1981), condição que é alcançada quando a semeadura é realizada na época preferencial (SOSBAI, 2018).

O experimento de Mariot et al., (2009) considerou os tratamentos de quatro sistemas de práticas de manejo (baixo, médio, alto e muito alto), duas épocas de semeadura (uma considerada preferencial e outra tardia) e três estações de crescimento (2003/2003, 2004/2005 e 2006/2007); sendo as datas de semeadura na época preferencial 05/11/2003, 29/10/2004 e 27/10/2006, e na época tardia 03/12/2003, 03/12/2004 e 13/12/2006.

Buscando entender a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura e da irrigação, sob sistemas de práticas de manejo baixo, a adubação nitrogenada foi aplicada em dose única, no estágio de diferenciação do primórdio da panícula (V9) e a entrada de água de irrigação ocorreu 30 dias após a emergência das plantas de arroz (estádio V6).

No sistema de práticas de manejo médio, a adubação nitrogenada foi feita em duas épocas, com metade da dose após a entrada de água de irrigação, que ocorreu 20 dias após emergência do arroz (V4), e metade no estágio V9.

Sob sistemas de práticas de manejo alto e muito alto, dois terços da dose da adubação nitrogenada foram aplicados antes da entrada da água de irrigação (estádio V3) e o restante antes de diferenciação da panícula (V8).

Para a análise financeira os pesquisadores utilizaram o indicador margem de contribuição parcial que se refere a receita líquida subtraída dos custos operacionais, considerando apenas os custos que se alteraram conforme a variação dos sistemas de práticas de manejo aplicados.

A Tabela 3 , adaptada de Mariot et al. (2009), apresenta os resultados dos tratamentos que indicam para a produtividade de grãos, houve interação tríplice entre estação de crescimento, época de semeadura e sistemas de práticas de manejo.

Tabela 3 – Produtividade (kg ha⁻¹) de grãos de arroz irrigado em função de estação de crescimento, época de semeadura e níveis de práticas de manejo em Cachoeirinha, RS

Estação de crescimento	Época de semeadura	Níveis de manejo			
		Baixo	Médio	Alto	Muito alto
2003/2004	Preferencial	5.768	6.468	11.922	12.176
	Tardia	6.837	7.570	6.845	8.486
2004/2005	Preferencial	8.109	9.280	10.107	12.242
	Tardia	6.563	8.405	8.133	9.135
2006/2007	Preferencial	6.777	8.755	8.671	9.819
	Tardia	4.213	4.812	6.306	5.743

Adaptado de: Mariot et al. (2009)

As conclusões deste trabalho evidenciaram a importância de integrar BPAs de forma a tirar proveito das condições climáticas favoráveis à cultura do arroz principalmente no que diz respeito a época de semeadura, estado nutricional do cultivo, fertilização do solo e manejo água de irrigação.

Como resumo, a Figura 7 demonstra, de forma gráfica, a média das três estações de crescimento levadas em conta neste experimento.

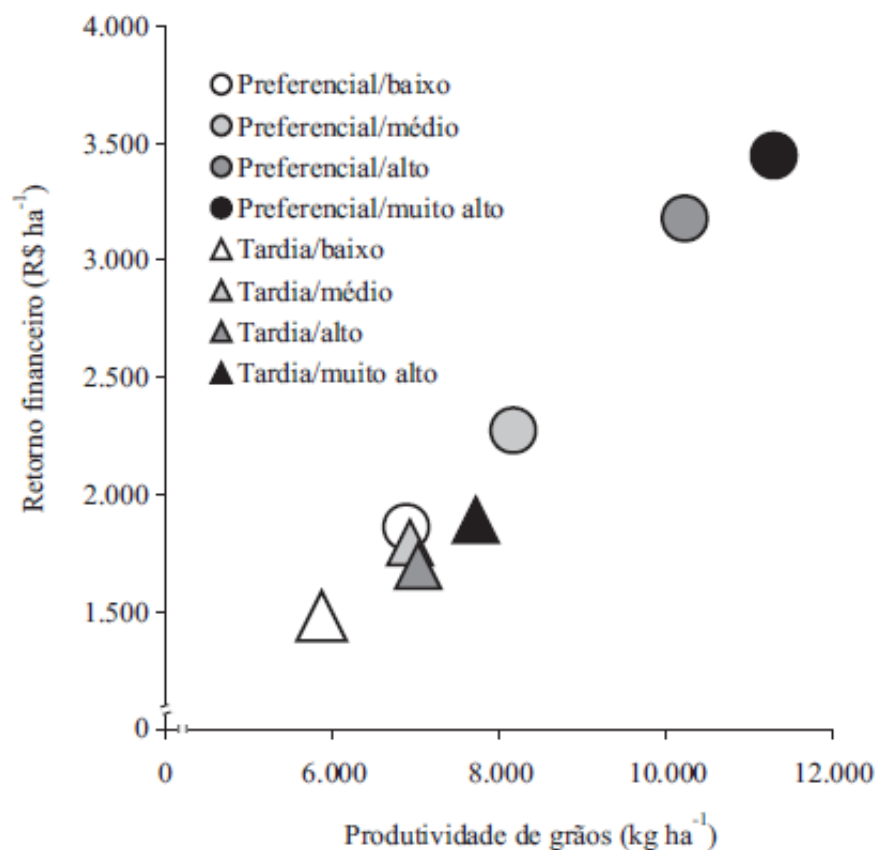


Figura 7 – Produtividade de grãos e retorno financeiro de arroz irrigado cultivado em quatro sistemas de práticas de manejo (baixo, médio, alto e muito alto), em duas épocas de semeadura (preferencial: 5/11/2003, 29/10/2004 e 27/10/2006 e tardia: 3/12/2003, 3/12/2003, 3/12/2004 e 13/12/2006), na média de três estações de crescimento (2003/2004, 2004/2005 e 2006/2007) em Cachoeirinha, RS.

Fonte: MARIOT et al. (2009)

Notadamente a importância de se utilizar as BPA na época de semeadura se destaca nesta representação gráfica, pois a única vez que a época tardia tem maior produtividade é na combinação desta com manejo muito alto e manejo baixo na época preferencial, mas o retorno financeiro é praticamente o mesmo. Considerando os riscos como um sinistro de granizo ou enchente, até com esta produtividade menor, a época preferencial pode apresentar resultado desejável, pois ao ter menor dependência de aportes de insumos, o produtor terá maior resiliência no resultado financeiro de sua atividade.

Mariot et al. (2009), também concluem que a resposta à melhoria do manejo da cultura na época de semeadura tardia foi menor que a observada na época preferencial, sendo o incremento da produtividade de grãos na época de semeadura preferencial, na média dos três

anos, de 65%, enquanto na época tardia foi de 29%. Através do monitoramento da radiação solar constatou-se que a maior produtividade é devido a coincidência dos períodos reprodutivo e de formação e enchimento de grãos com os dias de maior disponibilidade de radiação solar, confirmando o estabelecido na publicação Arroz Irrigado – Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI, 2018).

Tabela 4 – Receita, custo operacional, retorno financeiro e produtividade da água, segundo FAO (2020), do arroz irrigado, em função da época de semeadura (preferencial e tardia) e níveis de práticas de manejo em três estações de crescimento em Cachoeirinha, RS

Itens	Sistemas de práticas de manejo / época preferencial				Sistemas de práticas de manejo / época tardia			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	2003/2004							
Produtividade kg ha ⁻¹	5.768	6.468	11.922	12.176	6.837	7.570	6.845	8.486
Receita (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 3.581	R\$ 4.015	R\$ 7.402	R\$ 7.558	R\$ 4.041	R\$ 4.474	R\$ 4.045	R\$ 5.015
Custos considerados (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 1.446	R\$ 1.565	R\$ 2.200	R\$ 2.339	R\$ 1.527	R\$ 1.647	R\$ 1.609	R\$ 1.892
Retorno Financeiro (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 2.135	R\$ 2.450	R\$ 5.202	R\$ 5.219	R\$ 2.514	R\$ 2.827	R\$ 2.436	R\$ 3.123
Produtividade Física Água (kg m ⁻³)	0,48	0,54	0,99	1,01	0,57	0,63	0,57	0,71
Produtividade Econômica Água (R\$ m ⁻³)	R\$ 0,18	R\$ 0,20	R\$ 0,43	R\$ 0,43	R\$ 0,21	R\$ 0,24	R\$ 0,20	R\$ 0,26
	2004/2005							
Produtividade kg ha ⁻¹	8.109	9.280	10.107	11.902	6.564	8.405	7.948	9.121
Receita (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 3.295	R\$ 3.771	R\$ 4.107	R\$ 4.837	R\$ 2.381	R\$ 3.049	R\$ 2.884	R\$ 3.309
Custos considerados (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 1.464	R\$ 1.618	R\$ 1.757	R\$ 2.010	R\$ 1.300	R\$ 1.488	R\$ 1.537	R\$ 1.735
Retorno Financeiro (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 1.831	R\$ 2.153	R\$ 2.350	R\$ 2.827	R\$ 1.081	R\$ 1.561	R\$ 1.347	R\$ 1.574
Produtividade Física Água (kg m ⁻³)	0,68	0,77	0,84	0,99	0,55	0,70	0,66	0,76
Produtividade Econômica Água (R\$ m ⁻³)	R\$ 0,15	R\$ 0,18	R\$ 0,20	R\$ 0,24	R\$ 0,09	R\$ 0,13	R\$ 0,11	R\$ 0,13
	2006/2007							
Produtividade kg ha ⁻¹	6.777	8.754	8.671	9.819	4.231	4.812	6.306	5.552
Receita (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 2.729	R\$ 3.524	R\$ 3.491	R\$ 3.953	R\$ 1.776	R\$ 2.029	R\$ 2.658	R\$ 2.340
Custos considerados (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 1.104	R\$ 1.306	R\$ 1.504	R\$ 1.657	R\$ 928	R\$ 1.031	R\$ 1.350	R\$ 1.360
Retorno Financeiro (R\$ ha ⁻¹)	R\$ 1.625	R\$ 2.218	R\$ 1.987	R\$ 2.296	R\$ 848	R\$ 998	R\$ 1.308	R\$ 980
Produtividade Física Água (kg m ⁻³)	0,56	0,73	0,72	0,82	0,35	0,40	0,53	0,46
Produtividade Econômica Água (R\$ m ⁻³)	R\$ 0,14	R\$ 0,18	R\$ 0,17	R\$ 0,19	R\$ 0,07	R\$ 0,08	R\$ 0,11	R\$ 0,08

Adaptado de: Mariot et al. (2009)

Os dados da Tabela 4 adaptada de Mariot et al. (2009) acima, evidenciaram que o aumento da produtividade de grãos é fundamental não apenas para a obtenção de lucros que permitam ao produtor permanecer em atividade, mas sobretudo para ganhos em eficiência hídrica (medida em kg m⁻³ e R\$ m⁻³ considerando o uso de 12.000 m³ ha⁻¹ conforme Gomes et al, 2008) principalmente quando esse aumento é oriundo de melhorias nas práticas de manejo que tem pouco ou nenhum custo.

Importante destacar que independente do sistema de práticas de manejo, 60 a 70% dos custos de produção de uma lavoura de arroz irrigado não variam em função da produtividade esperada (MENEZES et al., 2004). Os gastos com insumos bem como volume de água de irrigação são praticamente os mesmos se considerarmos as diferenças de produtividade

decorrentes de atitudes como a de efetivar a implantação da lavoura na época preferencial visando o melhor aproveitamento da oferta ambiental fazendo coincidir os estágios reprodutivo, florescimento e enchimento de grãos com os de maior radiação e temperatura.

Por fim Mariot et al. (2009), concluíram que a resposta em produtividade de grãos e em retorno financeiro do arroz irrigado à melhoria do sistema de práticas de manejo é maior na época de semeadura preferencial do que na tardia; e a maior produtividade de grãos e os menores custos com sementes e herbicidas nos sistemas de práticas de manejo com uso de mais tecnologia, na época preferencial, resultam em maiores retornos financeiros.

Já Sartori et al. (2013) estudando a relação entre época de semeadura, aporte de água e rendimento de grãos em lavouras de arroz irrigado na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em duas safras, concluíram que praticamente com a mesma quantidade de água (irrigação + precipitação), a variedade IRGA 424 produziu 14,8% e 31,0% a mais de grãos respectivamente nas safras 2010/2011 e 2011/2012 quando comparadas as épocas de semeadura recomendada (início de outubro) e tardia (início de dezembro). A Tabela 5 resume o experimento dos autores.

Tabela 5 – Volume de água aplicado, produtividade, eficiência do uso da água em kg m⁻³ (FAO, 2020) do arroz irrigado, em função da época de semeadura (recomendada e tardia) nas safras 2010/2011 e 2011/2012 em Santa Maria, RS

Saфра		Volume Água Aplicado – Total	Produtividade	Razão entre Produtividade/Volume Aplicado	
				Com chuva	Só irrigação
		Precipitação + Irrigação			
		m ³	kg ha ⁻¹	kg m ⁻³	kg m ⁻³
2010/2011	Época recomendada	9.981	11.334	1,14	1,92
	Semeadura tardia	9.406	9.876	1,05	1,76
2011/2012	Época recomendada	10.493	9.972	0,95	1,2
	Semeadura tardia	11.638	7.610	0,65	0,9
				EUA Total	EUA Irrigação
Eficiência Uso da Água - FAO					

Obs.: Safra 2011/2012 foi a última seca até o período 2019/2023 caracterizado por estiagens em 3 de 4 verões

Adaptado de: Sartori et al. (2013)

Os tratos culturais das duas épocas de semeadura nas duas safras avaliadas foram os mesmos para todos os tratamentos seguindo as recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil (SOSBAI, 2010).

Os autores calcularam a Eficiência do Uso da Água (EUA) neste experimento considerando a razão entre o rendimento de grãos e o volume de água aplicado (irrigação sem contabilizar a precipitação) sendo 1,92 para a época recomendada e 1,76 para a semeadura tardia na safra 2010/2011 e 1,2 (época recomendada) e 0,9 (semeadura tardia) na safra 2011/2012.

Como os autores mediram a contribuição das precipitações nos períodos de estudo, podemos analisar também que na semeadura da época recomendada safra 2010/11 o uso total de água foi de $9.981 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para uma produtividade de $11.334 \text{ kg ha}^{-1}$ proporcionando um coeficiente de $1,13 \text{ kg m}^{-3}$ e na semeadura tardia $9.406 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para 9.876 kg ha^{-1} resultando em $1,04 \text{ kg m}^{-3}$. Na safra 2011/2012 considerando a época recomendada, tivemos $10.493 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e 9.972 kg ha^{-1} que retorna um índice de $0,95 \text{ kg m}^{-3}$ e, por fim na semeadura tardia desta safra 11/12 para um total de aporte de água de $11.638 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e uma produtividade de 7.610 kg ha^{-1} , os autores obtiveram $0,65 \text{ kg m}^{-3}$.

Assim como no trabalho de Mariot et al. (2009), os resultados de Sartori et al. (2013), confirmam a variabilidade típica de estações de crescimento (safra) e a eficiência no uso da água quando numa mesma safra comparamos semeaduras na época recomendada e tardia.

Os dois trabalhos experimentais confirmam nas condições de clima e solo do RS, os dados da literatura validados em outras regiões que indicam as BPAs para aproveitar e coincidir a melhor oferta ambiental no que diz respeito a radiação solar e temperaturas adequadas, com os períodos reprodutivo, florescimento e enchimento de grãos.

Os resultados mostram que quanto mais o ambiente de produção do arroz irrigado for inundado se aproximar da janela de tempo ideal (antecipando a entrada da água) mais as condições químicas do solo irão favorecer a cultura pelas características da planta. Isso inclui, dentre outros fatores, melhor oxigenação dos tecidos radiculares através do aerênquima, aproveitando as modificações nas características físicas e químicas dos solos alagados que facilitam a nutrição das plantas e o aproveitamento dos fertilizantes aportados (SOSBAI, 2018).

Segundo SOSBAI (2018), estes fenômenos físico-químicos conhecidos por “auto-calagem” atingem níveis estáveis num período variável de quatro a seis semanas após o início da inundação.

Mariot et al. (2009), acrescenta que outra vantagem da entrada precoce da água relaciona-se ao controle de plantas daninhas, uma vez que viabiliza o uso de menor dose de herbicidas, contribuindo para diminuir a contaminação de mananciais. E ainda cita Freitas et al., (2008) que afirmam que a maior eficiência do uso do nitrogênio na época preferencial em relação a tardia, contribui para a redução de perdas de nitrogênio e contaminação do ambiente.

Em relação à entrada da água na lavoura Menezes et al. (2012), indicam que para obter maior eficiência de uso da água (maior quantidade de grãos de arroz irrigado produzidos por metro cúbico de água utilizada) recomenda-se o início da irrigação o mais cedo possível no estágio em que o colmo principal da planta apresenta três a quatro folhas expandidas (V3 e V4 segundo escala fenológica de Counce et al, 2000).

Os autores complementam afirmando que neste estágio as plantas de arroz apresentam estatura suficiente para suportar lâmina de água de 5 a 10 cm e que a entrada da água nas lavouras deve ocorrer logo após a aplicação dos herbicidas e da primeira aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura.

SOSBAI (2018), estabelece que a aplicação de herbicida em pós-emergência, a adubação nitrogenada e o estabelecimento da lâmina de água nos quadros de irrigação estão estreitamente relacionados no tempo, e por isso, são operações que devem ser planejadas de forma conjunta.

Em trabalho conduzido em Botucatu/SP por Suarez & Sanchez-Roman (2016) na área de várzea do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, comparando método de irrigação com distribuição múltipla e convencional em arroz irrigado em tabuleiros em nível, os autores calcularam a lâmina de água total nos dois tratamentos como 1.754,8 e 1.920,4 mm respectivamente.

Considerando que a cultivar utilizada foi a IRGA 417 que é de ciclo precoce no RS, e nesta latitude encurta ainda mais o ciclo (encerrou o ciclo com 104 dias após a emergência), independente do tratamento, estes volumes são maiores dos que os estimados pelos trabalhos como o de Gomes et al., 2008 que, para as condições do Rio Grande do Sul, variam entre aproximadamente 8.000 e 13.000 m³ ha⁻¹ ou 800 e 1.300 mm de lâmina aplicada no cultivo de arroz.

Menezes et al, 2012 afirmam que a obtenção de altas produtividades de arroz irrigado depende de vários fatores dos quais se tem controle e outros não, e a interação desses que atuam

no sistema produtivo como um todo é que determina a produtividade, portanto não é com a adoção de uma ou outra prática agrônômica isolada que se altera o patamar de produtividade.

Por outro lado, na contextualização do Projeto 10 estes autores consideram a época de semeadura, o estado de nutrição das plantas, a fertilidade do solo, o manejo da água de irrigação e o controle de plantas daninhas, como as práticas que se relacionam à construção (definição) da produtividade e, a adequação do solo, escolha de cultivares, o uso de sementes de qualidade e o manejo de insetos e de doenças, como as práticas relacionadas à manutenção da produtividade, pois dizem respeito a proteção do cultivo.

A publicação de Menezes et al. (2012) que descreve o Projeto 10, disponibiliza uma montagem de imagens de parcelas experimentais tomadas no mesmo dia (17/01/2005) relacionando épocas de semeadura e produtividade (Figura 8), onde os autores ressaltam que a escolha correta da época de semeadura é um dos principais fatores que determinantes das altas produtividades de grãos de arroz nas lavouras deste Projeto.

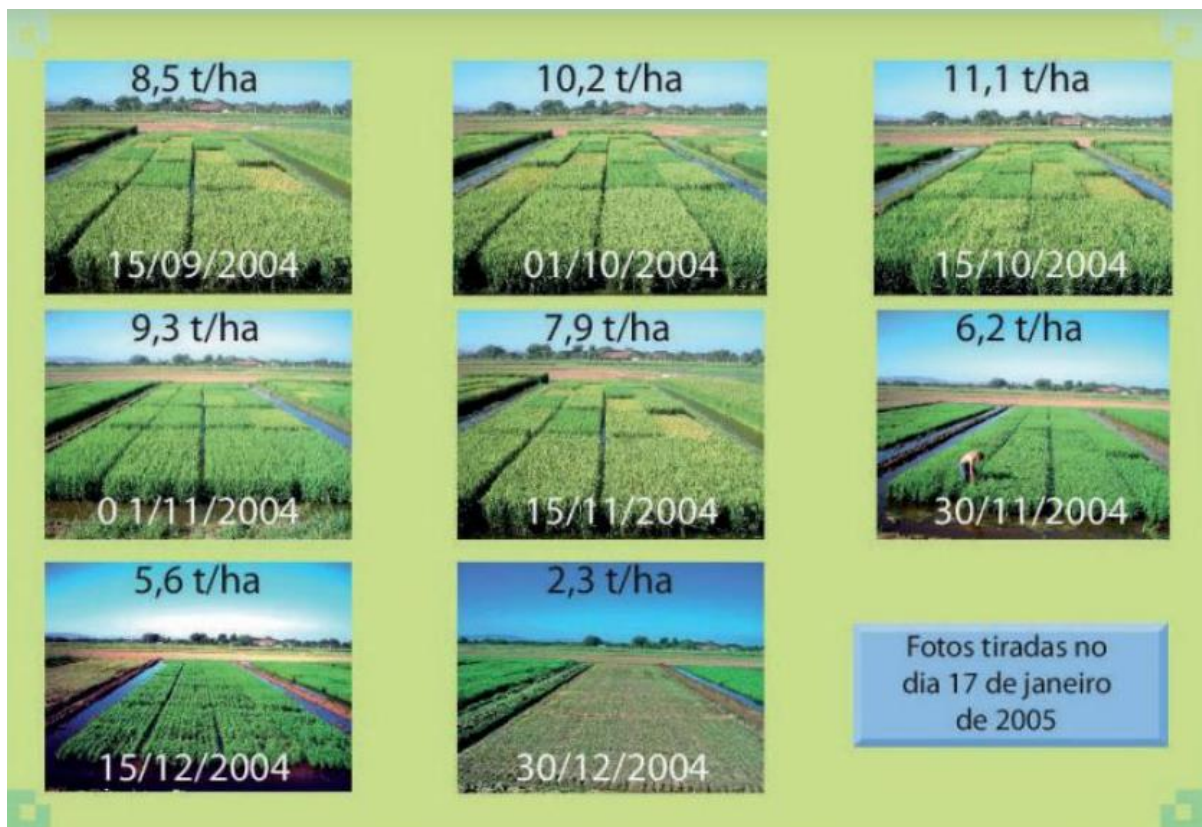


Figura 8 – Comparação entre épocas de semeadura e produtividade de arroz irrigado nas parcelas experimentais (safra 2004/2005) da cultivar BR IRGA 410, na Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha, RS.

Fonte: MENEZES et al. (2012)

Na Tabela 6, Menezes et al. (2012) apresentam os períodos recomendados para obter as maiores produtividades de arroz de acordo com o ciclo de desenvolvimento das cultivares.

Tabela 6 – Períodos recomendados para a semeadura de cultivares de arroz para maiores produtividades em função de duração de ciclo de desenvolvimento no estado do Rio Grande do Sul

Ciclo de Cultivares	Período de Semeadura
Superprecoce	15 Outubro - 10 Novembro
Precoce	1º Outubro - 10 Novembro
Médio	1º Setembro - 30 Outubro
Longo	1º Setembro - 15 Outubro

Adaptado de: Menezes et al. (2012)

3.11.2 Sistematização das áreas de cultivo de arroz

Além destas práticas de manejo que se relacionam com a melhor oferta ambiental sincronizando o ciclo das cultivares através do período de semeadura, e o manejo da fertilidade (principalmente o nitrogênio) incrementando o Índice de Área Foliar (IAF) com o objetivo de otimizar a eficiência do uso da água nas lavouras de arroz, a adequação da área é também uma prática de manejo importante na medida que disciplina o transporte e distribuição do recurso hídrico na área de cultivo.

Menezes et al, (2012) indicam que para o aproveitamento eficiente e racional da área a ser cultivada há necessidade de, anteriormente ao cultivo, submetê-la a um processo de adequação ou sistematização que consiste na criação de um sistema funcional de manejo incluindo abertura de canais de irrigação e de drenagem, a construção de estradas internas, o nivelamento da superfície do solo (em nível ou desnível), a locação e construção de taipas e de estruturas complementares como pontes e bueiros, conforme a necessidade de cada projeto.

Os autores complementam afirmando que a correção da declividade do solo é um fator importante na mudança do padrão tecnológico da lavoura de arroz, pois melhora a drenagem superficial do solo, permite a utilização de lâmina de água mais baixa e uniforme, facilitando a execução de outras práticas de manejo como semeadura e colheita do arroz sobre taipas, devendo, para isto, serem de base larga, baixas e com mínimo de leiveiros (empréstimos de terra para a construção das taipas ou marachas).

Esta característica impacta na eficiência do uso da água, pois com o solo sistematizado (corrigido o microrelevo) e taipas em nível bem locadas e com perfil adequado, o agricultor demanda menos água para preencher os quadros em nível devido a uniformidade da lâmina de água no interior destes.

Ramão et al. (2018), analisando o efeito de uma ou duas operações de nivelamento de solo nos componentes de rendimento de arroz irrigado, identificaram que a altura média da lâmina de água obteve melhor uniformidade na distribuição espacial com duas operações sendo a variação de 1,4 a 4,75 cm demonstrando boa uniformidade de nivelamento, mas na área onde foi realizada somente uma operação, os valores de altura de lâmina de água variaram de 0,8 a 6,7 cm, indicando que a necessidade de água para manutenção da lâmina no quadro de irrigação é maior com o nivelamento mais deficiente. Neste trabalho os autores não identificaram diferenças significativas na produtividade de grãos quando compararam as lâminas de água de cada tratamento, mas é certo que o sistema com menor variabilidade de altura da lâmina de água demanda menor quantidade de água para manter o quadro de irrigação cheio diminuindo o uso de água por hectare e tornando a produção mais eficiente.

A Figura 9 apresenta a imagem de preparo antecipado de verão onde, após o aplainamento do solo em desnível, foram construídas taipas de base larga baixas, com leiveiros pouco profundos que, após uma chuva, demonstra lâmina parelha de água entre as taipas. Esta imagem ilustra as boas práticas agrícolas na instalação da infraestrutura de irrigação que permitem uma distribuição homogênea da água nos quadros com o mínimo de altura de lâmina.



Figura 9 – Taipas de base larga construídas em nível, em solo previamente aplainado em desnível após a ocorrência de uma chuva.

Foto: Ivo Mello (2022), Quaraí/RS.

3.11.3 População de plantas – Estande

Outra prática que influencia sobremaneira a produtividade é a obtenção de adequada população de plantas de arroz irrigado na área de cultivo. Segundo a SOSBAI (2018), a densidade inicial de plantas é um aspecto fundamental para garantir o potencial produtivo, pois é o principal fator determinante do número de panículas por metro quadrado. O estabelecimento adequado da cultura é influenciado pelo sistema de cultivo, a cultivar, a época de semeadura, a qualidade de sementes, a densidade e a profundidade de semeadura e pelos cuidados na operação de semeadura.

Menezes et al. (2012), afirmam que nos principais sistemas de cultivo utilizados no RS, são necessárias cerca de 600 panículas por metro quadrado para a expressão do máximo potencial produtivo das cultivares.

Segundo a SOSBAI (2018), é fundamental que as sementes sejam provenientes de fornecedor participante de processo de certificação de qualidade de sementes para propiciar estabelecimento mais rápido e uniforme da lavoura. A garantia de se ter população de plantas desejadas, aumenta a eficiência do uso de fertilizantes e corretivos e reduz prejuízos causados pela competição com plantas daninhas.

Menezes et al (2012) e SOSBAI (2018), recomendam que, para atingir 600 panículas por metro quadrado são necessárias em média 150 a 200 plantas por metro quadrado das cultivares convencionais, distribuídas uniformemente, enquanto para as cultivares híbridas a população é de 100 a 150 plantas por metro quadrado.

Para obter tais populações de plantas, os autores recomendam a utilização de 80 a 120 kg ha⁻¹ de sementes, para as cultivares convencionais, e de 40 a 50 kg ha⁻¹ para as cultivares híbridas, independentemente do sistema de cultivo e da época de semeadura utilizados.

Para garantir o adequado estabelecimento do estande de lavoura é importante observar a menor profundidade de semeadura principalmente no início do período recomendado, além da utilização da semeadora com velocidade adequada para garantir a distribuição uniforme de sementes nas linhas. Esse procedimento permite melhor contato entre as sementes e o solo para que os processos de germinação e emergência também sejam uniformes (SOSBAI, 2018).

3.11.4 Manejo da água de irrigação

Menezes et al. (2012) indicam que o correto manejo da água de irrigação é um dos fatores cruciais para o êxito do manejo para altas produtividades de arroz, por se tratar de um processo de produção de arroz no contexto de uso conflitivo de água devido a outras demandas da sociedade urbana e interferência nos ecossistemas próximos às áreas de cultivo. Segundo estes autores a otimização do uso da água pela lavoura de arroz é questão prioritária no setor rizícola que busca alternativas técnicas e econômicas para seu manejo de forma ambientalmente sustentável.

O manejo da água da lavoura de arroz está relacionado ao sistema de cultivo e preconiza seu planejamento de forma integrada por ocasião da estruturação e sistematização da lavoura. Como já abordado anteriormente, o sistema predominante no RS é com taipas (ou marachas) construídas em nível considerando um desnível entre 5 e 10 cm entre elas (SOSBAI, 2018).

Na bacia piloto do Arroio Inhanduí, o sistema de irrigação é 100 % com taipas de base larga construídas em nível.

3.11.4.1 Início da irrigação

Em relação à entrada da água na lavoura Menezes et al. (2012), indicam que, para obter maior eficiência de uso da água (maior quantidade de grãos de arroz irrigado produzidos por metro cúbico de água utilizada) recomenda-se o início da irrigação o mais cedo possível no estágio em que o colmo principal da planta apresenta três a quatro folhas expandidas (V3 e V4 segundo escala fenológica de Counce et al. (2000). Isto porque que neste estágio as plantas de arroz apresentam estatura suficiente para suportar lâmina de água de 5 a 10 cm, sendo que a entrada da água nas lavouras deve ocorrer logo após a aplicação dos herbicidas e da primeira aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura.

Menezes et al. (2012), realizaram experimentos nas Estações Experimentais do IRGA de Cachoeirinha e Santa Vitória do Palmar, relacionando a produtividade de grãos em $t\ ha^{-1}$ com a época de irrigação medida em dias após a emergência (DAE) das plantas de arroz. Os resultados mostraram que ocorre a perda de uma tonelada de grãos de arroz por hectare para cada 10 dias de atraso na irrigação após a emergência das plantas, conforme demonstram os gráficos da Figura 10.

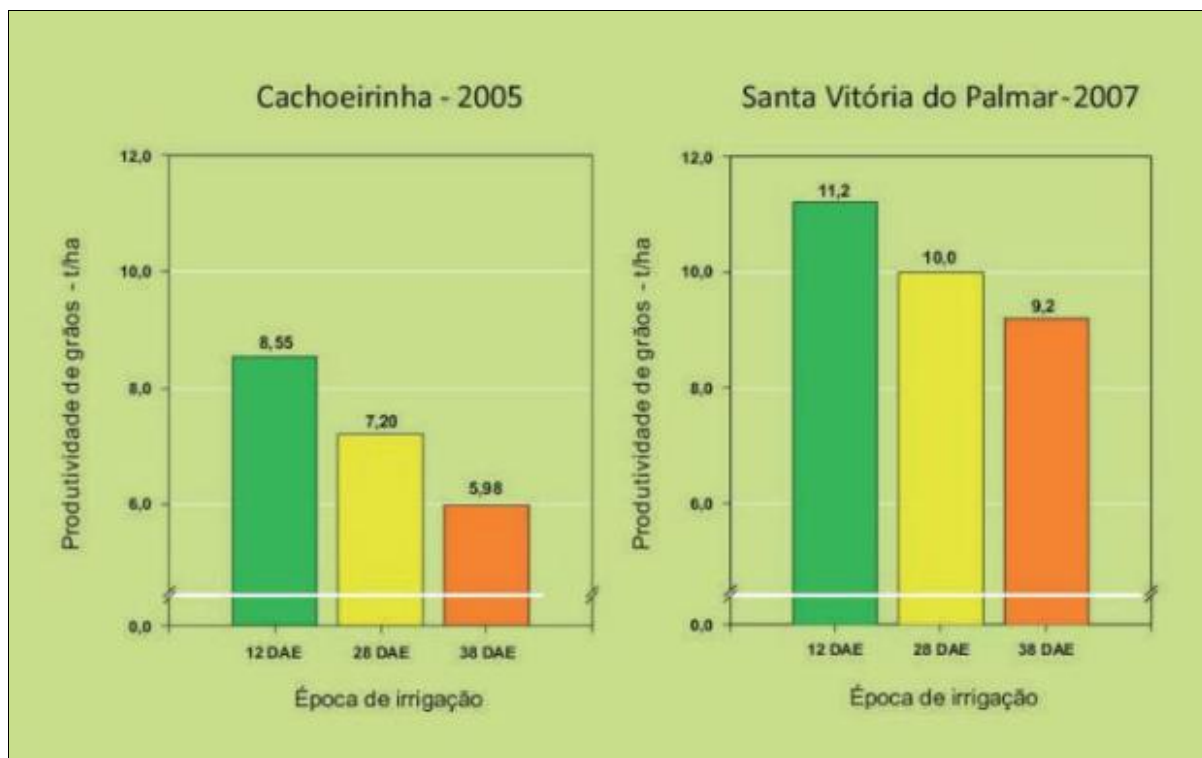


Figura 10 – Produtividades de grãos de arroz (t ha⁻¹) em função da época de irrigação, em dias após a emergência (DAE), em Cachoeirinha e Santa Vitória do Palmar-RS.

Adaptado de MENEZES et al. (2012)

3.11.4.2 Altura da lâmina de água e velocidade da irrigação

Como já comentado na seção sobre sistematização do solo para obter lâminas mais homogêneas nos quadros de irrigação em nível, a altura da lâmina de água é importante no manejo da água para o arroz porque interfere no volume de água utilizado e no custo da irrigação.

As recomendações técnicas da SOSBAI (2018), esclarecem que as aplicações de herbicida em pós-emergência, adubação nitrogenada em cobertura e o estabelecimento da lâmina de água nos quadros de irrigação estão estreitamente relacionados no tempo e, por isso, são operações que devem ser planejadas de forma conjunta. O volume de água requerido pelo arroz irrigado por inundação do solo é o somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e para repor as perdas por percolação e fluxo lateral, sendo que no cálculo da necessidade de água devem ser incluídas ainda eventuais perdas nos canais de irrigação.

O Manual de Recomendações Técnicas da SOSBAI resume afirmando que a quantidade de água para irrigar arroz no RS depende principalmente das condições meteorológicas, do manejo da cultura, das características físicas do solo, das dimensões e revestimento dos canais, do ciclo da cultivar, da localização da fonte e da profundidade do lençol freático (SOSBAI, 2018).

A percolação consiste nas perdas de água por infiltração profunda tendo o lençol freático como destino final; o fluxo lateral consiste no movimento lateral da água subsuperficial cujo destino é o dreno, sendo ambos processos influenciados por atributos de solo como textura, estrutura, fendimento, densidade, mineralogia e matéria orgânica.

Pineda e Román (2016), determinaram experimentalmente as médias de lâmina de percolação profunda e lâmina de fluxo lateral em 281,1 e 18,65 mm respectivamente, considerando um total médio de lâmina aplicada no período de irrigação de 1.837,6 mm.

Segundo a SOSBAI (2018), a demanda média do arroz é de cerca de 12 mm dia⁻¹ (evapotranspiração = 7,2 mm dia⁻¹ e perdas = 4,8 mm dia⁻¹) e sugere que o produtor leve em conta as precipitações ocorridas durante o período de irrigação da cultura, para economizar água e energia (quando necessitar bombeamento) promovendo a suspensão temporária da irrigação. A Figura 11 apresenta, de forma esquemática, o balanço de água em lavoura de arroz irrigado por inundação e sem irrigação.

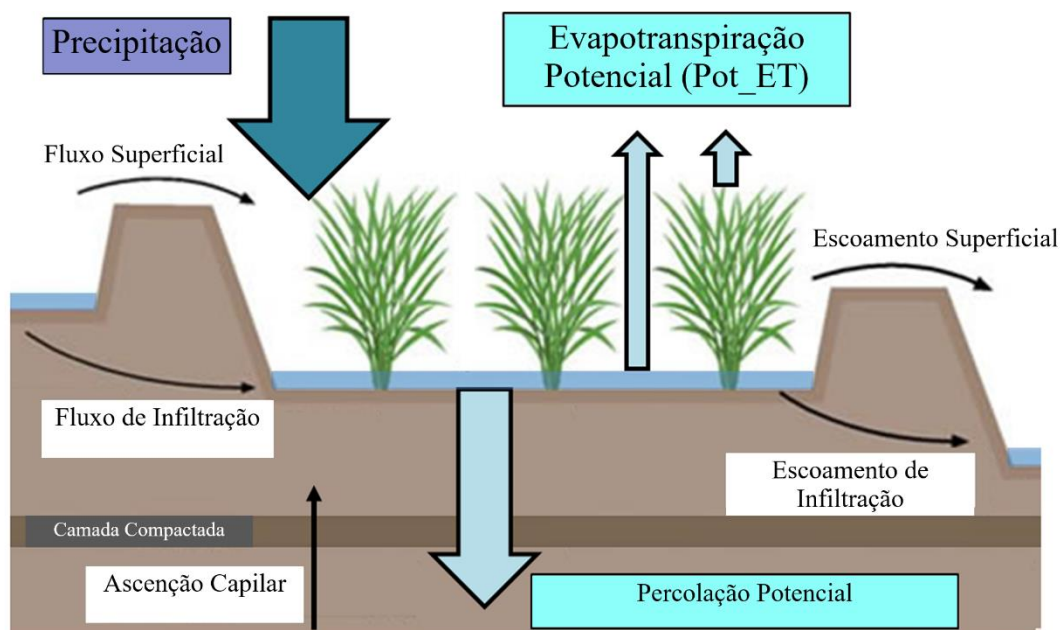


Figura 11 – Diagrama esquemático do Balanço Hídrico em tabuleiros de arroz irrigado por inundação (sem o fluxo de irrigação).

Adaptado de NELSON et al. (2015)

As Recomendações Técnicas da SOSBAI (2018), alertam que o custo elevado da energia utilizada em estações de bombeamento (eletricidade ou diesel) associado à menor disponibilidade ou escassez localizada de recursos hídricos, tornaram a racionalização no uso da água uma meta a ser atingida em muitas propriedades rurais de diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul mediante a adoção de sistemas/manejos alternativos da irrigação.

A irrigação contínua (IC) consiste em utilizar vazão inicial entre 2 a 3 L s⁻¹ ha⁻¹ para preencher os quadros de irrigação formando uma lâmina média de até 7,5 cm (entre os estádios V3 e R0) o mais rápido possível, atendendo às demandas de aporte do fertilizante nitrogenado em cobertura e das aplicações de herbicidas que serão mais efetivas na medida que os quadros preencham no máximo em três dias após o início da entrada de água. Para a manutenção desta lâmina e da subsequente a partir de R1 com 10 cm, considerando evapotranspiração mais perdas, é necessária uma vazão em torno de 1 L s⁻¹ ha⁻¹.

3.11.4.3 Regimes de irrigação

No sistema acima, preconizado para garantir a inundação por todo o ciclo da cultura, o agricultor aproveita menos os eventos de precipitação, pois estando os quadros cheios quaisquer

eventos de chuvas acarretam perdas por percolação profunda (potencial) e, principalmente, por fluxo lateral (escoamento superficial) desnecessários.

A alternativa consiste em suprimir temporariamente o fornecimento de água, permitindo a redução na altura da lâmina de água até atingir nível próximo ou igual ao do solo, permanecendo este sempre com presença de lâmina de água ou saturado durante todo o ciclo da cultura.

Segundo SOSBAI (2018), esse sistema é denominado irrigação por inundação contínua com fornecimento intermitente (ICFI) e pode ser utilizado ao longo de todo o ciclo de cultivo sem prejuízo para a produtividade de grãos conferindo economia de água pelo melhor aproveitamento da água da chuva. Este sistema permite que uma boa parte das precipitações durante o período de irrigação sejam aproveitadas por ter espaço de acumulação evitando principalmente as perdas por fluxo lateral pois os quadros já se encontram no limite de lâmina.

Parfitt et al. (2018), compararam estes dois sistemas (IC & ICFI) em duas safras 2015/2016 e 2016/2017 na estação experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado em Capão do Leão/RS e obtiveram incremento significativo na eficiência da lâmina de água aportada quando utilizado o manejo ICFI. Na safra 2015/2016 o ICFI precisou menos 250 mm de um total de 514 para o manejo IC e na safra 2016/2017 esta diferença a favor do ICFI foi de 66 mm de um total de 473 mm para o IC.

De forma similar, o *International Rice Research Institute* (IRRI) nas Filipinas informa que o sistema umedecimento e secagem alternados (alternate wetting and drying - AWD sigla em inglês) é uma forma simples e sem custo de reduzir o consumo de água na produção de arroz em até 30% (IRRI, 2016).

A tecnologia AWD também provou mitigar efetivamente a emissão de gases de efeito estufa (GEE), especificamente metano (CH₄), da produção de arroz em 30 a 70% sem causar redução de rendimento de grãos. Durante as fases secas, as bactérias produtoras de metano são inibidas, estabelecendo uma condição para reduzir a emissão de GEE (NELSON et al., 2015).

O Instituto ainda informa que, utilizando as diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC – sigla em inglês) de 2006, pode-se estimar que se todos os campos de arroz irrigados continuamente fossem drenados pelo menos uma vez durante a estação de crescimento, as emissões de CH₄ globais poderiam reduzir em 4,1 Mt por ano.

Em relação às lavouras de arroz que são cultivadas na bacia do arroio Inhanduí objeto deste estudo, todas utilizam predominantemente o manejo preconizado pelas Recomendações Técnicas (SOSBAI, 2018) de Irrigação Contínua com Fornecimento Intermitente (ICFI), ou AWD – Alternate Wetting and Drying em inglês, conforme Nelson et al. (2015) e IRRI (2016). Considerando que, em média, as demandas de água para irrigação dependem majoritariamente de açudes e barramentos (quase 90% na safra 2021/2022), e que a área onde se cultiva o arroz normalmente possui declividades altas que pressionam perdas maiores por escoamento superficial e percolação lateral, o sistema de ICFI é utilizado pela maior parte dos produtores para economizar água das infraestruturas de armazenamento.

3.11.4.4 Qualidade da água no processo de irrigação

A qualidade da água é definida por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. Em caso de dúvida quanto à qualidade da água, as Recomendações Técnicas da SOSBAI (2018) indicam a coleta de amostras para análise, para estabelecer a concentração de elementos que podem ser tóxicos à planta ou danosos ao meio ambiente.

Segundo a resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) as águas de classe 3 são indicadas para uso na irrigação por inundação. Diel et al. (2007) avaliando nutrientes nas águas aplicadas na irrigação de arroz da região sul do RS, nominaram as fontes para captação como Açudes, Lagoas e Rios. Nestas fontes, realizaram as coletas para análise que indicaram aportes de nutrientes em quantidade suficiente para cálcio, ferro, silício e sódio e até 28% de magnésio e 12% de potássio.

Na bacia em estudo do Arroio Inhanduí, o levantamento de campo realizado para análise da safra 2021/2022 para um total de 8.191 hectares de arroz cultivados mostrou que, em média, 12,5% das captações foram em cursos de água (sanga/arroio) e 87,5% oriundas de açudes e barragens. Não existem lagos e lagoas naturais na bacia deste arroio Inhanduí.

Em relação à qualidade da água captada e aos efluentes de retornos aos corpos hídricos, Furtado & De Luca (2003) estudaram o efeito das três principais técnicas de cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul sobre a qualidade da água, avaliada pelos efeitos dos manejos sobre os parâmetros físicos, químicos e biológicos e sobre a presença de protozoários e parasitas humanos.

As técnicas de cultivo avaliadas foram plantio convencional (PC), plantio pré germinado (PG) e plantio direto (PD). O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental do Arroz do IRGA em Cachoeirinha/RS onde a fonte de água para irrigação é o Rio Gravataí.

A fim de caracterizar a qualidade das águas captadas no rio Gravataí para irrigar neste experimento, foram analisadas séries históricas de dados de monitoramento de diversos parâmetros de qualidade da água nos períodos de 2010-2013 e 2015-2020 (FEPAM, 2021).

Os autores relatam que a qualidade da água no rio Gravataí apresenta restrições para os usos mais nobres previstos na Resolução CONAMA 357/2005 e acrescentam que os resultados da avaliação da série histórica de monitoramento evidenciam que não está ocorrendo melhora na qualidade das águas, apontando inclusive para uma piora com o passar dos últimos anos (2015-2020).

O Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, conforme padrões estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005, foi aprovado nas Resoluções CRH/RS N° 58/2009 e CRH/RS N° 113/2012 que estabelece as metas progressivas intermediárias. No trecho onde se capta água para irrigar os experimentos da estação experimental de Cachoeirinha, a Classe prevista para a Meta de 15 anos (2027) é 4 e, para a Meta de 20 anos (2032) é Classe 3, sendo o Enquadramento de longo prazo estabelecido na Classe 2. Entretanto, FEPAM (2021) analisou as séries históricas neste trecho e verificou que os parâmetros fósforo e *Escherichia coli* são os mais preocupantes por apresentarem em pelo menos a metade das amostras e em todas as estações de monitoramento e, em ambos os períodos (2010-2013 e 2015-2020), condições de qualidade inferior a da sua pior classe de uso, ou seja, valores de concentração medidos majoritariamente acima do limite da Classe 3.

Conforme o experimento de Furtado & De Luca (2003), a Tabela 7 apresenta os resultados dos parâmetros estudados já consolidados no indicador Índice de Qualidade da Água (IQA/NSF adaptado FEPAM, 2005). O IQA/NSF, segundo Misaghi et al. (2017) é um dos indicadores abrangentes mais comuns para classificações de qualidade de águas superficiais em todo o mundo. Foi criado no ano de 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF) que selecionou nove variáveis consideradas mais representativas em relação à qualidade da água. Para cada variável foi traçada uma curva de qualidade, que correlaciona sua concentração a uma nota pontuada de 0 (pior nota) a 100 (melhor nota) (INEA, 2019).

A FEPAM utiliza esta metodologia retirando o parâmetro temperatura e utilizando o nitrogênio amoniacal em lugar do nitrato. Para cálculo deste índice, a FEPAM, considera os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, DBO, pH, nitrogênio amoniacal, fosfato total, turbidez e sólidos totais.

Tabela 7 – Índice de Qualidade da Água (IQA) das unidades amostrais: PC – Plantio Convencional, PG – Pré-germinado e PD – Plantio Direto. Coletas realizadas entre 15/12/2000 e 29/03/2001 no rio Gravataí

Data	Rio	PC	PG	PD
15/12/2000	46	44	33	47
23/01/2001	48	55	58	51
20/02/2001	49	55	53	51
29/03/2001	55	53	59	63
Máximo	55	55	59	63
Mínimo	46	44	33	47
Média	49	52	51	53
Desvio Padrão	3,70	5,2	12,0	6,9

Adaptado de: Furtado & De Luca (2003)

A qualidade da água efluente das parcelas foi melhor no sistema Plantio Direto (IQA médio igual a 53) sendo inclusive superior àquela do rio Gravataí (IQA médio de 49).

Furtado & De Lucca (2003) também concluíram que não foram encontrados protozoários patogênicos na água de irrigação, nem nos efluentes dos sistemas. E, por fim, resumem que a cultura do arroz, dependendo da técnica de cultivo, apresenta comportamento semelhante a um banhado artificial, pois é notável a redução de coliformes, de nutrientes (ortofosfato, nitritos, nitratos) e de defensivos agrícolas, tornando as águas efluentes melhores que as de irrigação original (do rio Gravataí).

Macedo et al. (2011), ao avaliarem a qualidade das águas do rio Gravataí e dos efluentes das lavouras que retornam para o corpo hídrico, em duas safras 2009/2010 e 2010/2011, concluíram que a água da área cultivada que retorna ao rio Gravataí tem menos concentrações de nitrogênio total e de fósforo solúvel do que a proveniente do rio no ponto de captação da água de irrigação para a Estação Experimental, quando analisada no canal de irrigação antes da entrada na lavoura. Em outro estudo nestas mesmas duas safras 2009/2010 e 2010/2011 na área de abrangência do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro em Camaquã/RS, estes autores avaliaram a qualidade das águas das duas fontes de água utilizadas para irrigar (rio Camaquã e

Barragem do Arroio Duro), dos efluentes urbanos da cidade de Camaquã e dos drenos do perímetro. Macedo et al. (2011), concluíram que as concentrações de nitrogênio e de fósforo da água dos efluentes oriundos de drenagem urbana apresentaram valores altos quando comparados às dos sistemas de irrigação e de drenagem, provavelmente em decorrência da drenagem das redes pluvial e cloacal da área urbana de Camaquã sem o devido tratamento.

Estes poluentes dispostos no Dreno do Passinho após passar pela área urbana de Camaquã, são conduzidos para as áreas de irrigação em combinação com as águas provenientes do rio Camaquã e da Barragem do Arroio Duro e, como são nutrientes para o cultivo de arroz, as águas de drenagem monitoradas à jusante do perímetro apresentaram, em média, teores mais baixos destes dois nutrientes.

Com dados ainda não publicados, a pesquisadora Dra Mara Grohs da Estação Experimental do Capané/IRGA, em Cachoeira do Sul, apresentou durante a Fenarroz 2021 (GROHS, 2021), os resultados de seu trabalho intitulado “Qualidade da Água da Lavoura de Arroz Irrigado em Função do Momento da Drenagem”. Com a colaboração de produtores e técnicos extensionistas dos NATE do IRGA, 77 locais de amostras de água, sendo uma coletada na fonte (rio ou barragem) e outra na lavoura no momento da drenagem (15 dias após a floração), em vários municípios das regiões arrozeiras do RS. Considerando a Resolução CONAMA 357/2005, o trabalho avaliou os resultados das amostras. Um resultado interessante relatado pela pesquisadora foi que no Rio Pardinho (Bacia do Rio Pardo), a amostra coletada no rio tinha nove vezes mais nitrogênio do que a amostra coletada na lavoura (GROHS, 2021). Esta pesquisadora também enfatizou que, através de vários trabalhos de monitoramento de qualidade da água associados às lavouras de arroz, se constata este efeito de filtragem destes poluentes difusos na água, como o nitrogênio, justamente pelo fato de ser um nutriente absorvido pela planta durante o cultivo.

Nas conclusões a pesquisadora afirmou que: “a água proveniente da lavoura de arroz, 15 dias após a floração da cultura, apresenta qualidade compatível com a Classe 3 da Resolução 357/2005 do CONAMA, podendo ser classificada como Classe 1 em função dos teores médios de amônio, nitrato, fósforo e sólidos em suspensão”; e que “a lavoura de arroz ajuda a minimizar contaminações de corpos hídricos adjacentes, principalmente os que apresentam altos teores de amônio e fósforo.” (GROHS, 2021).

3.12 O SUPORTE AOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO

A implementação das diversas práticas de manejo descritas tem o potencial de melhorar a eficiência no uso da água, seja em kg m^{-3} ou em $\text{R\$ m}^{-3}$. Entretanto, em muitos casos, apesar das externalidades positivas para a sociedade, os custos ao produtor podem limitar a implementação mais disseminada de algumas práticas. Nesses casos, devemos buscar instrumentos gestão, especialmente aqueles econômicos, para viabilizar o emprego de algumas práticas, aumentando o número de produtores engajados e conseqüentemente as externalidades positivas. Esta seção discute um importante instrumento nesse sentido, o Pagamento por Serviços Ambientais.

3.12.1 Pagamento por serviços ambientais (PSA)

É estratégico que as práticas agrícolas se atualizem para sistemas agrícolas sustentáveis capazes de aumentar significativamente a produtividade e a qualidade dos serviços ecossistêmicos. Segundo Jardim e Bursztyn, (2015), a água vem se tornando cada vez mais um recurso estratégico em função dos interesses vitais, econômicos e geopolíticos e, com o aumento da degradação ambiental em paralelo com a crescente demanda de água para os diversos usos, surgiu a necessidade de repensar as políticas públicas, principalmente no que se refere aos instrumentos de gestão ambiental.

Os serviços ecossistêmicos são fundamentais para sustentar a vida humana, através de condições, processos e fluxos de matéria ou energia gerados pelos ecossistemas naturais (OLIVEIRA et al., 2021). Segundo estes autores, muitos serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como bens comuns, ou seja, benefícios materiais e imateriais, compartilhados por comunidades humanas.

Recentemente através da Lei Federal nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021 foi instituída a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais como uma resposta dos legisladores para repensar políticas públicas nos seus instrumentos de gestão ambiental (BRASIL, 2021). Em seu Art 2º, a legislação define ecossistema como o complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais e de microrganismos e o seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional; e serviços ecossistêmicos como benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais. Oliveira et al. (2021) definem as modalidades destes serviços ecossistêmicos como serviços de provisão, suporte, regulação e culturais.

A legislação define serviços ambientais como atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, o pagamento por serviços ambientais é definido como “transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e pertinentes”, podendo ser o provedor de serviços ambientais: “pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, ou grupo familiar ou comunitário que, preenchidos os critérios de elegibilidade, mantém, recupera ou melhora as condições ambientais dos ecossistemas” (BRASIL, 2021).

Os serviços de provisão são os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros. Os de suporte são os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético. Por sua vez, os de regulação são os que concorrem para a manutenção da estabilidade, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e deslizamento de encostas. Por fim os serviços culturais são atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos.

Muradian, R. et al. (2010), definem serviços ecossistêmicos como uma subcategoria dos serviços ambientais que tratam exclusivamente dos benefícios humanos derivados dos ecossistemas naturais.

FAO (2021) considerou os desafios atuais e futuros para o nosso abastecimento de alimentos e para o meio ambiente. Nesse contexto, a intensificação sustentável da produção agrícola passou a ser prioridade para os formuladores de políticas de desenvolvimento. Segundo FAO (2021) a intensificação sustentável define como produzir mais na mesma área de terra ao mesmo tempo que reduz os impactos ambientais negativos e aumenta as contribuições para o capital natural e o fluxo de serviços ambientais.

FAO (2009) estabeleceu a intensificação sustentável da produção agropecuária como seu primeiro objetivo estratégico e, para atingir esse objetivo, endossou a “abordagem ecossistêmica” na gestão agrícola. Essencialmente, a abordagem ecossistêmica usa insumos, como terra, água, sementes e fertilizantes, para complementar os processos naturais que sustentam o crescimento das plantas, incluindo polinização, predação natural para controle de pragas e a ação da biota do solo que permite que as plantas acessem nutrientes (serviços ecossistêmicos).

Jardim e Bursztyn (2015), enfatizam que o cenário atual exige uma gestão sob o prisma dos diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais, o que vem favorecendo o fortalecimento de uma nova estratégia de gestão em recursos hídricos: o pagamento por serviços ambientais (PSA). Ao estudarem o caso do pagamento por serviços ambientais do município de Extrema em Minas Gerais, que iniciou com o Conservador de Águas, Jardim e Bursztyn (2015), concluíram que o PSA representa uma forte estratégia ambiental e econômica, uma vez que incorpora um adicional de renda para ressarcir os custos (de oportunidade e de manutenção) das práticas conservacionistas, que permitem o fornecimento dos serviços hídricos.

Uma vez identificados os beneficiários, os provedores, os serviços, a forma de garanti-los e a fonte de recursos financeiros diretamente ligada ao interesse de se obter os serviços hídricos oferecidos é necessário, também, que haja condições institucionais prévias que possam administrar os pagamentos e a gestão dos contratos. Esses autores enfatizam que, no caso do PSA de Extrema, embora o Conservador das Águas não tivesse a escassez de água como um dos fatores principais que motivaram a sua criação, foi exatamente a iminente escassez de água na Região Metropolitana de São Paulo que favoreceu o apoio de diversos parceiros fundamentais na concretização do projeto. Essa parceria consolidada, que inclui diversos setores da sociedade, constituiu um fator determinante para a continuidade do projeto.

EMBRAPA (2021), afirma que a internalização do conceito de provisão e regulação de serviços ambientais nos sistemas produtivos, nos processos de tomada de decisão, na gestão territorial e no uso e manejo das terras agropecuárias e florestais poderá resultar em evidentes impactos ambientais positivos na paisagem rural e no bem-estar humano. Os autores informam que existem demandas e lacunas em relação aos serviços ambientais, regional e localmente, que precisam ser supridas para se atingir eficiência e sustentabilidade nos setores agropecuário e florestal que a pesquisa pode auxiliar. Atualmente os desafios prioritários de pesquisa que envolvem o tema internamente na instituição são:

- 1) Definir indicadores-chave e métodos de baixo custo para a avaliação e valoração de serviços ambientais múltiplos prestados por sistemas de produção agropecuários e florestais, servindo de base para procedimentos de certificação de sistemas de produção e propriedades rurais prestadoras de serviços ambientais.
- 2) Diversificar e maximizar a renda de populações vulneráveis por meio da diversificação e manejo de produtos e serviços agropecuários e florestais advindos da biodiversidade e da compensação pelo seu papel na manutenção de serviços ambientais.
- 3) Compreender a perda de biodiversidade nos diferentes biomas e sua relação com os serviços ambientais múltiplos gerados na paisagem, para desenvolver e disponibilizar estratégias e práticas de mitigação sobre a perda dos serviços ambientais.
- 4) Ampliar as oportunidades de negócios e renda, incluindo públicos diferenciados a partir do uso sustentável da biodiversidade em paisagens rurais e urbanas.
- 5) Fomentar e subsidiar a elaboração, implantação e avaliação de políticas públicas voltadas à provisão de serviços ambientais.
- 6) Propor soluções inovadoras e de baixo custo para o manejo e conservação do solo e da água para a segurança hídrica, energética e alimentar em bacias hidrográficas.
- 7) Desenvolver e disponibilizar estratégias e práticas de mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade e os serviços ambientais, com destaque para o estresse hídrico.
- 8) Mitigar os danos causados por espécies de animais exóticas sobre os serviços ecossistêmicos.

EMBRAPA (2021), enfatiza que a organização e disponibilização de informações de apoio a decisões no meio rural também é um dos papéis da pesquisa agropecuária e florestal, visando aproximar a ciência das políticas públicas.

No caso da bacia do arroio Inhanduí, objeto do presente estudo, as pressões devido à escassez de água por outros usos, a exemplo de município de Extrema, são praticamente inexistentes. Por outro lado, devemos também considerar as premissas da FAO sobre a necessidade de se intensificar de forma sustentável, com abordagem ecossistêmica, a produção de alimentos básicos, como o arroz, visando a manutenção da segurança alimentar do planeta.

Nesse contexto, a bacia do Inhanduí apresenta um potencial de irrigação para produção de até 9.500 ha de arroz, devido principalmente ao investimento em armazenamento de água em açudes e barramentos (pelo menos 8.500 ha). Pode-se considerar os serviços de armazenamento de água prestados pelos reservatórios como complementares aos ecossistêmicos por proporcionar maior disponibilidade de alimentos bem como serviços ambientais, por favorecerem em vários aspectos os serviços ecossistêmicos.

Por exemplo, além de incrementar a produção de alimentos, os reservatórios de água contribuem para mitigar os efeitos de eventos críticos como enchentes e estiagens. Na região típica do Bioma Pampa onde está inserida a bacia do arroio Inhanduí, com tradição de produção pecuária (bovinos, ovinos e equinos) importante para a sócio economia regional, pelo menos, nos últimos 300 anos, é senso comum entre os pecuaristas que os investimentos realizados nas últimas oito décadas em reservação de água durante as estações de outono, inverno e primavera para utilizar na irrigação do arroz durante o verão, contribuíram de forma muito significativa para que as atividades pastoris se fortalecessem devido a maior disponibilidade hídrica para as criações.

Neste caso o fato de armazenar água de excesso de chuva em estações onde a demanda hídrica é menor, configura um serviço de armazenamento, capaz de melhorar a oferta de recurso hídrico para a atividade pastoril.

Conforme citado por EMBRAPA (2021), este trabalho de pesquisa elaborado no âmbito do ProfÁgua através de técnico de uma instituição de pesquisa e extensão como o Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA que apoia o maior usuário de água do estado, tem como objetivo organizar e disponibilizar informações para apoio a decisões no meio rural visando aproximar a ciência das políticas públicas.

4 METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos estabelecidos neste trabalho foram desenvolvidas atividades para construir o Sistema de Informações IRGA contemplando a área de estudo e o desenvolvimento do projeto. O fluxograma da Figura 12 ilustra o procedimento para construção do sistema de informações IRGA como base para a produção de diretrizes de outorga, planos de bacias hidrográficas e pagamento por serviços ambientais em região arroseira do Rio Grande do Sul. Tratando-se de um banco de dados organizado com o objetivo de beneficiar usuários e gestores nos seus planejamentos e operações, nesta seção, após discussão com base na bibliografia disponível, descreve-se os procedimentos para construir o sistema de informações bem como a proposta de avaliação de eficiência do uso da água em kg m^{-3} .

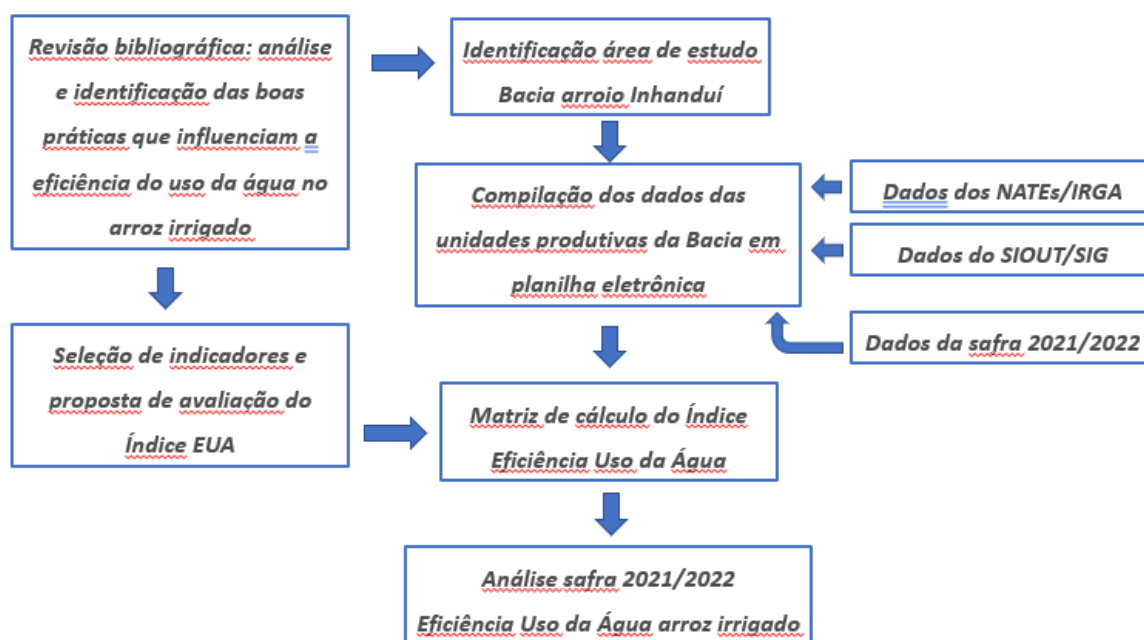


Figura 12 – Fluxograma da metodologia para estabelecer o Sistema de Informações IRGA.

A discussão e escolha das boas práticas que contribuem para a otimização do uso da água na produção de arroz irrigado está contemplada nesta seção bem como o método de levantamento dos dados das unidades produtivas a serem avaliadas pela metodologia proposta.

4.1 BACIAS IBIRAPUITÃ E INHANDUÍ – MEIO FÍSICO

Ao descrever as características climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã, Menezes (2018), citando Rossato (2011), aponta que se encontram em uma área onde predominam as tipologias climáticas denominadas Subtropical II, e Subtropical Ib, para o Rio Grande do Sul. Estas tipologias climáticas têm como características a influência dos sistemas polares e dos sistemas tropicais continentais, estando os sistemas frontais associados a maior parte das precipitações nesta área. A bacia do Inhanduí, como afluente do Ibirapuitã, tem influência das duas tipologias descritas para o rio Ibirapuitã. A Figura 13 demonstra o limite da bacia do rio Ibirapuitã em vermelho e a bacia do arroio Inhanduí (afluente) em cinza.

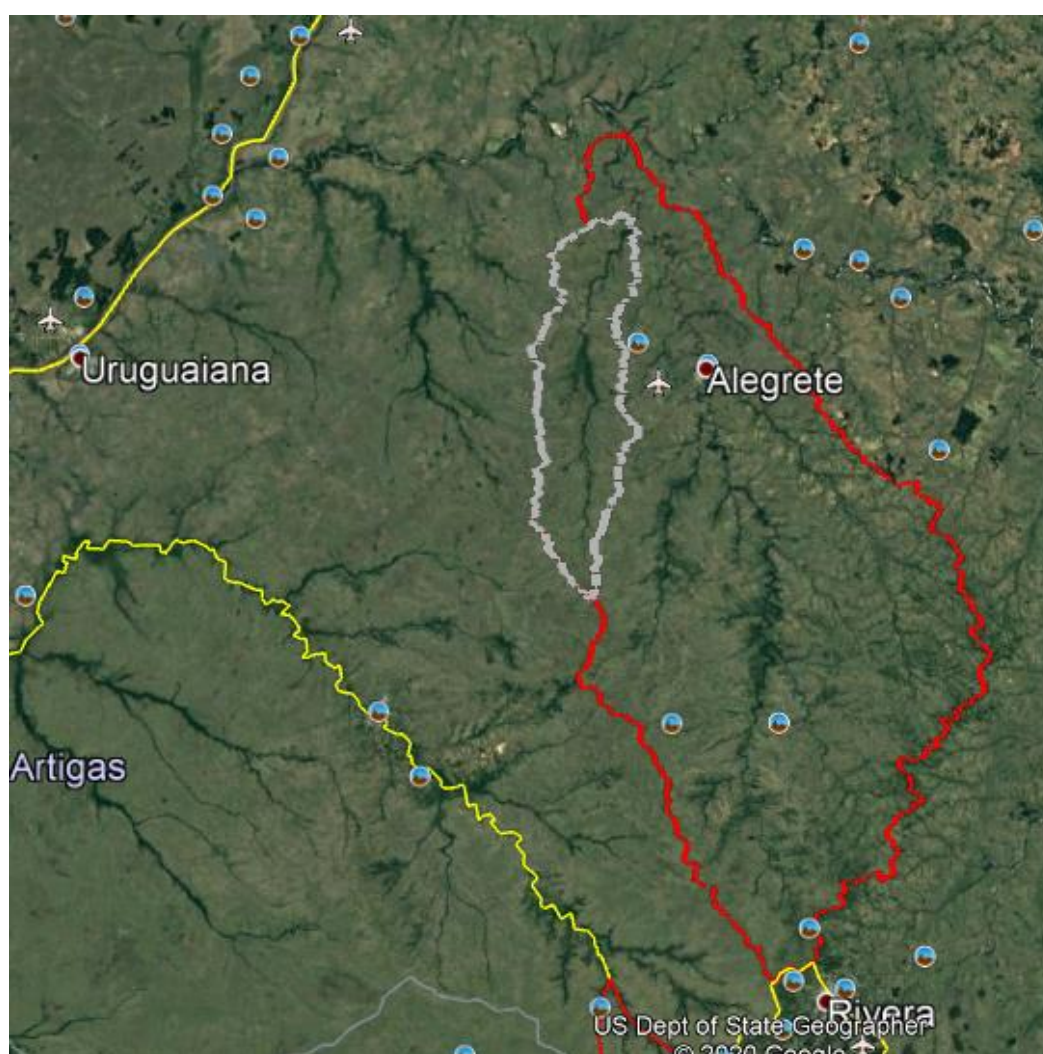


Figura 13 – Bacias do rio Ibirapuitã – poligonal vermelha (ANA/CONAB, 2020) e do arroio Inhanduí – poligonal cinza (RAMON, 2021).

Fonte: Arquivos kml dos autores referidos

Situando a bacia do Inhanduí na descrição de Menezes (2018), temos que a tipologia climática Ib é predominante na extensão sul da bacia hidrográfica, apresentando influência do

relevo pela porção do Planalto da Campanha denominada Cuesta do Haedo, e a pluviometria varia entre 1400 e 1700 mm, distribuídos em 70 a 90 dias de chuva ao ano. A precipitação total mensal nesta área varia de 115 mm a 155 mm nos meses de outono e primavera, podendo diminuir para 75 mm a 155 mm em agosto. Já na parte norte da bacia do Inhanduí onde predomina o clima Subtropical II as chuvas podem ocorrer em 90 a 110 dias por ano mantendo a precipitação mensal no intervalo de 115 mm a 150 mm em grande parte dos meses. A temperatura média anual está na proximidade dos 20°C, e as máximas absolutas no verão atingem valores entre 38°C e 41°C. As temperaturas mínimas absolutas no inverno ficam entre 4°C e 1°C, associada ao clima Subtropical II e podendo chegar aos -7°C na tipologia Subtropical Ib, em função da continentalidade, que atribui uma grande amplitude térmica (MENEZES, 2018).

A variabilidade tempo-espacial das precipitações é influenciada também pelas alterações da circulação atmosférica, nas escalas regional e zonal, provocadas pelos fenômenos El Niño e La Niña, que ocasionam mudanças significativas de precipitações, com inundações e estiagens, respectivamente. Menezes (2018), cita que outra característica fisiográfica marcante da bacia do rio Ibirapuitã, onde está incluída a bacia do arroio Inhanduí, é estar situada integralmente no Bioma Pampa, apresentando biodiversidade e beleza paisagística características dos campos sulinos.

A Bacia Hidrográfica do Arroio Inhanduí é um dos afluentes do Rio Ibirapuitã-RS, cuja bacia é a UPG 5, do Plano de Bacia do Rio Ibicuí, que se situa nas regiões da Fronteira Oeste e Central do RS, sendo o principal afluente da margem esquerda do Rio Uruguai que é a calha principal da Região Hidrográfica do Uruguai – Figura 14. A bacia abrange os municípios de Alegrete e Quaraí.

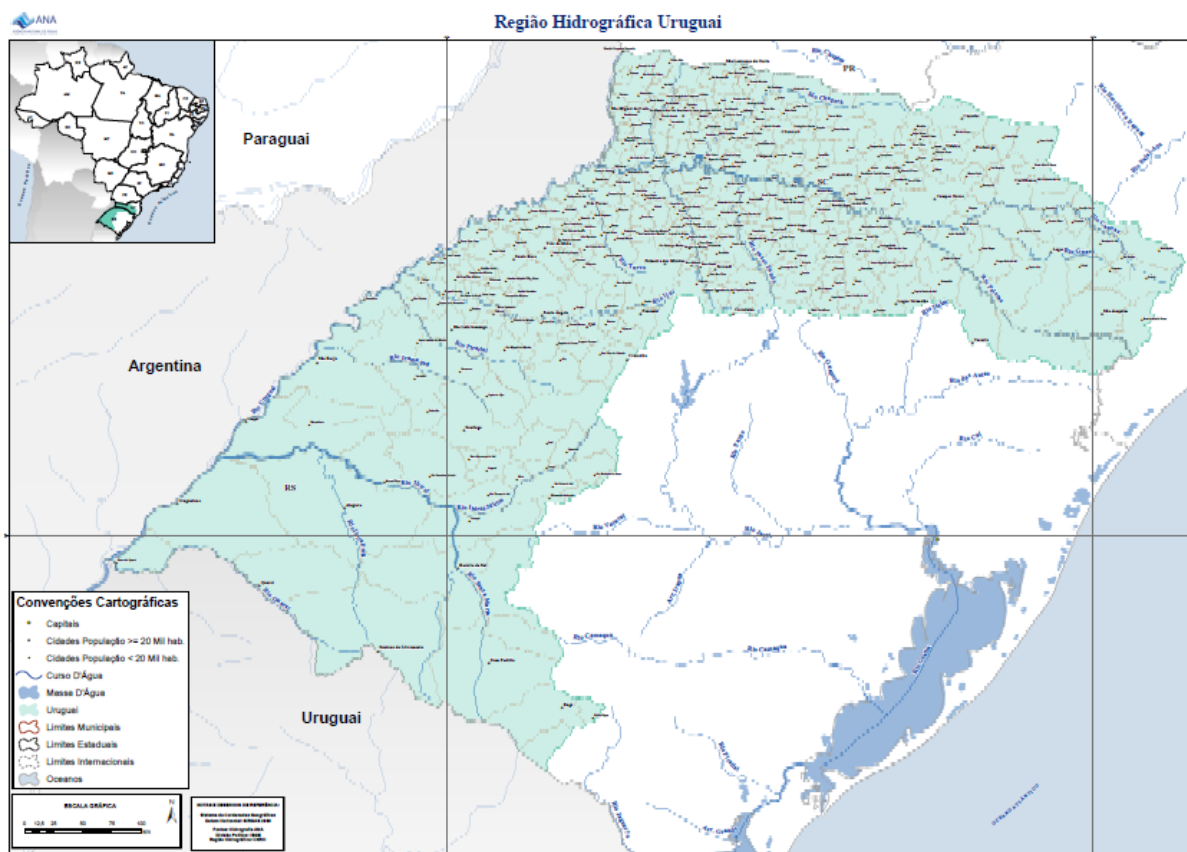


Figura 14 – Região hidrográfica do rio Uruguai.

Fonte: ANA, IBGE e CNRH, 2000

Na região da bacia hidrográfica do arroio Inhanduí-RS, a disponibilidade hídrica é importante insumo de uma economia que abastece os municípios de Alegrete e Quaraí. Este último município na década de 1990, recebia em média de retorno de 90% do ICMS por conta das vendas de commodities agropecuárias: arroz, lã e carne. Só o arroz foi responsável por mais de 50% (informação do Secretário de Planejamento da época na oficina do plano de gestão da APA do Ibirapuitã, Rosário do Sul, dezembro de 1998), mas todas umbilicalmente dependentes do insumo água.

Conforme Menezes (2015), no mapa do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos com as três regiões hidrográficas e seus principais rios (Figura 15), destaque para a bacia do rio Ibirapuitã (em amarelo) na região hidrográfica do rio Uruguai, com representação gráfica apenas com sua área em território gaúcho.

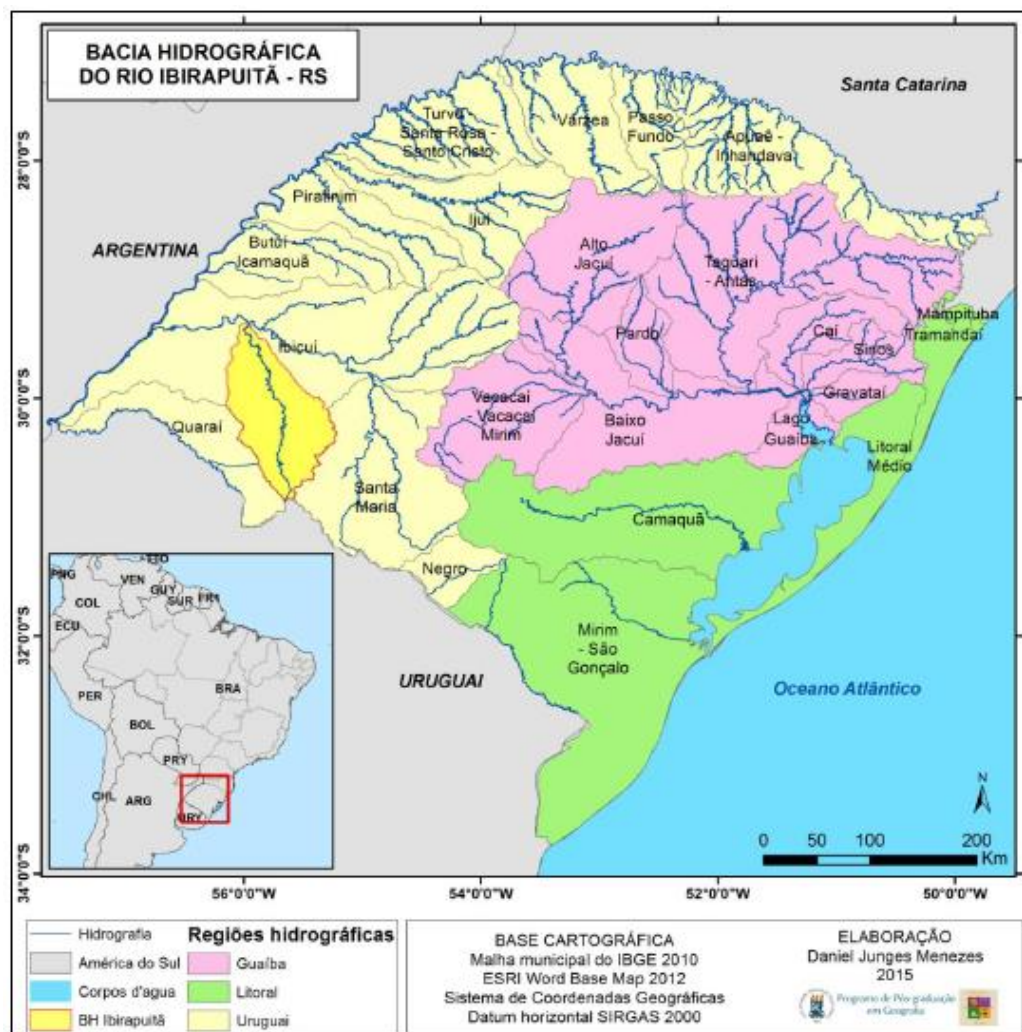


Figura 15 – Bacia do rio Ibirapuitã-RS, destacada em amarelo na região hidrográfica do rio Uruguai.

Fonte: Extraído de MENEZES, 2015.

Na Figura 16, encontra-se um mapa da bacia do rio Ibirapuitã, onde está inserido um de seus afluentes, o arroio Inhanduí, bacia hidrográfica é objeto do presente estudo, conforme consta na publicação de Menezes (2015).

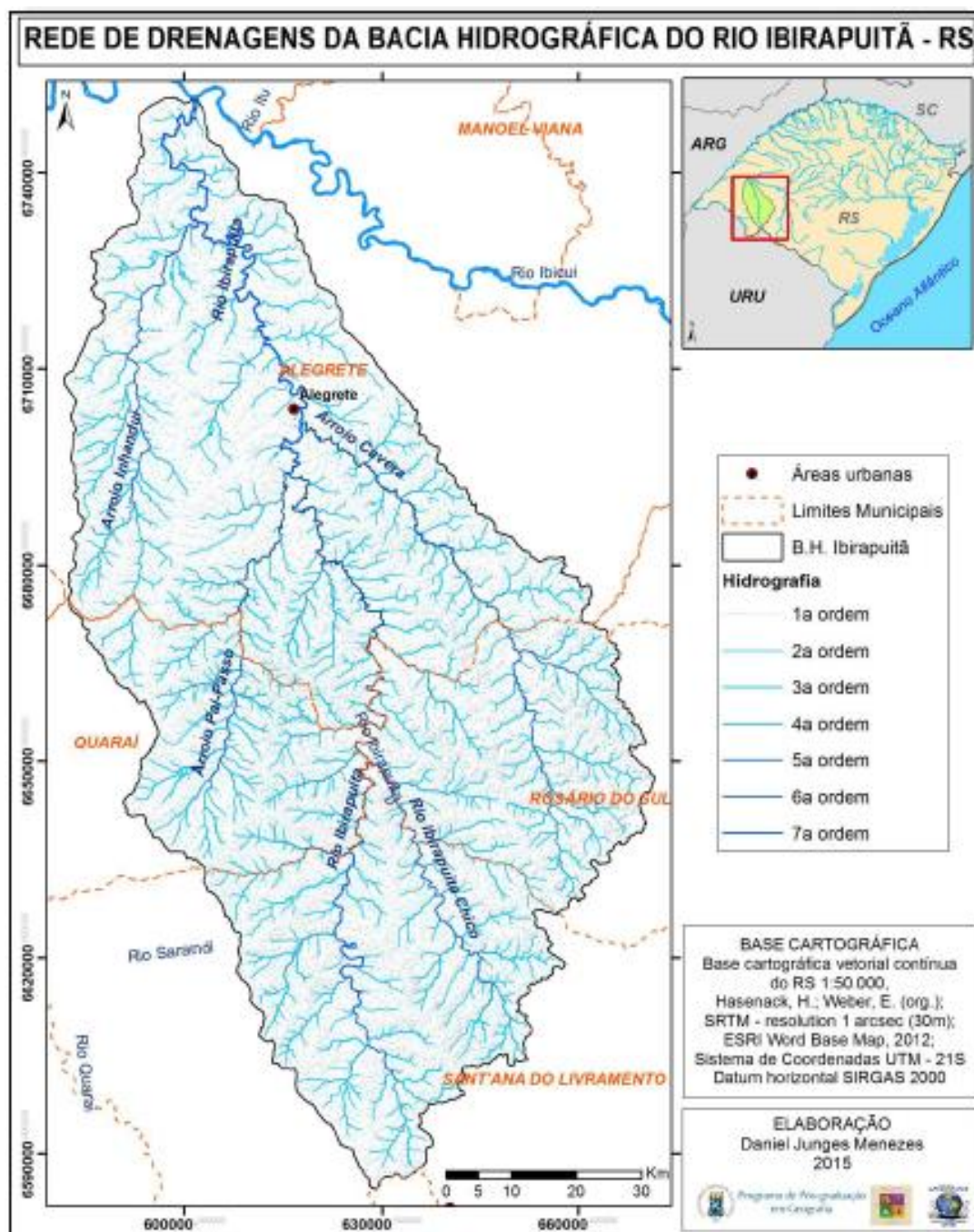


Figura 16 – Bacia do rio Ibirapuitã-RS e sua hidrografia, destacando o arroio Inhanduí como a subbacia mais a oeste e a norte.

Fonte: Extraído de MENEZES, 2015.

4.2 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para identificação e cadastro dos produtores e suas unidades produtivas na bacia do arroio Inhanduí foram utilizadas as planilhas eletrônicas de acompanhamento de safras, disponíveis nos NATE's de Alegrete e Quaraí que são os municípios da bacia em estudo. Foram

necessárias várias visitas a campo para confirmar os produtores em atividade nesta bacia, já que o cadastro existente estava desatualizado.

Nas Unidades de Produção onde o arrozeiro é arrendatário, é comum ocorrerem trocas de titularidade devido a circunstâncias negociais que são dinâmicas na região. Em menor quantidade também acontecem mudanças de titularidade de proprietários dos campos onde se desenvolve a lavoura de arroz que, normalmente, determinam rearranjos nas relações de arrendamento e/ou parceria estabelecidas até à safra anterior.

Por estas razões é importante que o sistema de informações contemple atualizações anuais de forma a permitir que os bancos de dados estejam sempre atualizados, oferecendo informações com qualidade aos clientes (o próprio IRGA, produtores arrozeiros, política de abastecimento, política de recursos hídricos, política ambiental, entre outros).

Outra ferramenta importante refere-se às informações e aos arquivos KML compatíveis com o Google Maps e Earth, disponibilizados pela parceria da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) referentes à metodologia de levantamento utilizada para a publicação Mapeamento do Arroz Irrigado no Brasil (ANA, 2020).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitam a manipulação e a geração de produtos cartográficos, bi ou tridimensionais, pelo cruzamento e análise de informações (SANTIAGO et al. 2019). Os dados desta natureza são acessados de forma rápida e de fácil visualização, como proporcionados pelos Bancos de Dados Geográficos (BDG), sendo uma ferramenta importante para uma rápida tomada de decisão pelos gestores.

Segundo Miranda (2006), os arquivos KML decorrem da linguagem Geography Markup Language (GML) que compartilha dado espacial (vetorial ou matricial) pela codificação do dado espacial em Extended Markup Language (XML). Conforme este mesmo autor, a ideia é que qualquer representação digital do mundo real possa ser pensada como um conjunto de atributos, sendo o estado de um atributo definido por um conjunto de propriedades, onde cada propriedade pode ser imaginada como uma tripla informação {nome, tipo, valor}. Estes arquivos KML, que são fornecidos pela parceria ANA/CONAB e lançados na plataforma do Earth, permitem que se visualize as poligonais das áreas de cultivo de arroz irrigado no RS na safra 2019/2020.

O primeiro trabalho de escritório consistiu em referenciar os produtores conhecidos com as respectivas áreas de cultivo da safra 2019/2020. As equipes dos NATE's de Alegrete e Quaraí

contribuíram para que, nas primeiras saídas a campo, já fosse definida uma base de dados inicial a nível de escritório. De posse desta base de dados inicial, todos os produtores foram visitados pelo menos uma vez durante o período de 01/01/2021 e 30/04/2022, de forma a estabelecer as unidades de produção da safra 2021/2022. Para cada unidade de produção foi relacionada a(s) fonte(s) de água para irrigação e desenvolvida uma planilha, para computar os dados cadastrais atualizados e os parâmetros de manejo a serem avaliados durante a safra 2021/2022 que serviu de base para o projeto piloto deste trabalho. Todos os produtores da bacia do Inhanduí foram cadastrados, com emprego de planilha eletrônica, relacionando suas unidades de produção às fontes de captação de água para irrigação do arroz.

Durante o período de cultivo de arroz na safra 2021/2022, pela análise de imagens de satélite da área da bacia do Inhanduí, monitorou-se o desenvolvimento das lavouras, registrando pelas imagens as várias fases de desenvolvimento do arroz em todas as unidades de produção da bacia. A seção 4.2.1 adiante descreve metodologia para identificação das unidades produtivas na bacia do arroio Inhanduí através das imagens de satélite.

A planilha eletrônica SIG_IRGA_INHANDUI.xls foi estruturada para hospedar o cadastro de produtores e suas unidades produtivas da bacia piloto e os KML's, para poder identificar as fontes de água e as áreas de cultivo (georreferenciadas) da safra de cada lavoura correspondente a:

- 1) Barragens e Açudes existentes e suas capacidades (hectares)
- 2) Captações em cursos de água da bacia derivando água para irrigação do arroz
- 3) Limites da bacia do arroio Inhanduí
- 4) Poligonais das áreas de cultivo de cada unidade de produção

À cada unidade produtiva foram associadas informações de manejo coletadas diretamente com os produtores, seus gerentes ou seus consultores agrônômicos.

A planilha, as imagens, a apresentação e os KML's que georreferenciam as UPs e suas derivações de água para irrigação estão disponíveis nos anexos ao final desta dissertação.

4.2.1 Cadastro de Usuários

Foram utilizados como base os cadastros do 9° e 29° Núcleos de Assistência Técnica e Extensão Rural de Alegrete e Quaraí, nos levantamentos de campo e nas informações disponíveis no SIOUT/SIG.

A cada safra as equipes do IRGA realizam o levantamento das unidades produtivas identificando o produtor através de sua inscrição no instituto, intenção de área de cultivo, disponibilidade de água, avanço de semeadura, cultivares utilizadas na implantação da lavoura, avanço de colheita e produtividade obtida. A base cadastral já está disponível no escritório municipal (IRGA/DATER, 2022).

Para a bacia do arroio Inhanduí os levantamentos de campo foram realizados no período de julho de 2021 a abril de 2022 conforme o procedimento a seguir:

- 1) com a base cadastral e o conhecimento do técnico local visitou-se todas as UPs da bacia do arroio Inhanduí
- 2) durante o período de 01 de julho de 2021 a 30 de abril de 2022 realizou-se os levantamentos de dados de safra previstos nos planos de trabalho dos NATEs.
- 3) Na bacia do arroio Inhanduí as informações relativas a manejo visando a avaliação da eficiência do uso da água conforme proposta do presente estudo foram compiladas a cada visita acrescentando às informações bacias de cadastro do escritório conforme o questionário proposto descrito na seção 4.3.3.
- 4) Em algumas unidades produtivas não foi possível acesso às informações de manejo e produtividade final devido à dificuldade de registro das ocorrências de alguns produtores

Após o levantamento de campo os dados foram organizados em um banco de dados. Foram computados 48 produtores/proprietários das unidades produtivas objeto do presente estudo. De forma dinâmica safra após safra dependendo do tipo de negócio, diversos arranjos entre proprietários de áreas para arroz, barramentos e acessos às captações nos cursos de água configuram as unidades de produção que são objeto da análise deste estudo. A unidade produtiva agrupa o arranjo de um produtor ativo na safra 2021/2022 onde o manejo das áreas de produção de arroz foi avaliado pelos indicadores propostos na metodologia de avaliação de eficiência do uso da água na lavoura de arroz descrita na seção 4.3.2.

Cada uma das fontes de captação catalogadas na pasta de trabalho Excel estão georreferenciadas através de um arquivo KML do Google Earth possibilitando a espacialização no terreno, quando consultado. Da mesma forma, pela identificação a campo e por meio de imagens de satélite o banco de dados elaborado conta com arquivos KML dos pontos de captações e das poligonais georreferenciadas das áreas de cultivo de arroz de todas as unidades

produtivas ativas na safra 2021/2022, a exemplo do que o sistema de levantamento de áreas irrigadas com arroz disponibilizado pela parceria da ANA e CONAB para a safra 2018/2019 (ANA, 2020). Na pasta de trabalho que concentra os dados do sistema de informações proposto os arquivos KML, estes aparecem compactados em arquivos KMZ.

O estudo das 122 captações registradas a partir de levantamentos de escritório, campo e via eletrônica com os produtores, encarregados de lavoura ou consultores técnicos de cada unidade produtiva, computou-se o potencial de irrigar 9.685,1 ha, sendo 8.628,6 ha de açudes e barramentos e 1.056,5 ha em captações diretas nos cursos de água.

Já o levantamento das 56 unidades produtivas com produção de arroz irrigado na safra 2021/2022 totalizou 8.191 ha semeados, sendo 87,5% (7.170 ha) contando com água de 102 reservatórios (açudes e barragens) e 22,5% (1.021 ha) com 20 captações diretas em cursos de água da bacia.

4.2.2 Banco de Dados – Sistema de Informações Geográficas

Para elaborar as poligonais com as áreas de arroz irrigado da safra 2021/2022 na bacia do arroio Inhanduí utilizou-se imagens de satélite disponíveis no site da Earth Observing System (<https://eos.com/landviewer/>). Durante a safra nas visitas de lavoura para reconhecimento do terreno onde estão situadas as unidades de produção, com os dados dos levantamentos das unidades produtivas (UP) diretamente com o produtor, seu consultor ou colaboradores das lavouras e, com o registro fotográfico das fases de desenvolvimento, no escritório se desenhou as poligonais das áreas de produção utilizando-se a ferramenta Régua/Polígono do Google Earth.

A Figura 17 demonstra a ferramenta com algumas poligonais de UP desenhadas.

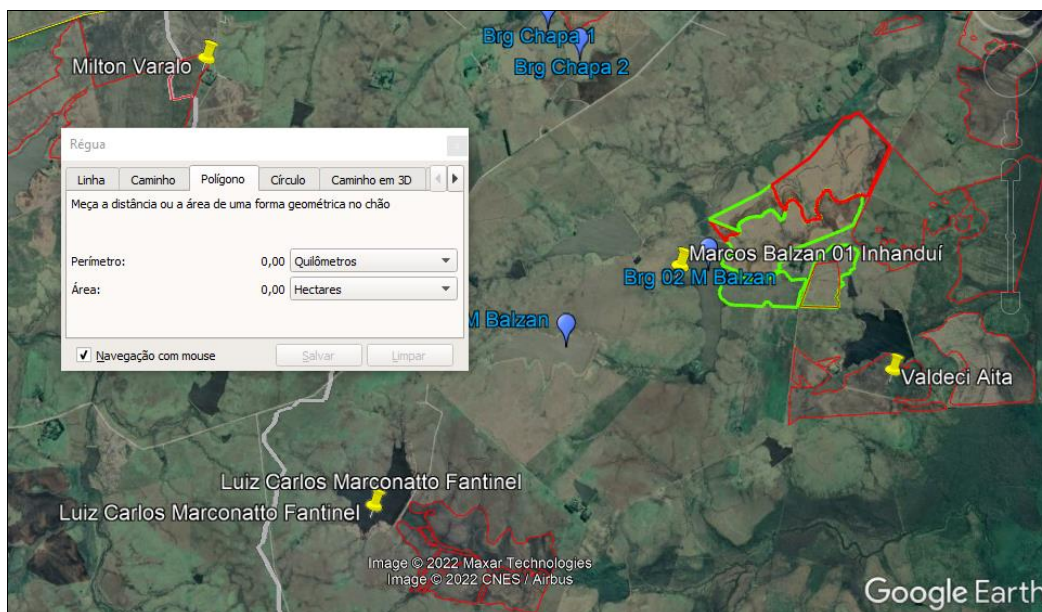


Figura 17 – Ferramenta Régua/Polígono Google Earth para desenhar as áreas de cultivo de arroz da bacia do arroio Inhanduí-RS na safra 2021/2022.

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí com base no Google Earth (2022)

O EOS Landviewer oferece catálogo de imagens de satélite onde se pesquisou e organizou um banco de imagens de várias fases de todas as unidades produtivas (UP) que compõem o banco de dados para o sistema de informações IRGA. A Figura 18 demonstra o método de identificação da área de produção de arroz nas imagens “a” (banda de cores natural) e “b” (banda de cor infravermelho/vegetação) de uma imagem de satélite de 19/12/2021, sendo que a imagem “c” é o resultado de desenho da poligonal de cada UP com a ferramenta Régua/Polígono do Google Earth.

Para que esta localização da poligonal representando a área georreferenciada da unidade de produção pudesse ser identificada com melhor acurácia, foram pesquisadas ao longo da safra, inúmeras imagens com cor verdadeira e banda infravermelha. Acompanhou-se o desenvolvimento dos cultivos relacionando as colorações e efeitos visuais das imagens de satélite com a realidade à campo.

Este procedimento permitiu inclusive determinar remotamente (com base nas imagens de satélite) a evolução das perdas decorrentes do extenso período sem precipitação e alta radiação solar de algumas unidades produtivas.

Todas as UP’s descritas na pasta de trabalho Excel estão associadas às suas informações de identificação do proprietário/gestor e dimensão do empreendimento, aos pontos de captação

de água para irrigação, aos registros de autorização de uso de água (SIOUT), às características agronômicas do manejo do cultivo e aos resultados de colheita.

Ao final da linha de informação de cada uma das UP estão disponíveis links que remetem as localizações dos pontos de captação e das poligonais das áreas de lavoura para informações compatíveis como o Google Earth posicionando de forma georreferenciada todas os dados compilados.

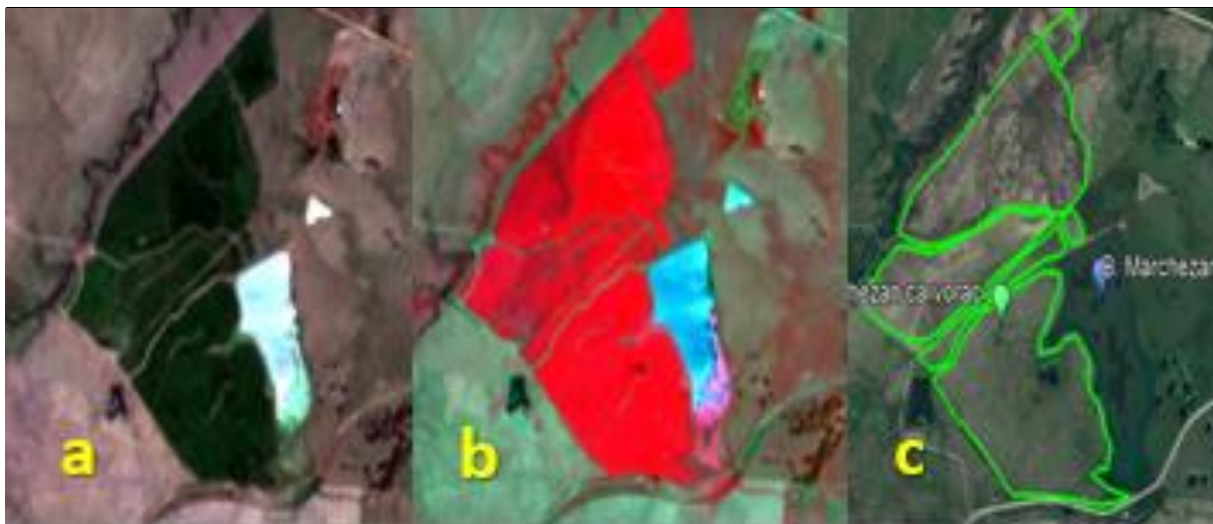


Figura 18 – Composição de imagens: a eos cor natural, b eos cor infravermelho do dia 19/12/2021, e c o resultado do desenho da poligonal em escritório, utilizando a ferramenta Régua/Polígono do Googe Earth na porção média da bacia do arroio Inhanduí-RS.

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí com imagens “a” e “b” Land Viewer (2022); imagem “c”: Google Earth (2022)

Acompanhando o desenvolvimento da safra nas várias UP’s a campo, se associou informações satelitais estabelecendo um banco de imagens que é parte do sistema de informações relacionando o manejo e o uso da água com as variações percebidas na interpretação. O resultado desta tarefa, além de proporcionar a identificação da poligonal da lavoura em desenvolvimento no Google Earth, permitiu interpretar determinadas atitudes de manejo de algumas UP’s monitoradas.

4.3 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO MANEJO DA LAVOURA DE ARROZ E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA IRRIGAÇÃO

Para atender o objetivo de estabelecer um sistema de pontuação que associe o manejo de cada unidade produtiva de arroz avaliando sob ponto de vista das Boas Práticas Agrícolas (BPA's), estruturou-se uma planilha de forma a calcular a arguição, conforme descritas a seguir, das avaliações realizadas.

Mello et al. (2021), ao descreverem a Metodologia Participativa de Avaliação da Qualidade do Sistema Plantio Direto na Bacia do Paraná 3, estabeleceram como primeiro passo o Benchmark para as atitudes de manejo desejadas, segundo o conhecimento disponível. Benchmark é uma expressão normalmente utilizada na área de gestão para relacionar o indicador a ser atingido que proporcione melhores resultados (o referencial a ser buscado num processo de melhoria contínua).

Os autores também descreveram, para cada indicador, quais os níveis (crítico, alerta e ideal) e os seus respectivos scores quando da avaliação do manejo na unidade produtiva. Os níveis estão associados às cores vermelho, amarelo e verde, que indicam respectivamente a crítico, alerta e ideal. O sistema de informações aqui proposto deverá servir como ferramenta de avaliação para o técnico de campo do IRGA ou outras instituições. Os níveis resultantes das avaliações, indicam onde e como devem ocorrer as intervenções da assistência técnica e do produtor para melhorar seu manejo.

O sistema de avaliação proposto por Mello et al. (2021), denominado Índice de Qualidade Participativo (IQP), é baseado na metodologia proposta pelo Programa Gaúcho de Qualidade e Produtividade (PGQP) que segundo Santini et al. (1996), é um programa que visa incrementar continuamente a qualidade de produtos e serviços de organizações no estado do Rio Grande do Sul para beneficiar o consumidor final. Lodi (2010), em sua dissertação informa que o PGQP está estruturado nos Fundamentos e nos Critérios para a Excelência em Gestão disponibilizados pela Fundação Nacional da Qualidade (Brasil) os quais, entre outros aspectos, identificam processos importantes relacionados à informação e ao conhecimento para um sistema de gestão empresarial efetivo.

Como esta abordagem está levando em conta a metodologia do sistema de avaliação de qualidade do PGQP, estabeleceu-se os benchmarks a serem atingidos no manejo das unidades produtivas analisadas na bacia piloto do Inhanduí de acordo com o descrito nas seções 4.3 e 4.4.

Com base na metodologia descrita por Mello et al. (2021), estabeleceu-se a matriz de indicadores para avaliar a adoção das boas práticas agrícolas no manejo das unidades de produção de arroz da bacia piloto do arroio Inhanduí, os quais influenciam a Eficiência do Uso da Água (EUA).

Elencaram-se os indicadores que influenciam a relação m³ de água aplicados por quilograma de grãos produzidos, conforme FAO (2020), estabelecendo os pesos conforme as conclusões de diversos autores nas seções 4.3 e 4.4 da metodologia.

A Tabela 8 apresenta os indicadores eleitos pela proposta desta dissertação e seus respectivos pesos para o cálculo do Índice de Eficiência do Uso da Água na lavoura de arroz do RS. O Índice de Eficiência do Uso da Água cuja soma total é 100 se forem atingidas as melhores pontuações em todos os indicadores, é calculado pelo somatório das arguições de zero a 10 de cada indicador eleito conforme descrição a seguir considerando o peso sobre o score de cada um deles. Os scores são adimensionais, pois decorrem de uma proposta para medir o quanto o agricultor está próximo do Benchmark em cada um dos indicadores.

Tabela 8 – Indicadores que compõem o Índice de Eficiência Uso da Água na lavoura de arroz, com seus respectivos pesos

Indicadores (Ii)	Fator de Peso (Fi)
Cortes de Lavoura (CL)	2
Capacidade de Irrigação - Água Suficiente (AS)	5
Preparo Antecipado - Meses Antes da Semeadura (MA)	4
Cultivos de Outono-Inverno/Rotação Verão (CI)	2
Genética para Altas Produtividades (GP)	2
Qualidade da Semente - Semente Certificada (SC)	3
Densidade de Semeadura - Quantidade de Semente (QS)	2
Data de Semeadura (DS)	38
Nutrição Balanceada (NB)	8
Adubação Nitrogenada (AN)	8
Entrada de Água (EA)	20
Capacidade de Encher - Dias p/ Encher a Lavoura (DE)	6
Índice de Eficiência Uso da Água	$EUA = \sum I_i \times F_i$

4.3.1 Descrição e Forma de Cálculo do Indicadores Proposto

A nomenclatura dos indicadores e suas siglas é proposta deste trabalho, para avaliação na bacia piloto objeto de estudo desta dissertação de mestrado, visando o estabelecimento de um sistema de avaliação da qualidade do manejo de uma lavoura de arroz no RS que influencia na eficiência do uso da água de irrigação.

4.3.1.1 Cortes de Lavoura (CL)

A recomendação para boas práticas do manual CIC/PLATA (2016), reproduzido no anexo, considera como práticas não recomendadas utilizar continuamente o solo com arroz. A rotação de cultivos agrega várias qualidades a um sistema de produção como economia de fertilizantes, diminuição de patógenos e necessidade de aplicação de defensivos além da manutenção e incremento da biodiversidade e conservação de solos e água. É o pilar mais importante da sustentabilidade conferida a um sistema de produção agropecuário pela adoção da agricultura conservacionista ou Sistema Plantio Direto (FAO, 2009).

Na linguagem do produtor arroteiro o corte de lavoura depende da quantidade de rotações possíveis para o cultivo de arroz considerando a disponibilidade hídrica. Se um produtor tem disponibilidade de água armazenada num reservatório para 100 ha e na área de abrangência deste possui 300 ha de terreno com possibilidade de cultivar arroz irrigado, ele contabiliza 3 cortes de lavoura de 100 ha podendo rotacionar anualmente conforme o preconizado no manual de boas práticas CIC/PLATA (2016). Como esta prática não influencia diretamente no uso da água considerou-se o peso 2/100, sendo que as avaliações constam na Tabela 9. A unidade é cortes de lavoura.

Tabela 9 – Cálculo Indicador Cortes de Lavoura de Arroz (CL)

		Cortes de Lavoura			Crítico	Alerta	Ideal
Indicador	Abrev	Quantidade de cortes					
Cortes de Lavoura	CL	1 CL=0	2 CL=0,8	≥ 3 CL=1	0	0,8	1

4.3.1.2 Capacidade de irrigação (AS)

A recomendação geral é de que se deve semear a área para a qual se tenha garantia de fornecimento de água para irrigar durante todo o período de cultivo do arroz – Água Suficiente

(AS). Ocorre que alguns produtores “apostam” nas chuvas que, normalmente, ocorrem durante o período de irrigação que permitem conduzir as lavouras considerando áreas que excedem o estoque de água armazenada em até 20%. Considerando os inúmeros problemas que ocorreram na safra 2021/2022 devido à pouca ocorrência de chuvas entre dezembro e fevereiro, e que essa análise diz respeito ao manejo sustentável de recursos hídricos, a proposta de avaliação de boas práticas penaliza o produtor que arrisca por comprometer as condições de atendimento de demandas hídricas do cultivo como um todo. Por exemplo se não chover o suficiente para garantir a vazão para a área plantada a mais, supondo 20%, a parcela dos 80% restantes vai ficar comprometida devido a vazão utilizada para a área de risco produzindo menos kg m^{-3} . A Tabela 10 demonstra o cálculo do indicador Capacidade de Irrigação.

Tabela 10 – Cálculo Indicador Capacidade de Irrigação da Lavoura de Arroz (AS)

Capacidade de Irrigação					
Indicador	Abrev	Barragem Cheia		Crítico	Ideal
Água suficiente	AS	Sim AS=1	Não AS=0,75	< 1	1

4.3.1.3 Preparo antecipado do solo (MA)

As recomendações de boas práticas agrícolas indicam planejar o preparo do solo, se for necessário, quando ele estiver friável, realizando operações de nivelamento e de correção de micro relevo e com tempo que permita o desenvolvimento de cobertura vegetal como forma de proteger a superfície e realizar a ciclagem de nutrientes. Também, é recomendado estabelecer a infraestrutura de drenagem e irrigação com antecedência. Para efeito da avaliação visando o uso eficiente da água, calcula-se o indicador, conforme o disposto na Tabela 11, considerando a quantidade de meses antes da semeadura que foi realizado o preparo da lavoura em análise.

Tabela 11 – Cálculo Indicador Preparo Antecipado do Solo (MA)

Preparo antecipado								
Indicador	Abrev	Quantidade meses antes plantio				Crítico	Alerta	Ideal
Meses antes da semeadura	MA	8 MA=1	3 MA=0,8	1,5 MA=0,75	0 MA=0	0	$\geq 0,75 < 1$	1

4.3.1.4 Cultivos de outono-inverno e rotação de verão (CI)

Na área da bacia do arroio Inhanduí, considerando os tipos de solos, a rotação com cultivos alternativos ao arroz ainda não está bem dominada. Por outro lado, os solos característicos desta região, pertencente ao Bioma Pampa e onde se localiza a bacia piloto do presente estudo, são adequados ao cultivo de espécies forrageiras de alta qualidade no período de outono-inverno.

O produtor que busca integrar sua atividade arroteira com a pecuária, característica dos campos do Sul do Brasil, pode contabilizar inúmeras vantagens. Assim, de acordo com as práticas preferenciais preconizadas pelas boas práticas agrícolas indicam utilizar espécies com exigências nutricionais diversas das do arroz e praticar rotação com cultivos de espécies forrageiras adaptadas aos solos arroteiros. No caso de realizar cultivo em rotação com outras culturas de verão a pontuação é a mesma que a pastagem de outono-inverno com plantio direto de arroz na safra de verão subsequente. O pousio configura situação intermediária onde o produtor confia nas espécies espontâneas para a manutenção da ponte verde típica das rotações de culturas bem planejadas e a menor pontuação é dedicada ao plantio repetido de arroz dois verões seguidos na soca da safra colhida anteriormente. O indicador é calculado conforme disposto na Tabela 12.

Tabela 12 – Cálculo Indicador Cultivos de Outono-Inverno / Rotação de Verão (CI)

Cultivos de Outono-Inverno/Rotação Verão							
Indicador	Abrev	Pastagem Out-Inv ou Rotação	Pousio	Soca	Crítico	Alerta	Ideal
Cultivos de outono-inverno	CI	$\frac{1}{CI=1}$	0,5 CI=0,5	0 CI=0	0	0,5	1

4.3.1.5 Genética para altas produtividades de arroz (GP)

Com o objetivo de maximizar o uso dos insumos, as boas práticas agrícolas recomendam a utilização de cultivares de arroz irrigado com genética capaz de responder aos manejos que visam obter altas produtividades contribuindo para aumentar a eficiência do uso da água. As sementes de cultivares ou plantas híbridas são escolhidas pela disponibilidade de genética para alta produtividade descrita em SOSBAI, (2018). O produtor pode escolher a variedade que mais lhe convém para o seu mercado comprador e, algumas cultivares mais bem remuneradas pela

indústria, não são as de maior potencial de produtividade considerando kg m^{-3} . O indicador é calculado conforme disposto na Tabela 13.

Tabela 13 – Cálculo Indicador Genética para Altas Produtividades de Arroz (GP)

Genética para altas produtividades					
Indicador	Abrev	Genética Potencial		Crítico	Ideal
		Sim GP=1	Não GP=0		
Genética Potencial	GP			0	1

4.3.1.6 Qualidade de Sementes de Arroz (SC)

É fundamental para quaisquer sistemas de produção agrícola que as sementes tenham alta qualidade para que o processo de produção, que se inicia a partir de sua deposição no solo, possa se desenvolver e expressar seu potencial.

No Brasil, o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) normatiza os processos de produção de sementes, visando garantir qualidade do material genético a ser utilizado nas lavouras através da certificação. São protocolos estabelecidos através de Instruções Normativas que regulamentam os procedimentos técnicos a serem observados pelos atores envolvidos nos sistemas de produção de sementes certificadas, de modo a garantir sua qualidade. Uma semente produzida conforme estes regramentos com certificado de qualidade emitido pela autoridade fiscalizadora tem plenas condições de expressar seu potencial genético garantindo estabelecimento com estande de plantas adequado e ainda evitando infestação de campos de produção com sementes de ervas concorrentes de difícil controle como o arroz vermelho. O produtor que utiliza sementes salvas de safras anteriores da sua própria lavoura sem que esta tenha sido submetida ao processo de certificação conforme normativas do MAPA, corre o risco de ter pouco vigor e emergência deficiente além de poder contaminar sua área de produção com invasoras de difícil controle incrementando custos de produção.

Na construção do índice de eficiência no uso da água para a bacia piloto do arroio Inhanduí, o cálculo do indicador está demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Cálculo Indicador Qualidade de Sementes de Arroz (SC)

Qualidade de Sementes de Arroz					
Indicador	Abrev	Origem Semente		Crítico	Ideal
Semente Certificada	SC	Certif SC=1	Salva SC=0	0	1

4.3.1.7 Densidade de semeadura do arroz (QS)

Associado ao indicador anterior (qualidade de sementes) a densidade de semeadura é importante para que a população de plantas esteja no intervalo de 150 a 200 plantas/m², para permitir uma média de 600 panículas/m². Para as cultivares com alto potencial produtivo este número de panículas/m² é a meta a ser estabelecida visando maximizar a produtividade e consequentemente a eficiência do uso da água de irrigação. Considerando a tecnologia disponível de máquinas para a semeadura em terrenos arrozeiros e as condições climáticas do RS a densidade de semeadura entre 80 a 120 kg ha é a orientação de manejo segundo SOSBAI (2018) para atingir 150 a 200 plantas/m². A Tabela 15 estabelece a forma de calcular o indicador densidade de semeadura.

Tabela 15 – Cálculo Indicador Densidade de Semeadura de Arroz (QS)

Densidade de Semeadura					
Indicador	Abrev	Quantidade kg ha ⁻¹		Crítico	Ideal
Quantidade de sementes	QS	80 a 120	mais 120	0	1
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		
		QS=1	QS=0		

4.3.1.8 Data de semeadura do arroz (DS)

Esta é a boa prática agrícola que mais influencia a obtenção de altas produtividades, segundo Menezes et al. (2012). A quantidade de água utilizada num cultivo de arroz na latitude das regiões orizícolas do RS varia pouco considerando a época de semeadura, mas as produtividades são completamente dependentes de fazer combinar a oferta ambiental

característica dos meses de maior radiação com os estádios reprodutivo, florescimento e enchimento de grãos.

Por este motivo o peso do indicador data de semeadura é o maior visando a avaliação das boas práticas de manejo pelo índice uso eficiente da água. A Tabela 16 demonstra a proposta de calcular este indicador visando a avaliação de eficiência das Boas Práticas Agrícolas (BPAs).

Tabela 16 – Cálculo Indicador Data de Semeadura do Arroz (DS)

Data Semeadura									
Indicador	Abrev	Períodos de semeadura					Crítico	Alerta	Ideal
		Até 30/9	Até 30/10	Até 15/11	Até 30/11	Após 30/11			
Dia/Mês	DS	DS=0,9	DS=1	DS=0,9	DS=0,8	DS=0,65	<0,8	>=0,8 e <1	1

4.3.1.9 Nutrição balanceada do arroz (NB)

Para expressar seu potencial produtivo as plantas necessitam nutrientes essenciais, disponíveis na solução do solo, em quantidades adequadas para o seu desenvolvimento. Atualmente, esta é uma área bastante desenvolvida no que diz respeito ao conhecimento científico e que tem embasado o incremento de produtividade associando genética e aporte de fertilizantes.

Mas, devido aos custos dos fertilizantes serem relativamente baixos até à safra 2021/2022, os produtores têm negligenciado o uso da análise de solo como base para essa recomendação. Neste indicador, que é muito importante que a cultivar expresse seu potencial e, conseqüentemente, tenha maior eficiência de uso da água de irrigação. Dessa forma, condicionou-se como sendo a melhor prática o uso da ferramenta análise de solo associada a recomendações preconizadas pela área científica disponível nas Recomendações Técnicas da Cultura do Arroz (SOSBAI, 2018).

Essa estratégia, além de aproximar as quantidades dos nutrientes às reais necessidades da cultura reduzindo valores de custeio em muitos casos, também contribui para que os possíveis excessos de nutrientes nos fertilizantes mal manejados venham a contaminar águas superficiais e subterrâneas associadas às áreas de cultivo. Adotou-se a dosagem de 250 kg há como o limite para o produtor que além de não executar a amostragem e análise de solo utiliza

pouca quantidade de fertilizante de base (menor que 250 kg há). Quaisquer estratégias de fertilização que não estejam baseadas em análise de solo e recomendações conforme SOSBAI, 2018 podem causar danos econômicos por baixa produtividade ou contaminação de solo e recursos hídricos por excesso de nutrientes. O cálculo do indicador nutrição balanceada está descrito na Tabela 17.

Tabela 17 – Cálculo Indicador Nutrição Balanceada no Arroz (NB)

		Nutrição Balanceada			Crítico	Alerta	Ideal
Indicador	Abrev	Estratégia adubação					
Nutrição Balanceada	NB	Análise Solo &Recomend	$\geq 250 \text{ kg ha}^{-1}$ NPK	$< 250 \text{ kg ha}^{-1}$ NPK	= $< 0,7$	$> 0,7 < 1$	1
			NB=1	NB=0,85			

4.3.1.10 Adubação nitrogenada de cobertura no arroz (AN)

Segundo Neumann, S., atualmente muitos agricultores e seus consultores definem a adubação de base pela fórmula disponível no mercado, eliminando a análise de solo, sua interpretação e recomendações de acordo com as necessidades da cultura no tipo de solo onde vai ser implantada o cultivo (comunicação pessoal, abril de 2022)². Esta atitude pode, por vezes, acarretar perdas de potencial produtivo na cultura do arroz e, no pior cenário, além disto ocasionar poluição por excesso de nutrientes dispostos em quantidades e épocas de aplicação inadequados.

Por isso, a presente proposta de avaliação de boas práticas agrícolas visando a eficiência do uso da água de irrigação no cultivo do arroz prevê a maior pontuação para aqueles produtores que priorizarem o manejo da adubação pela metodologia de avaliação e recomendação balanceada de fertilizantes.

Na linha da nutrição balanceada, a adubação nitrogenada em cobertura é um manejo imprescindível para permitir que as cultivares de arroz possam expressar seu potencial. As espécies poáceas (gramíneas) de um modo geral respondem muito à fertilização com nitrogênio (N) em cobertura, desde que realizada na época e na forma correta, permitindo que a planta aproveite o máximo deste nutriente importante para seu desenvolvimento.

² Silvio A. Neumann é Gerente de Insumos da Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda (abril/2022).

No caso do arroz irrigado por inundação, o conhecimento científico estabelecido atualmente sobre este manejo é bastante específico em relação a época e ao modo de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura, para aproveitar ao máximo o nutriente presente na forma de fertilizante. Através de seu ciclo biogeoquímico, o N está sujeito a várias transformações no meio físico natural que podem determinar perdas em relação ao alvo, que é o cultivo de arroz irrigado, causando contaminação de recursos hídricos, já que é um dos principais elementos de poluição difusa destes.

Segundo Anghinoni, I.; Carlos, F. S. (2019), o melhor aproveitamento do nitrogênio no cultivo de arroz nas condições de clima, solo e manejo do arroz do RS é colocar a maior parte da dose recomendada do fertilizante antes da entrada de água de irrigação superficial no arroz. Os melhores resultados, considerando as condições médias dos produtores arroseiros, são obtidos com a aplicação de $\frac{3}{4}$ da dose prevista aplicada a lanço e incorporada com a água de irrigação. O restante do N deve ser aplicado no estágio R0, conforme a escala de Counce et al. (2000), quando ocorre a diferenciação da panícula e inicia o período reprodutivo, para estimular as plantas a definirem suas inflorescências com maior número de grãos.

Para avaliar a melhor prática de manejo neste trabalho na bacia piloto do arroio Inhanduí, o cálculo deste indicador é apresentado na Tabela 18. Levou-se em conta o pressuposto de que o produtor avaliado segue a recomendação da quantidade de nitrogênio para a cultivar.

Tabela 18 – Cálculo Indicador Adubação Nitrogenada em Cobertura no Arroz (AN)

Adubação Nitrogenada								
Indicador	Abrev.	Época de Aplicação				Crítico	Alerta	Ideal
Nitrogênio Inteligente com dose recomendada	AN	> 75% seco	1a na água	2a V9/R0	2a pós R0	<= 0,42	> 0,42 < 1	1
		1a						
		AN(1a)=1	AN(1a)=0,7	AN(2a)=1	AN(2a)=0,6			
		[AN = AN(1a) * AN(2a)]						
Sem critério de recomendações					AN =	0,3		
Sem cobertura com N					AN =	0		

Na Tabela 18, considerando as recomendações de Anghinoni e Carlos (2019), considera-se escore 1 se for maior que 75% da dose recomendada e aplicada no seco seguida da imediata entrada de água. Para confirmar 100% do escore a segunda aplicação deve acontecer em R0 (diferenciação do primórdio floral) segundo a escala de Counce et al. (2000). Se o fertilizante

for aplicado na água o escore baixa para 0,7 e se a segunda for após R0 para 0,6. Os resultados possíveis são 0 para nenhuma cobertura com nitrogênio e 0,3 para sem critério de recomendações, mas aplica algo sendo as duas consideradas Críticas (vermelho); de 0,42 a 0,7 que é Alerta para aplicações com recomendações sem respeitar o momento ideal para cada uma delas. E 1 Ideal (verde) para a aplicação que segue os manejos preconizados.

4.3.1.11 Época de entrada da água na lavoura de arroz (EA)

Este é outro dos indicadores que mais influenciam na eficiência do uso da água, uma vez que atrasos de um ou mais dias podem causar perdas importantes nos potenciais de produtividade (MENEZES et al. 2012). Este também é um dos manejos de boas práticas agrícolas mencionados por vários dos autores na revisão bibliográfica como atitudes que não implicam em mais custos, pois a quantidade de água demandada para a irrigação não sofre variação em função da época de entrada de água na lavoura. A Tabela 19 demonstra a proposta de avaliação e pontuação desta prática de manejo.

Tabela 19 – Cálculo Indicador Época de Entrada de Água na Lavoura de Arroz (EA)

Entrada de Água							
Indicador	Abrev	Estádio das plantas ¹			Crítico	Alerta	Ideal
Estádio cultivado na entrada de água	EA	Antes V3/V4	Em V5 a V7	Após V8	≤ 0,3	> 0,3 < 1	1
		EA=1	EA=0,6	EA=0,3			

¹ Conforme escala de Counce et al. (2000)

4.3.1.12 Capacidade e velocidade de irrigação da lavoura de arroz

Conforme descrito na seção 3.11.4, o manejo do N considera a aplicação do fertilizante anteriormente à entrada de água e o fato deste ficar exposto à atmosfera, já é motivo para determinar perdas por volatilização de amônia, sendo que a velocidade da entrada de água na lavoura de arroz é determinante para evitar estas perdas (ANGHINONI, I. et CARLOS, F. S. 2019).

Considerando a importância da inundação do solo nas fases V3/V4 para permitir que as variedades expressem seu potencial de produtividade (Menezes et al. 2004; Mariot et al. 2009; Mundstock et al. 2011; Menezes et al. 2012), é importante que a logística de aporte de água esteja projetada para preencher a lavoura antes dos três dias pós aplicação do Nitrogênio em

cobertura evitando perdas do nutriente e melhor aproveitamento pelas plantas, pois a inundação eficiente dos quadros de arroz também contribui para controle integrado de pragas, a exemplo do efeito herbistático da lâmina de água sobre as sementes de ervas daninhas (Menezes et al. 2012). A Tabela 20 demonstra o cálculo do indicador capacidade (velocidade) de colocar a lâmina de água na lavoura.

Tabela 20 – Cálculo Indicador Capacidade de Encher a Lavoura de Arroz (DE)

Capacidade de Encher							
Indicador	Abrev	Dias até encher lavoura			Crítico	Alerta	Ideal
Dias para encher toda a lavoura	DE	Até 3 dias	Entre 4 a 7 dias	Mais de 7 dias	$\leq 0,55$	$> 0,55 < 1$	1
		DE=1	DE=0,75	DE=0,55			

4.3.2 Índice de eficiência do uso da água – Avaliação proposta

As fórmulas e os pesos de cada um dos 12 indicadores que formam o Índice de Uso Eficiente da Água pela avaliação das Boas Práticas Agrícolas estão dispostos em planilha eletrônica componente da Pasta de Trabalho Excel. A planilha está estruturada para que os dados de manejo de lavoura de cada um dos produtores e suas unidades produtivas levantados no questionário de campo (próxima seção), gerem escores para somar ao Índice de Eficiência de Uso da água. Este método permite ao final comparar as unidades produtivas em relação aos manejos avaliados servindo de base (diagnóstico) para implementação de plano de melhoria contínua para as próximas safras.

Para efeito de desta primeira proposta de avaliação da eficiência do uso da água na lavoura de arroz irrigado do RS, se considerou as faixas do índice calculado a partir da metodologia descrita nesta seção como a seguir:

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| 1) 0 a 59 – Crítico – vermelho | Crítico |
| 2) 60 a 84 – Alerta – amarelo | Alerta |
| 3) 85 a 100 – Ideal – verde | Ideal |

4.3.3 Questionário levantamento manejo da unidade produtiva avaliada

Os indicadores propostos na seção anterior são calculados de forma a representar o quanto o produtor arroseiro através de suas decisões e ações de manejo se aproxima do que propõe a ciência para atingir o máximo de eficiência técnico/econômica na produção de arroz irrigado no RS conforme apresentado e discutido nas seções 3.10 e 3.11. Esta proposta disponibiliza uma ferramenta de avaliação Índice de Eficiência do Uso da Água que mede o quanto o agricultor está distante do ótimo (100%) para relacionar kg produzidos por m³ de água utilizado.

Para preencher a planilha eletrônica que calcula os indicadores que compõem o índice na safra 2021/2022 utilizou-se o questionário a seguir:

- 1) Identificação produtor
- 2) Capacidade de irrigação
 - a. Barragens e
 - b. Captações diretas em cursos de água
- 3) Nível das barragens em 01 de outubro de 2021
- 4) Cortes de lavoura
- 5) Área semeada safra 2021/2022 (ha)
- 6) Tipo e época de preparo da área
- 7) Data de semeadura
- 8) Cultivares semeadas
- 9) Origem da semente
- 10) Densidade de semeadura
- 11) Nutrição do sistema
 - a. Análise e recomendação
 - b. Fórmula e quantidade
- 12) Adubação nitrogenada
 - a. Quantidade
 - b. Época

13) Entrada de água

- a. Época
- b. Capacidade de encher a lavoura

14) Manejo de pragas e doenças

- a. Herbicidas
- b. Inseticidas
- c. Fungicidas

15) Produção (kg ha)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SÍNTESE DOS DADOS E CADASTROS DE CAPTAÇÕES

A base do banco de dados da bacia do arroio Inhanduí, considerando os 48 produtores/proprietários, apresenta 60 unidades produtivas, das quais 56 estavam ativas na safra em estudo. As unidades produtivas inativas foram consideradas no banco de dados por serem todas irrigadas com barramentos que interferem no balanço hídrico da bacia hidrográfica independentemente de estarem em uso da safra em análise. Foram identificadas 122 captações no levantamento considerando as informações dos produtores quando disponíveis.

Os volumes dos registros calculados a uma vazão média de 12.000 m³ ha⁻¹ (GOMES et al, 2008) para as captações identificadas e tabuladas na safra 2021/2022, permitem irrigar 9.685,1 ha. Desses, 8.628,6 ha são atendidos por meio de açudes e barramentos e o restante, (1.056,5 ha) a partir de captações diretas em cursos de água da bacia.

Tabela 21 – Tipologia de Captações para irrigação de arroz e Registros SIOUT/RS na bacia do arroio Inhanduí-RS.

Tipo de Captação	Tipos de Registro	Quantidade	Área irrigada (ha)	Percentual
Açudes e Barragens	Portaria Digitada	22	2.202,7	22,7%
	Cadastro SIOUT	36	2.980,2	30,8%
	Portaria + SIOUT	21	2.202,9	22,7%
	Sem Registro	23	1.242,7	12,8%
	Total	102	8.628,6	
Direta do Curso de Água	Portarias Digitadas	1	20,0	0,2%
	Cadastro SIOUT	7	572,8	5,9%
	Sem Registro	12	463,7	4,8%
	Total	20	1.056,5	

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí (2022)

Informações sem registro no SIOUT/SIG foram levantadas a campo diretamente com os produtores

A Tabela 21 apresenta o resumo da análise realizada com os tipos de captação, registradas ou não, e a área irrigável que representam. O banco de dados foi então comparado com as entradas disponíveis no SIOUT. Essa comparação mostrou, considerando consulta em 26/04/2022, que 1.686,4 ha ou 17,6% da demanda hídrica não possui registro disponível no SIOUT/SIG. Considerando a metodologia de apoio a decisão proposta por Manara et al. (2019) esta omissão de informações no sistema pode ocasionar falhas na análise do balanço hídrico da bacia do arroio Inhanduí.

Foram também verificados registros referentes a barramentos e captações em cursos de água em localização diferente da real. Uma possível causa é a entrada equivocada da informação da parte do usuário do sistema. Não obstante as limitações e desafios para a checagem desse tipo de informação, é importante que sejam validadas antes de confirmação do registro. Até mesmo uma portaria digitalizada referente ao município de Dom Pedrito na bacia do rio Santa Maria está disponível no SIOUT-SIG como sendo uso de água na bacia do arroio Inhanduí, que pertence à bacia do rio Ibicuí.

Neste caso, o Sistema de Informações IRGA tem condições de atualizar anualmente o SIOUT com os dados de operação da safra em curso de cada uma das autorizações, bem como entregar uma avaliação de manejo do uso de água nas lavouras de arroz nas bacias hidrográficas do RS, contribuindo para a gestão da quantidade e da qualidade das águas das bacias onde o uso para irrigação de arroz é importante.

Outro detalhe decorrente desta análise diz respeito à exigência ou não de vazão mínima para manutenção da vida aquática à jusante de açudes e barramentos nas portarias de outorga digitalizadas. Nesse caso, 61% não prevê e 39% estabelecem a condicionante.

Finalmente, foram observadas portarias de outorga nas quais a capacidade de irrigação foi calculada levando em conta valores distintos do estabelecido para a bacia do rio Ibicuí, que é de 12.000 m³ ha⁻¹ (conforme diretrizes de outorga do Relatório Técnico Final do Plano de Bacia em COMITÊ IBICUI, 2012), sendo que em alguns casos os valores se aproximam dos 10.000 m³ ha⁻¹. Tal aspecto chama a atenção para a necessidade de rediscutir as diretrizes, de forma a permitir que o usuário decida sua área de cultivo dependendo de sua eficiência no uso da água de acordo com a proposta da seção 4.3 deste trabalho. Em outras palavras que a autorização de uma vazão independa da área de cultivo premiando aqueles que utilizam de forma mais eficiente o recurso hídrico.

5.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES SIG/IRGA 2021/2022 – BACIA DO ARROIO INHANDUÍ-RS

5.2.1 Resultados de coleta, armazenamento de dados sobre o manejo e a operação de unidades produtivas

Todas as unidades produtivas ativas na safra em estudo (2021/2022) e as com potenciais da bacia piloto do arroio Inhanduí, estão catalogadas contemplando suas fontes de captação de água para irrigação com as informações de seus potenciais em termos de vazões e volumes armazenados, registrados ou não no Sistema de Outorga do Rio Grande do Sul (SIOUT).

Tabela 22 – Parte da planilha Excel com as informações catalogadas dos 48 produtores e suas 56 unidades de produção ativas na safra 2021/2022 na bacia do arroio Inhanduí-RS

UP	Barragens e Captações	Capacidade Irrigação	Cortes	Nível Barragem	Área total	Área total	Área Semeada	Área Perdida	Semeadura
		ha		out/21	qq	ha	ha	%	Data
7	Barragem de cima	122	2	100%			210	3%	30/10/2021
	Barragem de baixo	87		100%					
8	Barragem Inhanduí	34	3	100%	20	34	34	2%	30/10/2021
9	Barragem SJ1	35	2	100%	139	242	269	4%	25/09/2021
	Barragem SJ2 Comp AP	138		100%					05/11/2021
	Barragem SJ3 Granja	70		100%					
10	Barragem G	38	2	100%	22	38	38	2%	30/10/2021
11	Barragem Biquinha	139	3	70%	74	129	129	28,4%	30/09/2021
12	Barragem 1	35	2	100%	20	35	35	15%	
13	Barragem F C	123	2	100%	71	123	123	0%	
14	Barragem C	40	1	100%	23	40	40	15%	30/10/2021
15	Barragem R M	122	3	100%			122	0%	
16	Barragem Itapororó	141	2	100%	81	141	141	0%	30/10/2021
17	Captação Lav Velha	70	2		32	70	56	0%	10/10/2021
18	Captação Sanga Sina Sina	10	2		29	56	50	0%	
	Barragem P C	30		75%					10/11/2021
	Captação Lav BR	16							
19	Barragem Lav Nova	78	2	85%	45	78	78	14%	30/10/2021

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí (2022)

A Tabela 22 apresenta uma parte da planilha construída para compilação dos dados de campo. Nesta parte pode-se visualizar as unidades de produção (UPs) associadas às suas

derivações de água para irrigação de arroz na safra 2021/2022. Cada uma UP está associada ao seu potencial total de irrigação considerando barragens e captações em cursos de água. Além do potencial de irrigação informado por cada um dos produtores, relaciona-se a área efetivamente semeada de arroz na safra, o percentual de água armazenada no mês de outubro de 2021 e a área perdida devido às condições climáticas desfavoráveis já comentadas no presente trabalho.

A última coluna contém a informação da época de semeadura que é um dos indicadores de manejo da irrigação que compõem o Índice de Eficiência de Uso da Água (EUA) conforme descrito na seção 4.3.1. A Tabela 8, da seção 4.3, apresenta os indicadores que compõem o índice EUA, sendo a data de semeadura (DS) o de maior peso conforme a proposta do presente trabalho.

Como exemplo de utilidade do sistema de informações proposto, a UP das imagens de satélite do dia 19/12/2021 (Figura 18 na seção 4.2.2) acima demonstrava uma lavoura parelha com irrigação bastante uniforme. No início do ano de 2022, em conversa com a produtora responsável da UP em análise, foi informado que provavelmente, teria que abandonar parte da área por falta de água para irrigar.

A Figura 19 mostra a imagem do dia 26/12/2021, lado esquerdo da montagem, onde já demonstrava tonalidades diferentes da semana anterior indicando zonas onde a vegetação não era tão intensa quanto sete dias antes (tanto nas bandas de cor natural como na infravermelha). Neste momento ao se conversar com a produtora, fruto do presente trabalho catalogando todas as fontes de água para irrigação, indicou-se a existência de uma barragem a montante desta UP que poderia ser fonte alternativa, para reestabelecer a irrigação e conduzir a lavoura até o final, mas outro produtor já estava na posse do reservatório e não tinha quantidades excedentes para ceder.

Aproximadamente 60% da UP passou a não receber mais água e o resultado desta atitude da produtora ficou materializado pelas colorações natural e infravermelho das imagens do dia 30/01/2022 (Figura 19). Na área onde não foi mais colocado água para irrigação, as plantas de arroz morreram, refletindo nas colorações claras, tanto na imagem cores naturais como na infravermelho/vegetação.

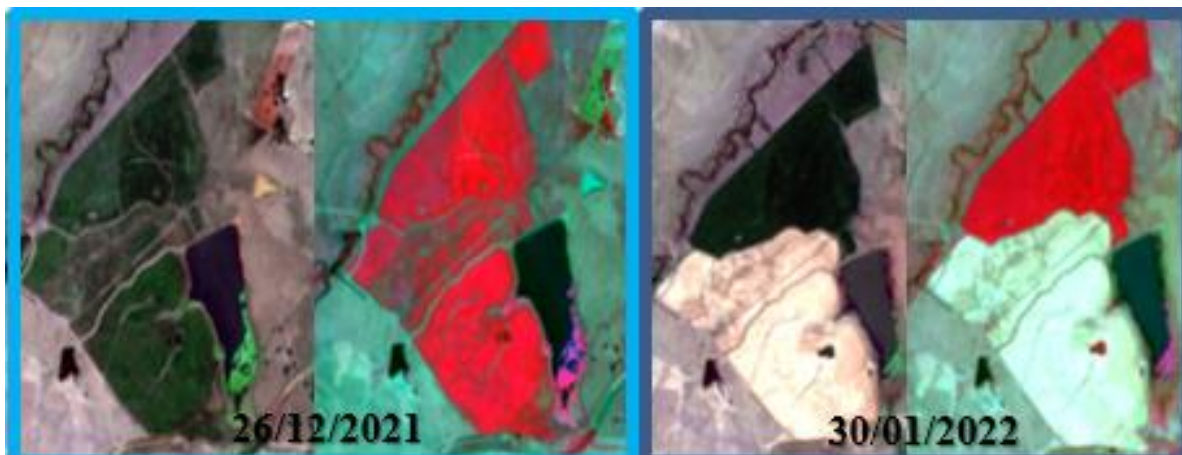


Figura 19 – Composição de imagens de satélite: Quadro azul claro cores normais e infravermelho/vegetação do dia 26/12/2021 e Quadro azul escuro cores normais e infravermelho/vegetação da UP às margens do arroio Carvoraci afluente do Inhanduí.

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí (2022)

Devido às condições meteorológicas desfavoráveis que determinaram as condições de estiagem da safra 2021/2022 na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, a atividade de elaboração do sistema de informações em algumas situações acabou servindo de conexão para alguns produtores encontrarem alternativas para sua insuficiência de água para completar o ciclo da sua lavoura.

Praticamente todas as infraestruturas de armazenamento de água para irrigação foram visitadas, o que proporcionou também que fossem levadas informações sobre novas regulamentações, como a lei de segurança de barragens. Muitos dos açudes e barramentos apresentam inconformidades muito fáceis de se constatar e simples de encaminhar a adequação.

Este poderá ser no futuro um módulo a ser agregado ao sistema de informações, para proporcionar ao proprietário/operador conhecimento para poder planejar a manutenção e a operação de seu sistema de reservação de água, respeitando as regras recentemente estabelecidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens através da Lei Federal nº 14.066 de 30 de setembro de 2020. (BRASIL, 2020).

5.2.2 Avaliação da eficiência do uso da água na lavoura de arroz da Bacia Arroio Inhanduí – Safra 2021/2022

A Tabela 23 apresenta os resultados da avaliação dos 22 produtores/unidades produtivas escolhidos com o objetivo de discutir a proposta do Índice de Eficiência do Uso da Água levando em conta o apresentado na seção 4.3 – Metodologia para avaliação do manejo da

lavouira de arroz e eficiência do uso da água da irrigação. Os doze indicadores propostos foram calculados para todas as 22 unidades de produção que constam da Tabela 22.

Tabela 23 – Cálculo do Índice de Eficiência do Uso da Água pela cultura do arroz da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí-RS – Safra 2021/2022

Produtor/UP	Área perdida	Indicadores (conforme descrição na Tabela 8)												Índice	Produtividade kg.ha ⁻¹
		CL	AS	MA	CI	GP	SC	QS	DS	NB	AN	EA	DE	Eficiência Uso Água (EUA)	
1	28%	2	3,8	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	34,2	8,0	8,0	20,0	6,0	94,95	9699
2	30%	1,6	3,8	2,8	1,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	3,3	93,45	9470
3	4%	1,6	5,0	2,8	1,0	2,0	3,0	2,0	34,2	6,8	6,4	20,0	4,5	89,30	8609
4	25%	1,6	3,8	0,0	1,0	2,0	0,0	2,0	24,7	6,8	4,0	12,0	3,3	59,95	ND
5	2%	0	3,8	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	6,8	6,4	20,0	6,0	87,95	ND
6	0%	1,6	5,0	2,8	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	6,0	96,40	11691
7	3%	1,6	5,0	3,1	0,5	2,0	3,0	2,0	38,0	0,0	2,4	20,0	4,5	82,10	5165
8	2%	1,6	3,8	3,4	1,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	6,0	96,76	9180
9	0%	0	3,8	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	6,8	6,4	20,0	6,0	87,95	10618
10	1%	1,6	5,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	34,2	8,0	8,0	20,0	6,0	95,80	9642
11	2%	2	5,0	4,0	2,0	1,6	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	6,0	99,60	8752
12	2%	1,6	5,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	34,2	8,0	8,0	20,0	6,0	95,80	8982
13	5%	1,6	5,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	6,0	99,60	9613
14	25%	0	5,0	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	30,4	5,6	4,0	6,0	3,3	61,30	2500
15	3%	1,6	5,0	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	6,8	8,0	20,0	3,3	89,70	8500
16	3%	2	5,0	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	8,0	20,0	6,0	94,00	8035
17	0%	1,6	5,0	2,8	1,0	2,0	0,0	2,0	34,2	6,8	8,0	12,0	4,5	79,90	8896
18	0%	2	3,8	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	38,0	8,0	4,0	20,0	6,0	94,75	9470
19	14%	1,6	3,8	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	6,8	4,0	12,0	4,5	77,65	5130
20	0%	1,6	3,8	2,8	1,0	1,6	3,0	2,0	30,4	6,8	4,0	20,0	3,3	80,25	8580
21	0%	1,6	5,0	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	34,2	6,8	6,4	20,0	4,5	85,50	7748
22	37%	1,6	3,8	0,0	0,0	2,0	3,0	2,0	38,0	6,8	6,4	20,0	3,3	86,85	8896

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí (2022)

Sendo que

1) 0 a 59 – Crítico – vermelho

Crítico

2) 60 a 84 – Alerta – amarelo

Alerta

3) 85 a 100 – Ideal – verde

Ideal

No momento do fechamento desta avaliação, algumas unidades produtivas ainda não haviam encerrado as atividades de colheita ou não lograram contabilizar todas as cargas de arroz internalizadas na unidade de recebimento, limpeza secagem e armazenamento para totalização da produção e cálculo de produtividade, que não foi determinada (ND).

Considerando os resultados em termos de avaliação conforme proposto em Ideal (verde), Alerta (amarelo) e Crítico (vermelho), os agricultores deste grupo somaram 154 indicadores ideais, 61 alertas e 49 críticos sinalizando um bom índice de adoção de boas práticas objetivando maior eficiência do uso da água (EUA). A Tabela 24 apresenta os percentuais de cada indicador que compõe o Índice EUA conforme o resultado das avaliações das 22 unidades de produção.

Tabela 24 – Percentuais de Unidades Produtivas avaliadas nas classificações Ideal, Alerta e Crítica dos Indicadores (Ii) que compõem o Índice de Eficiência do Uso da Água da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí Safra 2021/2022

Indicadores (Ii)	% produtores em ideal	% produtores em alerta	% produtores em crítico
Cortes de Lavoura (CL)	18,2%	68,2%	13,6%
Capacidade de Irrigação - Água Suficiente (AS)	54,5%	0,0%	45,5%
Preparo Antecipado - Meses Antes da Semeadura (MA)	27,3%	9,1%	63,6%
Cultivo de Inverno/Rotação Verão (CI)	27,3%	31,8%	40,9%
Genética para Altas Produtividades (GP)	90,9%	9,1%	0,0%
Qualidade da Semente - Semente Certificada (SC)	90,9%	0,0%	9,1%
Densidade de Semeadura - Quantidade de Semente (QS)	100,0%	0,0%	0,0%
Data de Semeadura (DS)	59,1%	36,4%	4,5%
Nutrição Balanceada (NB)	45,5%	50,0%	4,5%
Adubação Nitrogenada (AN)	50,0%	40,9%	9,1%
Entrada de Água (EA)	81,8%	13,6%	4,5%
Capacidade de Encher a Lavoura - Dias para Encher (DE)	72,7%	22,7%	4,5%

O único indicador que atingiu a classificação ideal em todas as unidades produtivas avaliadas, foi a quantidade de semente de arroz utilizada por hectare (QS). O segundo melhor

resultado foi a escolha de variedades de genética moderna e superior com alto potencial produtivo e tolerância a enfermidades (PV) – com apenas duas unidades produtivas com avaliação alerta (9,1% - amarelo).

Apesar de alguns produtores ainda utilizarem sementes salvas (bolsas brancas), todos optam por seguir as orientações técnicas em relação à quantidade de semente a ser utilizada para proporcionar um bom estande de lavoura buscando a expressão do máximo potencial genético das cultivares modernas.

Também é boa a notícia de que a grande maioria dos avaliados optou pelo uso de sementes certificadas (indicador SC), demonstrando que a preocupação com a qualidade de sementes e o uso de quantidade adequada por hectare são práticas consagradas no meio arrozeiro atualmente (apenas dois dos 22 (9%) optaram por sementes salvas).

O indicador que mais avaliações críticas apresentou foi o de preparo antecipado medido através de meses antes do plantio (MA). Foram 14 críticas (63,7% - vermelho), 2 alertas (9% - amarelo) e 6 ideais (27,7% - verde) indicando que o produtor ainda abre mão desta boa prática agrícola consagrada para a produção de arroz no estado.

Além da cultura de preparo de solo ainda estar influenciando muito o modo de operar dos produtores por ser uma prática milenar onde muitos creem que é impossível obter boas colheitas sem esfarelar o solo, vários produtores reclamam que por serem arrendatários ou mesmo terem que priorizar suas produções pecuárias em rotação/sucessão com o arroz, acabam deixando as operações de preparo para os momentos imediatamente anteriores ao plantio.

Há, ainda, aqueles que priorizam na sua rotação de cortes de lavoura (quando possuem) a semeadura de arroz por, pelo menos duas safras consecutivas, no mesmo plano de lavoura por conta da economia da infraestrutura de bombeamento, que necessita ser trocada de lugar a cada corte utilizado.

No que diz respeito ao indicador: Cortes de lavoura (CL) é onde os resultados obtidos apresentaram o menor número de unidades produtivas avaliadas na categoria ideal (verde) com apenas quatro das 22 (18,2%). Mas a avaliação intermediária categoria alerta (amarelo) que, na maioria das vezes, está configurada como dois cortes que é o maior número de produtores avaliados com 15/22 (68,2%), também pode ser considerada uma opção aceitável quando os produtores planejam seu manejo de forma integrada com outros cultivos.

O indicador cultivo de inverno ou rotação de verão (CI) permite ao agricultor melhorar sua avaliação combinando estes dois indicadores (CL e CI). Mas o cultivo de inverno é uma

prática de manejo que, considerando o resultado desta rodada de avaliação através dos indicadores propostos para avaliar o grupo piloto de unidades produtivas da bacia do arroio Inhanduí, indica que existe espaço para se progredir e alcançar escores maiores, pois apresenta 9 de 22 avaliações como críticas (40,9% - vermelho) e mais 7 classificadas em alerta (amarelo – 31,8%) que totalizam 72,7%.

O indicador que maior peso possui, conforme a proposta metodológica de avaliação, é a data de semeadura (DS), pela sua maior influência na capacidade de explorar o potencial genético das variedades de arroz disponíveis no mercado e incrementar a eficiência do uso da água de irrigação. Na avaliação deste grupo de unidades produtivas da bacia do Inhanduí, obtiveram-se resultados bons considerando apenas 1 agricultor avaliado como crítico (vermelho – 4,5%), 8 como alerta (amarelo – 36,4%) e a maioria 13 como ideal (verde – 59,1%) dos 22 avaliados.

Com relação à escolha da melhor época de semeadura, é difundida entre os produtores a informação de que a implantação da lavoura deve ser realizada de forma que o arroz inicie seu processo vegetativo na época mais favorável em termos de condições médias climatológicas para expressão do potencial produtivo das variedades. Entretanto, as condições de tempo (meteorológicas) vigentes no melhor momento de semeadura nem sempre permitem a implementação das lavouras na melhor época, podendo limitar a realização de todas as tarefas necessárias (por exemplo preparo de solo imediatamente antes da semeadura) e resultando em atrasos no plantio.

Na avaliação do grupo foi exatamente o que aconteceu com o avaliado número 4 que, por ter realizado a semeadura após a data limite de 30 de novembro, foi penalizado obtendo apenas 65% do escore do indicador densidade de semeadura (DS).

Os indicadores nutrição balanceada (NB) e manejo da adubação nitrogenada (NA) também apresentam pesos importantes para o cálculo do índice de eficiência do uso da água, pois o cultivo depende de a planta estar bem nutrida para poder expressar seu potencial genético.

A maioria das unidades produtivas avaliadas neste trabalho pelo indicador NB coloca fertilizantes NPK em quantidades significativas (95,5%) mas, como não estão baseadas na avaliação pela análise de solo e recomendações técnicas específicas, 50% das avaliações foram classificadas em alerta (amarelo) sendo 45,5% ideal (verde).

Bastante crítico também é o manejo da adubação nitrogenada em cobertura, cuja avaliação levou em conta o cuidado do produtor em priorizar a aplicação da primeira e principal

dose (mínimo 70% da recomendação) antes da entrada de água, para evitar perdas do nutriente como já discutido anteriormente garantindo à cultura uma adequada nutrição. As avaliações deste indicador resultaram 50% ideal e 40,5% crítico.

Outro indicador muito importante é o momento da entrada de água de irrigação na lavoura de arroz. Já discutido nas seções anteriores, uma das formas mais eficientes de garantir que a variedade de arroz se aproxime de obter seu potencial genético produtivo é pela entrada de água até os estádios V3/V4, da escala de Counce et al. (2000). Para isso, a proposta dos dois indicadores entrada de água (EA) e capacidade de encher a lavoura (dias para encher - DE), de forma complementar, buscam avaliar a eficiência do uso da água, já que independentemente do tamanho da lavoura, o agricultor precisa planejar seu empreendimento de forma que as plantas de arroz recebam a água de irrigação no máximo até no máximo estágio V4. A partir da avaliação do grupo de unidades produtivas descritos na Tabela 22, a maioria dos produtores buscou a entrada de água no melhor momento (18/22), três lograram no momento subsequente (estádios V5 e V6) alerta (amarelo) e somente um acabou colocando água no final da fase vegetativa entre V8 e R0.

Já a velocidade para irrigar a lavoura de arroz através do indicador dias para encher (DE), preocupa mais já que apenas 50% dos produtores informaram ter enchido a lavoura no tempo certo e seis deles tiveram dificuldades extras considerando as condições meteorológicas vigentes no momento de entrada de água e enchimento das lavouras.

Como a maioria das unidades produtivas deste estudo conta com açudes e barramentos para determinar a capacidade de irrigação, no indicador medido pela disponibilidade de água (DA) no momento da semeadura foi onde o produtor informou se seus mananciais estavam com plena capacidade ou não. Pouco mais de 50% (12/22) indicaram estar com seu açude/barramento cheio no momento da semeadura, mas devido a região da bacia hidrográfica do arroio Inhanduí experimentar um dos períodos mais extensos sem precipitação e com condições de radiação solar acima da média, a evapotranspiração extrapolou as médias e o consumo de água foi significativamente maior do que em outras safras.

Como a maioria dos produtores considera um histórico de áreas plantadas em várias safras anteriores para atribuir a capacidade de irrigação do seu sistema, ao experimentar as condições meteorológicas adversas vigentes nos meses em que o manejo de água é importante para se obter altas produtividades (dezembro, janeiro e fevereiro), os cálculos de capacidade de irrigação em várias das unidades produtivas não corresponderam para atender à demanda da safra 2021/2022.

Ainda considerando que apenas seis unidades produtivas das 22 avaliadas pelo índice EUA contam com captações superficiais em cursos de água da bacia do Inhanduí (duas delas exclusivamente de captações superficiais no início da safra), as respostas dos agricultores estavam baseadas no seu conhecimento histórico das unidades de produção.

É de conhecimento geral que a irrigação do arroz na região orizícola da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul na safra 2021/2022 sofreu com o evento crítico de estiagem característico deste verão e, várias unidades produtivas objeto de análise deste trabalho experimentaram dificuldades por conta desta situação de seca.

Por isso, se coletou informação da área perdida (ou abandonada) por falta de água, que consta na primeira coluna após a identificação numérica dos produtores deste grupo de análise da Tabela 22. As captações superficiais foram as primeiras a apresentar escassez quando a partir da última semana de dezembro, os “poços” ou “lagões” nos cursos de água da bacia em que os agricultores costumam bombear água para suas áreas de produção, secaram, não permitindo captação.

Para uma melhor visualização dos dados referentes à avaliação da EUA das unidades produtivas do grupo monitorado, a Tabela 25 apresenta um resumo relacionando as áreas perdidas, o índice EUA calculado pela metodologia proposta, e o cálculo da eficiência de uso da água na agricultura como proposto pela FAO (2020). A EUA é calculada pela razão da produtividade média obtida pelo volume médio de água estabelecido para o Rio Grande do Sul por Gomes et al (2008) como sendo de $12.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Para este cálculo considerou-se as produtividades médias sem e com as áreas perdidas/abandonadas por falta de água para irrigar.

Na Tabela 25 a seguir, a coluna com o cálculo da EUA confirma a tendência de um bom índice de adoção de boas práticas visando a eficiência do uso da água totalizando entre os 22 avaliados 16 (72,7%) escores acima de 85 (verde), 5 (22,7%) entre 60 e 84 (amarelo), somente uma unidade produtiva (4,6%) com menos de 59 (vermelho) tendo uma média de EUA de 87,71.

Tabela 25 – Áreas Perdidas, Produtividade com e sem áreas perdidas, Índice de Eficiência do Uso da Água, indicador disponibilidade de água (AS) e EUA/FAO (kg m⁻³) da amostra de 22 Unidades Produtivas da bacia do arroio Inhanduí Safra 2021/2022

Produtor/UP	Área perdida	Produtividade		Índice	Eficiência Uso Água (EUA) média (índice)	Indicador Dispon Água	EUA/FAO sem area perdida kg m ⁻³	EUA/FAO com area perdida kg m ⁻³
		kg ha ⁻¹		Eficiência Uso Água (EUA)		AS		
		Sem área perdida	Com área perdida					
1	28%	9699	6554	94,95	87,71	3,8	0,81	0,55
2	30%	9470	6627	93,45		3,8	0,79	0,55
3	4%	8609	8264	89,30		5,0	0,72	0,69
4	25%	ND	ND	59,95		3,8	ND	ND
5	2%	ND	ND	87,95		3,8	ND	ND
6	0%	11691	11691	96,40		5,0	0,97	0,97
7	3%	5165	5010	82,10		5,0	0,43	0,42
8	2%	9180	8996	96,76		3,8	0,77	0,75
9	0%	10618	10618	87,95		3,8	0,88	0,88
10	1%	9642	9545	95,80		5,0	0,80	0,80
11	2%	8752	8577	99,60		5,0	0,73	0,71
12	2%	8982	8802	95,80		5,0	0,75	0,73
13	5%	9613	9133	99,60		5,0	0,80	0,76
14	25%	2500	1875	61,30		5,0	0,21	0,16
15	3%	8500	8245	89,70		5,0	0,71	0,69
16	3%	8035	7794	94,00		5,0	0,67	0,65
17	0%	8896	8896	79,90		5,0	0,74	0,74
18	0%	9470	9470	94,75		3,8	0,79	0,79
19	14%	5130	4412	77,65		3,8	0,43	0,37
20	0%	8580	8580	80,25		3,8	0,72	0,72
21	0%	7748	7748	85,50		5,0	0,65	0,65
22	37%	8896	5604	86,85		3,8	0,74	0,47

Fonte: Banco de Dados SIG/IRGA Inhanduí (2022)

Pelo fato da safra 2021/2022 na região de abrangência da bacia do arroio Inhanduí ter experimentado, condições meteorológicas distintas das médias climatológicas no que diz respeito a precipitações (abaixo), temperatura média e radiação solar (acima), a maioria dos produtores de arroz irrigado teve que reestruturar suas estratégias de irrigação, para minimizar os prejuízos decorrentes de falta de água em determinados períodos da estação de crescimento. As percentagens de perda por áreas abandonadas na coluna ao lado da identificação da unidade produtiva, é resultado destas condições adversas.

Importante salientar que em nenhuma das unidades produtivas avaliadas constatou-se quaisquer iniciativas para monitorar as vazões dos diversos equipamentos de derivação (e suas infraestruturas características) visando a irrigação das lavouras de arroz, por isso utilizou-se a média de consumo estabelecida por Gomes et al. (2008) de $12.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para calcular a EUA/FAO (2020) em termos de kg m^{-3} .

Para a adução de vazões em quantidades suficientes de água nas lavouras de arroz e seus estádios, os equipamentos citados podem ser: a) desvio por gravidade em cursos de água; b) sifão em açude e barramento visando a irrigação de lavouras a jusante do reservatório; c) comporta em açude e barramento com funcionamento semelhante ao sifão; d) bombeamento em curso de água; e) bombeamento em açudes e barramentos visando irrigar lavouras a montante ou em outras bacias hidráulicas com nível mais alto que o sifão.

Estão disponíveis tecnologias e equipamentos de custo relativamente baixo para monitorar as vazões nestas tipologias de adução citadas. Mas ainda não é cultura de produtores irrigantes efetuar estas medidas durante seu período de irrigação o que seria muito útil para todo o processo de gestão de recursos hídricos por possibilitar um melhor monitoramento do balanço hídrico das bacias hidrográficas, bem como para o planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos disponíveis para irrigar o empreendimento a nível de produtor.

Apesar destas condições alguns produtores obtiveram resultados satisfatórios em relação a produtividade média nesta safra. A média da safra 2021/2022 para os municípios de Alegrete e Quaraí foi de 8.638 e 8.746 kg ha^{-1} respectivamente (IRGA, 2022). Admitindo-se esta produtividade como um indicador de viabilidade da atividade para a safra em estudo, dos agricultores que foram monitorados pela metodologia de cálculo do EUA nesta avaliação, em 12 unidades de produção de 20 que entregaram resultado de colheita, as produtividades ficaram acima das médias dos municípios (considerando as médias das áreas colhidas – Tabela 25). E destes apenas um não apresenta um índice EUA acima de 85 que é classificado como ideal (verde). A unidade de produção de número 20 tem índice EUA calculado em 80,25 (classificação alerta – amarelo) e produtividade média de 8.580 kg ha^{-1} .

Considerando o indicador que avaliou diretamente a disponibilidade hídrica no momento do início da semeadura da safra 2021/2022, a capacidade de irrigação medido através da questão água suficiente (AS) na Tabela 23, temos 12 das 22 unidades de produção avaliadas (54,5% - Tabela 24) que informaram estar com o manancial hídrico em condições de atender as demandas da safra que iniciava. Dessas, somente 4 confirmaram produtividade acima dos 8.000

kg ha⁻¹ (média de 9.208 kg ha⁻¹). 7 das 10 que afirmaram não ter os reservatórios em plena capacidade, acabaram construindo colheitas bem acima desta média (9.416 kg ha⁻¹). Pode ser um indicativo de que o produtor que já iniciou a safra com a preocupação de adequar seu planejamento de área cultivada à disponibilidade de água, foi mais eficiente no uso do recurso hídrico.

Sob ponto de vista da gestão, a presença de escassez de água para irrigação é um indicativo de que a eficiência deve ser aumentada. Quanto menor a quantidade de água armazenada, maior a necessidade de controle operacional e racionalização por parte do empreendimento irrigante, na busca pela maximização dos retornos.

Existe lacuna de conhecimento a ser explorada para que as imposições dos sistemas de gestão façam sentido ao proprietário/operador de sistema de armazenamento de água e para a sociedade como um todo.

6 CONCLUSÕES

Com foco no objetivo principal de desenvolver um sistema de informações para manejo da irrigação do arroz integrado a instrumentos de gestão de recursos hídricos, chegou-se às seguintes conclusões:

O sistema de avaliação de boas práticas proposto neste trabalho, com foco na eficiência do uso da água, nesta primeira rodada se mostrou eficiente para identificar gargalos no manejo das lavouras dos produtores avaliados, indicando os pontos fortes que devem ser mantidos e os pontos fracos, onde o gestor do empreendimento deve se dedicar a estruturar seu plano de melhoria contínua na busca de incrementar a EUA de sua unidade produtiva.

O desempenho dos usuários é satisfatório considerando tanto os resultados do Índice EUA e as produtividades obtidas, mas existe espaço para melhoria na gestão de processos produtivos onde a EUA pode ser uma ferramenta para nortear as intervenções necessárias.

A infraestrutura do escritório local do IRGA (NATE) permite estruturar uma base de dados dos agricultores ativos e suas captações de água utilizando ferramentas simples como planilhas eletrônicas, imagens de satélite, reconhecimento e levantamento de dados a campo, para embasar um sistema de informações que disponibilize aos usuários (irrigantes, órgão gestor e sociedade) insumos (subsídios) para processos decisórios importantes nas suas áreas de atuação.

A comparação das informações de dados obtidas a campo com as do sistema de outorgas (SIOUT) permitem identificar inconsistências de dados de vazão, de localização geográfica, de lançamentos em duplicidade, de critérios de vazões diferentes e uma lacuna de informações de captações importantes em operação no campo, que não constam no sistema no momento da análise. As informações contidas neste banco de dados podem contribuir para corrigir as inconsistências e aprimorar as análises que dependam de um cálculo de balanço hídrico.

O sistema de informações desenvolvido tem dados disponíveis para a bacia do arroio Inhanduí-RS que podem ser repassados ao SIOUT, atualizando as autorizações existentes e incorporando aquelas que ainda não foram catalogadas.

Além das informações pontuais com dados geográficos localizando as derivações de vazões na paisagem já existentes no SIOUT, o sistema de informações proposto por esta

metodologia disponibiliza a informação das áreas da paisagem ocupadas por lavouras de arroz a cada safra.

7 RECOMENDAÇÕES

A metodologia objeto desta dissertação precisa ser aplicada em maior número de produtores, visando a análise e a identificação dos pontos fracos da proposta de avaliação a serem melhorados pois, num eventual estabelecimento de sistema de pagamento por serviços ambientais ligados à disponibilidade de água, em termos de quantidade e qualidade de água, pode ser uma ferramenta importante para quantificação dos valores a serem remunerados pelos usuários de água. Se continuar a ser aplicado pelos técnicos dos Núcleos de Assistência Técnica e Extensão Rural do IRGA, poderá ser importante ferramenta de gestão visando a melhoria contínua das atividades de uma unidade de produção de arroz.

Embora ainda não seja uma função institucional do IRGA, em várias oportunidades seus técnicos de campo têm prestado serviços que podem contribuir para o sistema de monitoramento de recursos hídricos, além do sistema de informações com as unidades produtivas e suas fontes de água já discutido. As coletas e as análises necessárias para o acompanhamento da qualidade das águas que constituem o sistema de irrigação de uma lavoura de arroz poderiam se tornar frequentes, alimentando o banco de dados da autarquia e fornecendo dados ao órgão gestor de recursos hídricos. A capilaridade do IRGA em todas as regiões arrozeiras, associada à capacidade de seus técnicos de campo chegarem em quaisquer recantos das paisagens onde se cultiva arroz, é uma fortaleza a ser explorada.

Neste contexto, o IRGA poderia desempenhar papel semelhante, contribuindo para o sistema de informações e para a operação dos sistemas de armazenamento de água integrados das bacias hidrográficas com atividade arroteira. O sistema de informações é uma das ações a serem priorizadas nesse sentido, aproveitando a expertise e a experiência de seus técnicos de campo com obtenção de informações do uso preponderante (irrigação de arroz), além da execução de planos de monitoramento da quantidade e da qualidade das águas (ex: proposta do plano piloto de agência de bacia liderado pela Fundação Maronna com colaboração da cooperação do Escritório Internacional de Águas das Agências Francesas).

Considerando o escopo de ações ou atividades desenvolvidas pelo IRGA no contexto da gestão de recursos hídricos debatidas até aqui, como serviços de gestão atendendo à definição proposta por Marques et al. (2022), pode-se estudar o estabelecimento de instrumentos de gestão que valorizem ações de manejo empreendidas pelos agricultores e usuários da água, conforme as externalidades positivas produzidas na bacia hidrográfica

(ex: maximização da EUA e melhoria no balanço hídrico). Tendo em vista o objetivo finalístico do sistema de informações IRGA como a operação das unidades de produção, associadas ao uso de recursos hídricos utilizando boas práticas, espera-se que a integração desse sistema a outros instrumentos de gestão (exemplo outorga), passa a contribuir no processo como um serviço de gestão.

Em relação ao sistema de avaliação de adoção de boas práticas agrícolas, para que esta ou quaisquer outras propostas de avaliação de boas práticas e seus benefícios nos serviços ecossistêmicos sejam adotadas num contexto de Pagamento por Serviços Ambientais, é necessário tanto o agente interessado em remunerar, quanto um sistema de monitoramento da quantidade e qualidade das águas abrangente e robusto. Este último deve permitir avaliações conectadas entre o usuário do recurso hídrico e os impactos (positivos ou negativos) na disponibilidade de água.

O sistema de monitoramento de recursos hídricos deve permitir a análise sistêmica, na qual o armazenamento é conceituado como um provedor de serviços, em vez de uma coleção de instalações de armazenamento individuais (abordagem Global Water Partnership). Com um bom sistema de monitoramento acoplado a um sistema de apoio a decisão no contexto de um plano de bacia, as 102 acumulações de água da bacia do arroio Inhanduí catalogadas neste trabalho, poderão ser objeto de remuneração pelos serviços prestados, no contexto do sistema integrado de armazenamento de água, a partir da identificação dos benefícios no balanço hídrico.

O sistema de informações deverá contribuir para o planejamento de uma atividade de risco, que depende de condições meteorológicas variáveis safra após safra, oferecendo ao produtor as informações necessárias para sua responsabilidade de retorno de vazões mensais de água utilizada aos sistemas como o CNARH e algumas autorizações no âmbito do estado do RS (SIOUT). Em desenvolvimentos futuros, poderá ainda agregar um módulo de avaliação dos reservatórios no que diz respeito a segurança de barragens, permitindo ao usuário e ao órgão gestor atuar nas suas respectivas responsabilidades a partir das informações de operação e manutenção de infraestrutura destes no SIG/IRGA.

Desenvolver e sistematizar as ações e atividades propostas por este trabalho para a consecução do Sistema de Informações IRGA em todas as cidades arrozeiras com presença de NATE's/IRGA tem o potencial de ampliar o escopo para instrumentos de gestão e contribuir

para maior engajamento entre os usuários locais da água (arrozeiros), que se tornarão parte do processo. Isso permite a esses usuários não apenas entender melhor os efeitos das decisões de manejo e conservação da água em todo o sistema, mas, sobretudo, o acesso a informações sistematizadas importantes para o planejamento de seu próprio processo produtivo.

Trata-se de um avanço para os serviços de gestão de recursos hídricos do Rio Grande do Sul, creditando ao setor produtivo uma participação proativa no custeio dos serviços de gestão, viabilizada com a equipe técnica e infraestrutura física do IRGA.

Há uma situação interessante que poderia ser objeto de estudo em futuro próximo, visando estabelecer os benefícios sob ponto de vista de serviços ecossistêmicos proporcionados pela operação de um sistema de irrigação na safra 2021/2022. Por 30 dias de ação antrópica operando reservatórios de um sistema integrado de armazenamento de água, desencadeou ação que resultou na possibilidade de colher quase a totalidade da área semeada de uma das UP avaliadas por um dos produtores da bacia. Nesta ação, uma pequena sanga afluyente do arroio Inhanduí proporcionou em talvegue com pouco mais de 7 km, vazões significativas para que a água chegasse no pé da bomba da lavoura de jusante. Um sifão despejou na drenagem da bacia de acumulação do açude, uma vazão média de no mínimo $0,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para que a bomba, captando diretamente no leito do arroio à jusante, tivesse volume suficiente para aduzir a lavoura a montante, consistindo em um típico cenário de propriedades gaúchas da região dos municípios de Alegrete e Quaraí.

Um curso de água que estava praticamente seco, como para a maioria de seus vizinhos, passou a receber vazões mais significativas nestas épocas de escassez devido à estiagem estival. Por 30 dias a ação deste produtor da bacia do Inhanduí permitiu que vazões bastante significativas, provavelmente maiores do que as previstas em algumas autorizações de outorga de uso de água para a de manutenção da vida silvestre, fluíssem em direção a foz no rio Ibirapuitã. Foram pouco mais de 7 km onde a vida silvestre teve disponibilidade de água no meio de outras dezenas de drenagens completamente secas devido à estiagem. Qual o valor deste serviço? É cabível uma abordagem para monitorar e medir os benefícios desta situação?

Apesar de ainda se conhecer pouco sobre os efeitos da disponibilidade de água em alguns trechos de drenagens em épocas de escassez, o próprio sistema de gestão de águas, buscando integração com a política de gestão ambiental ao determinar a necessidade de prover vazão de mínima necessária a manutenção da vida silvestre aquática em alguns dos

reservatórios, além de não manter esta exigência em todas as intervenções, não indica qual é esta vazão.

Tendo em mente que quaisquer serviços ambientais proporcionados por operadores na paisagem necessitam, para serem remunerados, de atores beneficiados dispostos a pagar por este, um sistema de avaliação da eficiência do uso da água no processo de irrigação, como proposto neste estudo, tem potencial para uma futura iniciativa neste sentido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Resolução n° 607 de 09 de novembro de 2010. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/34022299/resolucao-no-607-de-09-de-novembro-de-2010-o-ana>> . Acesso em: 07/10/2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Nota Técnica Conjunta n° 002/2012/SPR/SER – ANA. Documento n° 00000.029488/2012. Definição de Trechos Críticos de Água para Subsidiar as Ações de Gestão de Recursos Hídricos na ANA. 2012. Disponível em: https://www.ana.gov.br/editaisolicitacoes/docs/NTC_002_2012-SPR-SRE.pdf . Acesso em: 07/10/2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Estudo de Modelagem Quantitativa e Qualitativa em Trechos de Rios em Bacias Hidrográficas Consideradas Críticas. Relatório. Resumo Executivo. 2016. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e2a92a3e-32d2-4be3-a4c8-383941bfc8ba/attachments/RE_21_12_16.pdf Acesso em: 07/10/2019

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Resolução n° 267, de 24 de maio de 2010. Dispõe sobre os procedimentos para cadastramento, retificação ou ratificação dos dados cadastrais dos usos de recursos hídricos em corpos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. 2010. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2010/267-2010.pdf>> . Acesso em: 06/09/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Conservação de Água e Preservação Ambiental nas Lavouras de Arroz do Rio Grande do Sul: Produção Mais Limpa. Agência Nacional de Águas; Instituto Rio Grandense do Arroz. Brasília, 2009. ISBN 978-85-89629-65-2.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. Cadernos de capacitação em recursos hídricos. Brasília, v.1 vol. 6. 50 p. 2011. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/OutorgaDeDireitoDeUsoDeRecursosHidricos.pdf>. Acesso em: 10/10/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. ANA no Portal da Qualidade das Águas descrevendo as fases para o enquadramento de corpos de água cita – Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-procedimentos.aspx> . Acesso em: 07/12/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. O Índice de Segurança Hídrica (ISH). Disponível em: <https://pnsh.ana.gov.br/construcao> . Acesso em: 16/01/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Rede Hidrometeorológica Nacional, Mapa. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>> . Acesso em: 20/12/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Mapa da Região Hidrográfica do Uruguai. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-spr/mapas-regioes-hidrograficas/uruguai-para-site-ana-a0.pdf>>. Acesso em: 03/04/2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Mapeamento do Arroz Irrigado no Brasil / ANA, Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Brasília: ANA, 2020. 40 p.: il.

AGENDA 21 GLOBAL. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNUMAD. 1992 – Rio 92. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html> . Acesso em 18/11/2021.

ANGHNONI, I.; CARLOS, F. S. 2019. Manejo da Adubação Nitrogenada de Cobertura no Arroz Irrigado no Sul do Brasil – Circular Técnica nº 001/Julho/2019. Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA. Atualizada em: 14/10/2019. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/201910/21115214-circular-tecnica-irga-001.pdf> . Acesso em: 26/03/2023.

ATLASBIG. Lista de Países por produção de arroz. 2020. Disponível em: <<https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-arroz>> . Acesso em: 29/12/2021.

BOURLAUG, N. 1971. Frase: “The only way that the world can keep up with food production is by the improvement of science and technology.” Prêmio Nobel da Paz 1970. Disponível em: <<https://achievement.org/achiever/norman-e-borlaug/>>. Acesso em: 23/03/2022.

BRASIL. Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html> . Acesso em: 02/10/2019.

BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 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.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> . Acesso em: 19/12/2021.

BRASIL. Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212/1991, 8.629/1993 e 6.015/1973 para adequá-las à nova política. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm. Acesso em: 26/04/2022.

BRASIL. Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e altera as Leis nº 7.797/1989, 9.433/1997 e o Decreto-Lei nº 227/1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm>. Acesso em: 02/03/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf>. Acesso em 02/10/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf> Acesso em: 05/11/2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH n° 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 05/11/2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH n° 16, de 08 de maio de 2001. Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=97757> . Acesso em: 18/11/2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução CNRH n° 108, de 13 de abril de 2010. Aprova os valores e mecanismos para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos/1211-resolucao-n-108-de-13-de-abril-de-2010/file>> . Acesso em: 21/09/2021.

BESKOW, Paulo. A Formação da Economia Arrozeira do Rio Grande do Sul. Ensaios FEE, Porto Alegre, 4(2):55-84, 1984.

BLOEDOW, Rafael. Metodologia de balanço hídrico e critérios de outorga em bacias hidrográficas com uso intenso de reservatórios de pequeno porte: estudo de caso na bacia do Rio Quaraí. 2014. 150. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

BOHN, N.; CARNESSON, F.; RICHARD, S.; PINHEIRO, A. Planos de Recursos Hídricos: uma análise comparativa entre o SAGE (França) e o PBH (Brasil). REGA – Vol. 5, nº 1, p. 39-50, jan./jul. 2008. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/71/306ae29ad7678dc3662346adf27eaa09_da869cf741379d936e257bdd17bfeb4e.pdf> . Acesso em 29/12/2021.

BRAVARD J. P., GAYDOU P. (2015) Historical Development and Integrated Management of the Rhône River Floodplain, from the Alps to the Camargue Delta, France. In: Hudson P., Middelkoop H. (eds) Geomorphic Approaches to Integrated Floodplain Management of Lowland Fluvial Systems in North America and Europe. Springer, New York, NY. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2380-9_12> . Acesso em: 20/12/2021.

CARVALHO, P. C. F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. Rev Ciências Agronômicas, v 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014. CCA – UFCE, Fortaleza, Brasil. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/JHtFM3YrXSrLdhczNJY6m7j/?lang=pt&format=pdf>> . Acesso em 22/12/2021.

COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA – CIC/PLATA. Programa Marco da Bacia do Prata – Processo de Implementação e Principais Resultados. 2016 (CIC/PLATA, 2016). Disponível em: <https://cicplata.org/wpcontent/uploads/2017/09/programa_marco_de_la_cuenca_del_plata.pdf>. Acesso em: 28/01/2021.

COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA – CIC/PLATA. Manual de Boas Práticas para o Cultivo de Arroz na Bacia do Prata. 2016 (CIC/PLATA, 2016). Disponível em: <https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/04/manual_de_boas-praticas_para_o_cultivo_do_arroz_20170424.pdf> Acesso em 28/01/2021.

COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA – CIC/PLATA. Programa de Ações Estratégicas da Bacia do Prata. 2016 (CIC/PLATA, 2016). Disponível em: <<https://cicplata.org/wp->

[content/uploads/2017/09/programa de acciones estrategicas de la cuenca del plata.pdf](https://www.cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/programa_de_acciones_estrategicas_de_la_cuenca_del_plata.pdf)>

Acesso em 28/01/2021.

COMITÊ INTERGOVERNAMENTAL COORDENADOR DOS PAÍSES DA BACIA DO PRATA – CIC/PLATA. Análise Diagnóstico Transfronteiriço da Bacia do Prata. 2016 (CIC/PLATA, 2016). Disponível em: <[https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analysis diagnostico transfronterizo de la cuenca del plata.pdf](https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/09/analysis_diagnostico_transfronterizo_de_la_cuenca_del_plata.pdf)>.

Acesso em: 28/01/2021.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ – Processo de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí – Fases A e B. Relatório Técnico Final. PROFILL/SEMA, Porto Alegre. 2012. Disponível em: <http://www.comiteibicui.com.br/planodabacia/documentos/rtf_ibicui.pdf>. Acesso em: 16/12/2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Deliberação CBHSF N° 40, de 31 de outubro de 2008. Maceió. 2008. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixevivo.org.br/media/2019/06/Deliberacao_n_40_2008-Parte_1.pdf>

Acesso em: 30/10/2019.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA. Histórico. Disponível em<<https://www.comiteriosantamaria.com.br/historico>>. Acesso em: 29/10/2019.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMAQUÃ -O Arroio Velhaco, sua História e Importância. 2018. Disponível em: <<http://www.comitecamaqua.com/index.php/noticias/item/145-o-arroio-velhaco-sua-historia-e-importancia>>. Acesso em 29/10/2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos 2020/21, 12º Levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/39034_3ccad80c555e633d26ed7fb5e9393037>. Acesso em 17/12/2021.

CROUGHAN, T. P. 2003. Clearfield rice: it's not a GMO. *La. Agric.* 46, 24e26.

Disponível

em:

<<https://www.lsuagcenter.com/portals/communications/publications/agmag/archive/2003/fall/clearfield-rice-its-not-a-gmo>>. Acesso em: 17/12/2021.

DIEL, M. et al. Nutrientes na água para irrigação de arroz na Região Sul do RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n.1, p. 102-109, 2007. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/cr/a/dWYKgtvKthbcnWFFpVmjh3k/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: 22/03/2022

EMBRAPA. 2021. Portfólio Serviços Ambientais, Pesquisa, inovação e subsídios às políticas públicas. Disponível

em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225154/1/Folder-Portfolio-servicos-ambientais-2021.pdf>. Acesso em 25/03/2023.

FAGI, A.M.& De DATTA, S.K. Environmental factors affecting nitrogen efficiency in flooded tropical rice. *Fertilizer Research* 2, 53–67 (1981). <https://doi.org/10.1007/BF01072877>.

Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF01072877.pdf>>. Acesso em: 20/02/2022.

FAO. 2009 – Sustainable Crop Production Intensification – SCPI. Disponível em:

<[https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-](https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/framework/sustainable-intensification-in-fao/en/)

[home/framework/sustainable-intensification-in-fao/en/](https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/framework/sustainable-intensification-in-fao/en/)>. Acesso em: 17/12/2021

FAO. 2020. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>. Acesso em 10/01/2021.

FAO. 2011. Save and Grow – A Policemaker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production. Rome. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i2215e/i2215e.pdf>

. Acesso em 27/04/2022.

FEPAM. LIPP-NISSINEM, K. H.; RODRIGUES, M. B. Licenciamento Ambiental para Irrigação Superficial da Orizicultura. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Roessler;

Porto Alegre, RS, Brasil, 2018, 64 p. il. (Coleção Referências, v.3). Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/arq/03413_Licenciamento_Ambiental_Orizicultura_E_Book_Final_ja.pdf>. Acesso em 12/11/2021.

FEPAM. Índice de Qualidade das Águas – IQA. Qualidade Ambiental. Região Hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp>> . Acesso em: 24/03/2022.

FREITAS, T. F. S.; SILVA, P. R.F.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Validação da escala de desenvolvimento para cultivares de brasileiras de arroz irrigado. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.2, p.404-410, mar-abr, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/GZCG73sy5HRpSksd8GfwwhC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 25/02/2022.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP – GWP. Perspectives Paper. Storing water: A new integrated approach for resilient development. 2021. Disponível em: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/perspectives-paper-on-water-storage.pdf>. Acesso em: 12/01/2022.

GOMES, A S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; FERREIRA, J. H. G. A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase no arroz irrigado. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p. (Documentos, 250). ISSN 1516-8840. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45267/1/documento-250.pdf> . Acesso em 20/02/2021.

GOMES NETTO, L., & C. F. SANT'ANA, L. (2012). Um Diagnóstico Preliminar da Análise Integrada da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Maringá. Revista Geonorte, 3(6), 1292–1305. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2023>> . Acesso em: 15/12/2021.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2022.

GROHS, M. 2021. Apresentação trabalho técnico/científico Fenarroz 2021. Canal Youtube Fenarroz TV = 21º Fenarroz – Programação técnica – Dia 14/10/2021 (manhã). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=n-2z6_rKuyw&t=4839s. Acesso em: 28/04/2022.

GUNAWARDANA, D., 2008. Harvesting Serendipity. Rice Today 7 (4), 36 e 39. Disponível em: <<https://meanderingscientistblog.files.wordpress.com/2021/06/rice-today-magazine-volume-7-no-4.pdf>> . Acesso em: 17/12/2021.

GREY, D.; SADOFF, C. W. Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy, 2007; 9 (6): 545-571. doi: <https://doi.org/10.2166/wp>. 2007. Disponível em: <<https://iwaponline.com/wp/article-abstract/9/6/545/31241/Sink-or-Swim-Water-security-for-growth-and?redirectedFrom=fulltext>> . Acesso em: 16/03/2022.

HURFORD, A. P.; McCARTNEY, J. J.; HAROU, J.; DALTON, D. M.; SMITH, E. O. Balancing services from built and natural assets via river basin trade-off analysis, Ecosystem Services, Volume 45, 2020, 101144, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101144>. Disponível em: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041620300863>). Acesso em: 12/02/2022.

HUBERT, G.; PEREIRA, J. S.; LANNA, E. L. Os Novos Instrumentos de Planejamento do Sistema Francês de Gestão de Recursos Hídricos: I – Apresentação e Análise. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V 7. nº 2. Abril/Junho de 2002. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/231537>> . Acesso em 19/12/2021.

IGNACIO, J. ECO-92: o que foi a conferência e quais foram seus principais resultados? 2020. Disponível em: <<https://www.politize.com.br/eco-92/>> Acesso em: 15/12/2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA/RJ. Índice de Qualidade da Água NSF. 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/IQA-NSF- Metodologia-Qualidade-de-%C3%81gua-2-dez-2019.pdf>> Acesso em: 18/02/2022.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – INEMA. Planos de Bacias, Salvador. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/planos-de-bacias/> . Acesso em 26/03/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Censo demográfico, 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. Área e Produção de Arroz 1922 a 2021. 2021. Fonte: DATER/NATEs. Elaboração: Política Setorial IRGA. Disponível em: <<https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202108/03112722-producao-rs-historico.pdf>>. Acesso em: 22/12/2021.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA– DATER. Boletim de Resultados da Safra 2020/21 em Terras Baixas: Arroz Irrigado e Soja. Setembro, 2021. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf>> . Acesso em 10/10/2021.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA – DATER. Oitava Parcial da Colheita do Arroz. Notícias 2022. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/sai-8-parcial-da-colheita-do-arroz>> . Acesso em: 01/05/2022.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE –IRRI. Overview of AWD. March 2016. Disponível em: <http://books.irri.org/AWD_brochure.pdf> . Acesso em: 25/02/2022.

JARDIM, M. H. BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2015, v. 20, n. 03, pp. 353-360. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000106299>>. ISSN 1413-4152. Acesso em 27/04/2022.

JUNIOR, A.J.D., STRECK N.A., ZANON, A. J., et al. Rice yield potential as a function of sowing date in Southern Brazil. Agronomy Journal. 2021; 113: 1523– 1534. <<https://doi.org/10.1002/agj220610.20610>>. Acesso em 02/04/2022

LE RIZ de CAMARGUE. Sindicato de Produtores de Arroz da França e do Setor. Disponível em: <<http://rizdecamargue.com/a-propos/>> .Acesso em: 21/12/2021

LODI, I. F. A contribuição do Programa Gaúcho de Qualidade e Produtividade para a gestão do conhecimento em empresas de serviços contábeis. Tese de Mestrado, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, Brazil, 2010. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/8759>. Acesso em: 07/04/2022.

LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. Ecofisiologia da produção agrícola Piracicaba: Associação Bras. para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. P. 1-12. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=ACERVO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=022860>>. Acesso em: 20/02/2022

MACEDO, V. R. M. et al. Tecnologias mais limpas na lavoura de arroz e na propriedade. Boletim Técnico nº 4. IRGA – Divisão de Pesquisa. Cachoeirinha, RS, Brasil, 2007. 40 p.: color.

MACEDO, V. R. M. et al. Qualidade da água do Rio Gravataí usada na irrigação da Estação Experimental do Arroz em Cachoeirinha/RS. VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Anais, 2011. Disponível em: <https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/qualidade-da-agua-do-rio-gravatai-usada-na-irrigacao-da-estacao-experimental-do-arroz-em-cachoeirinha-rs_471.pdf> . Acesso em: 19/03/2022.

MACEDO, V. R. M. et al. Características da água do sistema de irrigação e drenagem principal das lavouras de arroz no perímetro irrigado da barragem do arroio Duro, Município de Camaquã/RS. VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Anais, 2011. Disponível em: <https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/caracteristicas-da-agua-do-sistema-de-irrigacao-e-drenagem-principal-das-lavouras-de-arroz-no-perimetro-irrigado-da-barragem-do-arroio-duro-municipio-de-camaqua-rs_349.pdf> . Acesso em: 19/03/2022.

MACHADO, E. S.; KNAPIK, H. G.; BITENCOURT, C. C. A. Considerações sobre o processo de Enquadramento de Corpos de Água. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2019, v 24,

n. 2, pp. 261-269. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181252>>. Acesso em 03/10/2021.

MANARA, E.; PELISON, D.; FADEL, A.; SCOTTÁ, F.; SCHUSTER, R.; KALISKI, A. & PEREIRA, P. Disponibilidade hídrica do Rio Grande do Sul para fins de outorga: Balanço hídrico integrado ao SIOUT RS. Anais do XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, ABRHidro, (ISSN 2318-0358). 2019. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202004/29135341-sbrh-2019-balanco-siout-rs.pdf>>. Acesso em: 09/04/2022.

MARCHESAN, E. Arroz Vermelho: Caracterização, Prejuízos e Controle. Ciência Rural, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 415-421, 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/fXX5qzgnXScyZ83FmxX4smC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15/12/2021.

MARQUES, G. F.; JONHNSSON, R. F.; FREITAS, P.; MOLEJON, C.; FRAZÃO, C. Os Serviços de Gestão de Recursos Hídricos. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 19 n. 2022 (2022) – ISSN 2359-1919. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/644>>. Acesso em: 02/05/2022.

MARIANI, L. Cadastro Técnico Multifinalitário Aplicado à Geração Distribuída de Energia a Partir de Biomassa de Residual de Suinocultura. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, SC, Brasil, 2008.

MARIOT, C. H. P. et al. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira [online]. 2009, v. 44, n. 3, pp. 243-250. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300004>>. Epub 12 Maio 2009. ISSN 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300004>. Acesso em 25/01/2022.

MATTOS, M. L. T. & MARTINS, J. F. Processo de Gerenciamento do Projeto da Produção Integrada de Arroz. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, ISSN 1516-8840; 408. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048346/processo-de-gerenciamento-do-projeto-da-producao-integrada-de-arroz>>. Acesso em: 15/01/2021.

MELLO, IVO; LAURENT, FRANÇOIS; KASSAM, AMIR; MARQUES, GUILHERME FERNANDES; OKAWA, CRISTHIANE MICHIKO PASSOS; MONTE, KELLY. Benefits of Conservation Agriculture in Watershed Management: Participatory Governance to Improve the Quality of No-Till Systems in the Paraná 3 Watershed, Brazil. *Agronomy-Basel JCR*, v. 11, p. 2455, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/12/2455> . Acesso em: 22/03/2022.

MENEZES, D. J. Proposta Metodológica para Análise Espaço – Temporal de Inundações: Aplicação na Área Urbana de Alegrete – RS / Daniel Junges Menezes. – 2018. 267 p.; 30 cm. Consulta em:<<https://1library.org/document/download/y9d7nvrq?page=1>>. Acesso em: 15/12/2021.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V.R.M.; ANGHINONI, I. Projeto10: estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 32p.

MENEZES, V G.; ANGHINONI, I.; SILVA, P. R. F. da; MACEDO, V. R. M.; PETRY, C.; GROHS, D. S.; FREITAS, T. F. S. de; VALENTE, L. A. de L. Título: Projeto 10: Estratégias de Manejo para Aumento da Produtividade e da Sustentabilidade da Lavoura de Arroz Irrigado no RS. Avanços e Novos Desafios. IRGA. Porto Alegre, RS, Brasil. 2012. 101 p. ISBN: 978-85-65970-00-6

MIRANDA, J. I. Usando o Google Earth para publicar dados proprietários. Campinas : Embrapa Agropecuária, 2006. 42 p. : il. ISSN 1677-9274. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/6872/1/doc60.pdf>> Acesso em: 06/04/2022.

MISAGHI, F.; DELGOSHA, F.; RAZZAGHMANESH, M.; MYERS, B. Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of the Total Environment* 589 (2017) 107-116.

MUNDSTOCK, C. M. et al. Manual de Boas Práticas Agrícolas: Guia para a Sustentabilidade da Lavoura de Arroz do Rio Grande do Sul. Instituto Rio Grandense do Arroz. Porto Alegre : Avante, 2011. 80 p. ISBN 978-85-89900-12-6.

MURADIAN, R., CORBETA, E., PASCUAL, U., KOSOV, N. e MAY, P. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services, *Ecological Economics*, Volume 69, Issue 6, 2010, Pages 1202-1208, ISSN 0921-8009, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.006> . Acesso em: 25/03/2023.

NELSON A.; WASSMANN, R.; SANDER, B. O.; PALAO, L. K. (2015) Climate-Determined Suitability of the Water Saving Technology "Alternate Wetting and Drying" in Rice Systems: A Scalable Methodology demonstrated for a Province in the Philippines. *PLoS ONE* 10(12): e0145268. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145268>>. Acesso em: 15/03/2022.

OLIVEIRA, C. E. DE.; PAVANELLI, J. M. M.; IGARI, A. T.. Serviços ecossistêmicos e bens comuns: uma breve conceitualização. *Diálogos Socioambientais*, v. 3, n. 07, p. 24-26, 10mar 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambientais/article/view/302/270>. Acesso em: 27/04/2022.

PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE, O Parque Território. Disponível em: <http://www.parc-camargue.fr/le_parc_territoire.html> . Acesso em 21/12/2021.

PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE, O Parque, Um Órgão Público. Disponível em: <http://www.parc-camargue.fr/le_parc_organisme_public.html> . Acesso em 22/12/2021.

PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE. Contrat de delta Camargue, EtatdesLieux et Diagnostic, 2012. Disponível em : <https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/contrat_delta_camargue_etat_lieux_diagnostic.pdf> . Acesso em 20/12/2021.

PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE. Contrat de delta Camargue, Dossier Définitif, 2012. Disponível em : <https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/dossier_definitif_nov_12.pdf> . Acesso em 20/12/201.

PARC NATUREL REGIONAL de CAMARGUE. Contrat de delta Camargue, Resumé du Dossier Définitif, 2012. Disponível em : <http://www.parc-camargue.fr/getlibrarypublicfile.php/7af47833b532bc27bad07846fab929a5/parc-camargue/ /collection_library_fr/201200107/0001/Contrat_delta_resume.pdf> . Acesso em 20/12/2021.

PARFITT, J. M. B. et al. Quantificação da demanda hídrica na cultura do arroz em função do manejo da irrigação por inundação. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 313).

Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1103517/1/BOLETIM313.pdf>
Acesso em: 14/03/2022

PEREIRA, Cristiano. Processo de Regularização de Usos e Operacionalização da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, AL, Brasil, 2011.

POSTEL, S. L. and THOMPSON, B. H. Jr. (2005), Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. Natural Resources Forum, 29: 98-108. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00119.x> . Acesso em 16/01/2023.

PULVER, E. & CARMONA, L. Modernization of Crop Management Practices for Irrigated Rice in Rio Grande do Sul, Brazil. Common Fund for Commodities, Annual Report 2005. Disponível em: <<https://common-fund.org/publications/annual-reports>> . Acesso em: 05/01/2022.

RAMÃO, C. J.; SEBEM, E.; AMARAL, L. DE P.; RUSSINI, A.; NETO, E. S. B.; DE VARGAS, R. R.; DE FARIAS, M. S. Efeito do número de operações mecanizadas de

nivelamento de solo sobre os componentes de rendimento e altura da lâmina de água na cultura do arroz irrigado. Tecno-Lógica, v. 23, n. 1, p. 14-21, 3 jan. 2019.

Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/12246>>.

Acesso em: 27/02/2022.

RAMON, Rafael. Quantifying Sediment Source Contributions in Contrasted Agricultural Catchments (Uruguay River, Southern Brazil). Tese de Doutorado. Geoquímica. Universidade Paris-Saclay; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil), 2021.

Disponível em: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03434617/>> . Acesso em 20/12/2021.

RIBASKI, J.; DEDECEK, R. A.; MATTEI, L. M.; FLORES, C. A.; VARGAS, A. F. C.; RIBASKI, S. A. G. Estratégias para o Desenvolvimento Rural Sustentável para a Metade Sul do Rio Grande do Sul. Comunicado Técnico 150. ISSN 1517-5030. Colombo, PR, Brasil, 2005.

RIO GRANDE DO SUL – RS. Resolução CONSEMA nº 036, de 23 de julho de 2003. Regularização de Atividades de Irrigação já em Funcionamento no Estado. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/30150530-resolucao-100-05-perai.pdf>>. Acesso em 29/10/2019.

RIO GRANDE DO SUL – RS. Resolução CRH nº 141 de 21 de março de 2014. Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul – PERH/RS. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/22164454-resolucao-crh-141-2014-institui-plano-estadual-recursos-hidricos-estado-rs-28-03.pdf>>. Acesso em 21/09/2021.

RIO GRANDE DO SUL – RS. Resolução CRH nº 107 de 22 de junho de 2012. Aprova o Enquadramento das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/22162258-resolucao-crh-107-2012-aprova-enquadramento-aguas-superf-bacia-rio-ibicui.pdf>>. Acesso em: 26/11/2021.

RIO GRANDE DO SUL – RS. Relatório Síntese da Fase A – Diagnóstico e Prognóstico Hídrico das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2007. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/15TS3pPcVfGJh7VzjWhxhpSMb7Qeao9zE/view>>. Acesso em 29/11/2020.

RIO GRANDE DO SUL – RS. Resolução CONSEMA n° 100, de 15 de abril de 2005. Dispõe sobre o Plano Estadual de Regularização da Atividade de Irrigação para o Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/30150530-resolucao-100-05-perai.pdf>>. Acesso em: 29/10/2019.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n° 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, 1994. Disponível em <http://www.al.rs.gov.br/legis> . Acesso em: 05/01/2021.

RIO GRANDE DO SUL. NOTA TÉCNICA DRHS - Modernização da Lei Estadual n° 10.350/1994 – Processos de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. 2021 – Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202103/04151255-nota-tecnica-planejamento.pdf>> . Acesso em: 15/12/2021

RIO GRANDE DO SUL. Relatório Anual Recursos Hídricos RS 2020 – Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1omnNrd7qFQ3Df6YLUWthd3CyzivfNEQi/view>>. Acesso em: 16/12/2021

RIO GRANDE DO SUL, 2020. Radiografia da Agropecuária Gaúcha 2020. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202009/26185534-radiografia-da-agropecuaria-gaucha-2020-1.pdf>> . Acesso em 19/12/2021.

RIO GRANDE DO SUL, 2008. Decreto Estadual n° 45.690, de 5 de junho de 2008. Institui o SELO AMBIENTAL RS, no âmbito da competência da Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2045.690.pdf>> . Acesso em 15/01/2021.

ROSSATO, I. G. Restrição de Radiação Solar na Produtividade de Arroz Irrigado. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. 60 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/23340>>. Acesso em: 02/04/2022.

SANTIAGO, E. P.; CARTAXO, E. F.; FILHO, J. G. F. R.; NOGUEIRA, L. D.; SOUZA, P. R. Desenvolvimento de banco de dados geográficos priorizando o uso de softwares gratuitos para gestão de reservatórios de hidrelétricas na Amazônia. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 5, n. 7 p. 8510-8521, 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2249/2273>>. Acesso em: 05/04/2022.

SANTINI, B.; PASA, C.R.; LAUFER, J.; SCHMIDT, A. Programa Gaúcho da Qualidade e Produtividade – PGQP: Análise dos indicadores de desempenho de uma indústria de plásticos. In *Pesquisa Qualidade e Produtividade na Indústria Brasileira*; SEBRAE: Rio de Janeiro, Brazil, 1996; Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART423.pdf>. Acesso em 25/08/2021.

SANTOS, R. N.; BADINELLI, P. G.; MORAIS, F. A. Selo Ambiental do IRGA: valorização das boas práticas e cumprimento da legislação ambiental. In: *X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado*, 2017, Gramado/RS. Anais do X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; AZEVEDO C. F.; STRECK, N. A.; ROSO, R.; COELHO, L. L. et al.. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. *Ciência Rural* [Internet]. 2013, Mar;43(3):397–403. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300004>. Acesso em: 02/04/2022.

SCCOTI, A. V.; Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada-RS: Potencialidades e Suscetibilidades. 2015. Dissertação (mestrado em Geografia, Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial) – Centro de Ciências Naturais e Exatas Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. 151 p. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/9432> . Acesso em: 03/03/2022.

SILVA, L. C. e MONTEIRO, R. A. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: Uma das Possíveis Abordagens. *Ações Administrativas CDOC*. ANA, 2004. Disponível em: https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Luciano%20Meneses%20C.%20da%20Silva/OutorgaDirUsoRecHid_UmaDasPossiveisAbordagens.pdf . Acesso em: 28/11/2021.

SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. 2007XXVII Reunião da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas: SOSBAI, 2007. 161 p., il. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Recomendacoes_Tecnicas_Arroz_2007_000fzrbdd8b02wx5ok0cpoo6adaexge2.pdf> . Acesso em 29/03/2022.

SOUTO, J. “Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais.” *Qualit S Revista Eletronica* (2009): n. pag. Print. Disponível em: <https://www.academia.edu/49138374/Bacias_Hidrogr%C3%A1ficas_e_Impactos_Ambientais> . Acesso em: 10/01/2021.

STONE, L. F. & STEINMETZ, S. Índice de Área Foliar e Adubação Nitrogenada em Arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v 14, n. 1, p 25-28, 1979. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1105602>>. Acesso em: 20/01/2022.

SUDIANTO, E.; BENG-KAH, S.; TING-XIANG, N.; SALDAIN, N. E.; SCOTT, R. C.; BURGOS, N. R. Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. *Crop Protection*, Volume 49, 2013, Pages 40-51. ISSN 0261-2194. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219413000495>>. Acesso em 17/12/2021.

SHIKLOMANOV, I. A. "World fresh water resources In: Gleick PH, editor. *Water in crisis: a guide to the world's freshwater resources.*" (1993): 13-24. Disponível em: https://www.academia.edu/902661/Water_in_Crisis_Chapter_2_Oxford_University_Press_1993. Acesso em: 21/03/2023.

TEODORO, V. L. I., TEIXEIRA, D., COSTA, D. J. L., & FULLER, B. B. (2007). O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométricas para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1), 137-156. Disponível em: <<https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>> Acesso em: 20/09/2019.

TILMANT, A., ARJOON, D., MARQUES, G. F. (2014). Economic Value os Storage in Multireservoir Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(3), 375-383.

Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29WR.1943-5452.0000335> .

Acesso em: 18/03/2023.

TUCCI, C.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Gestão da Água no Brasil. UNESCO. Brasília, DF, Brasil, 2001. 156 pg. ISBN: 85-87853-26-0

TUCCI, C. E. M. et al. Hidrologia: ciência e aplicação. 2º ed. 2º reimpr.-Porto Alegre : Ed Universidade/UFRGS : ABRH. 2001. ISBN 85-7025-298-6

YUAN, S.; LINQUIST, B.; WILSON, L. et al. A roadmap towards sustainable intensification for a larger global rice bowl. Research Square; 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-401904/v1.

Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-401904/v1.pdf?c=1631896741000>> . Acesso em: 12/01/2022.

ZORILLA, G.; MARTÍNEZ, C.; BERRÍO, L.; CORREDOR, E.; CARMONA, L.; PULVER, E. 2012. Improving rice production systems in Latin America and the Caribbean. In: Hershey, Clair H. (ed.). Eco-Efficiency: From vision to reality. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 10 p.. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10568/55610>> . Acesso em 05/02/2022.

ANEXO

A seguir, é reproduzido um resumo do documento CIC/PLATA, 2016, onde as BPAs para produção de arroz irrigado estão listadas.

As Boas Práticas Agrícolas no Cultivo do Arroz

As boas práticas agrícolas são todas as medidas que se tomam para assegurar a qualidade do produto agrícola, promovendo menor impacto ao meio ambiente e cuidando da saúde e bem-estar dos trabalhadores envolvidos. Para o produtor de arroz da Bacia do Prata, se propõe o compromisso voluntário de cumprir com as práticas que se ajustem a sua realidade. A adoção permitirá conciliar aspectos econômicos, ambientais e sociais.

O Manual divide as práticas nos seguintes grupos:

- Práticas preferenciais: são medidas que, se adotadas, aperfeiçoam os métodos empregados corretamente e melhoram os processos da lavoura de arroz.
- Práticas recomendadas: são aquelas geradas pela pesquisa científica e tecnológica e apontam a conseguir os objetivos de produtividade, ambientais e sociais.
- Práticas não recomendadas: são medidas que devem ser evitadas, pois trazem prejuízos à sustentabilidade da lavoura.

Na adoção, o Manual avalia a implantação das práticas sob duas abrangências.

- No cultivo de arroz: as práticas são definidas dentro do manejo da lavoura de arroz.
- Na contenção de riscos ambientais: as práticas descrevem situações que evitam a contaminação do meio ambiente.

1. As boas práticas agrícolas no cultivo do arroz

1.1 A escolha da área de cultivo

Práticas preferenciais

A área de cultivo para o arroz deve apresentar:

- Aptidão do uso e capacidade produtiva, com o mínimo de risco ao ambiente.
- Redução do movimento vertical da água, com economia de irrigação.
- Redução dos riscos de erosão e perda da camada superficial do solo.
- Redução do escape de resíduos em suspensão ou dissolvidos na água de percolação ou infiltração lateral.
- Facilidade de trabalho com máquinas, sem prejuízo à estrutura do solo.
- Solos com profundidade adequada para o uso agrícola, sem muita pedregosidade.
- Solos com fertilidade natural alta.

Práticas recomendadas

Deve-se:

- Respeitar distância mínima de cursos de água, açudes e barragens.
- Elaborar um mapa das áreas aptas, demarcando e identificando os talhões.
- Manter um histórico das condições de fertilidade e uso da área.
- Escolher solos com horizonte subsuperficial de pouca permeabilidade (baixa condutividade hidráulica).
- Escolher áreas com relevo natural plano ou relativamente plano.

Práticas não recomendadas

Deve-se evitar:

- Escolher solos pedregosos e/ou com pequena profundidade efetiva.
- Escolher solos com limitação no preparo do solo devido ao caráter vértico do horizonte superficial.

- Escolher solos com ausência de horizonte subsuperficial impermeável ou que apresentem textura arenosa em superfície, com espessura superior a 50 cm.

1.2 A escolha das rotações de culturas

Práticas preferenciais

- Utilizar espécies com exigências nutricionais diversas das do arroz.
- Praticar a rotação com cultivos de grãos adaptados aos solos arrojzeiros.

Práticas recomendadas

- Delimitar as áreas aptas para a rotação de culturas de cada propriedade em função da topografia e da capacidade de drenagem da área.
- Selecionar espécies que utilizem defensivos com grupos químicos diferentes daqueles utilizados para o arroz.
- Priorizar sistemas de rotações que controlem efetivamente as plantas invasoras, como o arroz vermelho.
- Praticar a rizipiscicultura, que é um sistema sustentável caracterizado pelo cultivo consorciado de arroz irrigado e criação de peixe.

Práticas não recomendadas

- Utilizar continuamente o solo com arroz ou praticar a rotação seguida com cultivos de outros grãos em solos rasos e pedregosos e/ou em solos que possuem uma elevada fração de argila dispersa em água, que apresentam alta susceptibilidade à erosão, levando à rápida degradação do solo.
- Utilizar pousio em solos arenosos e em declive, que são susceptíveis à erosão, resultando em perdas significativas de solos e de nutrientes.
- Conduzir a lavoura de forma inadequada no sistema de rotação com pastagens. Com a utilização de maior extensão de área nesse sistema, aumenta a possibilidade de haver impactos ambientais e, com isso, a lavoura pode avançar sobre áreas frágeis (solos arenosos em declive e/ou em solos com caráter vértico e com argilas expansivas no horizonte superficial).

1.3 Sistematização da área

Práticas preferenciais

- Fazer quadros (talhões) de superfície nivelada nas áreas que permitem o cultivo de arroz.
- Realizar o nivelamento da superfície do solo, preferencialmente para o sistema pré-germinado.
- Adequar o nivelamento da superfície do solo para outros sistemas de cultivo ou em áreas que utilizam a rotação de culturas, especialmente de grãos.
- Adotar o nivelamento da superfície do solo em desnível, quando a declividade natural é mantida para áreas que não permitem o estabelecimento de talhões em nível.
- Estabelecer um sistema de drenagem que permita que a água passe por área que funcione como faixa de filtragem (para o material contaminante em suspensão ou dissolução) ou que retorne às barragens ou açudes.

Práticas recomendadas

- Construir canais de irrigação e de drenagem, levando em conta o caudal de água a ser conduzido, o tipo de solo e a topografia do terreno, considerando o tempo necessário para a irrigação e drenagem da área.
- Dimensionar os canais de irrigação, a fim de gerar vazão necessária para suprir de água a lavoura em, no máximo, dois dias. É recomendável que a velocidade da água não supere os 0,25 m/s em solos arenosos e 0,75 m/s em solos pesados.
- Construir canais de drenagem de forma que toda a lavoura possa ser drenada em, no máximo, 48 h.

Práticas não recomendadas

- Dimensionar canais de irrigação que causem erosão nos taludes, o que compromete a sua manutenção e provoca o arraste de partículas de solo, causando assoreamento no seu leito e nas entradas das áreas de lavoura.
- Incluir os canais de drenagem em áreas com fragilidade ambiental, o que poderá causar contaminação dessas áreas com resíduos de defensivos e fertilizantes e comprometer a biodiversidade dessas áreas.
- Construir estradas internas nas áreas com fragilidade ambiental ou que facilitem a erosão do solo.

1.4 Métodos de preparo do solo e da semeadura no sistema pré-germinado

Práticas preferenciais

- Fazer o preparo do solo preferencialmente no seco, no outono ou inverno.
- Fazer controle de plantas daninhas, no seco, antes de inundar a área.
- Fechar os drenos e inundar a área por pelo menos 15 dias após o preparo do solo.

Práticas recomendadas

- Incorporar os resíduos do cultivo anterior e plantas invasoras com arado, grade ou enxada rotativa para a limpeza da área.
- Deixar os canais de drenagem abertos até a primavera.
- Controlar ou destruir a postura de caramujos, especialmente nos canais de irrigação, drenos e entradas de água para evitar infestações.
- Manter a área com bom nivelamento.
- Fazer o preparo do solo e o nivelamento da área com lâmina de água ou com solo seco. Se for com lâmina de água, esta deverá ser mínima, o suficiente para que o operador das máquinas possa observar os pontos de corte e de aterro (baixos ou mais altos).
- Semear a lanço as sementes pré-germinadas de forma manual ou mecânica (com trator ou com avião) sobre uma baixa lâmina de água, após a deposição dos sedimentos em suspensão.
- Não drenar os quadros após a semeadura.
- Manter a lâmina de água baixa com, no máximo, 5 cm de altura. Somente efetuar reposição da lâmina de água.

Práticas não recomendadas

- Realizar o nivelamento do solo com lâmina de água alta, que não permite visualizar as imperfeições da superfície do solo que está sendo corrigido.
- Drenar os quadros após o preparo final do solo e antes da semeadura.
- Drenar a área a qualquer momento após a semeadura

1.5 Métodos de preparo do solo e da semeadura em solo seco

Práticas preferenciais

- Preparar o solo quando ele estiver friável, isto é, sem excesso de umidade nem excessivamente seco.
- Efetuar os trabalhos primários de preparo do solo no outono ou no inverno, bem como a limpeza ou construção de canais de drenagem.
- Dessecar somente a área a ser cultivada.
- Realizar limpeza de canais e áreas adjacentes à lavoura, eliminando especialmente plantas hospedeiras de pragas específicas.
- Construir taipa de perfil baixo no interior da lavoura e taipa mais alta em sua volta.
- Efetuar a semeadura direta do arroz após o cultivo de grãos como o milho, o sorgo e a soja.

Práticas recomendadas

- Preparar o solo no seco, se possível ainda no outono ou no inverno, de modo que haja cobertura vegetal até a época de semeadura.
- Deixar os canais de drenagem abertos até a primavera.
- Manter cobertura permanente do solo com vegetação espontânea ou implantada.
- Construir taipas baixas antes da semeadura.
- Aplicar dessecante ou fazer o preparo superficial da área pouco antes da semeadura.
- Efetuar a semeadura com máquinas, inclusive sobre as taipas.
- Acompanhar a distribuição de sementes e verificar a densidade de semeadura, para evitar problemas no estabelecimento inicial da lavoura.
- Fechar os drenos assim que for iniciada a irrigação permanente.

Práticas não recomendadas

- Preparar a área na primavera, imediatamente antes da semeadura.
- Usar excessivamente as máquinas, principalmente em estação chuvosa.

- Revolver excessivamente o solo devido ao aumento da presença de arroz vermelho em áreas infestadas por esta planta daninha.
- Revolver excessivamente o solo devido ao aumento do risco de perdas de nutrientes, como o potássio e a degradação da matéria orgânica do solo.
- Usar defensivos agrícolas não recomendados para a cultura.
- Usar defensivos dessecantes da vegetação que atinjam a fauna e a flora de áreas próximas da lavoura.
- Queimar a palha do arroz e de resíduos vegetais.

1.6 Manejo da água de irrigação

Práticas preferenciais

- Realizar a colheita com a lavoura sem água para economizar combustível, otimizar a eficiência das máquinas, evitar o desgaste desnecessário das máquinas, facilitar o preparo do solo para as operações seguintes e evitar perdas de nutrientes, especialmente de potássio.
- Utilizar filtro para peixes nas sucções de sistemas de bombeamento.

Práticas recomendadas

- Iniciar a irrigação do arroz a partir do momento em que a planta apresentar a terceira folha com o colar visível (estádio V3).
- Irrigar de forma contínua até cerca de 15 dias após o florescimento (grãos em estado pastoso), quando deverá ser suspensa a entrada da água.
- Prever a vazão de 3 a 5 l/s/ha para a inundação inicial da lavoura.
- Prever a vazão de 1,0 a 1,5 l/s/ha para a manutenção da lâmina.
- Evitar drenar a lavoura antes de 30 dias após a aplicação de qualquer defensivo.
- Manter a altura da lâmina de água (ideal) em 2,5 cm. A altura da lâmina de água depende da uniformidade do relevo de cada quadro.
- Suspender a irrigação com antecedência para que, na colheita, não seja necessária a drenagem da lavoura.

Práticas não recomendadas

- Drenar a lavoura, especialmente após a aplicação de defensivos e fertilizantes.
- Utilizar lâmina de água acima de 10 cm, pois causa desuniformidade no desenvolvimento das plantas, aumenta o acamamento, diminui o rendimento de grãos e aumenta significativamente as perdas e o volume total de água usado, e provoca aumentos do custo da produção.

1.7 Manejo dos nutrientes

Práticas preferenciais

- Realizar o manejo equilibrado de nutrientes por talhão de acordo com as recomendações de adubação, dose, modo e época de aplicação.

Práticas recomendadas

- Avaliar inicialmente a fertilidade do solo, por meio de amostra de solo coletada por talhão homogêneo na lavoura e analisada em laboratório credenciado.
- Fazer a adubação, baseada em resultados da análise do solo, época de semeadura, nível de manejo da lavoura, expectativa de resposta, tipo de solo, potencial produtivo de cultivar e localização da lavoura, para que não haja excesso ou falta de algum nutriente.

Práticas não recomendadas

- Adicionar os nutrientes de forma desequilibrada.
- Drenar lavouras após a aplicação de adubos.

1.8 Manejo das pragas (plantas invasoras, insetos e doenças)

Práticas preferenciais

- Utilizar o controle manual de plantas invasoras (rouging) em ambientes específicos, como em campos de sementes e áreas com invasoras resistentes aos herbicidas.
- Estimular, na entressafra ou em anos de pousio, a germinação e emergência de plantas invasoras via o revolvimento do solo, para sua eliminação posterior também por máquinas e implementos.

- Realizar, quando conveniente, a rotação de culturas, o que permite a rotação de herbicidas ou uso de outros princípios ativos para o controle de plantas invasoras de difícil manejo.
- Utilizar os mecanismos de tolerância do arroz, com cultivares e herbicidas específicos.
- Utilizar as práticas que favorecem o crescimento vigoroso das plantas (densidade, adubação, preparo do solo, cultivares e época de semeadura), tornando-as mais competitivas com as invasoras.
- Alternar a utilização de sistemas de cultivo, como forma de controlar alguma espécie de planta invasora, de insetos ou doenças.
- Utilizar, quando conveniente, o sistema pré-germinado, com manutenção de lâmina permanente para controle de arroz vermelho.
- Utilizar o marreco-de-pequim para o controle de plantas invasoras e pragas em lavouras de pequena extensão de área no período de entressafra.
- Manter áreas de lavoura denominadas de cultura armadilha, destinadas a concentrar os insetos em locais específicos e, posteriormente, facilitar o controle localizado.
- Instalar poleiros para descanso do gavião caramujeiro e outras aves predadoras de pragas.
- Limpar equipamentos de uso agrícola a cada mudança de talhão, para reduzir a transferência de inóculo de doenças de áreas contaminadas para livres.
- Realizar a catação manual das posturas de insetos nos locais de infestação e posterior destruição por métodos físicos. O método é viável e eficiente em pequenas lavouras
- Usar armadilhas luminosas para atração e destruição de insetos.
- Colocar telas nos canais para evitar a entrada de pragas de áreas contaminadas para áreas livres.
- Observar as condições climáticas favoráveis à aplicação de defensivos agrícolas.
- Usar produto recomendado para a cultura de arroz irrigado.
- Usar Equipamento de Proteção Individual (EPI).
- Colocar a água da tríplice lavagem das embalagens dentro do tanque do pulverizador.

- Aplicar as sobras de calda dos pulverizadores terrestres ou do avião na área cultivada.
- Aplicar a água de lavagem dos pulverizadores na área de lavoura.
- Acondicionar as embalagens lavadas em local adequado até a entrega em postos ou centrais de recolhimento de embalagens vazias.

Práticas recomendadas

- Utilizar cultivares onde ocorram genes que, em menor ou maior grau, conferem tolerância a doenças.
- Drenar a área na entressafra, para reduzir a incidência de fungos do solo e dos caramujos.
- Limpar os canais, para reduzir a incidência de plantas invasoras, insetos em geral e caramujos.
- Eliminar restos culturais de pós-colheita, para reduzir a população de alguns insetos e patógenos.
- Sistematizar o solo, para evitar focos de doenças e insetos.
- Limpar linhas de cercas, beiras de lavoura e beiras de estrada, para evitar a proliferação de plantas hospedeiras, insetos e invasoras em geral.
- Usar sementes certificadas de arroz, livres de sementes de plantas invasoras e com baixa presença de fungos.
- Usar densidade de sementes adequada, adubação equilibrada e controle de plantas hospedeiras de patógenos e insetos.
- Semear na época mais antecipada possível, para reduzir a incidência de doenças.
- Utilizar ferramentas para tomada de decisão quanto à necessidade do uso dos defensivos, tais como avaliação do nível populacional de controle, nível de dano econômico, histórico das áreas, estádios de desenvolvimento das plantas e monitoramento da evolução de danos.

Práticas não recomendadas

- Usar defensivos não recomendados e registrados para a cultura.
- Aplicar doses não adequadas de defensivos, especialmente as sub-doses que são as maiores responsáveis pelo favorecimento de gerações de fungos, insetos e plantas invasoras resistentes.

- Drenar a área da lavoura com menos de 30 dias após a aplicação de defensivos.
- Não respeitar o prazo de carência dos defensivos, especialmente quando a aplicação tende a ser muito próxima da colheita da lavoura.
- Aplicar defensivos com frequência excessiva, em intervalos muito próximos ou fora do período recomendado.
- Realizar misturas no tanque de pulverização que não sejam aquelas recomendadas pela pesquisa.
- Realizar controle erradicante, ou seja, aquele efetuado sobre o alvo biológico, quando este já ultrapassou o máximo limiar de dano econômico. Neste caso, os escapes de plantas invasoras, insetos e fungos tendem a constituir uma nova geração de indivíduos mais resistentes aos defensivos aplicados.
- Aplicar os produtos sem o uso de EPI adequado ao tipo de defensivo agrícola.
- Deixar embalagens de defensivos vazios nas redondezas da lavoura.
- Lavar embalagens ou/e pulverizadores nas fontes de água.
- Aplicar produtos em áreas próximas a residências, fontes de água e áreas ambientalmente frágeis.
- Aplicar produtos químicos de origem duvidosa.
- Aplicar produtos químicos sem observar as condições meteorológicas recomendadas.

1.9 Escolha da semente

Práticas preferenciais

- Escolher sementes sem contaminação genética, física (misturas de cultivares e grãos de arroz vermelho ou preto) e com potencial de desempenho (PG>90%).

Práticas recomendadas

- Adquirir sementes com qualidade, de cultivares registradas e inscritas em cadastros oficiais e recomendadas pela pesquisa.
- Adquirir sementes certificadas de primeira e segunda geração (C1 e C2) ou não certificadas de primeira e segunda geração (S1 e S2).

Práticas não recomendadas

- Utilizar sementes de baixa qualidade, contaminadas com arroz vermelho ou baixo potencial germinativo (<80%).
- Utilizar sementes de produção própria ou sem procedência identificada.

1.10 Escolha da cultivar

Práticas preferenciais

- Escolher as cultivares de acordo com a época de semeadura: quando no início da época recomendada, usar cultivares de ciclo médio ou tardio. Já em semeaduras no final do período recomendado, usar cultivares de ciclo precoce e muito precoce.
- Utilizar cultivares com boa qualidade industrial dos grãos: a maioria das cultivares é do tipo longo, fino, translúcido, teor de amilose intermediário ou alto e temperatura de gelatinização baixa ou intermediária. Entre as cultivares há variações na qualidade, com valor diferenciado de mercado.

Práticas recomendadas

- Escolher cultivares por características genéticas específicas tais como:
 - Resistência a doenças: para regiões de elevada história de pressão patogênica e/ou épocas de semeaduras tardias.
 - Tolerância à toxidez por excesso de ferro no solo: naqueles solos que apresentam altos teores desse elemento.
 - Tolerância a herbicidas do grupo imidazolinonas: naquelas áreas com elevada incidência de arroz vermelho.
 - Adaptação ao sistema pré-germinado: para áreas onde esse sistema é recomendado.

Práticas não recomendadas

- Utilizar cultivares de procedência não identificada.
- Utilizar cultivares não adaptadas às condições de cultivo.

1.11 Manejo da colheita e do transporte

Práticas preferenciais

- Efetuar a colheita com o solo seco, com baixa umidade: para economizar combustível, prevenir desgaste desnecessário de máquinas, evitar a formação de sulcos e melhorar a conservação do solo.
- Cuidar da velocidade de avanço da colhedora, garantindo que seja em conformidade com as recomendações do fabricante e das condições da lavoura.
- Regular a altura do molinete e a respectiva distância da barra de corte da colhedora, observando as características da cultivar, grau de umidade dos grãos, tendência à debulha, altura das panículas e densidade de plantas.
- Evitar a superalimentação da plataforma de recolhimento e do alimentador do sistema de trilha.
- Regular o cilindro de trilha, as peneiras do saca-palha e a rotação do ventilador separador das impurezas leves, conforme recomendação do fabricante da colhedora.
- Limpar a máquina colhedora quando da troca de cultivar a ser colhida, para evitar misturas que prejudicam as características industriais das mesmas.
- Cuidar para que o período entre a colheita e o início da secagem ou aeração seja menor do que 12 horas, para evitar o aumento da atividade metabólica dos grãos e dos organismos associados.
- Não manter os grãos cobertos por lona durante longos períodos, nem expostos ao sol.
- Monitorar as cargas que já vêm contaminadas com a presença de insetos.

Práticas recomendadas

- Preparar, limpar e regular antecipadamente as máquinas e os equipamentos.
- Fazer avaliação das perdas de colheita. Não devem superar os 100 kg/ha, somando as perdas na trilha e na plataforma.
- Monitorar a umidade dos grãos na lavoura.
- Colher quando os grãos apresentarem entre 18% a 24% de umidade.
- Evitar os horários em que a palha estiver com muita umidade, especialmente logo após chuvas ou com muito orvalho.

- Colher em separado as diferentes cultivares, para não prejudicar o beneficiamento e a qualidade dos grãos.
- Contar com proteção e acessórios necessários para uma operação segura nos equipamentos de colheita: extintor de incêndio, protetores de estruturas móveis, alarme de marcha-a-ré.
- Utilizar, durante a colheita, máscaras e protetor de ouvido e contar com caixa de primeiros socorros e equipamento de comunicação.
- Limpar os caminhões transportadores, sem possibilidade de contaminar os grãos de arroz. A carroceria deve ser perfeitamente vedada, para evitar derramamento ou vazamento dos grãos.
- Não misturar grãos de mais de uma cultivar na mesma carga.

Práticas não recomendadas

- Colher os grãos com umidade superior a 24% ou inferior a 18%. Quando inferior a 18%, há relevantes perdas quantitativas e, principalmente, qualitativas.
- Colher com velocidade acima da recomendada, buscando aumentar a eficiência de uso das máquinas.
- Atrasar a colheita em demasia.
- Colher diferentes cultivares misturando os grãos.

Considerando que um dos objetivos deste trabalho é a relação da produção de arroz com uso de irrigação e sua eficiência no uso da água no âmbito da gestão de recursos hídricos, não vamos mencionar as BPAs de pós-colheita e armazenamento.

O Manual CIC/PLATA de Boas Práticas Agrícolas na cultivo de arroz irrigado está disponível na íntegra em: https://cicplata.org/wp-content/uploads/2017/04/manual_de_boas-praticas_para_o_cultivo_do_arroz_20170424.pdf.