

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 2

Luis Miguel Schiebelbein
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Luis Miguel Schiebelbein

(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 2 / Organizador Luis Miguel Schiebelbein. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
– (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v.2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-025-4
DOI 10.22533/at.ed.254190901

1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Schiebelbein, Luis Miguel. II. Título. III. Série.

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Na continuidade do Volume I, a obra “Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade” aborda uma série de artigos e resultados de pesquisa, em seu Volume II, contemplando em seus 21 capítulos, os novos conhecimentos científicos e tecnológicos para as áreas em questão.

Estrategicamente agrupados nas grandes áreas temáticas de Qualidade da Água, Recursos Hídricos no Abastecimento, Utilização Agrícola dos Recursos Hídricos & Sustentabilidade, traz à tona informações de extrema relevância para a área dos Recursos Hídricos, assim como da Sustentabilidade.

Os capítulos buscam de maneira complementar, abordar as diferentes áreas além de concentrar informações envolvendo não só os resultados aplicados, mas também as metodologias propostas para cada tipo de estudo realizado.

Pela grande diversidade de locais e instituições envolvidas, na realização das pesquisas ora publicadas, apresenta uma grande abrangência de condições e permite, dessa forma, que se conheça um pouco mais do que se tem de mais recente nas diferentes áreas de abordagem.

A todos os pesquisadores envolvidos, autores dos capítulos inclusos neste Volume II, e, pela qualidade e relevância de suas pesquisas e de seus resultados, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Complementarmente, espera-se que esta obra possa ser de grande valia para aqueles que buscam ampliar seus conhecimentos nessa magnífica área da Gestão de Recursos Hídricos, associada à Sustentabilidade. Que este seja não só um material de apoio, mas um material base para o estímulo a novas pesquisas e a conquista de resultados inovadores.

Luis Miguel Schiebelbein

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA POLÍTICA DE DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE CANÁPOLIS-MG	
<i>Roberta Christina Amancio</i>	
<i>Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909011	
CAPÍTULO 2	12
AVALIAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS AÇUDE DA MACELA E JACARECICA ITABAIANA-SE DO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS-IQAR	
<i>Maria Caroline Silva Mendonça</i>	
<i>Helenice Leite Garcia</i>	
<i>Valdelice Leite Barreto</i>	
<i>Carlos Alexandre Borges Garcia</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909012	
CAPÍTULO 3	22
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO POÇÃO DA RIBEIRA USANDO ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	
<i>Carlos Eduardo Oliveira Santos</i>	
<i>Lucas Cruz Fonseca</i>	
<i>José do Patrocinio Hora Alves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909013	
CAPÍTULO 4	31
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS LANÇADAS POR BACIAS DE DETENÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NO DISTRITO FEDERAL, DF – BRASIL.	
<i>Carolinne Isabella Dias Gomes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909014	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE EFLUENTES DE AGROINDÚSTRIAS DA REGIÃO CELEIRO DO RS	
<i>Marieli da Silva Marques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909015	
CAPÍTULO 6	47
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIO UTILIZADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DURANTE PERÍODO DE SECA, SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
<i>Leandro Gomes Viana</i>	
<i>Patrícia Silva Cruz</i>	
<i>Dayany Aguiar Oliveira</i>	
<i>Ranielle Daiana dos Santos Silva</i>	
<i>José Etham de Lucena Barbosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909016	

CAPÍTULO 7 55

UTILIZAÇÃO DA CAFEÍNA COMO INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DOMESTICO NO AÇUDE BODOCONGÓ EM CAMPINA GRANDE, PB

Alvânia Barros De Queiróz
Neyliane Costa De Souza
Márcia Ramos Luiz
Geralda Gilvania Cavalcante
Lígia Maria Ribeiro Lima

DOI 10.22533/at.ed.2541909017

CAPÍTULO 8 66

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO – IQAR PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS ALGODOEIRO E GLÓRIA

Anairam Piedade de Souza Melo
Helenice Leite Garcia
Maria Caroline Silva Mendonça
Valdelice Leite Barreto
Carlos Alexandre Borges Garcia

DOI 10.22533/at.ed.2541909018

CAPÍTULO 9 77

ANÁLISE DA ESCASSEZ HÍDRICA NO PAÍS NO PERÍODO 2012-2016 E DAS AÇÕES DE GESTÃO EM ÁREAS CRÍTICAS

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira
Teresa Luísa Lima de Carvalho
Laura Tillmann Viana

DOI 10.22533/at.ed.2541909019 .

CAPÍTULO 10 92

DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: OTIMIZAÇÃO EVOLUTIVA CONSIDERANDO CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Marcos Rodrigues Pinnto
Marco Aurélio Holanda de Castro
João Marcelo Costa Barbosa
Josér Valmir Farias Maia Junior

DOI 10.22533/at.ed.25419090110

CAPÍTULO 11 100

CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES SOBRE O QUADRO DE CRISE NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG: O CASO DA BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS

Bernardo Ribeiro Filizzola
Cristiano Pena Magalhães Marques
Rodrigo Silva Lemos
Antônio Pereira Magalhães Junior Guilherme Eduardo Macedo Cota

DOI 10.22533/at.ed.25419090111

CAPÍTULO 12 111

SÍNTESE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO FINAL DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NA SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE REÚSO DE ÁGUA

Reinaldo Coelho Mirre
Mariana de Souza dos Santos
Dalal Jaber Suliman Abdullah Audeh

André Luiz Hemerly Costa Fernando Luiz

Pellegrini Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.25419090112

CAPÍTULO 13..... 120

FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAS DE ABASTECIMENTO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Patrícia Silva Cruz

Leandro Gomes Viana

Dayany Aguiar Oliveira

Ranielle Daiana dos Santos Silva

José Etham de Lucena Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.25419090113

CAPÍTULO 14..... 128

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Gilson Bárbara

Marcelo José Romagnoli

Dagmar Aparecida de Marco Ferro

DOI 10.22533/at.ed.25419090114

CAPÍTULO 15..... 131

DIAGNÓSTICO DAS COMUNIDADES RURAIS DIFUSAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

DOI 10.22533/at.ed.25419090115

CAPÍTULO 16..... 141

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E FORMULAÇÃO DE PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A REGIÃO RURAL DA CIDADE DE BELÉM – PA

Roberta Andrade Ribeiro

Ana Carla Bezerra Santos

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

Maria Ludetana Araújo

Antônio de Noronha Tavares

Rubens Takeji Aoki Araujo Martins

Gustavo Neves Silva

DOI 10.22533/at.ed.25419090116

CAPÍTULO 17 150

ANÁLISE DE CENÁRIOS COM REDUÇÃO DA DEMANDA DA ORIZICULTURA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA COM APLICAÇÃO DO MODELO CRUZ

Christhian Santana Cunha

Rafael Cabral Cruz

Tatiani Coletto

Vinicius Ferreira Dulac

DOI 10.22533/at.ed.25419090117

CAPÍTULO 18..... 161

IDENTIFICAÇÃO DOS ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS NA PESCA E AQUICULTURA NO PARÁ APLICANDO O ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO NORMALIZADO

Elias Fernandes de Medeiros Junior

DOI 10.22533/at.ed.25419090118

CAPÍTULO 19	167
ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA DO MILHETO IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA	
<i>Mychelle Karla Teixeira de Oliveira</i>	
<i>Rafael Oliveira Batista</i>	
<i>Francisco de Assis de Oliveira</i>	
<i>Allana Rayra Holanda Sotero</i>	
<i>Wellyda Keorle Barros de Lavôr</i>	
<i>Ricardo André Rodrigues Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090119	
CAPÍTULO 20	174
DESENVOLVIMENTO DO MILHETO CV. CEARÁ IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA	
<i>Ricardo André Rodrigues Filho</i>	
<i>Mychelle Karla Teixeira de Oliveira</i>	
<i>Rafael Oliveira Batista</i>	
<i>Francisco de Assis de Oliveira</i>	
<i>Allana Rayra Holanda Sotero</i>	
<i>Wellyda Keorle Barros de Lavôr</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090120	
CAPÍTULO 21	181
AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECRÉSCIMO DE UMIDADE PARA DIFERENTES AMOSTRAS DE ÁGUA, AREIA E CAVACO DE MADEIRA	
<i>Adelino Carlos Maccarini</i>	
<i>Marcelo Risso Errera</i>	
<i>Marcelo Rodrigues Bessa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090121	
SOBRE O ORGANIZADOR	187

ANÁLISE DE CENÁRIOS COM REDUÇÃO DA DEMANDA DA ORIZICULTURA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA COM APLICAÇÃO DO MODELO CRUZ

Christhian Santana Cunha

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFGRS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas -
IPH/PPGRHSA
Porto Alegre – RS

Rafael Cabral Cruz

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA
– Laboratório Interdisciplinar de Pesquisas em
Ciências Ambientais
São Gabriel - RS

Tatiani Coletto

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Santa Maria - RS

Vinicius Ferreira Dulac

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFGRS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas -
IPH/PPGRHSA
Porto Alegre – RS

RESUMO: Este trabalho aborda os processos relacionados a gestão dos recursos hídricos, propondo a cenarização da redução gradual da demanda de água destinada à irrigação da lavoura de arroz na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (BHRSM) baseados em um cenário atual (Cenário 0) simulados com o auxílio do Modelo Cruz. A escala de redução da demanda de água proposta é de 1%, (Cenário 1) 5% (Cenário 2), 10% (Cenário 3) e 15% (Cenário 4). Os resultados obtidos permitiram observar

o aumento do atendimento das demandas hídricas por Seção Hidrológica de Referência (SHR's) em muitos dos casos resultando no aumento do atendimento global. As simulações realizadas contemplam os meses de novembro, dezembro (2013), janeiro e fevereiro (2014).

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de recursos hídricos, Gestão da demanda, Irrigação

ABSTRACT: This work deals with processes related to water resources management, proposing a scenario building gradually reducing the demand for water intended for irrigation rice in the River Basin Santa Maria (BHRSM) with base Current Scenario (Scenario 0) simulated with Assist Model Cruz. The scale of demand reduction proposed water and 1 % (Scenario 1) 5 % (scenario 2), 10% (scenario 3) and 15% (Scenario 4). The results obtained allowed to observe the increase in the section meeting water demands in hydrological reference (SHR), in many cases resulting in increased overall care. The Simulations performed include the months of November, December (2013), January and February (2014).

KEYWORDS: Water resources management , Demand Management , Irrigation.

1 | INTRODUÇÃO

Imagine um rio e ao longo deste corpo hídrico diversos usos e demandas. Agora, imagine que num trecho qualquer deste rio a vazão de água solicitada para irrigação de lavouras de arroz (demanda) é maior que a disponível (oferta e ou disponibilidade hídrica). Então, pense no que a falta de água ocasionada por uma demanda maior que a oferta ocasionará ao longo deste trecho, e após isso propague esta problemática e a distribua por toda uma bacia hidrográfica.

A Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (BHRSM), tem como principal atividade econômica o cultivo do arroz irrigado e a pecuária de corte (FORGIARINI, 2006). A orizicultura é praticada entre os meses de outubro a março, sendo que seu período de irrigação ocorre nos meses de novembro a fevereiro.

A BHRSM já foi objeto de estudos sobre disponibilidade e de demanda hídrica, estudos sobre o aumento da oferta de água por meio de ações estruturais e outros estudos relacionados com a gestão de recursos hídricos (UFMS/SEMA, 2004 e CRUZ et al., 2010). Contudo, se percebe uma lacuna em trabalhos que abordem a gestão da demanda de água para irrigação e que simulem a construção de cenários que tenham como objetivo a redução da demanda de água utilizada para irrigação do arroz.

Desta forma, o trabalho proposto visa analisar a influência da redução de demanda da irrigação orizícola no balanço hídrico global e no processo de gestão de recursos hídricos da BHRSM, a partir da construção de cenários de redução de demandas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, na região da campanha (Figura 1). A BHRSM é composta por sete municípios: Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Santana do Livramento, Rosário do Sul, São Gabriel e uma área muito pequena de Bagé (historicamente desconsiderada nos estudos da bacia). Na figura 1 também é possível observar

a divisão das 21 Seções Hidrológicas de Referência (SHR's) propostas por UFMS/SEMA (2004).

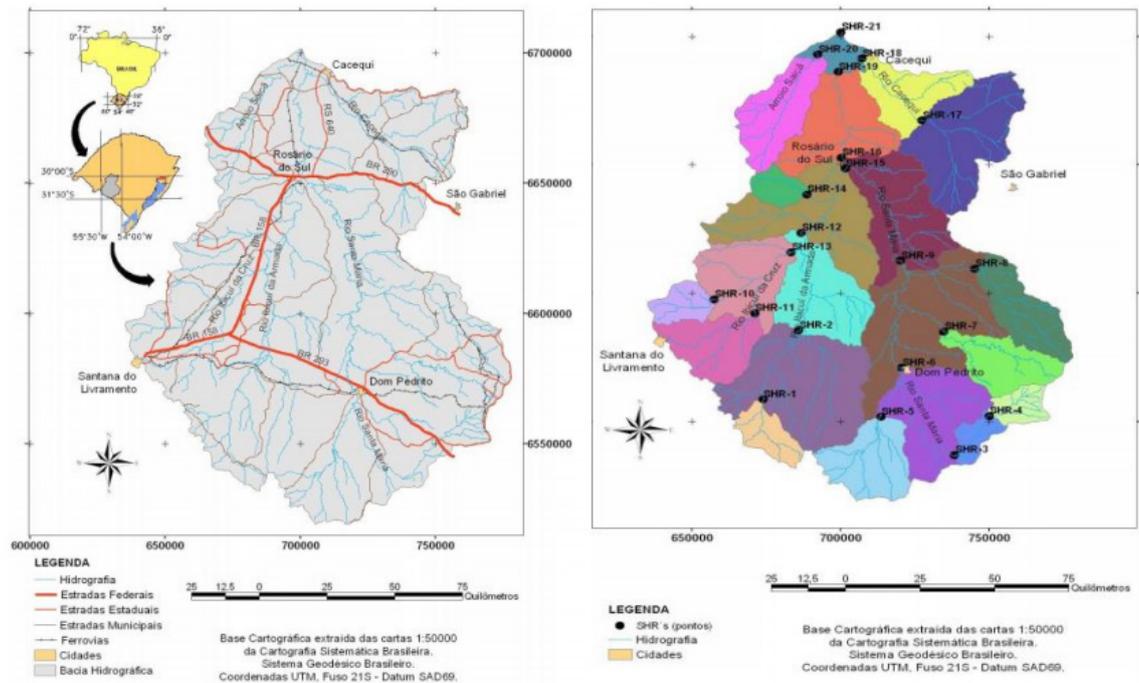


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria e divisão por SHRs.

A bacia apresenta como atividade econômica preponderante a lavoura orizícola. O setor agrícola é o maior usuário de água, seguido do setor de abastecimento humano, da pecuária e do setor industrial (UFSM/SEMA, 2004).

Nos períodos de irrigação, a bacia apresenta escassez hídrica, gerando sérios conflitos de uso, principalmente entre os setores da agricultura e do abastecimento humano. Estes conflitos também se relacionam com o histórico de estiagens severas, referente ao déficit hídrico em anos secos (CRUZ e SILVEIRA, 2007). Cabe destacar a existência de acordos locais deliberados pelo Comitê que definem regras de captação para abastecimento público e irrigação, os quais foram homologados pelas Resoluções do Conselho Estadual de Recurso Hídricos nº 01/2005 e 31/2007.

2.2 Metodologia

Para que fosse possível analisar a influência da redução da demanda de água na lavoura orizícola se fez uso do Modelo Cruz como ferramenta auxiliar na simulação de balanços hídricos de alocação de água. A estruturação do Modelo Cruz teve como base os dados de demandas hídricas e parâmetros físicos e de segmentação da BHRSM obtidos em UFSM/SEMA (2004), Cruz e Silveira (2008) e Ravello (2007). As demandas hídricas da irrigação também foram estimadas para a situação atual (DRH/RS, 2014; FEPAM, 2014), para fins de análise comparativa com os resultados do Modelo Cruz.

O modelo Cruz foi aplicado após a definição dos critérios descritos abaixo:

- Redução parcial da demanda de água destinada a irrigação do arroz por SHR. Cenários de 1%, 5%, 10% e 15% de redução.
- Vazão de referência Q90 estabelecida para anos secos (UFSM/SEMA,

2004).

- Vazão ambiental aplicada como vazão de restrição, 50% da Vazão de referência de anos médios (UFSM/SEMA, 2004 e Ravanello, 2007).
- Vazão de Marco Zero (vazão de referência subtraída da vazão ambiental).

As simulações da redução de água na lavoura de arroz foram desenvolvidas com o auxílio de planilhas eletrônicas, no programa EXCEL da Microsoft, versão 2013, pela facilidade e possibilidade do uso do algoritmo de otimização SOLVER.

A função objetivo utilizada na realização deste trabalho foi a Função Relativa (equação 1), que proporciona, segundo Tucci (1998), uma distribuição mais equânime.

A estrutura adotada na elaboração das planilhas eletrônicas é apresentada no quadro 1, e é descrita a seguir, sendo que a numeração das colunas se refere à descrição.

(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade de Marco Zero	Demanda a Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamen- to Acumu- lado	Disponibilidade de Remanes- cente
SHRSM4		=C4*0,5	=C4-D4		=F4		=H4	=E4-I4
SHRSM5		=C5*0,5	=C5-D5		=F5		=H5	=E5-I5
SHRSM6		=C6*0,5	=C6-D6		=F6		=H6	=E6-I6

Quadro 1 - Estrutura do Modelo Cruz

Fonte: Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravanello(2007).

$$F1 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{demanda(i)} - Q_{outorga(i)}}{Q_{demanda(i)}} \right)^2 \quad (1)$$

A primeira coluna da planilha destina-se as SHRs distribuídas conforme critérios físicos, de declividade, geomorfologia e rede de drenagem. A segunda e terceira coluna contém a vazão de referência, neste caso a Q90 calculada para anos secos que exigem em muitos casos racionamento, e a vazão ambiental que representa 50% da vazão de referência Q90 de anos médios ou normais, respectivamente.

O cálculo da vazão de marco zero é realizado na quarta coluna, na quinta são expostos os valores de demandas individuais. Na sexta coluna somam-se as demandas da seção com as de montante. A sétima coluna contém o racionamento individual (caso exista a necessidade de racionamento) ou a vazão outorgada (caso haja a viabilidade ou possibilidade de outorga).

Para que seja possível realizar a outorga é necessário que a vazão possua o sinal positivo caso contrário, é necessário pensar em racionamento por SHRs. A vazão outorgada ou a vazão de racionamento individual são as variáveis otimizadas pelo SOLVER, com o intuito de gerar o menor somatório para função objetivo. A penúltima coluna apresenta o racionamento ou a outorga acumulada. Na nona coluna, expõe-se

o resultado da disponibilidade remanescente no rio.

2.2.1. Construções de Cenários

Neste trabalho são propostos inicialmente 5 cenários para simulação da concessão de outorga ou racionamento e de redução da água direcionada a demanda de irrigação. O Cenário 0 e os 4 Cenários possuem como conceito metodológico a redução gradual na demanda de água destinada para a irrigação da lavoura de arroz na BHRSM.

Estes cenários com reduções graduais são resultado da implementação da sistematização da lavoura de arroz, plantio direto, cultivares de arroz com o ciclo curto ou precoce e demais práticas que sejam aplicadas na bacia.

Esta redução parte também, do princípio que as técnicas e manejos agrícolas já estudados e que apresentam resultados referentes à redução do consumo de água na lavoura de arroz, conforme Cunha et al. (2011), Menezes et al. (2001), Marcolin (2007) indicaram em seus trabalhos estão sendo utilizadas. Cabe salientar que atualmente, conforme UFSM/SEMA (2004), o consumo de água na lavoura de arroz varia de 10.500 m³/ha a 8.500 m³/ha.

Desta forma, descrevem-se os cenários utilizados neste estudo. O **Cenário 0** refere-se a um cenário base, obtido a partir de trabalhos anteriores que identificam a situação atual da bacia hidrográfica no que diz respeito a demanda e oferta de água.

Para construção deste cenário, **Cenário 0**, se fez uso dos trabalhos desenvolvidos por Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravello (2007). Os valores referentes a vazão Q90, a demanda individual e vazão ambiental utilizados para realização dos cálculos simulados no Modelo Cruz (RAVANELLO, 2007) foram obtidos a partir destes referenciais metodológicos.

Optou-se em não realizar novos cálculos de disponibilidade hídrica e nem a estimativa da demanda, pois não são objetos de estudo deste trabalho. A simulação da redução da demanda de água para irrigação da lavoura orizícola foi realizada com valores apresentados em trabalhos anteriores. Estes valores permitiram avaliar se a redução da demanda hídrica por SHR influenciam no balanço hídrico da bacia.

O **Cenário 1** apresenta, como proposta metodológica, a redução de 1% na demanda de água por SHR. Após a realização da redução de água na demanda da SHR, se tem a quantidade referente a 1% de água disponível, sendo que este valor é considerado neste trabalho como vazão de retorno (Qretorno). Soma-se então a Qretorno com a vazão de referência da respectiva SHR a qual foi retirada. Por exemplo, se o valor da Q90 é de 10 m³/s e a demanda da SHR é de 5m³/s ao realizar a redução de 1% da demanda se obtém uma vazão de retorno de 0,05 m³/s. Logo a Q90 passará a 10,05 m³/s.

Este processo se aplica aos demais Cenários de redução que neste trabalho variam de 1%, 5%, 10% e 15%. Os **Cenário 2, 3 e 4** possuem seus processos

metodológicos de construção semelhantes ao **Cenário 1**. Porém, o **Cenário 2** conta com a redução de 5% na demanda de água para irrigação. O **Cenário 3** apresenta 10% de redução da água destinada a irrigação por SHR, e o **Cenário 4** apresenta como proposta a redução de 15% na demanda de água na lavoura orizícola.

3 | RESULTADOS

3.1 Análise geral dos resultados

As simulações de diferentes balanços hídricos com diferentes demandas de água e vazões de retorno permitiram observar que existe um aumento nas vazões outorgadas em algumas SHRs, em caráter individual quando comparada ao Cenário 0, e aumento do percentual de atendimento global para todos os cenários em comparação ao Cenário 0.

Estima-se que o déficit hídrico observado para o mês de janeiro é resultado de uma baixa disponibilidade hídrica existente nos rios da bacia e uma demanda de água maior para este período.

Esta informação somada à vazão de referência (Q90) utilizada para realização dos balanços hídricos dos cenários descritos anteriormente, são restrições existentes na bacia que conduzem ao racionamento de água em janeiro.

Atribuiu-se o aumento nas vazões possíveis de serem outorgadas ao fato de existir uma redução gradual na demanda de água por SHRs, devido à simulação da implementação de tecnologias destinadas ao manejo agrícola, a melhor distribuição da água por SHRs, proporcionando uma melhor distribuição, que é resultado da otimização realizada pelo algoritmo (SOLVER), quando se considera que a disponibilidade remanescente, após a outorga, deve ser maior que zero. Isto força o algoritmo a “pensar” em uma solução —ótima individual (SHR) e global (Bacia hidrográfica). Porém, nem sempre as duas condições são atingidas.

Durante a realização dos balanços hídricos para os meses de novembro a fevereiro, pode-se notar que, quando se atribuiu valores iniciais na coluna referente à Qoutorgado ou Qacionamento (individual), o SOLVER trabalha com uma distribuição de água diferente de quando não são inseridos valores de outorga.

O resultado da função objetivo, porém, não sofre mudanças significativas que caracterizem uma melhor distribuição. Esta avaliação deve ficar a cargo do responsável ou o gestor de recursos hídricos que realiza o balanço hídrico e deve-se levar em conta suas restrições e prioridades para a concessão da outorga.

A inserção da restrição Disponibilidade Remanescente maior que zero, resulta em uma distribuição de água mais prática e facilita ao usuário do Modelo Cruz visualizar a distribuição de água por SHR próxima do limite de atendimento

Atualmente, os volumes outorgados de água para a BRHSM variam de 10.500

m³/ha a 8.500 m³/ha (DRH/RS, 2014; FEPAM, 2014). Desta forma, quando se propõem uma redução de 15% na demanda, chega-se ao valor de 8.925 m³/ha à 7.225 m³/há, ou seja, valores acima dos mínimos encontrados em trabalhadores que estudam o consumo de água na lavoura do arroz irrigado.

Estima-se que uma redução de 15% na demanda de água na lavoura orizícola não inviabilizaria o processo produtivo, visto que são valores utilizados atualmente. Porém, são valores encontrados em escala individual e não global como é objetivo deste trabalho. Nos próximos itens são analisados os resultados obtidos para os meses em que se realizou a simulação da redução da demanda de água destinada a orizicultura.

3.1.1 Comparativo entre cenários – vazões de retorno

Após realizar a redução gradual das demandas de água destinadas à outorga para irrigação da lavoura orizícola por SHRs, as vazões que foram subtraídas retornaram para o balanço hídrico como vazões de retorno e foram somadas às vazões de referência das respectivas SHR's.

Pode-se perceber que o aumento da Vazão de Retorno (Q_{retorno}) é proporcional à redução da demanda. Ou seja, se for realizada a redução de 10% da demanda por SHR, ocorrerá o aumento de 10% na disponibilidade hídrica da SHR.

O mês de novembro apresentou como maior vazão de retorno o valor de aproximadamente 2,0 m³/s para as SHRs 2, 9 e 16. As maiores vazões de retorno para os meses de dezembro e janeiro resultaram em valores aproximados a 7,0 m³/s sendo que as SHRs 2, 9, 12 e 16 obtiveram maior retorno, pelo fato de terem maiores demandas. O mês de fevereiro teve como

vazão de retorno o valor de aproximadamente 2,0 m³/s para as SHRs 2, 11, 12, 16 e 19. A Figura 2 apresenta as vazões de retorno por SHR para o mês de novembro

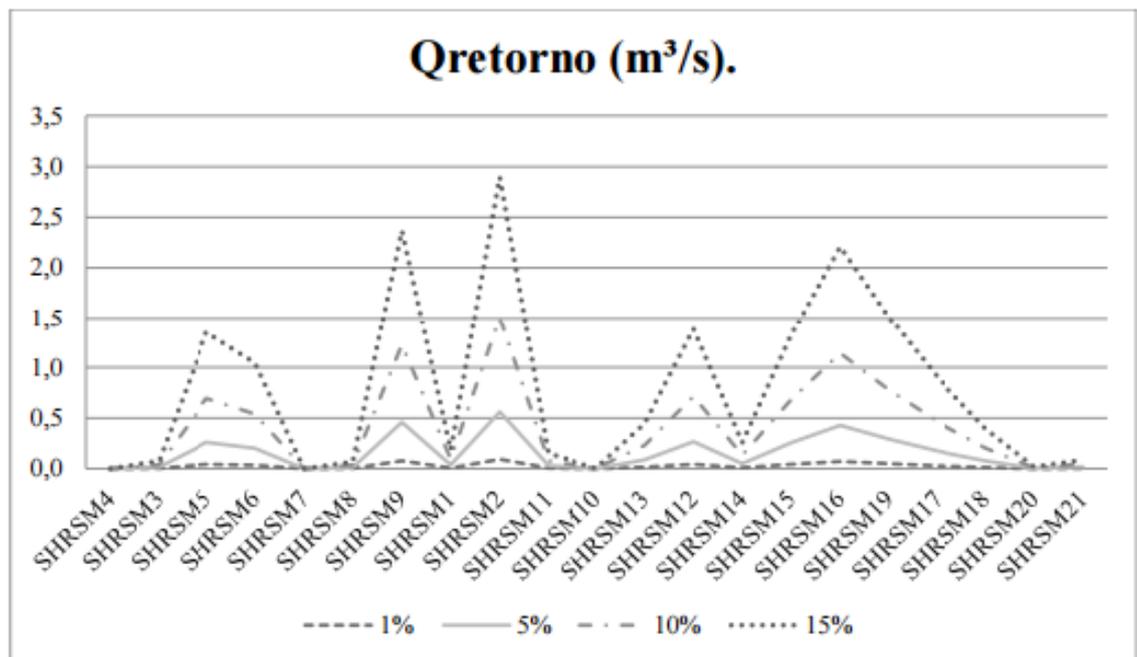


Figura 2 - Vazões de retorno para o mês de novembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda

3.1.2 Análise das Vazões Remanescentes, Percentual de Atendimento e Outorgas.

Durante a simulação dos balanços hídricos, para os meses de novembro a fevereiro, foram analisadas as vazões remanescentes no rio, após o atendimento parcial ou total das demandas por SHRs. Esta análise foi realizada para os todos os cenários propostos.

Com o uso da restrição Disponibilidade Remanescente maior ou igual a 0, se percebeu que existe uma distribuição dos valores outorgados muito próximo ao solicitado. Porém, para os meses de dezembro (figura 3) e fevereiro (figura 4), o Solver realizou a distribuição de água de maneira semelhante, ou seja, alocando as outorgas para determinadas SHR's, priorizando o atendimento destas e reduzindo as demais.

No entanto, ao passo que estas SHR's são priorizadas, a disponibilidade hídrica da bacia torna-se maior devido a menor demanda em determinadas seções.

Este aspecto permite ao gestor de recursos hídricos distribuir esta disponibilidade de águas remanescente de acordo com os critérios estabelecidos pelos processos de gestão que este tem referência. Cabe ressaltar que estas análises são realizadas a partir de um comparativo com o Cenário 0.

Foram elaborados mapas para que fosse possível visualizar a distribuição do atendimento considerando o percentual da vazão de outorgas concedidas (Qatendimento) e as disponibilidades remanescentes (m³/s) especializadas pela BHRSM.

Durante a elaboração destes mapas, atribui-se uma escala de cor que parte de **verde** (sinalizando atendimentos e disponibilidades remanescentes maiores que zero), **amarelo** (sinalizando atendimentos parciais e disponibilidades remanescentes

intermediárias, porém acima de zero) e **vermelho** (sinalizando o baixo atendimento ou atendimento nulo e disponibilidades remanescentes nulas ou baixas).

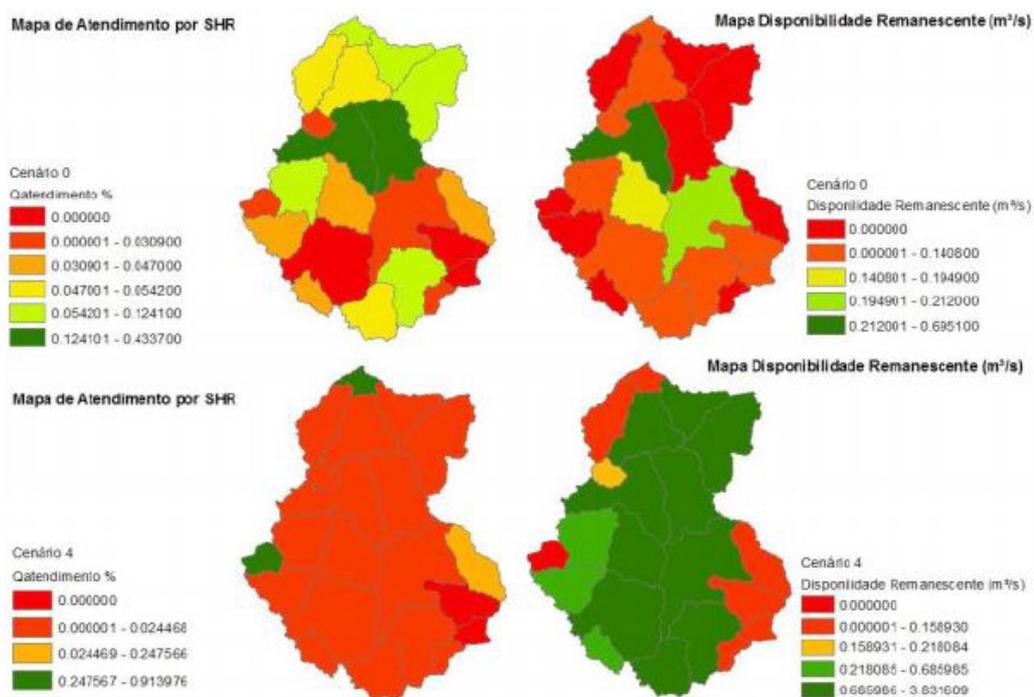


Figura 3 - Mapa de alocação de água após simulação no Modelo Cruz mês de dezembro.

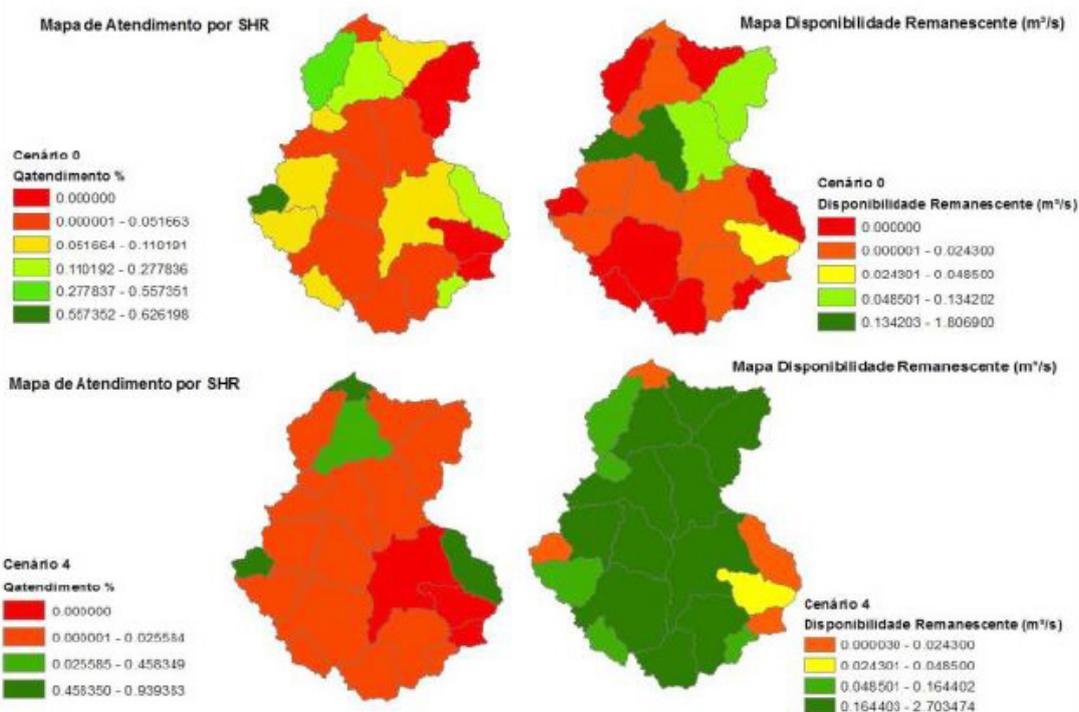
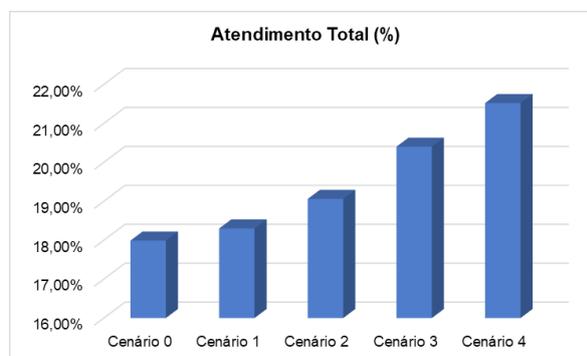


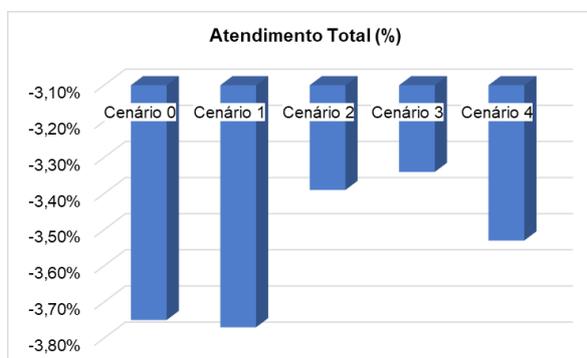
Figura 4 - Mapa de alocação de água após a simulação no Modelo Cruz mês de fevereiro

As figuras 5 e 6 apresentam o resultado de atendimento da vazão total outorgada na BHRSM para os cenários 0, 1, 2, 3 e 4 para os meses de novembro janeiro.



Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	15,61	17,995%
Cenário 1	16,45	18,3016%
Cenário 2	16,29	19,066%
Cenário 3	16,00	20,401%
Cenário 4	15,06	21,522%

Figura 5 – atendimento para o mês de novembro



Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	21,0756	-3,75%
Cenário 1	18,9467	-3,77%
Cenário 2	18,3520	-3,398%
Cenário 3	18,7970	-3,349%
Cenário 4	17,918	-3,534%

Figura 6 – Atendimento para o mês de janeiro

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos balanços hídricos realizados no Modelo Cruz, com o auxílio do algoritmo de otimização (SOLVER), permitiram analisar a influência da simulação da redução da demanda de água para lavoura orizícola em diferentes cenários propostos para bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Pode-se perceber que, com a simulação da redução gradual de 1% a 15% na demanda de água para irrigação do arroz para os meses de novembro, dezembro e fevereiro, não foram necessários racionamentos de água. No entanto, o mês de janeiro necessita de racionamento de água em algumas SHRs, mesmo que se faça uma redução de 15% na demanda da lavoura orizícola.

Sendo assim, estima-se que ações não estruturais podem auxiliar na gestão de

recursos hídricos permitindo o atendimento dos usos múltiplos e reduzindo os conflitos entre os setores de usuários de água.

Logo, a gestão sobre as demandas hídricas deve ser alvo de discussões que possam fomentar o aumento da eficiência do uso da água nos processos produtivos, permitindo a associação de produções mais limpas com menores consumos de água.

REFERÊNCIAS

CUNHA, C. S. e FORSIN, L. S. **Comparativo entre lavouras manejadas a partir das práticas preconizadas pelo “projeto 10” e lavoura manejo de convencional**. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, p. 4. Londrina PR, 2011.

CRUZ, J. C. e SILVEIRA, G. L. da. **Disponibilidade hídrica para outorga (ii): avaliação integrada por bacia**. REGA, v. 4, n. 2, p. 65-76, jul./dez. 2007.

CRUZ, R. C. et. al. **Tendências na análise de impactos da implementação de barragens: lições do estudo de caso das barragens de uso múltiplo da bacia do rio Santa Maria**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 47-66, jan/mar. 2010.

DRH - DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Portarias de outorga da bacia hidrográfica do rio Santa Maria**, Porto Alegre 2013b. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=298&cod_conteudo=6609> Acesso em: 20 fev. 2014.

FORGIARINI, F. R. **Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do rio Santa Maria**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V. R. M.; ANGUINONI, I. **“Projeto 10”**: Estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigada no RS. Cachoeirinha: IRGA. Divisão de pesquisa/ 2004.

RAVANELLO, M. M. **Análise técnica, legal e social para subsídios à outorga de direito de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí – RS**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (SEMA/UFSM). **Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do Rio Santa Maria, RS**. Relatório Final UFSM/DRH/SEMA, 99, p. 2004.

SOBRE O ORGANIZADOR

Luis Miguel Schiebelbein - Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1997) e mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná (2006), Doutorado em Agronomia - Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2017). Atualmente é Professor dos Cursos de Agronomia, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Superior Tecnológico em Radiologia e de Pós-Graduação em Agronegócio e Gestão Empresarial do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). É revisor da Revista de Ciências Agrárias - CESCAGE, Professor Colaborador do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) . Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agricultura de Precisão, atuando principalmente nos seguintes temas: Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Modelagem e Ecofisiologia da Produção Agrícola, Agrometeorologia, Hidrologia, Mecanização, Aplicação em Taxa Variável, Fertilidade do Solo e Qualidade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-025-4

