

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Christhian Santana Cunha**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2014**



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

**Christian Santana Cunha**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cunha, Christhian Santana

Análise de cenários com redução da demanda da orizicultura na bacia do rio Santa Maria com aplicação do Modelo Cruz / Christhian Santana Cunha.-2014.

153 p.; 30cm

Orientador: Rafael Cabral Cruz

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2014

1. Gestão da demanda 2. Gestão da oferta 3. Irrigação  
4. Arroz 5. Gestão de recursos hídricos I. Cruz, Rafael Cabral II. Título.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Christhian Santana Cunha. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: christhian.cunha@profill.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

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

elaborada por  
**Christhian Santana Cunha**

como requisito para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Rafael Cabral Cruz, Dr. (UNIPAMPA)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Geraldo Lopes da Silveira, Dr. (UFSM)**

---

**Dionei Minuzzi Delevati, Dr. (UNISC)**

Santa Maria, 29 de agosto de 2014



## **AGRADECIMENTOS**

*Gostaria de agradecer a minha família, meus pais e irmãs que sempre me incentivaram na busca por conhecimento e esclarecimentos das dúvidas que surgiram ao longo dos anos dedicados a construção do saber. Sem o apoio de minha mãe Zélia Maria Santana Cunha e meu pai José Carlos Cunha, este trabalho não seria possível.*

*Agradeço a Professora Sônia, esposa do meu orientador o professor e amigo Rafael Cabral Cruz. Estes que sempre estiveram dispostos a compartilhar seus conhecimentos. Agradeço a professor Jussara Cabral Cruz, pela paciência e tempo dedicado a inúmeras explicações sobre o funcionamento do modelo Cruz.*

*Agradeço aos colegas de Pós Graduação, mas um em especial, ao amigo que me acompanha desde a graduação, Vinicius Dulac. Agradeço pela parceria e amizade.*

*Agradeço a Tatiani Coletto pela ajuda, incentivo, motivação para finalização deste trabalho. Nos momentos difíceis tuas palavras e apoio foram fundamentais.*

*Agradeço a todos que estiverem presente durante a elaboração deste trabalho e me deram apoio e acreditaram na sua conclusão.*





*“O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.”*

(Dalai Lama)



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

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

**AUTOR: CHRISTHIAN SANTANA CUNHA**

**ORIENTADOR: RAFAEL CABRAL CRUZ**

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 29 de agosto de 2014.

A demanda por água nos diversos setores da sociedade vem aumentando devido a fatores como: crescimento populacional, expansão das áreas agrícolas, esgotamento dos recursos hídricos e diminuição da qualidade água. Entre estes usos que originam estas demandas de águas existem dois grupos, os consuntivos e não consuntivos. Os usos consuntivos caracterizam-se por causarem alguma alteração na quantidade ou qualidade da água, seja por meio de captações ou despejos. Os usos não consuntivos não causam alterações significativas na quantidade e qualidade da água, porém dependem destas para serem realizados. A irrigação de arroz é um uso consuntivo que é considerado de alto impacto poluidor por demandar muita água no seu processo produtivo. O Rio Grande do Sul é responsável por aproximadamente 65% da produção de arroz no Brasil. A Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, caracteriza-se por ter suas bases econômicas voltadas para orizicultura e pecuária de corte. No passado existiram conflitos pelo uso da água entre os setores de usuários da bacia (abastecimento e irrigação). Desta forma, este trabalho propõe a criação de cenários com a redução gradual, em uma escala de 1% a 15% na demanda de água destinada a irrigação do arroz, nas captações de águas realizadas nos rios na BHRSM. Com o objetivo de analisar se os resultados propostos com a gestão da demanda de água podem auxiliar e servir como subsídios para os processos de gestão de recursos hídricos. Foram construídos inicialmente 5 cenários, o Cenário 0, que caracteriza o momento atual da bacia, Cenário 1, 2, 3 e 4 que possuem como proposta metodológica a redução na demanda de água destinada a irrigação. Os resultados obtidos com neste trabalho permitem analisar que a gestão da demanda de água pode auxiliar no aumento da disponibilidade hídrica. Os cenários simulados para os meses de novembro a fevereiro apresentaram percentuais de atendimento da demanda maiores quando comparado ao atual. No entanto, o mês de janeiro ainda apresenta déficit hídrico em algumas seções hidrológicas de referência, sendo necessário pensar em racionamento ou a utilização das águas disponíveis em reservatórios já existentes na bacia. Estima-se que os resultados obtidos com a simulação na gestão da demanda, possam subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia.

**Palavras-chave:** Gestão da demanda. Gestão da oferta. Irrigação. Arroz. Gestão de recursos hídricos.



## **ABSTRACT**

Master Course Dissertation  
Professional Graduation Program in Civil Engineering  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SCENÁRIO ANALYSIS WITH DEMAND REDUCTION OF RICE PRODUCTION IN THE SANTA MARIA RIVER BASIN WITH APPLICATION MODEL CRUZ**

**AUTHOR: CHRISTHIAN SANTANA CUNHA**

**ADVISER: RAFAEL CABRAL CRUZ**

**Defense Place and Date: Santa Maria, August 29, 2014.**

The demand for water in the various sectors of society is increasing due to factors such as population growth, expansion of agricultural land, depletion of water resources and water quality decreased. Among these uses these demands arise that there are two groups of water, consumptive and non-consumptive. Consumptive uses are characterized by causing a change in the quantity or quality of water, either through funding or evictions. Non-consumptive uses do not cause significant changes in the quantity and quality of water, but depend on these to be realized. The irrigation of rice is a consumptive use that is considered high pollution impact by demanding too much water in their production process. The Rio Grande do Sul is responsible for approximately 65% of rice production in Brazil. The watershed of the river Santa Maria, is characterized by having focused their economic bases for rice cultivation and livestock. In the past there have been conflicts over water use between sectors of users of the basin (water supply and irrigation). Thus, this paper proposes the creation of scenarios with the gradual reduction in a range of 1% to 15% in the demand of water for irrigation of rice in funding of water held in the rivers in BHRSM. With the aim of analyzing the results proposed to the management of water demand can assist and serve as input for the process of water resources management. Initially 5 scenarios, Scenario 0, which characterizes the present moment basin, Scenario 1, 2, 3 and 4 which have as a methodological proposal to reduce the demand for water for irrigation were built. The results obtained in this work allow us to analyze the management of water demand can help to increase water availability. The scenarios simulated for the months from November to February showed the highest percentage of attendance when compared to current demand. However, the month of January still has some hydrological drought in reference sections, being necessary to think about rationing or the use of available water in existing reservoirs in the basin. It is estimated that the results obtained with the simulation in demand management, can support the management of water resources of the basin.

**Keywords:** Demand management. Supply management. Irrigation. Rice. Management of water resources.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. ....	27
Figura 2 – Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. ....	49
Figura 3 – Distribuição das SHRs na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. ....	54
Figura 4 – Vazões rio Santa Maria para anos secos (m <sup>3</sup> /s).....	56
Figura 5 – Usuários de água outorgados na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria- captações diretas do rio. ....	60
Figura 6 – Vazões de retorno para o mês de Novembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.....	78
Figura 7 – Vazões de retorno para o mês de Dezembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.....	78
Figura 8 – Vazões de retorno para o mês de Janeiro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.....	79
Figura 9 – Vazões de retorno para o mês de Fevereiro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.....	79
Figura 10 – Mapa de alocação de água após simulação no Modelo Cruz mês de dezembro.....	81
Figura 11 – Mapa de alocação de água após a simulação no Modelo Cruz mês de fevereiro. ....	81
Figura 12 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de Novembro.....	82
Figura 13 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de novembro. ..	84
Figura 14 – Vazão Remanescente para o mês de Novembro. ....	85
Figura 15 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de Novembro.....	85
Figura 16 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de Novembro.....	86
Figura 17 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de Novembro.....	86
Figura 18 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de Novembro.....	87
Figura 19 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de dezembro. ....	88
Figura 20 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de Dezembro...	90
Figura 21 – Vazão Remanescente para o mês de Dezembro.....	91
Figura 22 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de dezembro. ....	92

Figura 23 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de dezembro.....	92
Figura 24 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de dezembro.....	93
Figura 25 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de janeiro. ....	94
Figura 26 – Vazão Remanescente para o mês de Janeiro. ....	95
Figura 27 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de janeiro.....	96
Figura 28 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de janeiro. ...	96
Figura 29 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de janeiro. ...	97
Figura 30 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de janeiro. ...	97
Figura 31 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de janeiro. ...	98
Figura 32 – Mapas dos cenários simulados no modelo Cruz para o mês de janeiro adicionando-se a água das barragens e açudes espacializados por SHR's. ....	99
Figura 33 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de Fevereiro. ....	100
Figura 34 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de Fevereiro..	101
Figura 35 – Vazão Remanescente para o mês de fevereiro (m <sup>3</sup> /s).....	102
Figura 36 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de fevereiro.....	103
Figura 37 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de fevereiro.....	103
Figura 38 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de fevereiro.....	104
Figura 39 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de fevereiro.....	104



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	População, área dos municípios e representatividade do município na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria. ....	47
Tabela 2 –	Sistema de cultivo utilizado nos municípios da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. ....	63
Tabela 3 –	Área destinada a rotação de cultura e a sistematização da lavoura de arroz na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. ....	64
Tabela 4 –	Sistemas de captação para irrigação da lavoura do arroz. ....	65



## LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Sistemas de cultivo do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. ....	35
Quadro 2 – Estrutura do Modelo Cruz. ....	43
Quadro 3 – Coeficientes de transposição da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. ....	55
Quadro 4 – Vazão de Referência (Q90) para anos secos, normais e úmidos da BHRSM nos meses que ocorrem a irrigação do arroz. ....	55
Quadro 5 – Disponibilidade hídrica (vazão de referência Q90 m <sup>3</sup> /s). ....	56
Quadro 6 – Demanda de água pela lavoura orizícola para a bacia do rio Santa Maria por mês de irrigação (m <sup>3</sup> /s). ....	59
Quadro 7 – Área cultivada com arroz por classe de textura do solo, SHRs e respectiva demanda anual de água. ....	59
Quadro 8 – Consumo de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural e participação do consumo de água por mês de irrigação em %. ....	65
Quadro 9 – Estrutura do Modelo Cruz. ....	68
Quadro 10 – Exemplo da determinação das vazões de retorno. ....	70
Quadro 11 – Exemplo da estrutura para cálculo do Cenário 5 no mês de janeiro. ....	74
Quadro 12 – Atendimento total para o mês de novembro e somatório da Função Objetivo. ...	83
Quadro 13 – Atendimento total para o mês de dezembro e somatório da Função Objetivo. ...	89
Quadro 14 – Atendimento total para o mês de janeiro e somatório da Função Objetivo. ....	94
Quadro 15 – Atendimento total para o mês de Fevereiro e somatório da Função Objetivo. .	101
Quadro 16 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de janeiro. ....	120
Quadro 17 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de janeiro. ....	121
Quadro 18 – Cenário 2 com 5% de redução da demanda de água mês de janeiro. ....	122
Quadro 19 – Cenário 3 com 10% de redução da demanda de água mês de janeiro. ....	123
Quadro 20 – Cenário 4 com 15% de redução da demanda de água mês de janeiro. ....	124
Quadro 21 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de janeiro. ....	125
Quadro 22 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada, após a redução da demanda para o mês de janeiro. ....	126
Quadro 23 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de janeiro. ....	127
Quadro 24 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de fevereiro. ....	128
Quadro 25 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de fevereiro. ....	129
Quadro 26 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de fevereiro. ....	130
Quadro 27 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de fevereiro. ....	131
Quadro 28 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de fevereiro. ....	132
Quadro 29 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de fevereiro. ....	133

Quadro 30 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de fevereiro. ....	134
Quadro 31 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR após a redução da demanda para o mês de fevereiro. ....	135
Quadro 32 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de dezembro. ....	136
Quadro 33 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de dezembro. ....	137
Quadro 34 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de dezembro. ....	138
Quadro 35 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de dezembro. ....	139
Quadro 36 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de dezembro. ....	140
Quadro 37 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de dezembro. ....	141
Quadro 38 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de dezembro. ....	142
Quadro 39 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR após a redução da demanda para o mês de dezembro. ....	143
Quadro 40 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de novembro. ....	144
Quadro 41 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de novembro. ....	145
Quadro 42 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de novembro. ....	146
Quadro 43 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de novembro. ....	147
Quadro 44 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de novembro. ....	148
Quadro 45 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de novembro. ....	149
Quadro 46 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de novembro. ....	150
Quadro 47 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de novembro. ....	151
Quadro 48 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de janeiro com barragens. ....	153

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
2.1 Objetivos específicos .....	23
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>25</b>
3.1 Gestão de recursos hídricos.....	25
3.1.1 Gestão da oferta.....	28
3.1.2 Gestão da demanda .....	28
3.2 Outorga de direito de uso da água.....	30
3.2.1 Outorga de uso da água na BHRSM .....	31
3.3 A importância da lavoura orizícola .....	32
3.3.1 Manejo do arroz .....	35
3.3.2 Demanda de água e tecnologias para redução do consumo de água.....	38
3.4 Planejamento e Elaboração de Cenários em Gestão de Recursos Hídricos .....	40
3.5 Modelo Cruz – balanço hídrico de alocação de água.....	41
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>47</b>
4.1 Bacia hidrográfica do rio Santa Maria .....	47
4.1.1 Aspectos Físicos e do Ambiente Natural e do Uso do Solo na Bacia.....	51
4.1.2 Disponibilidade Hídrica .....	52
4.1.3 Demanda Hídrica .....	57
4.1.4 O Comitê e a implementação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos na bacia .....	60
4.1.5 Lavouras orizícola na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria .....	62
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>67</b>
5.1 Modelagem hidrológica .....	67
5.1.1 Definição das vazões de retorno .....	69
5.1.2 Construções de Cenários .....	70
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>75</b>
6.1 Análises gerais dos resultados.....	75
6.2 Vazões de retorno a partir da redução da demanda.....	77
6.3 Análise das vazões remanescentes, percentual de atendimento e outorgas. ....	80
6.3.1 Resultados de Novembro. ....	82
6.3.2 Resultados de Dezembro.....	87
6.3.3 Resultados de Janeiro.....	93
6.3.4 Resultado de Janeiro com barragens .....	98
6.3.5 Resultado de Fevereiro.....	99
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>119</b>



# 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 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.

Neste período, ocorre um maior consumo de água por outros usos como abastecimento público, recreação e turismo e a irrigação de culturas agrícolas (UFSM/SEMA, 2004). Somadas aos usos inserem-se as condições climáticas. Nos meses de irrigação da lavoura orizícola ocorre uma maior evapotranspiração e índices de precipitações menores, ocasionando uma disponibilidade hídrica menor.

Estima-se que o planejamento de recursos hídricos por meio da construção de cenários e mudanças na gestão das demandas permita subsidiar os processos referentes ao gerenciamento de recursos hídricos da BHRSM.

O conflito gerado pela falta de água em alguns períodos do ano força a sociedade e o Estado a pensar no planejamento de recursos hídricos, que possui como suporte as leis vigentes e que instituem a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Estadual de Recursos hídricos.

Entre os meios e instrumentos disponíveis que auxiliam no gerenciamento de recursos hídricos, está presente a outorga de uso da água, o enquadramento dos corpos hídricos em classes de usos, a cobrança pelo uso da água e o plano de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica.

Mudanças nos manejos aplicados às lavouras orizícolas para redução no consumo e demanda da água a fim de proporcionar a diminuição no desperdício da água ao longo do processo produtivo, impulsionados por conceitos que descrevem o alto consumo da água na

lavoura orizícola, estão sendo realizados na busca de produtividades maiores e mais eficientes.

A Bacia hidrográfica do rio Santa Maria 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.

A agricultura, de acordo com *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2012, pg. 64), utiliza cerca de 70% da água mundial retirada de corpos hídricos. Portanto, para garantir que a produção de alimentos suporte a expansão populacional, deverão ser utilizados volumes menores de água.

Entende-se que a irrigação é um instrumento efetivo de auxílio na produção de alimentos, e que estes alimentos são demandas da sociedade (LORENSI, 2010). Porém, quanta água deve ser disponibilizada e alocada para irrigação e quanta água deve ser mantida para permitir o funcionamento do ambiente?

Desta forma, o trabalho proposto visa analisar se a construção de cenários que preveem a redução da demanda de água utilizada na irrigação das lavouras orizícolas na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (BHRSM), influenciam no balanço hídrico global da bacia e contribuem no processo de gestão de recursos hídricos.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este estudo tem como objetivo geral subsidiar os processos relacionados à gestão de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, a partir da construção de cenários alternativos com a redução gradual da demanda de água utilizada na lavoura orizícola.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar se redução gradual na escala de 1%,5%,10% e 15% da vazão de água destinada a demanda hídrica por Seção Hidrológica de Referência (SHR) influencia no balanço hídrico global da bacia hidrográfica do rio Santa Maria.
- Identificar a existência de SHR's com déficit hídrico e analisar o efeito da redução da demanda de água.
- Comparar os resultados obtidos com o cenário hídrico atual para os meses de irrigação do arroz.



### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Gestão de recursos hídricos

A gestão de recursos hídricos envolve ações que influenciam de maneira direta ou indireta na oferta ou demanda de água. A gestão de recursos hídricos pode ser definida como a relação entre a oferta e a demanda de água.

A oferta está relacionada ao volume de água disponível nos rios, reservatórios naturais, artificiais e subterrâneos. A demanda pode ser definida como o volume de água exigido para satisfazer as necessidades do ambiente e dos seres humanos.

Destaca-se, a importância da gestão dos recursos hídricos na busca por meios que consigam, de certa forma, colaborar na organização e distribuição deste recurso natural tão importante. A necessidade desta organização e melhor distribuição de água tornam-se essenciais, para que se possa atingir um nível em que não ocorram desperdícios e que sua distribuição atinja todas as áreas deficitárias.

A relação entre a gestão da oferta e da demanda provoca discussões mais amplas que influenciam em outros assuntos, como: a qualidade, quantidade de água disponível para uso, ou que se precisa para que se realizem os usos.

As demandas estão relacionadas aos usos da água que, segundo Tucci (2002), são divididos como consuntivos e não consuntivos. Entre os usos consuntivos estão: abastecimento público, irrigação, aquicultura, abastecimento industrial, abastecimento humano e rural.

Os usos não-consuntivos são aqueles que não representam o consumo, tais como: navegação, a pesca, a recreação, paisagístico e geração de energia (TUCCI, 2002). No entanto, existe uma relação entre os usos consuntivos e não consuntivos, uma vez que, para que ocorram, necessitam de uma qualidade e quantidade hídrica adequada.

Tendo em vista que a água é um bem que deve ser utilizado pelo ser humano para sua sobrevivência e a melhoria de suas condições econômicas, sociais e comunitárias (TUCCI, 2002, p. 850), devem-se buscar meios que permitam sua conservação.

O Brasil é detentor de uma das maiores reservas de água doce do planeta. Essa virtude, segundo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008, p. 14), eleva a responsabilidade em

saber cuidar das águas para preservar a vida, assegurando às gerações futuras e presentes esse precioso líquido, em quantidade qualidade, para os demais fins.

A água é considerada como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico visto sua importância para conservação, preservação da vida e por ser um dos principais insumos de muitas atividades socioeconômicas (abastecimento público, irrigação, dessedentação de animais entre outras) (BRASIL, 1997).

Segundo Grigg (1996), a gestão de recursos hídricos é, também, a aplicação de medidas estruturais e não estruturais para controlar os sistemas hídricos, naturais e artificiais, em benefício humano e atendendo a objetivos ambientais.

As ações estruturais requerem a construção de estruturas, para que se obtenha o controle no escoamento e na qualidade das águas, como a construção de barragens, adutoras e estações de tratamento de esgotos (GRIGG,1996). Ações não estruturais são programas ou atividades que não requerem a construção de estruturas, como zoneamento de ocupação do solo, regulamentos contra desperdício de águas ou até mesmo o incremento de novas tecnologias e práticas (GRIGG, 1996).

Em sentido amplo, a gestão das águas é definida como o conjunto de procedimentos organizados no sentido de solucionar os problemas referentes ao uso e ao controle dos recursos hídricos.

Para Campos e Studart (2001), o objetivo da gestão das águas é atender a demanda de água exercida pela sociedade a partir de uma disponibilidade hídrica limitada.

A gestão das águas é formada por três sub funções: o *planejamento*, a *administração* e a *regulamentação*. O Planejamento é constituído pelo conjunto das atividades necessárias à precisão das disponibilidades e das demandas de águas com vistas a maximizar os benefícios econômicos e sociais. A Administração constitui-se das ações que dão suporte técnico ao planejamento e dos mecanismos de avaliação da efetividade dos planos. A Regulamentação é formada pelas ações desenvolvidas na formação de suporte legal para o desempenho da gestão das águas, por meio de decretos, leis, portarias, instruções e regulamentos (CAMPOS e STUDART, 2001, pg. 43).

Neste sentido, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída por meio da lei nº 9433/97, define que a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar os usos múltiplos das águas, define a bacia hidrográfica como unidade territorial para sua implementação, ressalta que a gestão de recursos hídricos deve ocorrer de maneira descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A gestão de recursos hídricos, tendo como base a bacia hidrográfica, tem papel fundamental e influência na gestão ambiental, porque a água é um indicador que se presta a modelagens de simulação indicando a qualidade do ambiente (BORSOI e TORRES, 1997).

Segundo Tucci (2002, pg. 357) a gestão de recursos hídricos no Brasil passa por um cenário de transição institucional com a privatização dos serviços públicos e a regulamentação e implementação da legislação de recursos hídricos.

De acordo com a lei nº 9.443/97, são instrumentos da PNRH e relacionados com a gestão de recursos hídricos: i) o enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso; ii) outorga de direito do uso da água; iii) planos de recursos hídricos; iv) cobrança pelo uso da água e o v) sistema de informações relacionado aos recursos hídricos (BRASIL, 1997). Na Figura 1, os instrumentos da PNRH são conceituados de forma breve, para melhor compreensão da função de cada um.

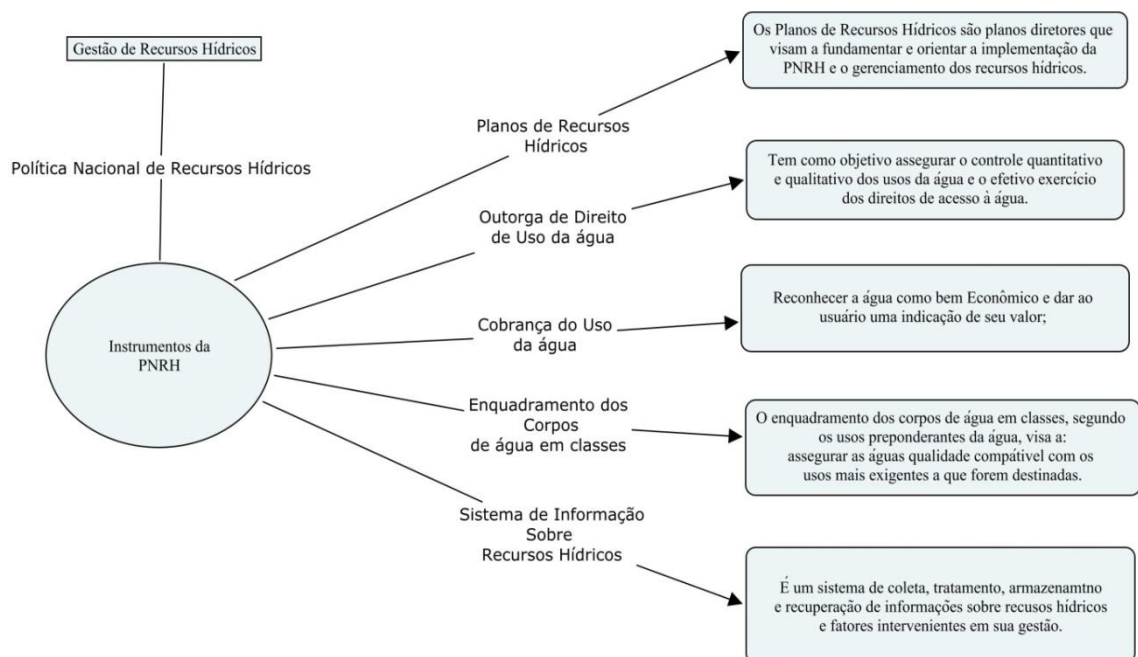


Figura 1 – Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Fonte: (adaptado pelo autor, Brasil 1997).

### 3.1.1 Gestão da oferta

A gestão oferta de água dá-se no sentido de aumentar as disponibilidades hídricas de uma determinada região, ativando as potencialidades hídricas.

Logo, Campos e Studart (2001), classificam como funções da oferta diversas ações em obras, serviços, por meio das quais a água se torna disponível para utilização no tempo e no local onde ocorre a demanda.

Neste sentido, apresentam-se como ações para potencializar a oferta de água a construção de barragens, perfuração e recuperação de poços, captação de água em lagos, água da chuva e a construção de reservatórios.

Rebouças (2003, pg. 1), constatou que, na lógica tradicional das empreiteiras, dos políticos e dos tomadores de decisões, a única solução aos problemas de escassez local e ocasional de água é o aumento da sua oferta.

Seguindo o pressuposto que “a única solução aos problemas de escassez local e ocasional de água é o aumento da sua oferta” (REBOUÇAS, 2003, p. 1), se olha a problemática apenas por um lado. Segundo a ONU (2012), as ações corretivas visam alcançar uma melhor gestão dos escassos recursos de água potável, com o foco particular na oferta e na demanda, quantidade e qualidade.

Medidas não estruturais, como a gestão da demanda, podem colaborar para que não sejam necessários investimentos financeiros em construções de açudes, barragens e outros meios de armazenamento d'água.

Deve-se pensar na gestão da demanda antes de se discutir a oferta. Pois uma gestão de demanda eficiente pode ocasionar em melhorias para um sistema que depende de água para o seu funcionamento.

### 3.1.2 Gestão da demanda

A gestão do uso, ou gestão da demanda ocorre no sentido de utilizar, da melhor maneira possível, as disponibilidades hídricas viabilizadas ou não pela oferta (CAMPOS e STUDART, 2001).

O conjunto de ações necessárias para que a água se torne efetivamente útil aos homens, às plantas, aos animais e às paisagens, caracterizam-se como funções de uso.

O crescimento populacional, o uso do solo, a produção agrícola e o aumento do setor produtivo, fazem com que ocorram acréscimos nas demandas de água. Portanto, a oferta de água existente pode não ser suficiente para o atendimento de vários usos, sem que a qualidade e quantidade sejam afetadas.

No último século, segundo Tucci (2009) a demanda total de água aumentou seis vezes, enquanto que a população cresceu somente três vezes. O aumento acelerado da demanda de recursos hídricos cria, inicialmente, o problema da escassez quantitativa do recurso e concomitantemente diminui a qualidade, conforme Folegatti et al. (2012).

Para Grigg (1996), a necessidade, a exigência e a demanda possuem significados diferentes sob o aspecto da gestão de recursos hídricos. Sendo a exigência a quantidade mínima de água para realização de um determinado fim; a necessidade é a percepção da exigência não coincidindo normalmente com o mínimo exigido, e a demanda por sua vez, é uma solicitação.

Esta crescente demanda de água e a multiplicidade de seu uso, segundo Campos e Studart (2001) têm provocado, em grande parte crises de escassez e conflitos de interesse, competição institucional, perturbações sociais e até obstáculos ao crescimento econômico e a preservação ambiental.

Isso atribui-se às dificuldades encontradas para a implementação da gestão da demanda de uso da água. Sendo mais fácil a construção de reservatórios de água e a realização de ações estruturais.

De acordo com Campo e Studart (2001), a gestão da demanda passa por compreensões diferentes que vão desde a visão individual, na ótica do consumidor doméstico e de uma indústria em particular até uma visão mais ampla, em que se levam em conta os interesses da coletividade.

Os instrumentos para a gestão da demanda de água podem ser classificados em três grupos. As medidas estruturais, incentivos e intervenção direta, de forma que estes instrumentos reforcem uns aos outros (CAMPOS E STUDART, 2001, pg. 65).

As medidas conjunturais são consideradas regras básicas para o suprimento e o uso da água, tais como a outorga de direito de uso da água, cobrança e legislações formais e informais. Assim, o usuário da água é motivado, ou não, a agir de forma racional quanto ao uso da água. Os incentivos à conservação e realocação da água para usos de maior valor, objetivos básicos da gestão da demanda, podem ser classificados como incentivos econômicos, os quais estabelecem tarifas de água e cobrança pela poluição e incentivos fiscais. Os incentivos não econômicos abrangem

restrições e sanções, como por exemplo, o estabelecimento de cotas de consumo. A intervenção direta intervenções do poder público no sentido de melhorar a eficiência da rede de distribuição de água ou de criar programas para o incentivo da eficiência, de usos mínimos de água entre outros (CAMPOS E STUDART, 2001, pg. 65).

### 3.2 Outorga de direito de uso da água

A outorga de uso da água caracteriza-se por ser uma autorização ou licença emitida ao usuário da água. Seu principal objetivo é auxiliar no gerenciamento dos volumes de água (quantidade) visando à preservação do ambiente (qualidade) e atendimento das demandas (CAMPOS e STUDART, 2001).

Para Cruz (2001), a outorga de uso da água é um instrumento básico na gestão de recursos hídricos, seja qual for a forma utilizada para a outorga de direito de uso da água (permissões, licenças ou outra forma legal de fornecer capacidades de utilização de água).

As outorgas de direito de uso da água são vinculadas aos sistemas vigentes de direito e econômicos de cada região, e devem considerar, segundo Cruz (2001), os aspectos ambientais prevendo a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Segundo Ravanello (2007), o direito de uso da água no Brasil tem, atualmente, três condicionantes: o legal, o técnico e o social.

O aspecto técnico refere-se à análise da disponibilidade hídrica e da demanda e o aspecto social ao embasamento do balanço hídrico em critérios elaborados em conjunto com a sociedade. Quanto ao condicionante 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 no Brasil, previsto em lei (RAVANELLO, 2007, pg. 93).

Na Lei Federal de número 9.433 de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), em seu Artigo 2º, são caracterizados seus objetivos. Entre estes objetivos estão: assegurar às atuais e futuras gerações o direito de uso da água, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1997).

Como destacado anteriormente, a outorga de uso da água é um dos instrumentos previstos na Legislação Federal 9.433/97 em seu artigo 5º, que visa à sustentabilidade dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

O Estado do Rio Grande do Sul, em sua Constituição no artigo 171, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos. O Sistema compreende critérios outorga de usos da água, fiscalização e tarifação de



modo a proteger e controlar as águas bem como racionalizar e compatibilizar os usos (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

A lei nº 10.350 de 1994, que regulamentou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, condiciona a autorização de uso da água às prioridades estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos das respectivas Bacias Hidrográficas (RIO GRANDE DO SUL, 1994). Sendo que o artigo 31 dispensa de outorga do uso de caráter individual para satisfação das necessidades básicas da vida.

Em seu artigo 29, a Lei nº 10.350/94 estabelece que dependerá da outorga de uso da água qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas, observados o Plano Estadual de Recursos Hídricos e Planos de Bacia hidrográfica (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

### 3.2.1 Outorga de uso da água na BHRSM

De acordo com Cruz et al. (2006), o governo do Estado do Rio Grande do Sul, preocupado em estabelecer um sistema para a implantação plena da outorga realizou um estudo em parceria com a Universidade Federal de Santa Maria.

Este estudo piloto foi realizado em escala real, com o objetivo de conceber um sistema de outorga para o Estado, adaptado à realidade local e baseado em estudos de balanço hídrico global na bacia hidrográfica do rio Santa Maria (CRUZ et al., 2006).

Neste estudo adotou-se como critério de outorga a vazão de referência de 90% de permanência no tempo, em valores mensais (sazonais). As curvas de permanências para estimativa da disponibilidade hídrica foram obtidas de acordo com metodologia proposta por Cruz (2001), definidas com intervalos de confiança, sendo que o limite superior do intervalo representa os anos úmidos e o limite inferior os anos secos.

Os estudos realizados no âmbito da bacia indicaram a escassez de água para anos secos e a respectiva necessidade de planejamento do racionamento conforme abordado por UFSM/SEMA (2004).

Desta forma, como relatado por (UFSM/SEMA, 2004), os processos de outorga na BHRSM devem priorizar os usuários históricos e estabelecer critérios claros e objetivos para a manutenção da outorga de direito de uso, com vistas que isto possibilite a emissão de novas

outorgas para novos usuários, de modo a evitar conflitos com a indicação técnicas do balanço hídrico e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos locais.

### 3.3 A importância da lavoura orizícola

O arroz (*Oryza sativa L*) é um dos importantes produtos do agronegócio nacional. É consumido quase que diariamente pela ampla maioria da população e representa um volume expressivo da produção de grãos do país, sendo responsável por significativa parcela da renda de um grande número de produtores rurais (MACHADO et al., 2006).

O cultivo do arroz teve início com a chegada de imigrantes alemães, em 1857, na Colônia de Santo Ângelo, atual cidade de Agudo, na Depressão Central do Rio Grande do Sul (PLANETA ARROZ, 2008).

Conforme trecho da revista Planeta Arroz (2008), pode-se observar o histórico do arroz no estado. Tendo como referência que a primeira lavoura comercial da região, mas ainda com irrigação por gravidade, foi instalada nas margens do Arroio Santa Bárbara, afluente do Rio Jacuí, em 1892. Outras lavouras foram formadas nos arroios Capanezinho, Divisa e Capané.

No Rio Grande do Sul há referências do cultivo de arroz de montanha ou sequeiro desde 1832, em áreas de coxilhas ou lugares altos. Faz quase 200 anos (em meados da era de 1800) que foi cultivada uma lavoura de arroz em Pelotas, mais precisamente no Rincão do Laranjal/Galatéa (Estância Machado), pelo seu proprietário, Barão de Azevedo Machado. Entretanto, a importância da orizicultura no Rio Grande do Sul teve marco em 1903/04, quando no município de Pelotas foi instalada a primeira lavoura irrigada por bombeamento forçado, foram semeados 60 hectares de arroz, na razão de quase dois sacos por hectare, lavoura situada às margens do Arroio Pelotas, ao longo da estrada da “Costa”, entre Pelotas e o Bairro Areal, terras do então coronel Alberto Roberto Rosa. Já na safra 1905/06, foi conduzida uma lavoura de arroz irrigado artificialmente, com mais ou menos 100 hectares, na Granja Progresso, em Cachoeirinha (antigo distrito de Gravataí), e outra lavoura, também por irrigação mecânica, em Cachoeira do Sul. Segundo Arlei Terres, somente após a safra 1907/08, a cultura do arroz irrigado foi vista pela primeira vez de forma empresarial pelo coronel Pedro Luiz da Rocha Osório, de Pelotas, com a adoção do uso de nivelamento do terreno, cultivares adaptadas, época de semeadura, adubação e beneficiamento do grão, entre outras tecnologias. No mesmo ano, os irmãos Manoel Luiz e Joaquim Luiz Osório, da firma Osório & Irmãos, também instalaram uma lavoura de forma empresarial de arroz irrigado em Pelotas, no distrito de Arroio Grande. A partir de 1907, inúmeras lavouras passaram a adotar o sistema que havia dado muito certo com os pioneiros da região. A irrigação vinha, junto com a moderna tecnologia, para ficar (PLANETA ARROZ, 2008, p. 11).

Atualmente, o Estado do Rio Grande do Sul é responsável por mais de 65% da produção nacional de arroz, deve ter acréscimo de 3,7% na produção sobre a colheita anterior. É também o estado com a maior produtividade, de 7,5 t/ha (Ministério da Agricultura, 2013).

Se, por um lado, a produção de arroz é fundamental para o abastecimento nacional do cereal, por outro, a atividade é considerada como altamente poluidora em razão da demanda hídrica elevada e da inundação de extensas áreas (SCIVITTARO et al., 2010).

O Rio Grande do Sul destaca-se em relação aos demais estados brasileiros pelo elevado percentual de recursos hídricos disponíveis destinados à agricultura (83,5%), seguido por indústria (10,3%) e saneamento básico (6,2%), de acordo com Noronha (2006).

De acordo com o Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em 2006, a principal fonte de captação de água para irrigação da lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul foi açude/barragem, que irrigaram na safra 2004/05 486.214 hectares, representando 47,2% do total (IRGA, 2006).

A segunda maior fonte é via rio/riacho/arroio, com 333.421 hectares (32,4%). Após, seguem lagoa (19,8%), outros (0,4%) e poços (0,2%). Observa-se, entre as regiões do Estado, o predomínio de açudes e barragens na Fronteira Oeste, Campanha e Depressão Central; de rios, riachos e arroios na Planície Costeira Interna; e de lagoas na Planície Costeira Externa e Zona Sul (IRGA, 2006).

Alguns pesquisadores como Borges et al. (2008, pg. 4), indicam que “a racionalização do uso da água na agricultura irrigada está relacionada, dentre outros fatores, à adequação do manejo da irrigação e do planejamento das estratégias de produção.”

Segundo Stone (2005), o desenvolvimento da orizicultura irrigada possui como grande desafio o aumento da produção e produtividade utilizando menos água no sistema produtivo.

A pesquisa agrônômica, conforme Scivittaro et al. (2010), vem buscando meios que possibilitem promover o aumento da eficiência do uso da água pelo setor orizícola, fundamentadas em alterações no manejo.

O quadro 1 apresenta os sistemas de cultivo do arroz irrigado utilizados no Estado do Rio Grande do Sul.

Os Sistemas de Cultivo arroz	Descrição do sistema de cultivo
<p><b>Os sistemas de cultivo utilizados na cultura do arroz irrigado, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, se diferenciam basicamente, em termos de algumas práticas culturais (preparo do solo, tipo de sementeira e manejo da água), e compreendem cinco possibilidades:</b></p>	<p>No Rio Grande do Sul há a predominância absoluta do sistema convencional (cerca de 80%), seguido dos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto (20% restantes). O pré-germinado, que responde por 95% da área cultivada em Santa Catarina, apresenta-se em fase de expansão contínua nos últimos anos, enquanto que o sistema de transplante de mudas é utilizado basicamente para os produtores de sementes de alta qualidade.</p>
<p><b>Sistema convencional;</b></p>	<p>Esse sistema envolve, inicialmente, o preparo primário do solo, que consiste nas operações de gradagem e aração, e tem por objetivo romper a camada compactada e o enterrio ou eliminação da cobertura vegetal. As operações secundárias visam o nivelamento do terreno, destorroamento, destruição das crostas superficiais, incorporação de agroquímicos e eliminação de ervas daninha, sendo normalmente utilizadas plainas e grades de arrasto. Neste sistema a sementeira é efetivada à lanço ou em linha. É um sistema que se utiliza intensivamente de equipamentos pesados, o que concorre para a deformação da estrutura do solo.</p>
<p><b>Cultivo mínimo</b></p>	<p>É um sistema que mobiliza menos o solo do que o sistema convencional. O número de operações não é fixo e pode variar dependendo dos objetivos do preparo do solo, do tipo e do teor de umidade do mesmo. Normalmente, quando se realizam os trabalhos de preparo de solo é feito o entaipamento, de base larga e perfil baixo, evitando a necessidade de revolver o solo novamente. A sementeira é feita diretamente sobre a cobertura vegetal, previamente dessecada com herbicidas, e sem o revolvimento do solo. É uma prática que se utiliza quando um dos objetivos é combater o arroz vermelho.</p>
<p><b>Plantio direto</b></p>	<p>É o sistema no qual a semente é colocada diretamente em um sulco aberto no solo. Apenas cerca de 25 a 30% da superfície do solo são movimentadas, sendo que o controle das plantas daninhas ocorre antes e depois do plantio utilizando-se herbicidas específicos. O entaipamento também deve ser de base larga e de perfil baixo, o que faz com que haja a necessidade, por vezes, de um nivelamento ou aplainamento do solo. De modo geral, é uma prática que prevê a mínima alteração da estrutura do solo.</p>

<b>Sistema pré- germinado</b>	É um sistema que prevê a semeadura de sementes pré-germinadas em solo previamente inundado. No preparo prévio do solo, há a necessidade de formação de lama para que seja possível o alisamento e o nivelamento total dos patamares. A primeira fase consiste no levantamento planialtimétrico da área com vistas a demarcar os patamares. Posteriormente são iniciados os trabalhos de preparo do solo objetivando dotar a camada superficial de condições para a formação da lama.
<b>Transplante de mudas</b>	É um sistema utilizado para obtenção de sementes de alta qualidade, sendo que compreende basicamente duas fases: a) produção das mudas; e b) transplante. A produção das mudas é feita em caixas com fundo perfurado e de tamanho variado. O solo a ser utilizado deve ser de textura arenosa, de baixo teor de matéria-orgânica e livre de plantas invasoras.
<b>Vantagens teóricas do sistema pré-germinado em relação ao convencional</b>	
A sistematização, do ponto de vista agrônomo, tem por objetivo controlar a água superficial do solo independente do sistema de irrigação. Consiste na regularização ou nivelamento de uma área, através de uma redistribuição uniforme do solo, o que, ao menos teoricamente, pressupõe uma maior produtividade. As principais vantagens de um terreno sistematizado, especialmente no caso da cultura do arroz, são as seguintes: favorece a drenagem superficial; minimiza a compactação do terreno; controla a erosão superficial; produz um microclima mais favorável; melhora o aproveitamento da água; torna a mecanização mais eficiente; possibilita uma maior uniformização da germinação, cultivo e colheita; reduz os custos de produção; aumenta a produtividade; e proporciona um controle mais eficaz do arroz vermelho e preto.	

Quadro 1 – Sistemas de cultivo do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: adaptado de Abarge e Souza (2002).

### 3.3.1 Manejo do arroz

O rendimento potencial do arroz irrigado, assim como o de outras culturas, apresenta uma dimensão variável. Além de estar relacionado ao potencial genético, específico de cada cultivar, é dependente das condições ambientais e do nível de manejo a que a cultura é submetida (GOMES et al., 2006, p. 9).

Nos principais países produtores de arroz irrigado, bem como no Rio Grande do Sul, o potencial de rendimento das cultivares modernas de arroz varia entre 10 a 12 toneladas por

hectare ( $t \cdot ha^{-1}$ ) e as produtividades alcançadas, na maior parte das lavouras comerciais, variam de 4 a 6  $t \cdot ha^{-1}$  (GOMES et al., 2006, p. 9).

Segundo Gomes et al. (2006), diferenças de produtividade entre orizicultores, mesmo em áreas semelhantes, são também muitas vezes observadas em função dos diferentes níveis de manejo praticados e de diversidades ambientais.

Por outro lado, alguns orizicultores têm obtido altas produtividades de arroz, variando estas, no RS, entre 7,0 e 8,5  $t \cdot ha^{-1}$ , e maior lucratividade do que a maioria dos produtores de arroz, indicando a existência, dentre outros aspectos, de diferenças de conhecimento.

Têm surgido, com o passar dos anos, projetos inovadores que visam o aumento da produtividade, ligada a um melhor uso dos insumos agrícolas. Existem dois projetos que se destacam no Rio Grande do Sul. O “Projeto 10” (P10) do Instituto Rio Grandense do Arroz e o “Projeto de Manejo Racional da Cultura do Arroz Irrigado (MARCA)” desenvolvido pela Embrapa Clima Temperado de Pelotas/RS. Os dois projetos têm o aumento da produtividade de arroz por hectare cultivado com sustentabilidade da lavoura como objetivo principal.

O P10 consiste na implantação de tecnologias para a obtenção de altas produtividades, com sustentabilidade, assistido por um técnico capacitado (MENEZES et al., 2004). Este projeto faz parte do Programa Arroz RS, visando o aumento de competitividade e de sustentabilidade na produção de arroz no RS (ANA, 2009).

O P10 é uma proposta de inovação tecnológica que tem por base o aumento gradual da produtividade média do Estado a partir do advento de um conjunto de práticas culturais ideais. O processo de transferência da tecnologia iniciou-se na safra 2001/02, a partir da região da Campanha do Rio Grande do Sul. As áreas em que foram adotadas as tecnologias recomendadas registraram rendimentos elevados (7 a 9  $t \cdot ha^{-1}$ ), superando as expectativas iniciais do P10, sendo que alguns produtores já produzem mais de 10  $t \cdot ha^{-1}$  (DOAT, 2003).

A metodologia do P10, segundo Menezes et al. (2004), tem como base o uso de sementes certificadas, semeadura em época preferencial com data limite 10 de novembro, manejo da adubação com foco no uso da análise de solos que determina a quantidade de adubo a ser aplicada evitando degradação do mesmo.

Menezes et al. (2004), ressalta que o início precoce da irrigação deve acontecer até o estágio limite de V3-V4 (3 a 4 folhas) da planta de arroz e o controle de plantas daninhas deve ser feito até o estágio limite 3-4 folhas das mesmas.

Para melhor aproveitamento da água, a supressão da irrigação pode ser realizada 15 dias após o florescimento pleno (80% de florescimento), pois a água remanescente na lavoura é suficiente para o enchimento e maturação dos grãos (MARCOLIN, 2009).

A altura da lâmina de água preconizada para a lavoura de arroz irrigado por inundação deve ser de 02 a 5 centímetros e não deve ser drenada, para evitar a contaminação de áreas adjacentes à lavoura e dos mananciais hídricos, por meio do transporte de agrotóxicos, nutrientes e partículas de solo (MENEZES,2004).

Marcolin (2009), salienta que a manutenção da lâmina d'água é importante, pois tem efeito termorregulador para a planta e evita a infestação de plantas daninhas.

A importância da irrigação precoce favorece a disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento e crescimento da planta e proporciona uma menor necessidade de água captada dos mananciais.

O projeto MARCA estabelece aos orizicultores a importância do manejo racional e integrado das tecnologias recomendadas para a cultura do arroz irrigado, notadamente aquelas consideradas Tecnologias-chave (TC) (GOMES et al., 2006).

A seguir encontra-se descrita a síntese de cada uma destas tecnologias:

**a) Estruturação da área da lavoura** - prevê a sistematização da superfície do solo de modo a favorecer o manejo da água, garantindo uma altura da lâmina de água uniforme em toda lavoura; **b) preparo prévio da área** - preconiza que a preparação da área deve ocorrer, de preferência, no verão anterior à implantação da lavoura, de forma a viabilizar, na semeadura, a utilização dos sistemas plantio direto ou cultivo mínimo. As taipas, de base larga também devem ser demarcadas e construídas previamente, de preferência, logo após o preparo da área; **c) época de semeadura** - deve ser realizada com base no zoneamento agroecológico para as diferentes regiões orizícola do RS. **g) manejo da água** - a entrada de água na lavoura deve ocorrer até 30 dias após a emergência das plântulas (estádios de 4 a 5 folhas), mantendo-se uma altura de lâmina de água de, no máximo, 10 cm. O término da irrigação, ou a supressão do fornecimento de água à lavoura de arroz, poderá ocorrer a partir do atingimento do décimo dia de 80% da floração. Este procedimento visa reduzir a quantidade de água utilizada, os problemas relacionados à retirada da produção da lavoura e à degradação do solo. O produtor deve usar a água, em lavouras de arroz irrigado, de forma racional (GOMES et al., 2006, p. 26).

Nota-se, na descrição destes projetos, a preocupação com o manejo que vise uma maior produtividade, mas, também, o uso racional e eficiente dos insumos. Entre estes insumos consta a água destinada à irrigação.

Considerando-se a água como principal insumo do arroz irrigado, é importante a busca por meios que reduzam o volume de água utilizada na irrigação e não prejudiquem a produtividade.

### 3.3.2 Demanda de água e tecnologias para redução do consumo de água

No Brasil, a agricultura é considerada uma das atividades que mais consomem água. Estima-se que 69% das águas consumidas no mundo são dedicadas à agricultura, 23% a indústria, e 8% ao abastecimento da população (FOLLEGATTI et al., 2012). No Brasil, conforme Tucci (2009), essas porcentagens respectivamente representam 68% para agricultura, 14% indústria e 18% abastecimento.

A irrigação é uma técnica, utilizada na agricultura, que tem por finalidade o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e minimizando os efeitos do déficit hídrico (LORENSI et al., 2010).

Segundo Lorensi et al. (2010), a agricultura irrigada é atualmente o uso consuntivo de água mais representativa em termos de médias anuais. Enquanto o consumo total mundial de água em 1990 foi de 4.130 km<sup>3</sup>, somente para irrigação foram derivados 2.680 km<sup>3</sup> (CHRISTOFIDIS, 2001 apud LORENSI et al., 2010).

Praticamente toda a área cultivada com arroz no Rio Grande do Sul é irrigada. De acordo com ANA (2009), a água utilizada para a irrigação é captada, principalmente, de rios, açudes e lagoas. Uma parte dessa água é captada e conduzida até os quadros de lavoura por gravidade, outra parte com a utilização de conjuntos moto bomba acionados por óleo diesel ou energia elétrica.

Como dito anteriormente, a orizicultura demanda um grande volume de água durante o período de irrigação. A irrigação por inundação pode ser adaptada a várias culturas (desde que resistentes ao “encharcamento”), tipo de solos e práticas culturais.

Na cultura do arroz no mundo inteiro para Sachet (1981,) apud Acosta (2004, p. 24), a irrigação por inundação contínua estática mantém sempre uma lâmina de água estagnada nos quadros de arroz, desde o início até o fim do cultivo, sendo este sistema muito usado em regiões com disponibilidade hídrica insuficiente.

O método de irrigação por superfície, conforme Lorensi et al. (2010), é caracterizado pela distribuição da água na parte superficial do solo na forma de inundação permanente ou temporária.

Os autores indicam que a água é aplicada diretamente no solo, pelo efeito da gravidade e em altas doses, de maneira que ela escoe e mantenha uma lâmina de água uniforme, em



faixas ou parcelas circundadas por diques, durante um determinado tempo (LORENSI et al., 2010).

Beltrame e Gondin (1982) apud Acosta (2004) relatam que o consumo de água na lavoura de arroz irrigado por inundação contínua, é excessivo e pode ser reduzido, ocasionando um uso eficiente dos recursos hídricos.

Verifica-se que, no Brasil, são retirados dos mananciais, em média, 1.840 m<sup>3</sup>/s de água. Deste total, 17% (313 m<sup>3</sup>/s) são retiradas correspondentes ao uso industrial, 26% ao uso urbano (478 m<sup>3</sup>/s) e 47% (865 m<sup>3</sup>/s) ao uso em irrigação (ANA, 2009, p. 09).

Segundo ANA (2009), dos 1.840 m<sup>3</sup>/s de água retirada, são consumidos 986 m<sup>3</sup>/s, portanto 54% da vazão retirada. Do total utilizado, o setor industrial responde por 7% (69 m<sup>3</sup>/s), o urbano por 10% (98,6 m<sup>3</sup>/s) e o de irrigação por 69% (680 m<sup>3</sup>/s).

A lavoura arrozeira irrigada é citada como grande consumidora de água. Os dados disponíveis de consumo são variáveis, e o volume aplicado chega a ultrapassar 15.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por ano agrícola (BELTRAME & LOUZADA, 1991 apud MACHADO et al., 2006).

Os produtores de arroz usavam, na década de 1970, 15 mil metros cúbicos de água para produzir 4 mil quilos de arroz por hectare. No fim da década de 1990, a produtividade chegou a 5 mil quilos por hectare, com a utilização de 12 mil metros cúbicos de água (ANA, 2009, p. 13).

Segundo Marcolin et al. (2002), o consumo de água diferencia-se entre os sistemas de cultivo de arroz utilizados no Rio Grande do Sul.

Em experimento conduzido em Cachoeirinha, RS, os autores verificaram que o volume total de água consumido durante o ciclo da cultura, no sistema convencional foi o que apresentou maior consumo (7415m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> e vazão de 0,96 l.s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>), seguido do plantio direto (6945m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e vazão de 0,89 l.s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) e plantio pré-germinado (5981m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e vazão de 0,78 l. s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>). Considerando-se que no sistema pré-germinado, houve um acréscimo de aproximadamente 1252m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para o preparo do solo, totalizando 7233 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>, o sistema plantio direto foi o que apresentou menor consumo de água (MARCOLIN et al., 1999 apud MARCOLIN e ROBAINA, 2002, pg. 229).

Embora o manejo de água na lavoura tenha melhorado nos últimos anos, ainda não há sensibilização total por parte do orizicultor da importância desse manejo.

A utilização de um menor volume de água, conforme a recomendação técnica contribui para o aumento da lucratividade da lavoura, já que, atualmente, a irrigação é o terceiro item de maior valor no custo de produção (IRGA, 2005).

Em trabalho realizado por Cunha et al. (2011), foram comparados dois sistemas de produção, o P10 e o cultivo convencional, com o objetivo de identificar o consumo de água

por hectare. Observou-se que o P10 utilizou o volume de 7.500 m<sup>3</sup>/ha.ano e o convencional 8.100 m<sup>3</sup>/ha.ano. Suas produtividades foram 9.300 kg.ha<sup>-1</sup> (P10) e 8.700 kg.ha<sup>-1</sup>.

### 3.4 Planejamento e Elaboração de Cenários em Gestão de Recursos Hídricos

Segundo Lanna (2007, p. 751), a atividade de Planejamento é a parte da Gestão de Recursos Hídricos que trata da realização de estudos e preparo de documentos, com vistas a orientar e adequar às intervenções humanas no setor de recursos hídricos. Atualmente, a metodologia de construção de cenários tem sido utilizada para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, tendo como exemplo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2004).

A construção de cenário colabora para interpretar e projetar mudanças que venham ocorrer em determinados locais, como, uma bacia hidrográfica. Conforme Tucci (2003), a avaliação e o prognóstico do desenvolvimento sustentável, dos Recursos Hídricos de um país, tratam da integração dos componentes dos sistemas naturais com os socioeconômicos.

Para Porter (1998, p. 412), um cenário é uma visão internamente consistente daquilo que o futuro poderia vir a ser. Sua construção permite realizar previsões, desenhar futuros alternativos e estabelecer estratégias alinhadas a essas mesmas previsões. Os diversos métodos existentes para a construção de cenários fornecem uma serie de alternativas que podem ser adaptadas à realidade e cada aplicação (KATO, 2007).

Para Schwartz (2003, p. 15), a construção de cenários é uma ferramenta para ordenar percepções sobre ambientes futuros alternativos nos quais as consequências de sua decisão vão acontecer, ou, ainda, um salto imaginativo no futuro.

De acordo com Oliveira (1996), pode-se considerar como benefícios da construção de cenários: facilitar o processo de entendimento do ambiente e suas influências; propiciar maior consistência interna no processo decisório; conhecer as inter-relações entre fatores externos e internos; dar ênfase aos aspectos de interações; receber elementos para a formulação das estratégias.

Conforme Buarque (2003), a Construção de Cenários consiste em: a) construção de hipóteses; b) hierarquização de cenários e c) delimitação do sistema.

Entre os estudos prospectivos, a técnica de cenários tem se consolidado como o principal recurso metodológico, tendo sido incorporada aos processos de planejamento estratégico (BUARQUE, 2003).

Um dos limitadores na construção de cenários é o de desconsiderar possibilidades, por parte dos elaboradores de cenários, que não se aderem ao entendimento e racionalidade, descartando-se, portanto, aqueles eventos que estejam em desarmonia com este entendimento. Para se elaborar um cenário, é preciso olhar além do alcance dos olhos, e considerar novas possibilidades de eventos nos diferentes cenários a serem construídos (PALEO, 2006).

Como forma de contornar a complexidade de interpretação da realidade e evitar um grande esforço teórico, utiliza-se uma abordagem sistêmica, em que se representa a totalidade complexa por um conjunto de variáveis centrais e se procura compreender a lógica da interação entre elas e a lógica de determinação do sistema (BUARQUE, 2003).

Segundo Sturari (2008), a construção de cenários deve acontecer a partir da avaliação diagnóstica, ligada às variáveis de estado e de influência, assim, selecionando as variáveis críticas, descrever que forma cada variável pode assumir dentro do sistema e por último combinar as hipóteses geradas.

Para Buarque (2003), a construção de cenários deve seguir os seguintes procedimentos e passos metodológicos: a) identificação dos principais determinantes do futuro do sistema (exógenos e endógenos) e classificação segundo o grau de incerteza do seu comportamento; b) seleção dos determinantes de maior incerteza e maior relevância e capacidade explicativa da realidade (incerteza crítica); c) formulação de diferentes hipóteses de comportamento futuro provável das incertezas críticas.

A construção de cenários, no processo de planejamento de uso dos recursos hídricos e nas atividades relacionadas a gestão da água, surge como uma ferramenta que possibilita a simulação de diferentes futuros.

### **3.5 Modelo Cruz – balanço hídrico de alocação de água.**

Segundo Tucci (1998), o modelo hidrológico é a representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso ou uso, com objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas.

O modelo Cruz é um modelo de balanço hídrico otimizado, que consiste em um modelo de alocação de água, neste caso a outorga de direito de uso da água, com base na oferta e demanda de água (balanço hídrico) (RAVANELLO, 2007).

O modelo Cruz permite ao usuário definir critérios de restrição, otimização e atendimento. Além disso, não necessita de um grande número de informações, diferente de outros modelos hidrológicos como abordado por Ravello (2007).

A realização de um balanço hídrico global na bacia permite a compatibilização das demandas e disponibilidades hídricas, possibilitando a implementação da outorga como instrumento de sustentabilidade hídrica (CRUZ et al., 2006).

Para Cruz (2001), o uso de ferramentas que permitam trabalhar com a otimização de balanços hídricos pode auxiliar tanto na fase de planejamento de um sistema de outorga de uso da água, quanto na elaboração de estratégias para o racionamento.

O modelo hidrológico é uma das ferramentas que a ciência desenvolveu para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas (TUCCI, 1998).

Conforme Tucci (1998), o modelo hidrológico por si só não é um objetivo, mas uma ferramenta para atingir um objetivo. Neste sentido, o Modelo Cruz analisa de que forma diferentes fatores influenciam na distribuição de água entre os usuários, tais como: critério de discretização do sistema, critério de alocação de volumes, prioridades de uso e demais restrições (RAVANELLO, 2007).

Os modelos de otimização, segundo Tucci (1998), buscam as melhores soluções, em nível de projeto, de um sistema específico. Diferente dos modelos chuva-vazão que apresentam limitações para bacias com pouco dados medidos (CRUZ, 2001).

O modelo Cruz permite agrupar as demandas por SHR (seção hidrológica de referência), ou seja, a demanda de cada usuário (individual) de determinada seção é agrupada, gerando a demanda da SHR a jusante.

Conforme abordado por Cruz (2001) e UFSM/SEMA (2004), cada vazão outorgada em determinada SHR fica indisponível para o usuário de jusante e de montante, uma vez que o corpo hídrico é único.

Segundo Cruz (2001), para operacionalização do processo de implementação de outorga, bem como para o enquadramento dos recursos hídricos, é necessária uma divisão da rede de drenagem em seções hidrológicas de referência (SHR) ou trecho de gerenciamento.

As SHRs devem ser definidas em função de critérios que consideram a distribuição geográfica da demanda, bem como critérios geomorfológicos e hidrológicos (UFSM/SEMA, 2004).

No entanto, percebe-se que a rede de monitoramento brasileira é deficitária, com falhas nos dados históricos, fazendo com que exista certa dificuldade para que seja possível determinar como seriam as vazões de rio sem as interferências hoje realizadas.

As vazões de cada SHR, na prática, segundo Ravello (2007), são afetadas por captações e despejos exercidos, que podem ser determinadas a partir de um cadastro detalhado dos atuais usuários da água.

Desta forma, Silveira (1998), Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravello (2007) trabalham com o conceito da disponibilidade de Marco Zero, que representa a disponibilidade hídrica atual do manancial, trazendo embutidos os usos quantitativos da água exercidos de um período histórico até o presente. Nestes usos já são descontadas as demandas atuais e as vazões ecológicas ou ambientais.

O modelo Cruz pode ser estruturado em planilhas eletrônicas, conforme Cruz (2001) e Ravello (2007). Em cada coluna da planilha são colocadas informações que se distribuem da seguinte forma (quadro 2). O balanço hídrico pode ser realizado de montante para jusante como de jusante para montante.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade e Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Vazão Outorgada ou Racionamento Individual	Vazão Outorgada ou Racionamento Acumulado	Disponibilidade e remanescente
Seção hidrológica de referência	Determinada a partir da curva de permanência	Parte da vazão de referência	Diferença entre a vazão de referência e vazão ambiental	Demanda da seção em m <sup>3</sup> /s	Demanda de seção, mais a demanda de montante.	Vazão outorgada ou indicação de racionamento	Vazão outorgado ou racionamento acumulado.	Vazão disponível na SHR após o balanço hídrico

Quadro 2 – Estrutura do Modelo Cruz.

Fonte: Adaptado de Cruz (2001).

A vazão de referência é obtida por meio de curvas de permanência que permitem identificar as vazões de anos normais (em que não ocorrem déficits hídricos ou cheias excepcionais), anos secos (déficit hídrico excepcional) e anos de cheias excepcionais (CRUZ,

2001), ou seja, a vazão de referência representa a disponibilidade hídrica em determinado período.

A curva de permanência ou de duração de vazões, conforme Cruz e Tucci (2008, p. 112) relaciona a vazão (geralmente no eixo das ordenadas) e a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada sobre todo o período histórico utilizado para sua construção (geralmente no eixo das abscissas). Desta forma, de acordo com Cruz e Tucci (2008), a permanência de uma determinada vazão representa a probabilidade desta ser superada ou igualada em determinado intervalo de tempo.

A vazão ambiental pode ser obtida de acordo com diferentes critérios. Conforme UFMS/SEMA (2004), na ausência de estudos ecológicos específicos para a bacia do rio Santa Maria, pode ser considerada como vazão ambiental o valor referente a 30% da vazão de referência de anos normais, para períodos onde não ocorre irrigação ou 50% para períodos em que ocorrem.

A disponibilidade remanescente é a parcela de água que sobra no rio após serem atendidos todos os usos. Quando negativa, indica a necessidade de racionamento. Quando positiva, pode-se planejar a alocação da mesma (RAVANELLO, 2007).

As vazões de cada SHR já estão sendo afetadas por captações e despejos exercidos. Assim, a vazão em cada SHR representa a disponibilidade hídrica remanescente da demanda atual já exercida, sendo que a mesma consiste em um balanço hídrico em escala real, considerando as retiradas e despejos que ocorrem na bacia (CRUZ, 2001, p. 78).

Para que se possa trabalhar com a otimização dos modelos, deve-se definir a função objetivo que será utilizada (TUCCI, 1998). O modelo Cruz utilizada a função relativa (FOrelativa).

Para Cruz (2001) e Ravello (2007), a equação 1 (Função relativa) busca realizar uma distribuição mais equânime das vazões outorgadas.

$$FOrelativa = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{demanda-Qoutorgada}}{Q_{demanda}}^2 \quad \text{Equação (1)}$$

O Modelo Cruz, segundo Cruz e Silveira (2008), realiza a distribuição de água entre os diferentes trechos de gerenciamento, otimizando o seu uso pela compensação entre déficits e superávits hídricos entre as seções de referência, pois todo usuário de jusante é também um usuário de montante e vice-versa.

Em trabalhos desenvolvidos por UFSM/SEMA (2004) e Ravello (2007), foi possível constatar que este modelo pode auxiliar tanto no processo de planejamento de um sistema de outorga, quanto na circunstância de estabelecimento de estratégias de racionamento de água em épocas de estiagem.

As simulações com o modelo de balanço hídrico de alocação de água por seção hidrológica de referência permitem analisar de que forma diferentes fatores influenciam na distribuição de água entre os usuários.





## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Bacia hidrográfica do rio Santa Maria

A Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, na região da campanha. A figura 2 apresenta os municípios inseridos e localiza a bacia hidrográfica conforme sua posição geográfica.

A BHRSM é composta pelos municípios de 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<sup>1</sup>). A área referente a cada município, e área inserida na bacia, bem como a população rural e urbana são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – População, área dos municípios e representatividade do município na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.

Município	População			Área total do município (Km <sup>2</sup> )	Área do município dentro da bacia (Km <sup>2</sup> )	Área do município dentro da bacia (%)	Representatividade da área do Município na bacia (%)
	Rural	Urbana	Total				
Cacequi	1.724	11.952	13.676	2.359	1.154	48,92%	7,31%
Dom Pedrito	3.643	35.255	38.898	5.193	4.887	94,12%	30,97%
Lavras do Sul	2.921	4.758	7.679	2.605	1.243	47,71%	7,88%
Rosário do Sul	4.776	34.931	39.707	4.353	3.045	69,95%	19,30%
Santana do Livramento	8.054	74.410	82.464	6.955	3.019	43,41%	19,13%
São Gabriel	6.650	53.775	60.425	5.009	2.431	48,54%	15,41%
<b>Total</b>	<b>27.768</b>	<b>215.081</b>	<b>242.849</b>	<b>26.472,75</b>	<b>15.778,55</b>	<b>Média= 58,76</b>	<b>100%</b>

Fonte: IBGE Cidades (2013) – Adaptado pelo autor.

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).

<sup>1</sup> A área do município de Bagé contida na bacia equivale a 0,02% da área total e, para fins deste estudo, será desconsiderada.

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – BRHSM localiza-se na fronteira sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul - RS, dispõe de uma área de 15.778,55 Km<sup>2</sup>, limitada pelas coordenadas 29°47 e 31°36 de Latitude Sul e 54°00 e 55°32 de Longitude Oeste (MADEIRA, 1999).

A população dos municípios que fazem parte da bacia totaliza 242.849 habitantes (IBGE, 2013). Entretanto, a população que reside dentro da bacia é de aproximadamente 184.000, uma vez que as sedes dos municípios de São Gabriel e Lavras do Sul situam-se fora da bacia. A população residente nos seis municípios representa 2,5% da população estadual. A densidade demográfica é considerada baixa (11,68 hab/km<sup>2</sup>) em relação à média do Rio Grande do Sul (39,79 hab/km<sup>2</sup>) (DULAC, 2013).

Orientada em sentido sul-norte, a bacia hidrográfica do rio Santa Maria apresenta a aparência aproximada de um “y” invertido, sendo os braços do “y”, respectivamente à leste e oeste, os rios Santa Maria e Ibicuí-da-Armada, que se encontram junto à cidade de Rosário do Sul. A partir desta confluência, o rio Santa Maria segue ao norte até encontrar o rio Ibicuí-Mirim para formar o rio Ibicuí, recebendo neste trajeto as águas do rio Cacequi, na sua margem direita e do arroio Saicã na sua margem esquerda, já próximo ao exutório da bacia. A bacia hidrográfica apresenta uma forma que lembra o corpo de um violão, apresentando um estreitamento por volta da latitude 30° 30’ S (UFMS/SEMA, 2004, pg. 5).

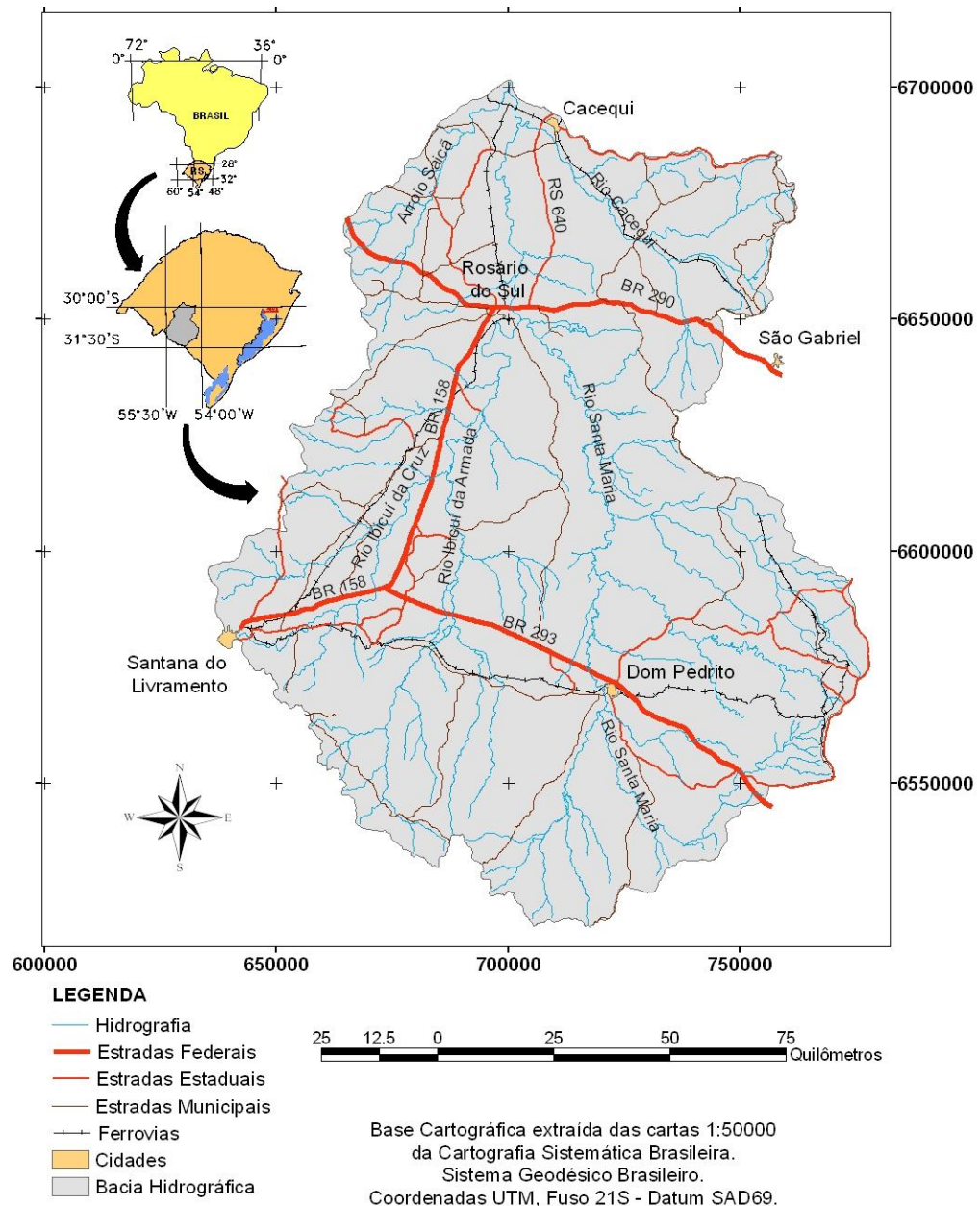


Figura 2 – Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria.

Fonte: Forgiarini (2006).

A área em estudo caracteriza-se especialmente pela atividade agropecuária, apresentando paisagens típicas da fronteira gaúcha, onde a pecuária extensiva tradicional se mescla com a orizicultura moderna, em campos entremeados com várzeas ocupadas por rotação de pastagem natural e lavoura de arroz (DULAC, 2013).

Conforme Forgiarini (2006), a paisagem apresenta um eixo de mudanças leste-oeste, que reflete as transições do Escudo Riograndense, Depressão Central e Planalto da Campanha, configurando os padrões que caracterizam as diferenças observadas entre as sub-

bacias referentes aos braços Santa Maria e Ibicuí-da-Armada, que possuem suas cabeceiras nas margens opostas deste gradiente.

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria tem sido objeto de um significativo número de estudos e projetos com vistas a equacionar os recorrentes problemas vinculados à disponibilidade hídrica (FORGIARINI, 2006).

De acordo com UFSM/SEMA (2004), as sucessivas ocorrências de déficits hídricos, verificados principalmente nos períodos de irrigação, e o grau de importância desta bacia hidrográfica no contexto regional, levaram o Poder Público e, em menor grau, a iniciativa privada, a desenvolver estudos visando quantificar as deficiências e, principalmente, identificar medidas que permitissem não somente garantir o suprimento de água para o abastecimento público e para as lavouras existentes, mas também permitir a expansão das áreas irrigadas.

Nos períodos de irrigação, a bacia apresenta escassez hídrica, gerando sérios conflitos de uso, principalmente entre os setores da agricultura e do abastecimento humano. A bacia já foi objeto de diversos estudos e possui um plano de aproveitamento dos recursos naturais (FORGIARINI, 2006).

Este plano, segundo o autor, levou à estruturação de um programa de intervenções que tem como objetivos a recuperação das condições naturais da bacia, com ênfase nos recursos hídricos e o estabelecimento de bases de sustentação para o desenvolvimento econômico da região.

O sucesso da cultura do arroz trouxe à tona, de um lado, o associativismo, com organização de sindicatos e criação de associações, e por outro, o desgaste ambiental, com conflitos com os diferentes usuários da água, notadamente os ecossistemas aquáticos e o abastecimento público de alguns municípios situados ao longo do rio Santa Maria (Dom Pedrito e Rosário do Sul) (ARNÉZ, 2002). Estes conflitos também se relacionam com o histórico de estiagens severas, referente ao déficit hídrico em anos secos (CRUZ e SILVEIRA, 2007).

Entre os problemas da água na bacia enfrentados pelo Comitê encontra-se também a falta de tratamento dos resíduos do esgotamento sanitário (ARNÉZ, 2002; CRUZ et al., 2006).

Cabe ressaltar que a questão dos barramentos, assim como a mediação de conflitos oriundos dos mesmos, esteve sempre presente na agenda do Comitê (CRUZ et al., 2006).

Exemplo disso foi a Deliberação 01/2005 do CBHRSM que estabeleceu regras e limites para suspensão de irrigação de lavouras nas áreas de influência da captação da

Companhia Rio Grandense de Saneamento (CORSAN) nas cidades de Dom Pedrito e Rosário do Sul.

#### 4.1.1 Aspectos Físicos e do Ambiente Natural e do Uso do Solo na Bacia

De acordo com SEMA/DRH (2008), o balanço hídrico na bacia dispõe da seguinte distribuição anual: Precipitação média anual: 1.481 mm; Evapotranspiração média anual: 1.444 mm; Vazão média mais próxima da foz: 205 m<sup>3</sup>/s ou 535 mm/ano (Estação Rosário. Área de drenagem: 12.077 km<sup>2</sup>); Descarga específica média (Vazão média/área): 0,017 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> ou 17 l/s/km<sup>2</sup>.

Em relação à equação entre disponibilidade e demanda, cabem algumas considerações sobre alguns aspectos físicos da bacia. O Rio Santa Maria dispõe de uma extensão de 362,64 Km. Quanto a Bacia, a mesma possui uma densidade de drenagem de 0,073 Km/Km<sup>2</sup>, dispõe de uma altitude média de 248,64 m e declividade média de 2,97% (UFMS/SEMA, 2004). Do ponto de vista climático, toda a bacia está incluída num clima úmido a subúmido e as temperaturas médias anuais são superiores a 18 °C (TAMIOSSO, 2011).

Desta forma, podemos associar ao terreno predominantemente plano da bacia (em função de sua baixa declividade média) condições potencialmente favoráveis aos usos da terra predominante, pecuária e arroz (DULAC, 2013).

Porém, a condição de altas temperaturas no verão, a baixa altitude, o relevo plano e o tipo de solo podem proporcionar uma condição que dificulta o armazenamento de água na bacia, contribuindo para ocasionar o déficit hídrico, verificado em anos mais secos.

Essa característica natural da bacia tem seus efeitos negativos para o uso antrópico (escassez) acentuados pela ocupação das áreas naturais de banhado na bacia. Silveira et al. (1993), observaram um decréscimo de 25% nas áreas de banhado no período de 1975 (8.912 ha) à 1988 (6.590 ha) no trecho de bacia compreendido entre Rosário do Sul e a foz do rio Santa Maria.

Em relação ao clima, cabe salientar que as vazões médias da bacia do rio Santa Maria sofrem influência dos efeitos climáticos El Niño e La Niña, segundo Cunha et al. (2013).

Sendo que para os anos de La Niña as vazões medidas no período de 1967 a 2005 apresentaram-se abaixo da vazão média, demonstrando a influência deste efeito climático que

tem como característica a redução da precipitação, resultando em uma menor disponibilidade hídrica.

Na análise realizada por Cunha et al. (2013), foi possível observar que em anos de El Niño, geralmente anos com maior índice de precipitação (chuva), as vazões apresentaram-se em parte abaixo da média (70%). Esta análise foi realizada para todos os meses do ano. Estima-se que este fato resulte da alta demanda de água que é captada diretamente do rio para irrigação da lavoura de arroz.

#### 4.1.2 Disponibilidade Hídrica

Em estudos realizados por UFSM/SEMA (2004), foram calculadas as disponibilidades hídricas para a bacia hidrográfica do rio Santa Maria para os 12 meses do ano.

Neste estudo, UFSM/SEMA (2004), foi utilizada a técnica de cálculo da curva de permanência e seus intervalos de confiança, baseada no critério de estabelecer uma curva para cada ano (VOGUEL e FENNESSEY, 1994; JEHNG-JUNG e BAU, 1996; CRUZ, 2001), a partir de informações de vazões médias diárias.

Segundo Cruz (2001), o método baseia-se na hipótese de que um ano hidrológico pode ser analisado como sendo uma realização estatística independente de uma série de ocorrências de fenômenos meteorológicos (eventos climáticos interanuais).

Portanto, para UFSM/SEMA (2004) é possível estabelecer uma curva de permanência para cada ano, obtendo-se uma amostra de tamanho igual ao número de anos com dados observados (JEHNG-JUNG E BAU, 1996; SMAKHTIN, 2001; CRUZ, 2001 apud UFSM/SEMA, 2004).

Através dessa abordagem, foi possível avaliar o comportamento hidrológico em função da ocorrência de anos secos e úmidos ao longo do tempo e tratar estatisticamente a curva de permanência, tomando-se como variáveis aleatórias cada permanência de vazão que se queira estudar (UFSM/SEMA, 2004).

Essa forma de cálculo da curva de permanência adota o critério denominado de método ano a ano para contrapor ao critério do método da série toda (CRUZ, 2001).

A disponibilidade hídrica foi caracterizada com base nas curvas de permanência mensais determinadas com o critério ano a ano item, para a estação de Rosário do Sul, 76100000 (código da Agência Nacional de Águas, ANA), que delimita a SHR16 nos estudos

da bacia. Calculou-se a curva média e as curvas limites do intervalo de confiança de 90% (UFSM/SEMA, 2004), determinando a Q90.

Segundo UFSM/SEMA (2004), essas curvas foram interpretadas como: curva superior do intervalo de confiança de 90%: significa que apenas 5% dos anos a curva de permanência terá vazões superiores. A curva possível em anos úmidos como acontece em anos de “El niño”; curva média: valor esperado para as vazões de permanência em um ano qualquer. Representa o que acontece nos anos de umidade média; curva inferior do intervalo de confiança de 90%: significa que apenas 5% dos anos a curva de permanência terá vazões inferiores. Curva possível em anos de estiagem (UFSM/SEMA, 2004).

As vazões características de interesse foram determinadas para as demais SHRs, com a utilização do fator regional “k”, o qual foi determinado para cada SHR a partir de uma regionalização ancorada nas medições de vazão realizadas no mês fevereiro (UFSM/SEMA, 2004). A figura 3 apresenta a distribuição das SHRs ao longo da BHRSM e o quadro 3 os fatores de transposição das vazões.

A disponibilidade hídrica, para todas as seções da bacia do rio Santa Maria, foi baseada no critério da vazão de referência ancorada na vazão de permanência de 90%, para cada mês do ano, para anos de umidade média, anos secos e anos úmidos.

O quadro 5 e a figura 4 apresentam os valores de disponibilidade hídrica obtidos para a bacia hidrográfica em anos de déficit hídrico em estudo realizado por UFSM/SEMA (2004). O quadro 4 mostra a diferença da Q90 para anos secos, normais e úmidos.

Além das disponibilidades hídricas, foram estabelecidos os critérios de definição para as vazões ecológicas e disponibilidade Marco zero. A vazão ecológica é definida como uma porcentagem da vazão de referência adotada, a Q90 (UFSM/SEMA, 2004).

A disponibilidade Marco Zero representa uma fotografia da bacia, representando os usos já exercidos, representa uma possibilidade para iniciar o processo de outorga e é definida como a diferença entre a Q90 e a Vazão Ecológica ou Ambiental.

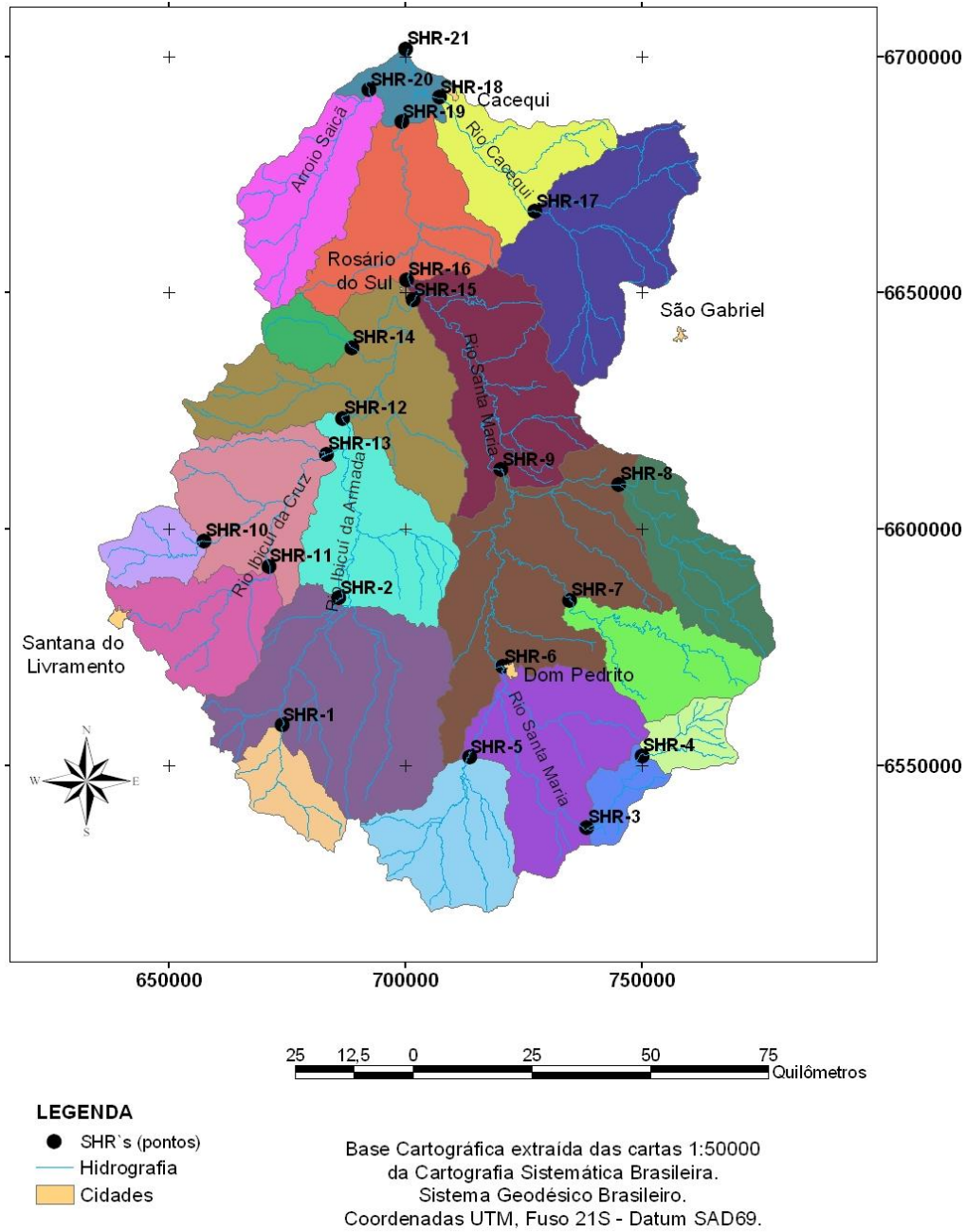


Figura 3 – Distribuição das SHRs na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria.

Fonte: Forgiarini (2006).



SHR	K
4	0.0179
3	0.0307
5	0.0524
6	0.1549
7	0.0358
8	0.0394
9	0.41
1	0.0321
2	0.1718
11	0.0466
10	0.0145
13	0.1351
12	0.3799
14	0.0153
15	0.5661
16	1
19	1.1473
17	0.0884
18	0.1483
20	0.0509
21	1.3776

Quadro 3 – Coeficientes de transposição da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria

Fonte: UFSM/SEMA (2004).

<b>Vazão de Referência (Q90) para a BHRSM por mês.</b>				
<b>Q 90</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
<b>Ano Seco</b>	7.53	16.93	30.99	11.08
<b>Ano Normal</b>	21.10	31.16	47.56	20.15
<b>Ano Úmido</b>	34.67	45.38	64.13	29.22

Quadro 4 – Vazão de Referência (Q90) para anos secos, normais e úmidos da BHRSM nos meses que ocorrem a irrigação do arroz

Fonte (UFSM/SEMA, 2004) adaptado pelo autor.

SHR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
SHR1	0,24	0,54	0,61	1,29	1,77	2,1	3,05	1,32	1,27	1,36	0,99	0,36
SHR2	1,29	2,91	3,28	6,89	9,49	11,22	16,35	7,06	6,79	7,25	5,32	1,9
SHR3	0,23	0,52	0,59	1,23	1,7	2	2,92	1,26	1,21	1,3	0,95	0,34
SHR4	0,13	0,3	0,34	0,72	0,99	1,17	1,7	0,74	0,71	0,76	0,55	0,2
SHR5	0,39	0,89	1	2,1	2,89	3,42	4,99	2,15	2,07	2,21	1,62	0,58
SHR6	1,17	2,62	2,96	6,21	8,55	10,11	14,74	6,37	6,12	6,54	4,8	1,72
SHR7	0,27	0,61	0,68	1,44	1,98	2,34	3,41	1,47	1,41	1,51	1,11	0,4
SHR8	0,3	0,67	0,75	1,58	2,18	2,57	3,75	1,62	1,56	1,66	1,22	0,44
SHR9	3,09	6,94	7,83	16,44	22,64	26,77	39,01	16,85	16,2	17,31	12,71	4,54
SHR10	0,11	0,25	0,28	0,58	0,8	0,95	1,38	0,6	0,57	0,61	0,45	0,16
SHR11	0,35	0,79	0,89	1,87	2,57	3,04	4,43	1,92	1,84	1,97	1,44	0,52
SHR12	2,86	6,43	7,25	15,23	20,98	24,8	36,15	15,62	15,02	16,04	11,77	4,21
SHR13	1,02	2,29	2,58	5,42	7,46	8,82	12,85	5,55	5,34	5,71	4,19	1,5
SHR14	0,12	0,26	0,29	0,61	0,84	1	1,46	0,63	0,6	0,65	0,47	0,17
SHR15	5,55	13,04	16,72	28,17	34,15	43,23	56,83	32,42	28,01	30,35	22,56	7,14
SHR16	7,53	16,93	19,09	40,09	55,21	65,29	95,15	41,11	39,52	42,23	30,99	11,08
SHR17	0,67	1,5	1,69	3,54	4,88	5,77	8,41	3,63	3,49	3,73	2,74	0,98
SHR18	1,12	2,51	2,83	5,95	8,19	9,68	14,11	6,1	5,86	6,26	4,6	1,64
SHR19	8,64	19,43	21,9	46	63,35	74,91	109,17	47,16	45,35	48,45	35,55	12,72
SHR20	0,38	0,86	0,97	2,04	2,81	3,32	4,84	2,09	2,01	2,15	1,58	0,56
SHR21	10,37	23,33	26,3	55,23	76,06	89,94	131,08	56,63	54,45	58,17	42,69	15,27

Quadro 5 – Disponibilidade hídrica (vazão de referência Q90 m<sup>3</sup>/s).

Fonte: UFSM/SEMA (2004).

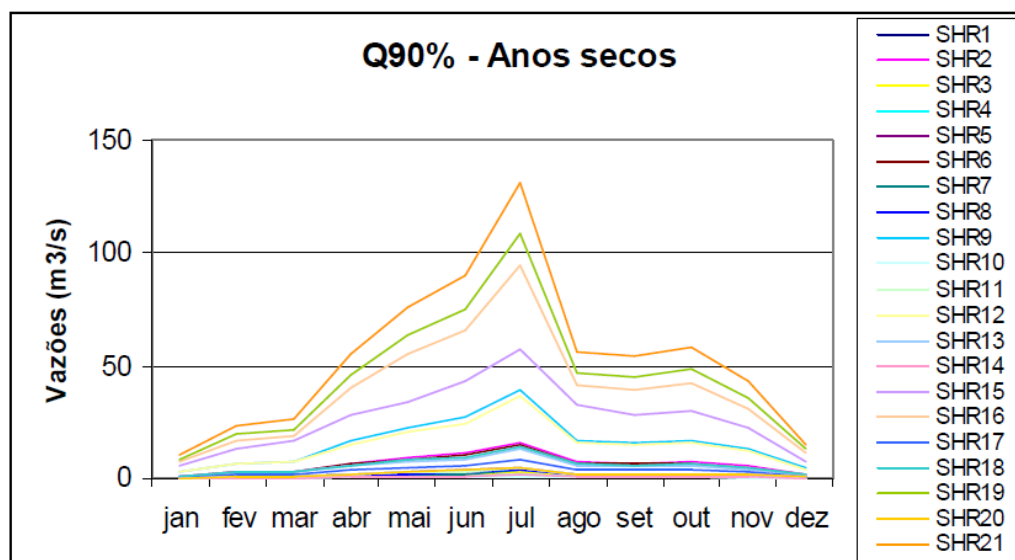


Figura 4 – Vazões rio Santa Maria para anos secos (m<sup>3</sup>/s)

Fonte: UFSM/SEMA (2004).

#### 4.1.3 Demanda Hídrica

De acordo com UFSM/SEMA (2004), a principal demanda de água na bacia hidrográfica em termos de volume é a irrigação de arroz no verão. A tomada de água para a irrigação de arroz é feita, na sua grande maioria, através de estações elevatórias que descarregam a água em canais adutores.

Segundo UFSM/SEMA (2004), cada estação elevatória é composta de poço de bombas, casa de bombas, bases para motores e base para bombas. As deficiências técnicas de instalação conduzem a cavitações, velocidades excessivas de escoamento e peças acessórias inadequadas, podendo reduzir significativamente a eficiência do sistema de captação e transmissão de água na propriedade.

Para UFSM/SEMA (2004), uma das principais dificuldades encontradas para a correta estimativa do verdadeiro consumo da lavoura orizícola na bacia se refere aos poucos elementos científicos para a quantificação de consumo da lavoura em função dos tipos de solo, declividades e tecnologias em uso de plantio e irrigação.

Em um sistema de outorga, a demanda solicitada deve ser passível de fiscalização, o que torna imperativo que seja possível ao poder outorgante a quantificação realista do consumo de cada usuário (UFSM/SEMA, 2004). A partir desta informação, pode-se também identificar o mau uso da água a partir de deficiências nos sistemas de operação ou dos equipamentos.

Para o cálculo da demanda de água destinada a irrigação na BHRSM, UFSM/SEMA (2004) trabalharam relacionando as principais categorias das incertezas possíveis na quantificação da demanda de água:

**Incerteza de operação:** ocorrem devido à falta de registros dos valores reais das horas de funcionamento do sistema de retirada de água ou do regime de lançamento dos efluentes. Os primeiros são necessários para identificar o volume real de retirada e os últimos para quantificar a carga de poluentes. **Incerteza devido a perdas de instalações:** ocorrem devido a problemas nas instalações, especialmente nas conexões e canalizações, muitas vezes, especialmente em instalações rurais para irrigação, realizadas sem o projeto de engenharia de dimensionamento dos sistemas de bombeamento e hidráulicos. **Incerteza dos sistemas de cultivo e tipos de solo:** no caso do usuário irrigante, as incertezas nos sistemas de cultivo estão relacionadas ao manejo utilizado na irrigação, de cada variedade cultivada e dos diferentes sistemas de cultivo, pois o consumo de água varia de acordo com essas variáveis. **Incerteza cadastrais:** a baixa confiabilidade nos cadastros existentes é um fator que dificulta a quantificação de volume por área de plantio. Esta dificuldade, com o processo de implantação da outorga, será minimizada com o fornecimento de informações precisas sobre a localização precisa e georreferenciada dos pontos de captação, das áreas de cada lavoura em cada ano, dos reservatórios e as áreas de

alague dos mesmos, dos canais adutores, dos locais de lançamento, entre outros (UFSM/SEMA, 2004, pg. 22).

Para os estudos das demandas na Bacia do Rio Santa Maria, foram recuperadas informações dos estudos antecedentes e cruzadas com técnicas de geoprocessamento e interpretação de imagens de satélite, que permitiram identificar a localização de cada usuário como pontos de captação e de lançamento e a localização dos mesmos nos respectivos trechos de gerenciamento (UFSM/SEMA, 2004).

O quadro 6 demonstra o resultado da estimativa da demanda realizada por UFSM/SEMA (2004) a partir da classificação de imagem e cruzamento com o mapa de classes texturais.

As demandas da lavoura orizícola na bacia do Rio Santa Maria foram espacializadas por trechos de gerenciamento, a partir das seguintes informações e critérios: (i) Área com declividades inferiores a 1%; (ii) Área com altimetria inferior a 180 m; (iii) Área potencial para lavoura orizícola considerada como aquelas com declividades inferiores a 1% e altimetria inferior a 180m; (iv) Área plantada com arroz considerada como aquela área potencial para arroz com a classe de solo descoberto da cobertura e uso dos solos obtido a partir da imagem de satélite de outubro de 2001; (v) Mapa de classes texturais de solos divididos em quatro classes de solos quanto à origem (rocha matriz local): solos arenosos, mistos (UFSM/SEMA, 2004, pg. 22).

SHR	Janeiro	Fevereiro	Novembro	Dezembro
1	0,35	0,05	0,20	0,40
2	8,40	1,33	4,96	9,60
3	0,02	0,00	0,01	0,03
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2,07	0,33	1,22	2,36
6	3,00	0,47	1,77	3,42
7	0,03	0,00	0,00	0,03
8	0,34	0,05	0,20	0,39
9	13,91	2,20	8,21	15,89
10	0,32	0,05	0,19	0,37
11	0,45	0,07	0,26	0,51
12	9,89	1,56	5,84	11,30
13	2,32	0,37	1,37	2,65
14	1,42	0,22	0,84	1,62
15	12,25	1,94	7,24	14,00
16	19,90	3,15	11,75	22,74
17	9,29	1,47	5,49	10,62
18	6,81	1,08	4,02	7,78

continua

19	11,73	1,85	6,92	13,40
20	5,20	0,82	3,07	5,95
21	4,22	0,67	2,49	4,82
Total	111,90	17,70	66,06	127,89

Quadro 6 – Demanda de água pela lavoura orizícola para a bacia do rio Santa Maria por mês de irrigação (m<sup>3</sup>/s).

Fonte: UFSM/SEMA (2004).

Segundo Forgiarini (2006), a demanda de água para irrigação especializada por classe textural do solo corresponde à 975.148.900 m<sup>3</sup>/ano para uma área irrigada de aproximadamente 99.408,88 hectares distribuída conforme quadro 7.

Solo	Área Irrigada (ha)	Demanda Anual (m <sup>3</sup> /ano)
Arenoso	33.656,34	353.391.570,00
Argiloso	2.891,8	24.580.300,00
Misto	56.924,52	540.782.940,00
Cristalino	5.936,22	56.394.090,00
Total	99.408,88	975.148.900,00

Quadro 7 – Área cultivada com arroz por classe de textura do solo, SHRs e respectiva demanda anual de água.

Fonte: Forgiarini (2006).

De acordo com o banco de outorgas do Departamento de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (DRH), atualizado mensalmente, a demanda hídrica acumulada corresponde a 87,34 m<sup>3</sup>/s (DRH, 2014).

O banco de dados de áreas licenciadas atualmente para irrigação na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, corresponde aproximadamente a 110.038,899 hectares. (FEPAM, 2014).

Percebe-se o aumento da área plantada e a redução da demanda de água quando se compara dados disponibilizados por Forgiarini (2006), DRH (2014) e FEPAM (2014). Cabe ressaltar que os dados da FEPAM (2014) não são discriminados conforme a cultura e o tipo de irrigação, podendo estar inserida a irrigação para outras culturas.

A figura 5 apresenta os usuários especializadas por SHR que captam água direto do rio conforme Forgiarini (2006).

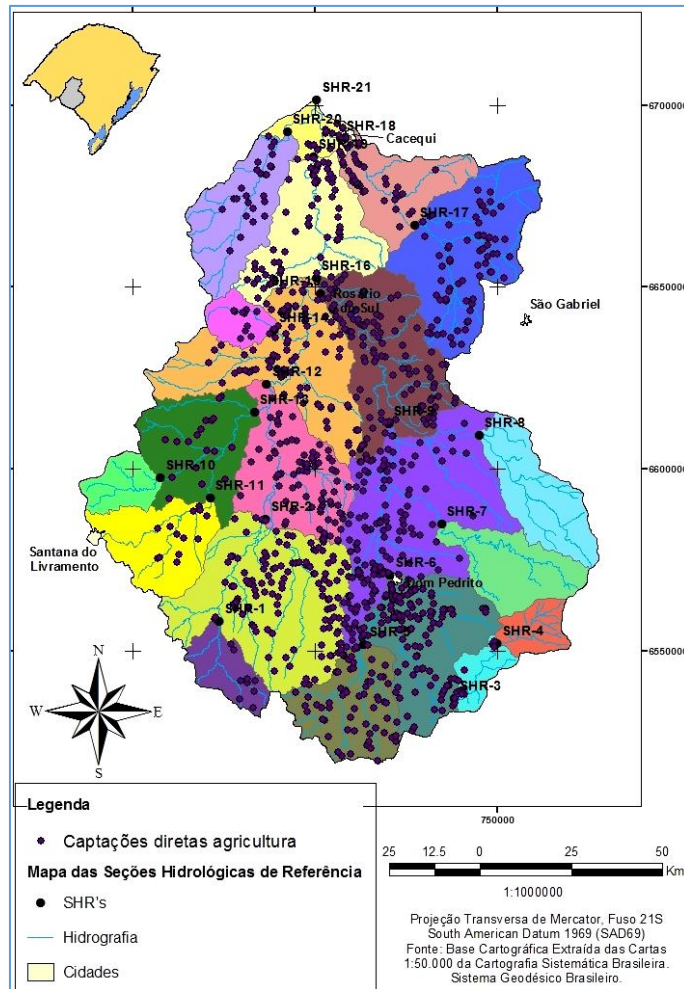


Figura 5 – Usuários de água outorgados na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria- captações diretas do rio.

Fonte: Forgiarini (2006).

#### 4.1.4 O Comitê e a implementação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos na bacia

O principal acontecimento que, posteriormente, culminou na formação do Comitê de bacia do Rio Santa Maria (CBHSM, 2012), consistiu de um evento realizado pelo Conselho de Recursos Hídricos-RS no dia 23 de julho de 1993 nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). No dia 1º de fevereiro de 1994, o órgão foi efetivamente criado pelo Decreto Estadual nº 35.103/1994.

De acordo com o mesmo decreto, o Comitê constitui-se, até hoje, por 47 componentes. Desde 1996, como membros do Comitê e suas respectivas distribuições, tem-se as entidades representativas dos usuários da água (40%), da população da bacia (40%) e dos órgãos da

Administração Direta, Estadual e Federal (20%), conforme os art.13º,14º e 15º da Lei Estadual nº 10.350/1994 e o art. 3º do Decreto Estadual 37.034/1996.

Em suma, dos cinco instrumentos de gestão das águas, somente o enquadramento foi efetuado (FEPAM, 2011), porém, sem monitoramento quali-quantitativo efetivo, com amostragens qualitativas simultâneas à medida de vazões. A outorga foi implementada em modo precário, pois o monitoramento quantitativo nas 21 seções hidrológicas de referência é feito através de regionalização hidrológica, de modo que existe um grau de incerteza muito grande sobre a disponibilidade hídrica, pois somente existem dados confiáveis em uma única estação fluviométrica na BHRSM (a estação Rosário do Sul).

Embora existam muitos estudos efetuados para a bacia, somente agora está sendo elaborado o primeiro um Plano de Bacia do rio Santa Maria. Este Plano de Recurso hídricos já havia sido discutido inúmeras vezes dentro do Comitê. Exemplo desta discussão é a reunião Ordinária do Comitê de Gerenciamento, ocorrida em 25/03/2011, na cidade de São Gabriel que abordou como assunto principal a elaboração do termo de referência para Plano.

De acordo com Forgiarini (2006) foi identificada a necessidade urgente de mobilização das comunidades da BHRSM para que haja tempo hábil para influir no processo de tomada de decisões. Na ausência de participação efetiva, os Comitês têm atuado com base na sua representatividade, hoje bastante reduzida dada a precariedade de seu funcionamento, falta de repasse de recursos para seu funcionamento e pelo seu histórico recente de atuação, que tem priorizado a busca de investimentos, como a construção de barragens, e a discussão de problemas relacionados ao licenciamento ambiental do setor irrigante Esta afirmação tem embasamento em outros estudos que abordam especificamente a dinâmica do CBHRSM. Exemplos destes estudos são encontrados em Madeira (1999), Forgiarini (2006), Madruga (2009).

Forgiarini (2006) discute que cerca de 40% da população da bacia do Rio Santa Maria conhece o seu Comitê. Entretanto, aproximadamente 75% das pessoas que disseram conhecer o Comitê não sabiam qual a sua função. Esta situação já tinha sido observada no trabalho de Madeira (1999, p 163), que identificou que muitos representantes, tanto na categoria de usuários quanto da sociedade civil, tem como atividade primária a agricultura, o que os levaria a representar “de fato” este uso.

No estudo de Dulac (2013) verifica-se a preponderância das abordagens por parte do Comitê envolvendo assuntos como “sistema de cadastro de usuários e concessão de outorgas” e “estratégias para a administração da oferta” (na qual se inclui a instalação de rede de monitoramento hidrológico), com aprofundamento cada vez maior. Percebe-se também que a

incerteza da oferta pela falta de monitoramento hidrológico é ainda um fator crítico na bacia, em relação a não liberação de novos volumes de outorga, resultando em uma ampla negociação.

A discussão destas questões no Comitê é condicionada pelo risco de déficit hídrico, sendo o setor maior usuário o irrigante, e o setor de abastecimento humano (prioritário). Tais questões para Dulac (2013) assumem um forte espaço na pauta do Comitê, com as discussões ficando polarizadas nesses dois setores: Abastecimento e Irrigação.

Por outro lado, o domínio desta questão nas pautas pode ter sido o motivo do afastamento de algumas entidades, notadamente setores não irrigantes, que não tiveram força política para colocar suas questões em pauta.

#### 4.1.5 Lavouras orizícola na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria

A lavoura orizícola é uma das principais atividades agrícolas da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. De acordo com Forgiarini (2006), a pecuária de corte e o arroz irrigado contribuem significativamente para economia da região.

Conforme Dulac (2013), a região caracteriza-se especialmente pela atividade agropecuária, apresentando paisagens típicas da fronteira gaúcha, onde a pecuária extensiva tradicional se mescla com a orizicultura moderna, em campos entremeados com várzeas ocupadas por rotação de pastagem natural e lavoura de arroz.

A cultura do arroz na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, teve início na década de 40 e início dos anos 50, após a migração dos agricultores para Fronteira oeste e Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, devido ao esgotamento das áreas disponíveis para produção de arroz na Depressão Central (Bacia do rio Jacuí) (UFSM/SEMA, 2004).

Segundo UFSM/SEMA (2004), esta expansão ocorreu devido a disponibilidade de terras, disponibilidade de recursos hídricos, mercado de consumo de arroz em expansão e crédito subsidiado.

Contudo, a partir da década de 80, dois dos importantes insumos da produção (crédito subsidiado e disponibilidade hídrica) começaram a se tornar fatores restritivos ao desenvolvimento da lavoura orizícola na região (UFSM/SEMA, 2004).



O crédito subsidiado foi substituído e parcialmente compensado pela melhoria nos níveis de produção e produtividade. Porém, a disponibilidade hídrica é condicionada por fatores não controláveis, entre eles o clima (UFSM,2004).

A relação da baixa disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica (mesmo com reservação de água), o aumento das áreas cultivadas e a crescente demanda de água para irrigação do arroz, justificado pela pressão do mercado consumidor de arroz, resultou em conflitos entres setores e usuários da água (UFSM/SEMA, 2004).

Os manejos aplicados à lavoura orizícola dos municípios da bacia hidrográfica são apresentados na tabela 2. Nos municípios de Dom Pedrito, Rosário do Sul, São Gabriel e Cacequi o sistema de cultivo com maior representatividade é o cultivo mínimo.

Tabela 2 – Sistema de cultivo utilizado nos municípios da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria.

Sistema de cultivo, por área (%)- Municípios- Safra 2004/05							
Município	Convencional a lanço	Convencional em linha	Cultivo mínimo	Plantio direto	Pré-germinado	Outros	Área informada
Cacequi	7,90%	28,50%	43,10%	2,70%	17,80%	0,00%	16.339
Dom Pedrito	0,60%	24,30%	66,60%	8,20%	0,20%	0,10%	46.518
Lavras do Sul	3,20%	47,40%	3,50%	45,90%	0,00%	0,00%	3.103
Rosário do Sul	4,30%	34,60%	51,10%	4,00%	5,70%	0,20%	21.000
Santana do Livramento	19,90%	44,90%	32,80%	1,80%	0,60%	0,00%	11.824
São Gabriel	3,60%	19,40%	71,30%	3,70%	1,90%	0,00%	29.706

Fonte: IRGA (2005)- Censo da Lavoura Orizícola.

A rotação de cultura vem sendo praticada com o passar do tempo nas propriedades da bacia hidrográfica. A interação com culturas de inverno e a rotação com a soja na várzea, surge como uma alternativa para o controle de pragas, como o arroz vermelho, e torna-se outra fonte de renda, devido ao baixo preço do arroz.

A tabela 3 apresenta a relação entre a área semeada no município e a porcentagem destinada a rotação de cultura e a sistematização das lavouras, atividade está que reduz o volume de água utilizado na lavoura orizícola (IRGA, 2005).

Tabela 3 – Área destinada a rotação de cultura e a sistematização da lavoura de arroz na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria.

<b>Rotação de cultura por área (%) e sistematização do solo, por área (ha- %)- Municípios- Safra 2004/05</b>					
<b>Município</b>	<b>Rotação de cultura</b>			<b>Sistematização do Solo</b>	
	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Área informada</b>	<b>(ha)</b>	<b>(%)</b>
Cacequi	21,20%	78,80%	15.747	5.464	33,40%
Dom Pedrito	17,90%	82,10%	46.228	1.918	4,10%
Lavras do Sul	0,00%	100,00%	3.103	52	1,70%
Rosário do Sul	47,70%	52,30%	21.000	4.017	19,10%
Santana do Livramento	21,00%	79,00%	11.824	673	5,70%
São Gabriel	24,40%	75,60%	29.706	2.876	9,70%

Fonte: IRGA (2005)- Censo da Lavoura Orizícola.

O volume de água destinado à irrigação da lavoura de arroz considerado para região da bacia hidrográfica foi estimado por UFSM/SEMA (2004) com base em informações de técnicos locais e a classe textural dos solos da bacia. O consumo de água e a proporção do consumo de água por mês são apresentação no quadro 8.

<b>Classe textural do Solo</b>	<b>Consumo de água (m<sup>3</sup>/ha/ano)</b>	<b>Participação proporcional no consumo de água por mês.</b>	<b>%</b>
Solos Arenosos	10.500	Novembro	20
Solos mistos	9.500	Dezembro	40
Solos argilosos	8.500	Janeiro	35
		Fevereiro	5

Quadro 8 – Consumo de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural e participação do consumo de água por mês de irrigação em %.

Fonte: UFSM/SEMA (2004). Adaptado pelo autor.

Quanto aos sistemas de captação de água por área irrigada na bacia hidrográfica, a captação natural, ou seja, por gravidade, apresenta maior representatividade seguida dos sistemas de captação mecânica elétrica e mecânica diesel, conforme exposto na tabela 4.

Tabela 4 – Sistemas de captação para irrigação da lavoura do arroz.

<b>Sistema de captação de água, por área irrigada (ha) e percentual (%) - Municípios - safra 2004/05</b>							
<b>Município</b>	<b>Mecânica Diesel</b>		<b>Mecânica Elétrica</b>		<b>Por Gravidade</b>		<b>Total</b>
	<b>ha</b>	<b>(%)</b>	<b>Há</b>	<b>(%)</b>	<b>ha</b>	<b>(%)</b>	
<b>Cacequi</b>	2.546	15,60%	4.560	27,90%	9.233	56,50%	16.339
<b>Dom Pedrito</b>	9.808	21,10%	7.887	17,00%	28.823	61,90%	46.518
<b>Lavras do Sul</b>	607	19,60%	430	13,90%	2.066	66,50%	3.103
<b>Rosário do Sul</b>	4.526	21,60%	3.042	14,50%	13.432	63,90%	21.000
<b>Santana do Livramento</b>	3.452	29,20%	1.193	10,10%	7.179	60,70%	11.824
<b>São Gabriel</b>	4.435	15,00%	3.551	12,00%	21.624	73,00%	29.610

Fonte: IRGA (2005)- Censo da Lavoura Orizícola.



## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item são apresentados os materiais e os métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

Descreve-se o Modelo Cruz (RAVANELLO, 2007), como ferramenta para o auxílio no planejamento e alocação da água a ser distribuída para os usuários outorgados.

O item referente a construção de cenários apresenta as restrições e propostas para a criação dos cenários com a redução do volume de água na lavoura orizícola conforme a adaptação e inserção de novas tecnologias agrícolas.

### 5.1 Modelagem hidrológica

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 referentes à bacia do rio Santa Maria obtidos em projetos anteriores como os elaborados por UFSM/SEMA (2004), Cruz e Silveira (2008) e Ravanello (2007). Estes dados foram utilizados após serem estimadas as demandas por meio dos dados do DRH (2014) e FEPAM (2014).

Cabe salientar que não é objeto deste estudo a definição da disponibilidade hídrica por SHR e nem mesmo o cálculo da demanda hídrica. Estas duas variáveis serão utilizadas como meios para que seja possível avaliar se a redução em uma escala de 1% a 15% na demanda hídrica já definida para um Cenário Hídrico atual, resultará em alguma mudança no balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Estima-se que esta “cenarização” auxilie no processo de gerenciamento dos recursos hídricos da bacia.

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 Ravello, 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, que está inserido no EXCEL.

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 9.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade de Marco Zero	Demand a Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade de Remanescente
B	C	D	E	F	G	H	I	J
SHRSM4		=C4*0,5	=C4-D4	0	=F4		=H4	=E4-I4
SHRSM3		=C5*0,5	=C5-D5	0,2536	=F4+F5		=H4+H5	=E5-I5
SHRSM5		=C6*0,5	=C6-D6	4,3432	=F6		=H6	=E6-I6
SHRSM6		=C7*0,5	=C7-D7	3,3689	=SOMA(F4:F7)		=SOMA(H4:H7)	=E7-I7
SHRSM7		=C8*0,5	=C8-D8	0	=F8		=H8	=E8-I8
SHRSM8		=C9*0,5	=C9-D9	0,2229	=F9		=H9	=E9-I9
SHRSM9		=C10*0,5	=C10-D10	7,6393	=SOMA(F4:F10)		=SOMA(H4:H10)	=E10-I10
SHRSM1		=C11*0,5	=C11-D11	0,5923	=F11		=H11	=E11-I11
SHRSM2		=C12*0,5	=C12-D12	9,3429	=F11+F12		=H11+H12	=E12-I12
SHRSM1 <sub>1</sub>		=C13*0,5	=C13-D13	0,4885	=F13		=H13	=E13-I13
SHRSM1 <sub>0</sub>		=C14*0,5	=C14-D14	0,0104	=F14		=H14	=E14-I14
SHRSM1 <sub>3</sub>		=C15*0,5	=C15-D15	1,4262	=SOMA(F13:F15)		=SOMA(H13:H15)	=E15-I15
SHRSM1 <sub>2</sub>		=C16*0,5	=C16-D16	4,4606	=SOMA(F11:F16)		=SOMA(H11:H16)	=E16-I16
SHRSM1 <sub>4</sub>		=C17*0,5	=C17-D17	0,8264	=F17		=H17	=E17-I17
SHRSM1 <sub>5</sub>		=C18*0,5	=C18-D18	4,2842	=SOMA(F11:F18)		=SOMA(H11:H18)	=E18-I18
SHRSM1 <sub>6</sub>		=C19*0,5	=C19-D19	7,1208	=SOMA(F4:F19)		=SOMA(H4:H19)	=E19-I19
SHRSM1 <sub>9</sub>		=C20*0,5	=C20-D20	4,8419	=SOMA(F4:F20)		=SOMA(H4:H20)	=E20-I20
SHRSM1 <sub>7</sub>		=C21*0,5	=C21-D21	2,9092	=F21		=H21	=E21-I21
SHRSM1 <sub>8</sub>		=C22*0,5	=C22-D22	1,283	=F21+F22		=H21+H22	=E22-I22
SHRSM2 <sub>0</sub>		=C23*0,5	=C23-D23	0,0561	=F23		=H23	=E23-I23
SHRSM2 <sub>1</sub>		=C24*0,5	=C24-D24	0,2842	=SOMA(F4:F24)		=SOMA(H4:H24)	=E24-I24

Quadro 9 – Estrutura do Modelo Cruz.

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

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.

#### 5.1.1 Definição das vazões de retorno

Este estudo prevê a redução da demanda hídrica por SHR, a partir da implementação do uso de técnicas agrícolas. Desta forma, estima-se que esta redução, ou seja, essa retirada de água da demanda deva ser alocada em outro lugar. Neste caso, trabalhou-se com a hipótese de que esta água estaria disponível no rio ou na sua seção hidrológica de referência novamente para ser outorgada, sendo um incremento na vazão de referência.

Atribuiu-se o nome de Qretorno para esta vazão de água disponível após ser retirada da demanda hídrica da sua respectiva SHR. A Qretorno foi somada às vazões de referência, resultando em um novo valor também da disponibilidade de marco zero, pois esta é resultado da subtração da Q90 da SHR com a Qambiental. Então, quanto maior a Q90, maior será o resultado do marco zero.

Após a realização destes cálculos, foram construídos os Cenários de alocação de água descritos no item abaixo. O quadro 10 apresenta a estrutura utilizadas para a determinação da Qretorno. A Qretorno foi determinada conforme a escala de 1%, 5%, 10% e 15% de redução da demanda de água destinada a irrigação do arroz.

Considera-se então, a Qretorno uma adaptação no Modelo Cruz, bem como a inserção das vazões das barragens outorgadas, especializadas por SHRs com o auxílio de ferramentas de Sistemas de informações Geográficas (SIG) acumuladas, somadas a vazão de referência como proposto no mês de janeiro, mês que apresenta necessidade de racionamento.

Seção hidrológica	Cenário 0		Cenário 1%		Cenário 5%		Cenário 10%		Cenário 15%	
	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno
SHRSM4	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SHRSM3	0.2536	0	0.2511	0.0025	0.2409	0.0127	0.2282	0.0254	0.2156	0.0380
SHRSM5	4.3432	0	4.2998	0.0434	4.1260	0.2172	3.9089	0.4343	3.6917	0.6515
SHRSM6	3.3689	0	3.3352	0.0337	3.2005	0.1684	3.0320	0.3369	2.8636	0.5053
SHRSM7	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SHRSM8	0.2229	0	0.2207	0.0022	0.2118	0.0111	0.2006	0.0223	0.1895	0.0334
SHRSM9	7.6393	0	7.5629	0.0764	7.2573	0.3820	6.8754	0.7639	6.4934	1.1459
SHRSM1	0.5923	0	0.5864	0.0059	0.5627	0.0296	0.5331	0.0592	0.5035	0.0888
SHRSM2	9.3429	0	9.2495	0.0934	8.8758	0.4671	8.4086	0.9343	7.9415	1.4014
SHRSM11	0.4885	0	0.4836	0.0049	0.4641	0.0244	0.4397	0.0489	0.4152	0.0733
SHRSM10	0.0104	0	0.0103	0.0001	0.0099	0.0005	0.0094	0.0010	0.0088	0.0016
SHRSM13	1.4262	0	1.4119	0.0143	1.3549	0.0713	1.2836	0.1426	1.2123	0.2139
SHRSM12	4.4606	0	4.4160	0.0446	4.2376	0.2230	4.0145	0.4461	3.7915	0.6691
SHRSM14	0.8264	0	0.8181	0.0083	0.7851	0.0413	0.7438	0.0826	0.7024	0.1240
SHRSM15	4.2842	0	4.2414	0.0428	4.0700	0.2142	3.8558	0.4284	3.6416	0.6426
SHRSM16	7.1208	0	7.0496	0.0712	6.7648	0.3560	6.4087	0.7121	6.0527	1.0681
SHRSM19	4.8419	0	4.7935	0.0484	4.5998	0.2421	4.3577	0.4842	4.1156	0.7263
SHRSM17	2.9092	0	2.8801	0.0291	2.7637	0.1455	2.6183	0.2909	2.4728	0.4364
SHRSM18	1.283	0	1.2702	0.0128	1.2189	0.0642	1.1547	0.1283	1.0906	0.1925
SHRSM20	0.0561	0	0.0555	0.0006	0.0533	0.0028	0.0505	0.0056	0.0477	0.0084
SHRSM21	0.2842	0	0.2814	0.0028	0.2700	0.0142	0.2558	0.0284	0.2416	0.0426

Quadro 10 – Exemplo da determinação das vazões de retorno.

### 5.1.2 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 mais 4 Cenários que possuem como conceito metodológico a redução gradual na demanda



de água destinada para a irrigação da lavoura de arroz na bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Porém, durante a realização deste estudo, optou-se em criar um sexto cenário, denominado Cenário 5, aplicado somente ao mês de janeiro que tem como proposta a inserção das vazões das barragens ou reservatórios de água outorgados. Esta informação (vazão das barragens ou reservatórios destinados a irrigação) foi especializada com o auxílio de ferramenta SIG e utilizada como incremento na disponibilidade hídrica da bacia.

Realizou-se desta forma o balanço hídrico para o mês de janeiro considerando a demanda atual e frente a disponibilidade hídrica estimada em estudos anteriores. Para este cenário, também foram realizadas as reduções na escala de 1% a 15% das demandas por SHR.

Antes de serem construídos os cenários, foram elaboradas as hipóteses que levaram em conta o uso e avanço gradual de técnicas que viabilizem a redução da demanda de água durante o ciclo da cultura do arroz. Tais variações nos manejos aplicados ao cultivo do arroz irrigado foram pensadas em uma escala de 20%, 40%, 60%, 80% e 100% de implantação na área da BRHSM.

Parte-se do pressuposto que estas técnicas agrícolas aumentam a eficiência do setor produtivo e reduzem o volume de água demandado em cada Seção Hidrológica de Referência (SHR) da BRHSM.

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.

Durante a elaboração das hipóteses da implementação das técnicas agrícolas, foram encontradas dificuldades conceituais e metodológicas para que fosse possível propor, com um grau de certeza aceitável, o quanto as técnicas agrícolas reduzem realmente o consumo de água.

Desta forma, optou-se em aplicar a redução percentual na demanda, estimando que seja resultado de técnicas agrícolas bem manejadas e aceitando que estas intervenções reduzam o consumo de água na lavoura.

Somadas a isto, esta redução parte 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.

Cabe salientar que atualmente, conforme UFSM/SEMA (2004), o consumo de água na lavoura de arroz varia de 10.500 m<sup>3</sup>/ha a 8.500 m<sup>3</sup>/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 se fez uso dos trabalhos desenvolvidos por Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravanello (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 ( $Q_{\text{retorno}}$ ).

Soma-se então a  $Q_{\text{retorno}}$  com a vazão de referência da respectiva SHR a qual foi retirada. Por exemplo, se o valor da Q90 é de 10 m<sup>3</sup>/s e a demanda da SHR é de 5 m<sup>3</sup>/s ao realizar a redução de 1% da demanda se obtém uma vazão de retorno de 0.05 m<sup>3</sup>/s. Logo a Q90 passará a 10,05 m<sup>3</sup>/s. Este processo se aplica aos demais Cenários de redução que neste trabalho variam de 1%, 5%, 10% e 15%.

Os *Cenários 2, 3 e 4* possuem seus processos metodológicos de construção semelhantes ao *Cenário 1*. Porém, o *Cenário 2* consta 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.

O *Cenário 5* apresenta a mesma proposta metodológica dos demais cenários, porém, foram acrescentadas as vazões das barragens e reservatórios de água destinadas a irrigação a disponíveis no Departamento de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (DRH, 2014).

Para todas as simulações do *Cenário 5* foram calculadas as  $Q_{\text{retorno}}$  e somadas a  $Q_{\text{referência}}$ , neste caso Q90 calculada para anos secos (anos com déficit hídrico).

O quadro 11 apresenta a estrutura utilizada para realização dos balanços hídricos de alocação de água, nos quais foram utilizadas as vazões outorgadas para barragens de irrigação.

Para o *Cenário 5* se considerou que a vazão outorgada para reservação de água (barragens ou açudes) inseridas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, não retorna, assim como a vazão captada direta do rio (disponibilidade remanescente).

Desta forma, esta água é considerada como acréscimo disponível na SHR. Logo, para as seções que apresentaram disponibilidade hídrica negativa foram acrescentadas as vazões das barragens. Por exemplo (quadro 11), na SHR3, percebe-se a necessidade do racionamento de - 0,0956 m<sup>3</sup>/s das vazões outorgas para captação direta do rio. Porém, considerando a vazão outorgada para reservação de água na SHR, se tem disponível 0,5800 m<sup>3</sup>/s permitindo que a demanda da seção seja atendida. Embora não tenha água para ser captada no rio, se tem água reservada.

Ressalta-se que a vazão outorgada para reservação de água é diferente da vazão captada diretamente dos rios. Embora seu uso tenha o mesmo destino, a irrigação da lavoura orizícola.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Barragens	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Qoutorga Barragens	Qoutorga + Barragens acumulado	Disponibilidade Remanescente	Função Objetivo	% Atendimento individual	% Atendimento individual + Barragens
SHRSM4	0,1347	0,0000	0,1888	-0,0541	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0541	-	-	-
SHRSM3	0,2311	0,5800	0,3238	-0,0927	0,7208	0,7208	-0,0927	-0,0927	0,5800	0,5800	0,0000	1,0000	-13%	80%
SHRSM5	0,3944	8,1888	0,5528	-0,1584	8,2087	8,2087	-0,1584	-0,1584	8,1888	8,1888	0,0000	1,0000	-2%	100%
SHRSM6	1,1659	6,3026	1,6340	-0,4681	7,0324	15,9619	-0,2170	-0,4681	6,3026	15,0714	0,0000	1,0000	-3%	90%
SHRSM7	0,2695	0,0000	0,3776	-0,1081	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,1081	-	-	-
SHRSM8	0,2966	0,0037	0,4156	-0,1190	0,5191	0,5191	-0,1190	-0,1190	0,0037	0,0037	0,0000	1,5110	-23%	1%
SHRSM9	3,0861	17,6900	4,3250	-1,2389	14,7080	31,1890	-0,6518	-1,2389	14,7080	29,7831	0,0000	1,0000	-4%	100%
SHRSM1	0,2416	0,4280	0,3386	-0,0970	1,2122	1,2122	-0,0970	-0,0970	0,4280	0,4280	0,0000	1,0000	-8%	35%
SHRSM2	1,2931	16,6300	1,8123	-0,5192	18,5604	19,7726	-0,4222	-0,5192	16,6300	17,0580	0,0000	1,0000	-2%	90%
SHRSM11	0,3508	0,4400	0,4916	-0,1408	1,3986	1,3986	-0,1408	-0,1408	0,4400	0,4400	0,0000	1,0000	-10%	31%
SHRSM10	0,1091	0,0000	0,1530	-0,0439	0,0833	0,0833	-0,0439	-0,0439	0,0000	0,0000	0,0000	2,3318	-53%	0%
SHRSM13	1,0169	0,7238	1,4351	-0,4182	3,0822	4,5641	-0,2335	-0,4182	0,7238	1,1638	0,0000	1,0000	-8%	23%
SHRSM12	2,8595	7,5362	4,0075	-1,1480	9,1736	33,5103	-0,2106	-1,1480	7,5362	25,7580	0,0000	1,0000	-2%	82%
SHRSM14	0,1152	0,7100	0,1614	-0,0462	1,0471	1,0471	-0,0462	-0,0462	0,7100	0,7100	0,0000	1,0000	-4%	68%
SHRSM15	5,5469	17,5412	5,1891	0,3578	7,1345	41,6919	1,5520	0,3578	7,1345	33,6025	0,0000	1,0000	22%	100%
SHRSM16	7,5270	6,9893	10,5487	-3,0217	15,2129	88,0938	-2,1436	-3,0247	6,9893	70,3749	0,0030	1,0000	-14%	46%
SHRSM19	8,6357	3,5410	12,1025	-3,4668	8,0733	96,1671	-0,4421	-3,4668	3,5410	73,9159	0,0000	1,1125	-5%	44%
SHRSM17	0,6654	7,5910	0,9325	-0,2671	6,1997	6,1997	-0,2671	-0,2671	6,1997	6,1997	0,0000	1,0000	-4%	100%
SHRSM18	1,1163	0,7272	1,5644	-0,4481	3,7796	9,9793	-0,1810	-0,4481	0,7272	6,9269	0,0000	1,0000	-5%	19%
SHRSM20	0,3831	1,4140	0,5369	-0,1538	3,2361	3,2361	-0,1538	-0,1538	1,4140	1,4140	0,0000	1,0000	-5%	44%
SHRSM21	10,3692	0,4424	14,5319	-4,1627	1,6348	111,0173	-0,0940	-4,16	0,4424	82,70	0,0000	1,1183	-6%	27%

Quadro 11 – Exemplo da estrutura para cálculo do Cenário 5 no mês de janeiro.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Análises gerais dos resultados

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 mesmo. 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.

Estima-se que o racionamento da água 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.

As vazões de referência obtidas para anos secos, e o cruzamento destas informações com uma vazão ambiental, ou seja, uma vazão de restrição obtida para anos médios, anos sem déficit hídrico, resulta em uma disponibilidade no Marco Zero negativa.

Quando se analisa o *Cenário 5* (cenário com barragens) percebe-se que este incremento de água realizado pela reservação de água, permite que mesmo as SHRs com necessidade de racionamento, quando se avalia a água captada diretamente do rio, são atendidas.

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.

Atribuiu-se o aumento nas vazões 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 Qracionamento (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.

Isto porque o operador terá como resultado as vazões outorgadas por SHRs e as vazões de disponibilidades remanescentes positivas ou iguais a zero. Logo, o operador ou gestor de recursos hídricos pode realizar ajustes manuais e redistribuir a água de maneira equânime proporcionando um resultado “ótimo” sob o aspecto individual e global. Estes resultados foram observados para todos os meses, exceto para o mês de janeiro, onde se preconiza a necessidade do racionamento de água e foram encontradas dificuldades para simulação dos cenários com o SOLVER.

Atualmente, os volumes outorgados de água para bacia hidrográfica do rio Santa Maria variam de 10.500 m<sup>3</sup>/ha a 8.500 m<sup>3</sup>/ha. Desta forma, quando se propõem uma redução de 15% na demanda, chega-se ao valor de 8.925 m<sup>3</sup>/ha à 7.225 m<sup>3</sup>/ha ou seja valores acima dos mínimos encontrados em trabalhos que estudam o consumo de água na lavoura do arroz irrigado como pode-se observar no item 4.1.3 (Demanda Hídrica).

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 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.

As planilhas estruturadas para simulação do balanço hídrico de alocação de água (modelo Cruz) para os meses em que se realizou este trabalho estão disponíveis no Apêndice A.

## **6.2 Vazões de retorno a partir da redução da demanda**

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 ( $Q_{\text{retorno}}$ ) 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  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para as SHRs 2, 9 e 16. As maiores vazões de retorno para os meses de Dezembro e Janeiro resultaram em valores aproximados a  $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$  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  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para as SHRs 2, 11, 12, 16 e 19.

As Figura 6 a 9 apresentam as vazões de retorno por SHR para os meses de Novembro a Fevereiro.

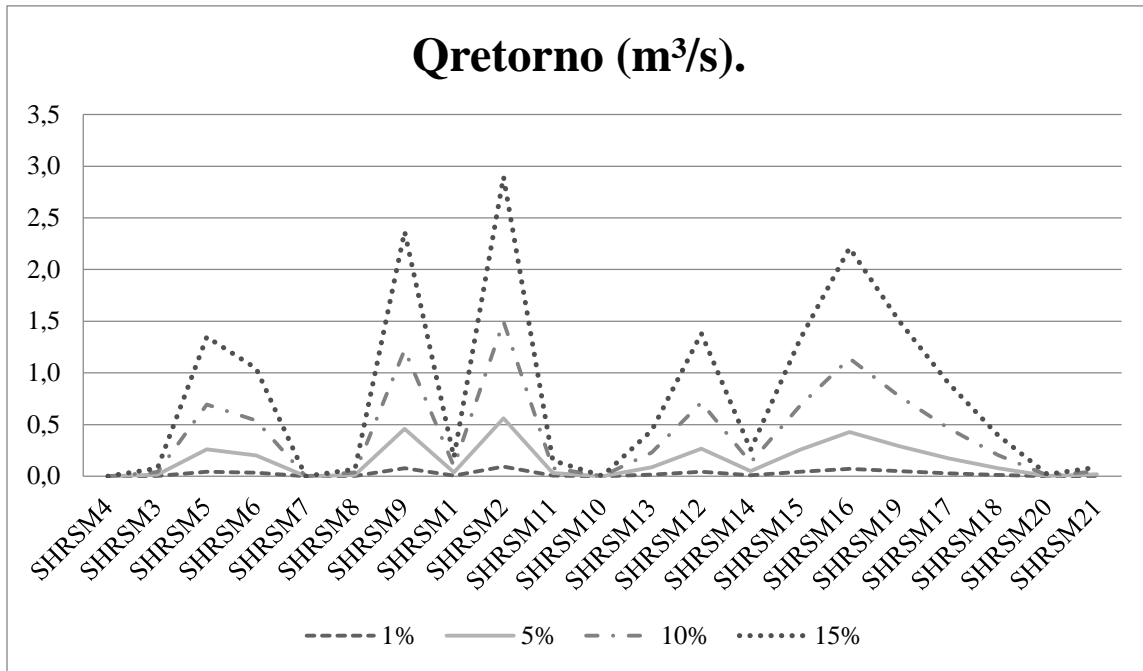


Figura 6 – Vazões de retorno para o mês de Novembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.

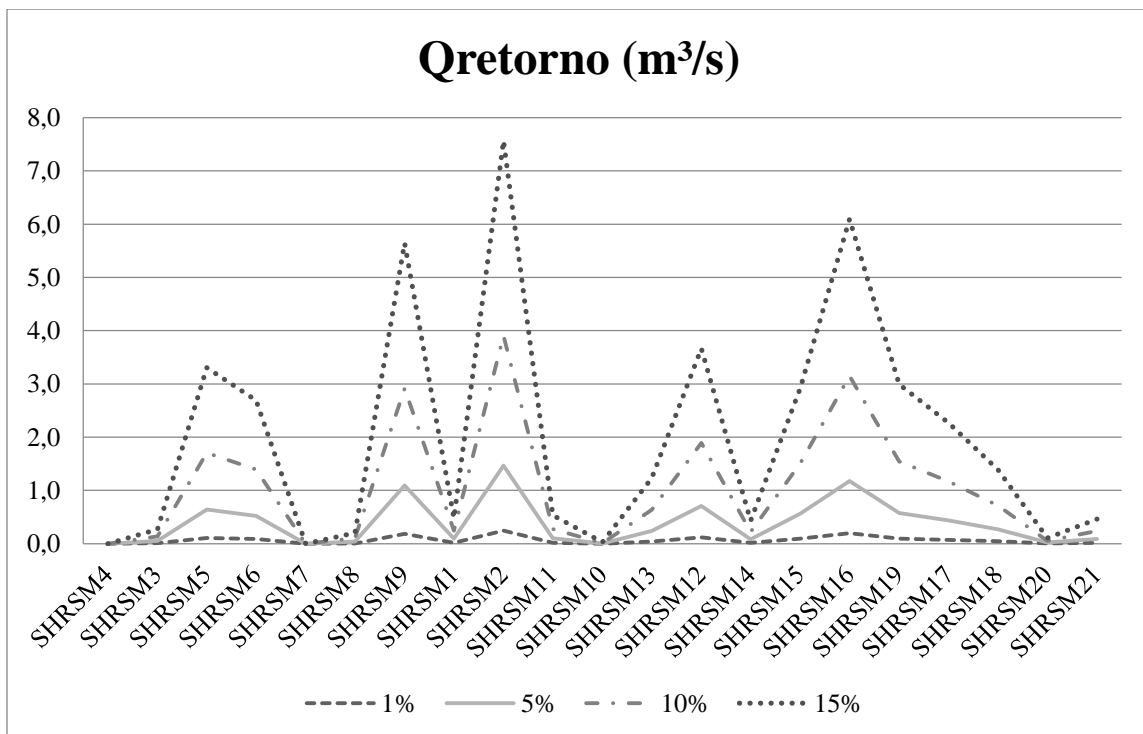


Figura 7 – Vazões de retorno para o mês de Dezembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.



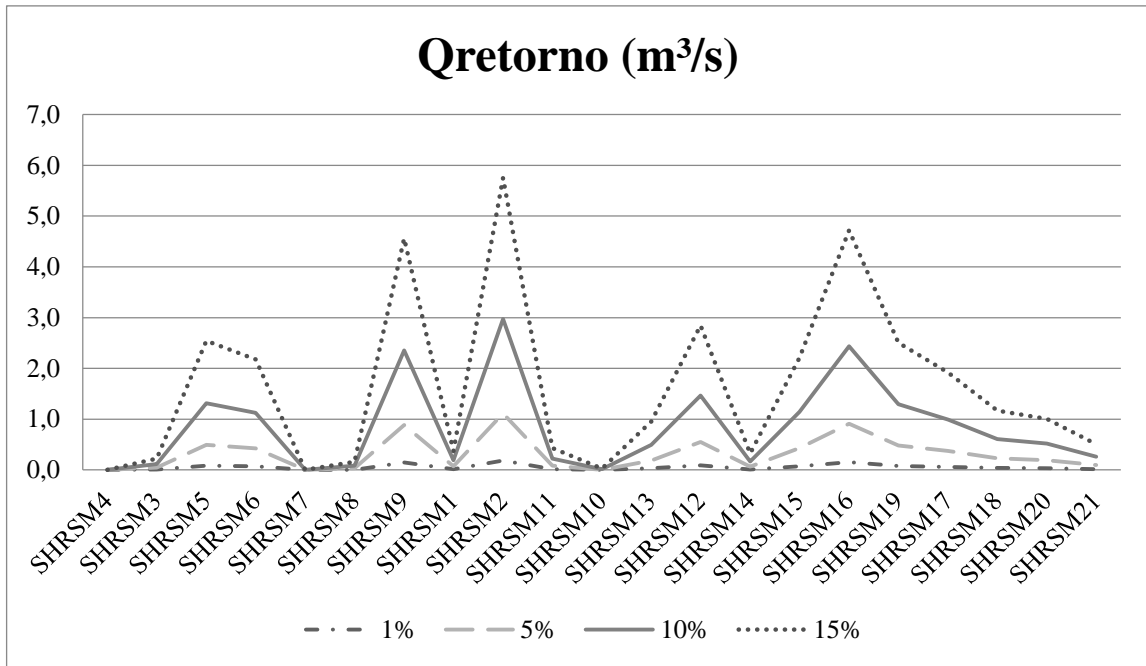


Figura 8 – Vazões de retorno para o mês de Janeiro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.

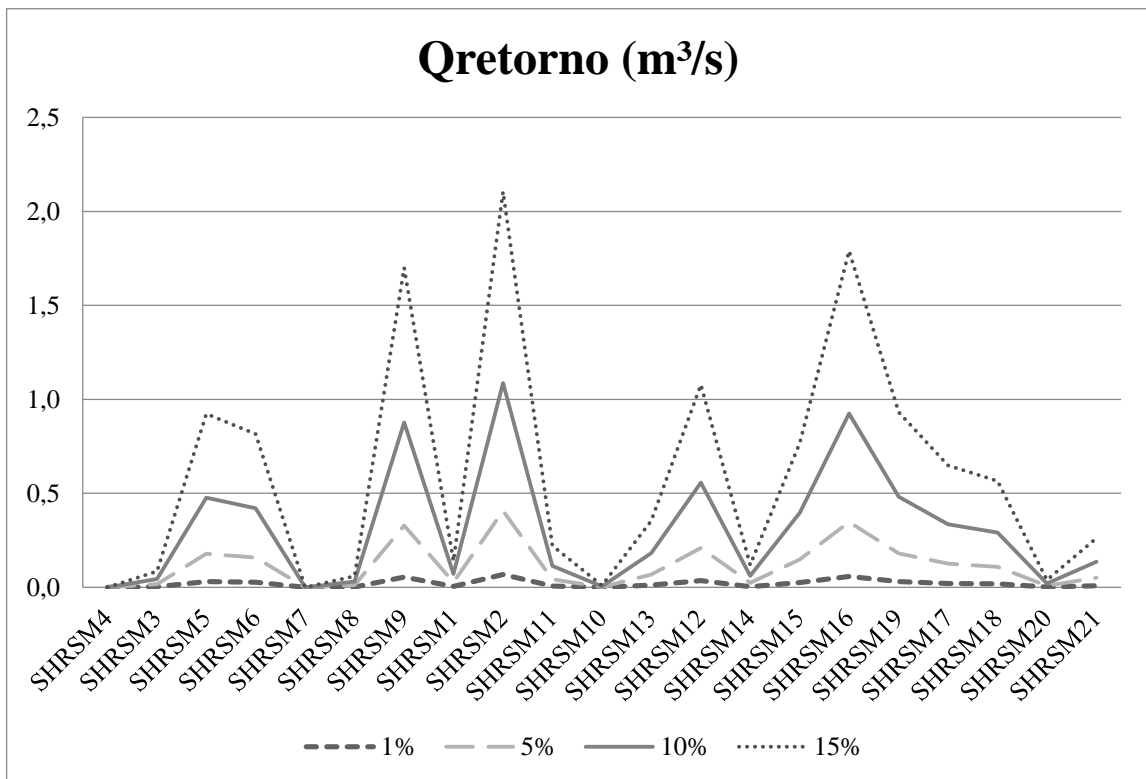


Figura 9 – Vazões de retorno para o mês de Fevereiro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda.

### **6.3 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.

Não foram realizados ajustes manuais nos valores concedidos como outorga individual ou racionamento individual. Desta forma, foi possível avaliar se o algoritmo de otimização (SOLVER), com a inserção da restrição Disponibilidade Remanescente maior ou igual a 0, teria resultados semelhantes ou melhores que os obtidos em estudos anteriores.

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 10) e fevereiro (figura 11), 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. Isto 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.

Os resultados da simulação de diferentes balanços hídricos com diferentes cenários de redução na demanda de água destinada para lavoura orizícola são apresentados para os meses de Novembro a Fevereiro nos itens que seguem.

Foram elaborados mapas para que fosse possível visualizar a distribuição do atendimento (%) e outorgas concedidas e as disponibilidades remanescentes ( $m^3/s$ ) espacializadas 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).

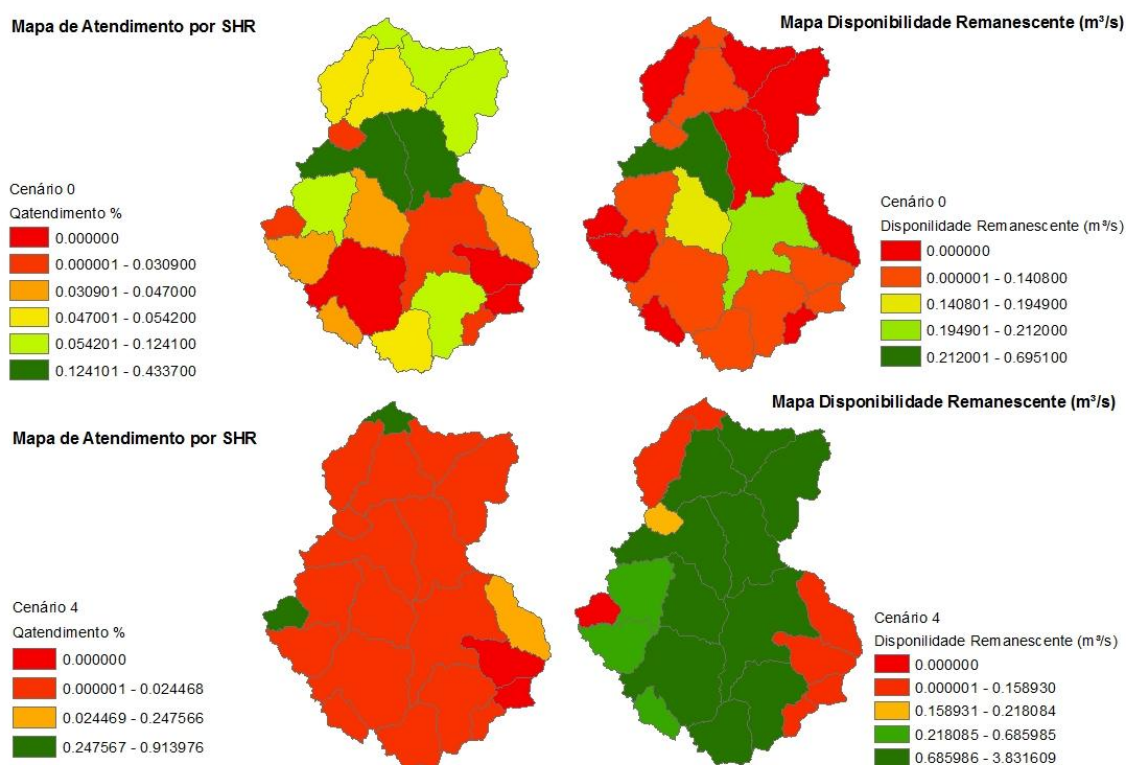


Figura 10 – Mapa de alocação de água após simulação no Modelo Cruz mês de dezembro.

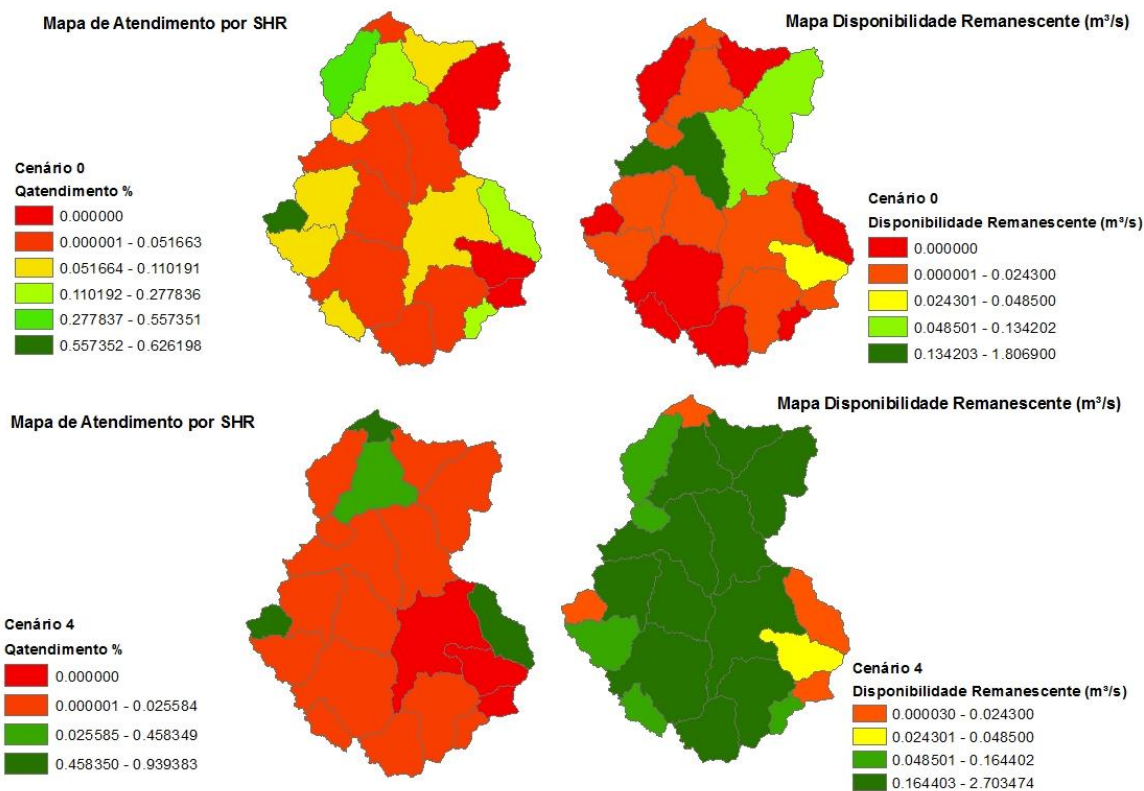


Figura 11 – Mapa de alocação de água após a simulação no Modelo Cruz mês de fevereiro.

### 6.3.1 Resultados de Novembro.

A Figura 12 apresenta os resultados obtidos para as vazões outorgadas acumuladas para os diferentes cenários de outorga. Os valores variam de 9,67 m<sup>3</sup>/s para o Cenário 0, estabelecido por Ravanello (2007), a 9,87 m<sup>3</sup>/s, Cenário 3, que prevê a redução de 10% na demanda de água nas lavouras orizícolas.

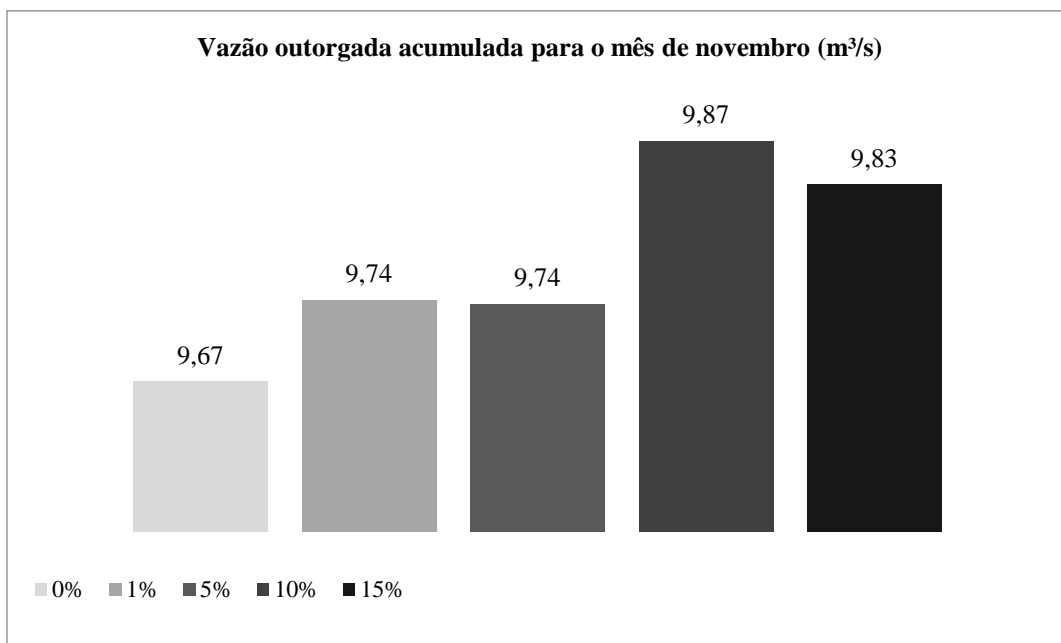


Figura 12 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de Novembro.

O Cenário 3 para o mês de novembro apresentou melhor resultado de vazão outorgada acumulada quando comparado aos demais. Estima-se que o modelo tenha realizado uma melhor alocação de água otimizada entre os usuários, permitindo que a vazão outorgada acumulada fosse maior. A vazão outorgada acumulada para o Cenário 4 foi menor pelo fato de sua demanda ter sido reduzida 15% fazendo com que sua necessidade de outorga resultasse em um valor menor que os demais cenários.

Pode-se dizer que a redução da demanda de água por SHR resulta em vazões de retorno maiores, permitindo que a água disponível para outorga seja maior. Logo, o modelo permite chegar em valores maiores de atendimento como demonstrado no quadro 12, onde

percebe-se que o Cenário 4 mesmo tendo menor valor de outorga acumulada, apresenta maior valor de atendimento, porque sua demanda foi reduzida 15%.

O Cenário 4 apresentou melhor resultado para distribuição de água quando considera-se que, quanto menor for o somatório da função objetivo, melhor é a alocação de água. O quadro 12 apresenta os resultados obtidos dos somatórios das funções objetivos e a porcentagem de atendimento total para os Cenários do mês de novembro.

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%

Quadro 12 – Atendimento total para o mês de novembro e somatório da Função Objetivo.

O Cenário 1 e 2, cenários de 1% e 5 % de redução na demanda de água apresentaram valores iguais para a vazão outorgada acumulada. Porém o Cenário 2 chegou a 19% de atendimento.

Pode-se perceber que a inserção da restrição Disponibilidade Remanescente após a outorga deve ser maior ou igual a zero, resultou em um somatório da vazão outorgada acumulada maior que o Cenário 0, exceto para o Cenário 4.

A Figura 13 e o Quadro 12 permitem avaliar que, embora o atendimento global seja maior para os Cenários 1,2,3 e 4 quando comparados ao Cenário 0, em algumas SHRs (SHR 03, 11, e 15), o atendimento para o Cenário 0 apresentou melhores resultados. Estima-se que isto resulte dos ajustes manuais que foram realizados na elaboração do Cenário 0 (RAVANELLO, 2007).

Logo, percebe-se que com a inserção da restrição Disponibilidade Remanescente maior ou igual a zero no algoritmo de otimização, consegue-se alocar a água de maneira semelhante ao realizado em estudos anteriores, porém não se fazem necessários ajustes manuais.

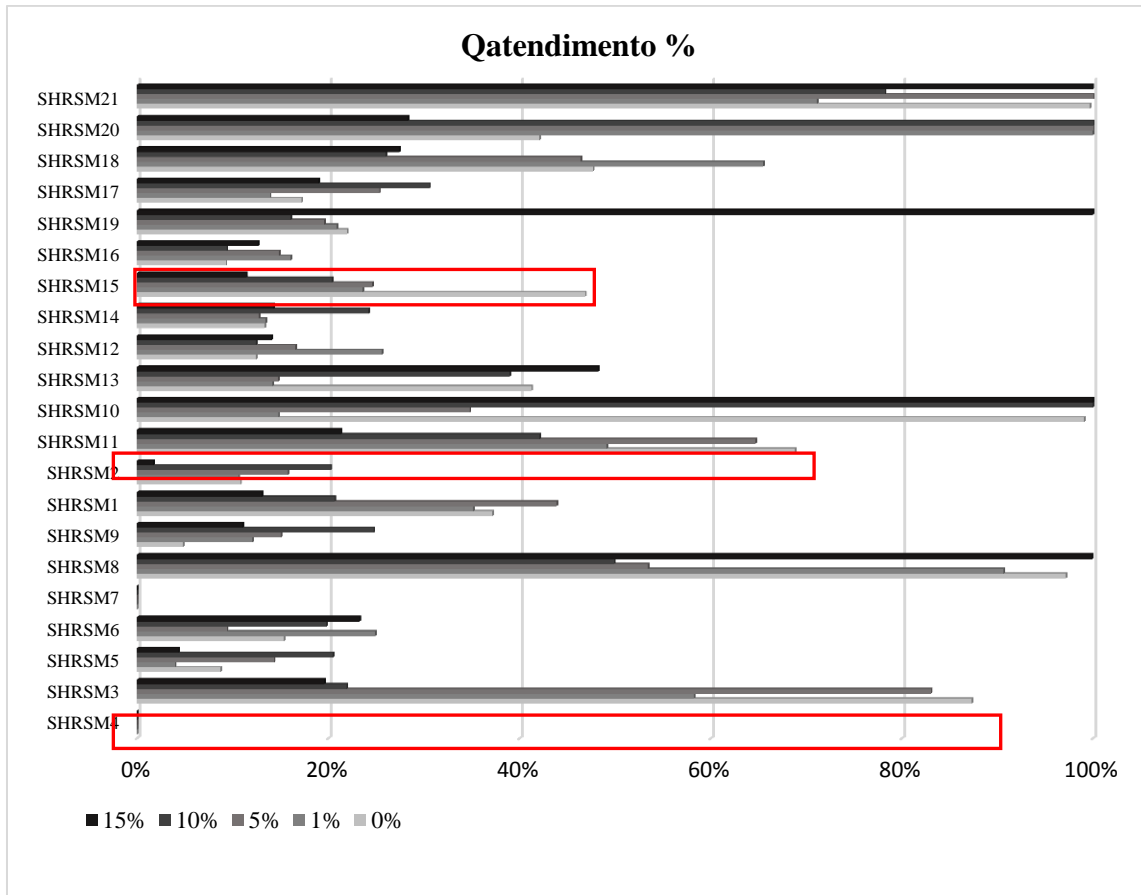


Figura 13 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de novembro.

Legenda: O retângulo vermelho indica as SHR's em que o Cenário 0 apresentou melhores resultados que os Cenários 1, 2, 3 e 4.

Em muitas SHRs foi possível chegar ao 100% de atendimento. Conforme exposto na Figura 13, existe um comportamento padronizado na alocação de água para algumas SHRs, sendo que os percentuais de atendimento aumentam conforme reduz-se a demanda.

As vazões remanescentes (Figura 14) do Cenário 0 foram menores que as dos Cenários 1, 2, 3 e 4, exceto nas SHRs 13 e 20. Para o mês de novembro nota-se que quanto maior a redução da demanda de água, maior é o atendimento global e maior é a vazão remanescente, permitindo, desta forma, realizar um novo balanço hídrico com esta vazão remanescente, aumentando ainda mais o valor outorgado. As figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam os mapas de alocação de água, onde é possível visualizar o atendimento conforme cenário proposto por SHR e a disponibilidade remanescente após a outorga.

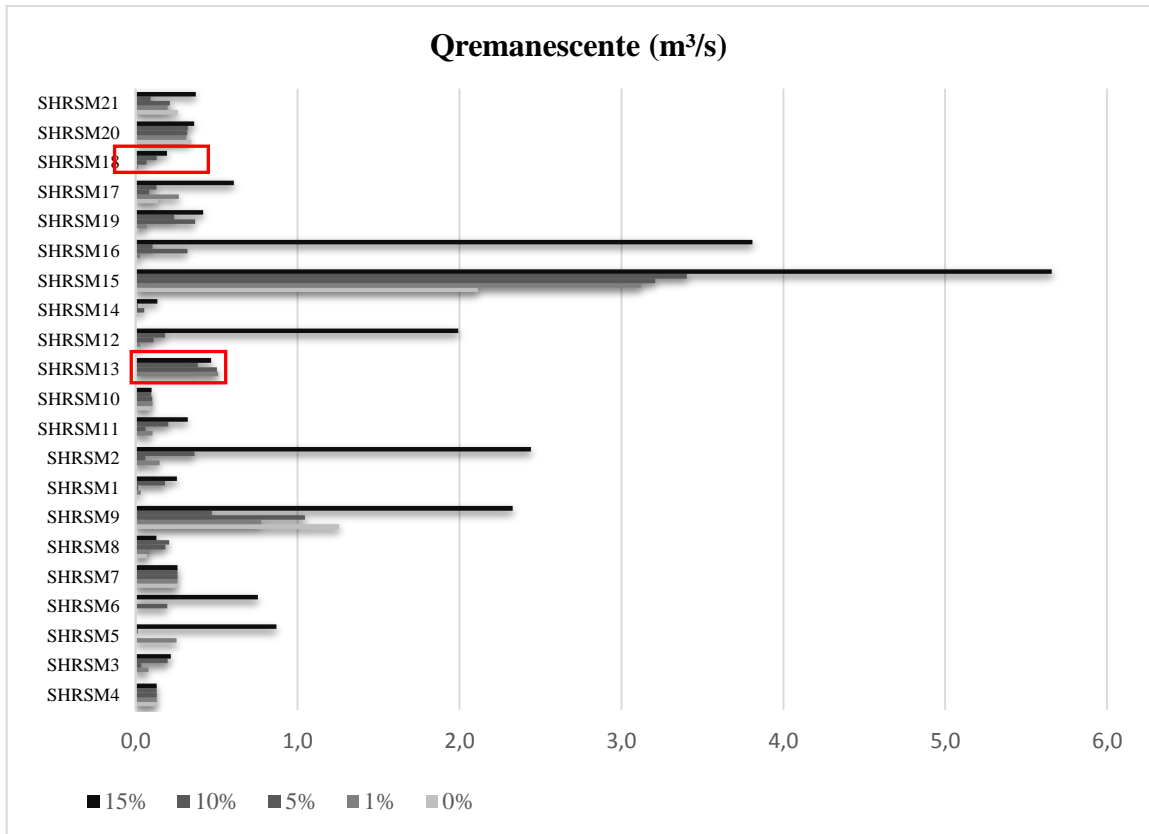


Figura 14 – Vazão Remanescente para o mês de Novembro.

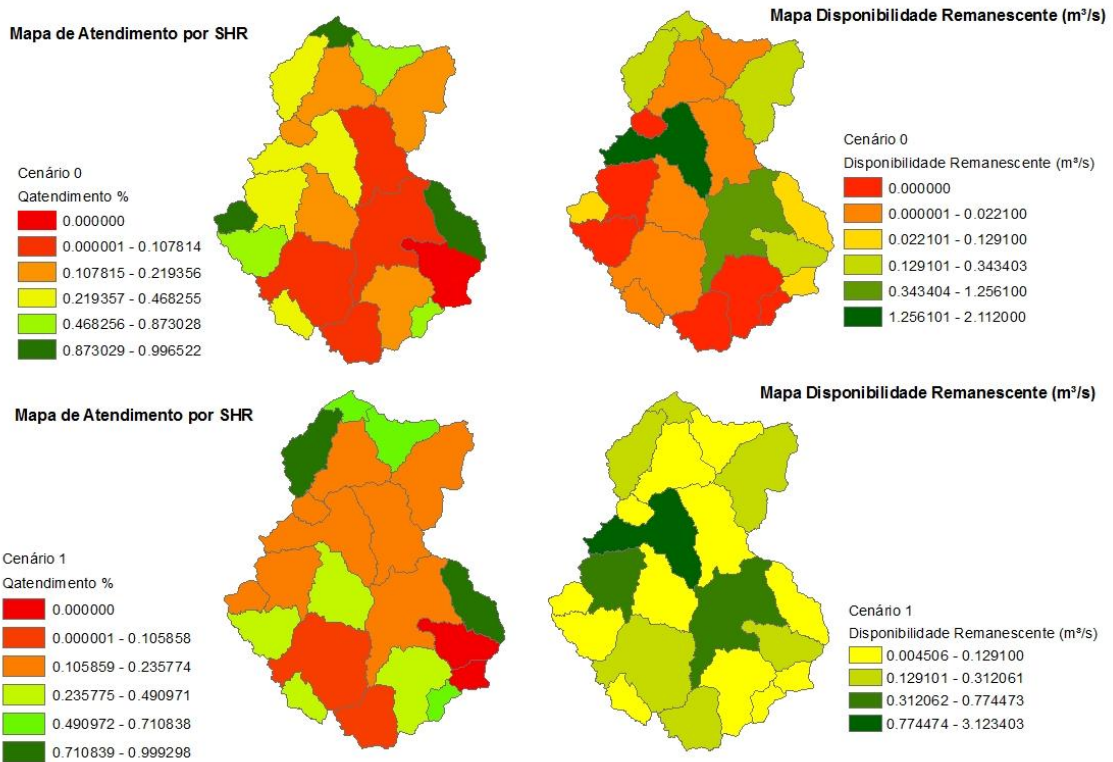


Figura 15 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de Novembro.

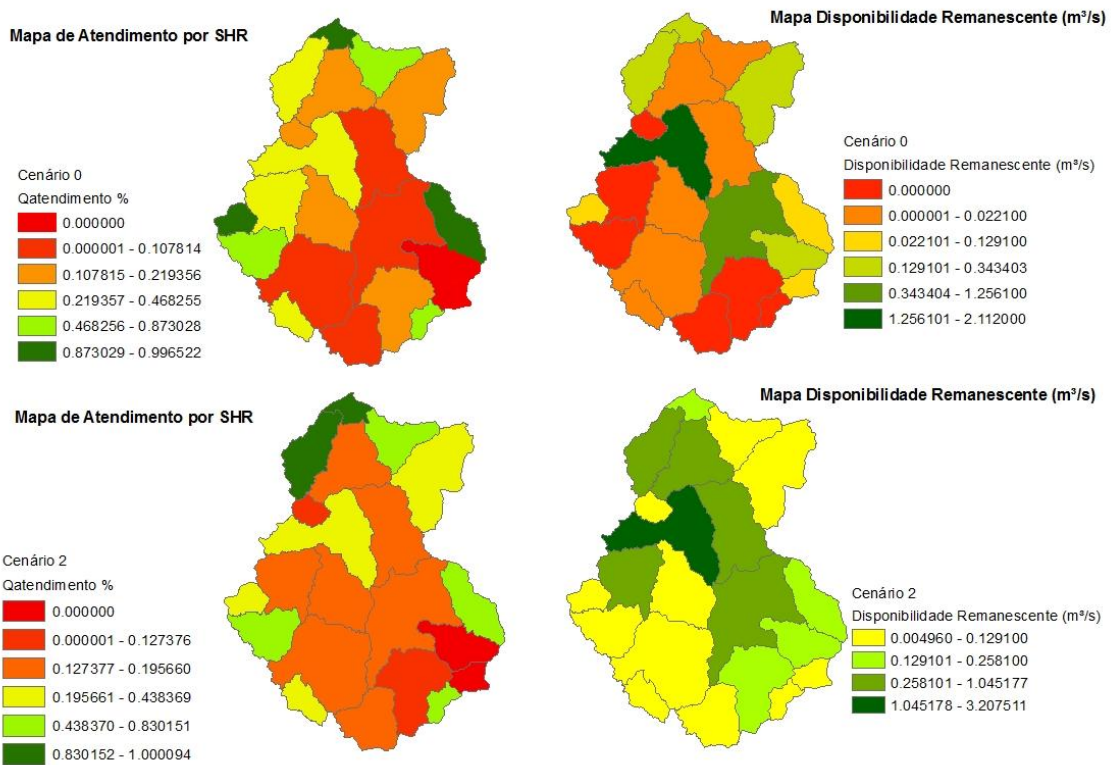


Figura 16 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de Novembro.

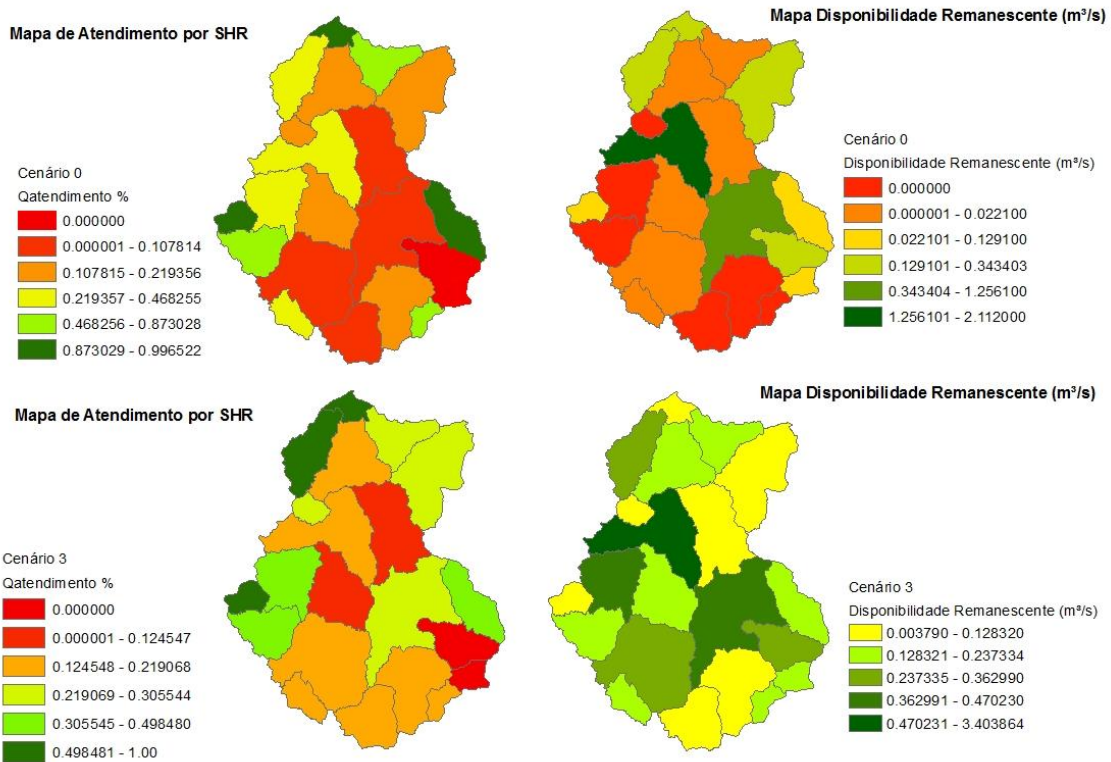


Figura 17 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de Novembro.



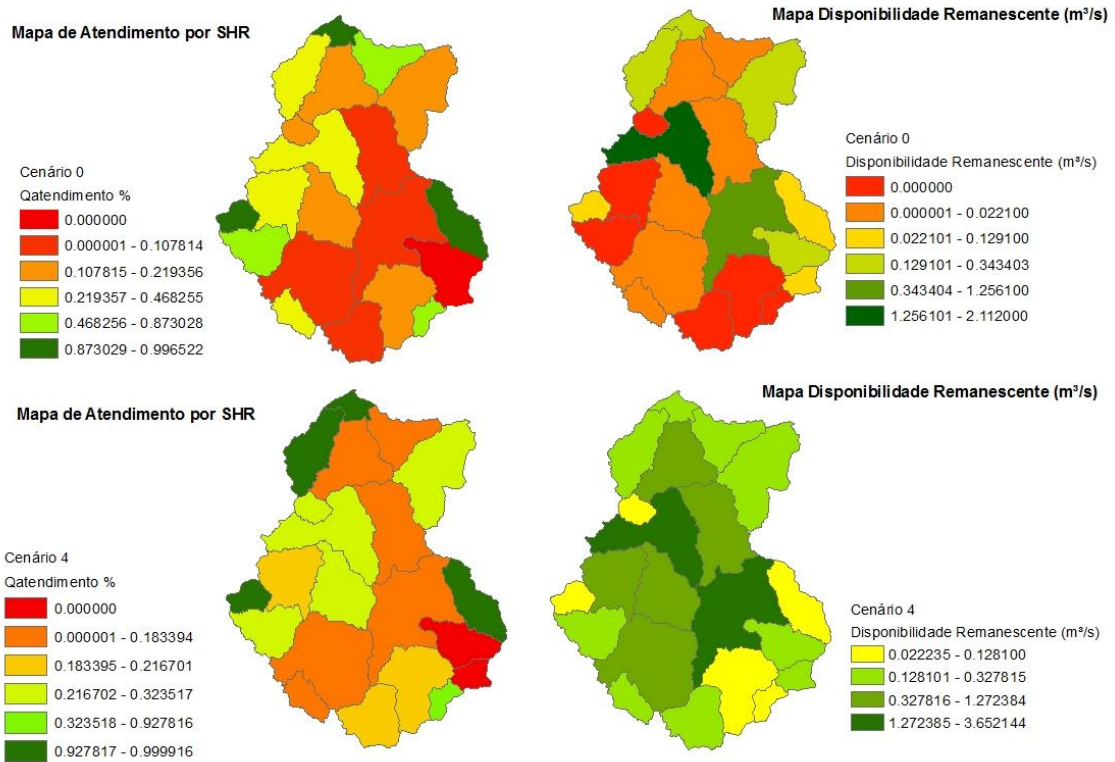


Figura 18 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de Novembro.

É possível perceber que, por exemplo na figura 18, onde se compara o Cenário 0 ao Cenário 4 as SHR's na parte central do mapa, não eram atendidas. Com a redução de 15% na demanda de água destinada a irrigação o atendimento destas seções chega a 18% e sua disponibilidade remanescente varia de 0,32 m³/s à 3,65 m³/s.

O Cenário 1 quando comparado ao Cenário 0, apresenta uma melhor distribuição de água pela bacia. Resultando também em uma maior disponibilidade remanescente. As SHR's 4 e 7 não possuem demanda de água referente a irrigação da lavoura de arroz. Logo, seu atendimento em todos os cenários que seguem, para todos os meses será 0.

### 6.3.2 Resultados de Dezembro

Para o mês de dezembro pode-se perceber que a alocação de água e o atendimento por SHR's apresentou resultados melhores que o do Cenário 0. Os valores obtidos após a

simulação para a disponibilidade remanescente dos cenários são maiores quando comparados ao Cenário 0.

A Figura 19 apresenta os resultados obtidos para as vazões outorgadas acumuladas para os diferentes cenários de outorga no mês de Dezembro. Os valores variam de 1,39 m<sup>3</sup>/s para o Cenário 0, estabelecido por Ravanello (2007), a 1,60 m<sup>3</sup>/s, Cenário 4, que prevê a redução de 15% na demanda de água nas lavouras orizícolas.

O algoritmo de otimização (SOLVER) apresentou valores de atendimento global melhores que o Cenário 0. Porém, os valores de atendimento de algumas SHR's do Cenário 0 apresentam uma melhor distribuição. Atribui-se esta melhor alocação de água por SHR, aos ajustes manuais realizados.

Se observou que quanto mais próxima a demanda for da disponibilidade, o otimizador de alocação de água apresentará dificuldade para realizar uma distribuição de água “ótima” a nível individual.

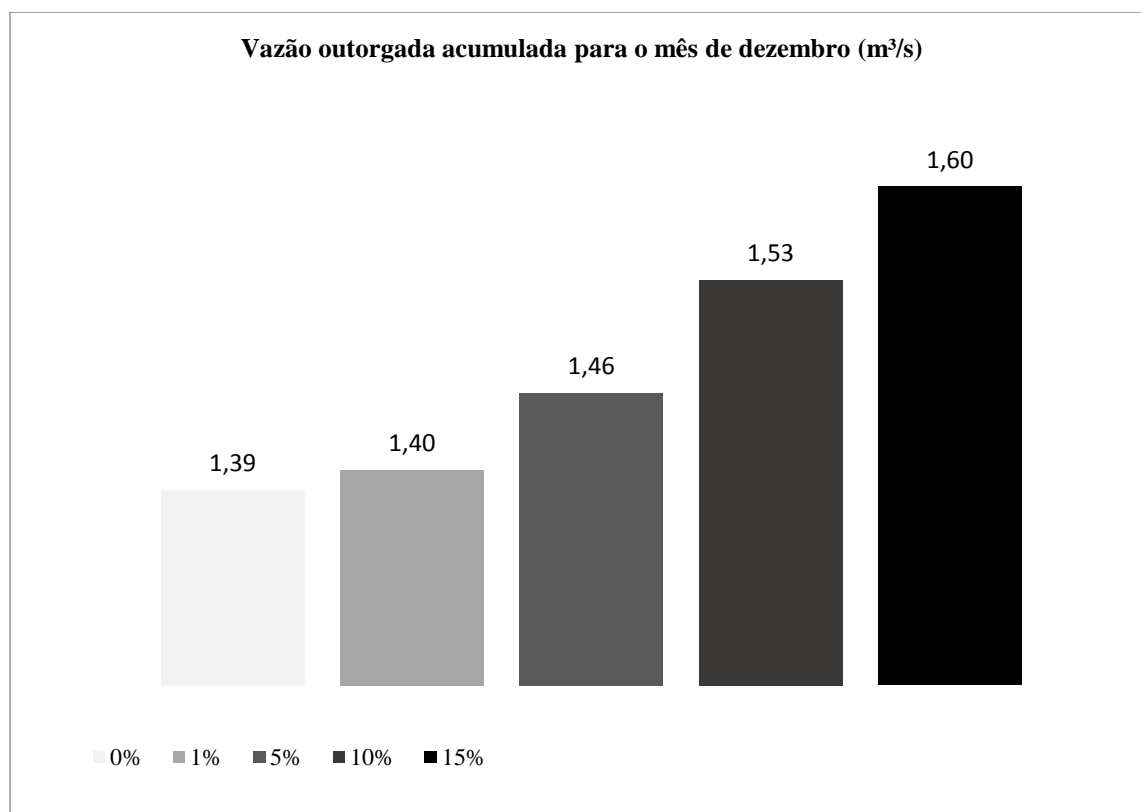


Figura 19 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de dezembro.

O Cenário 4 para o mês de dezembro apresentou melhor resultado de vazão outorgada acumulada quando comparado aos demais.

Para o mês de dezembro, existe uma demanda de água para irrigação da lavoura orizícola maior que a do mês de novembro. Desta forma, as vazões de atendimento apresentam um crescimento ao contrário do exposto na Figura 12 (percentual de atendimento para o mês de novembro).

No mês de Dezembro, pode-se perceber que a redução da demanda de água por SHR resulta em vazões de retorno maiores, permitindo que a água disponível para outorga seja maior. Logo, o modelo consegue outorgar valores maiores para atendimento como demonstrado no, onde percebe-se que o Cenário 4 apresenta maior valor de atendimento, porque sua demanda foi reduzida 15%.

No entanto, o aumento de atendimento global não foi significativo mesmo com a redução da demanda em 15%, devido a uma alta demanda de água por SHR e uma baixa disponibilidade hídrica. Neste mês, pode-se perceber a necessidade da reservação de água para o aumento do atendimento por SHR.

Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	18,3912	1,017%
Cenário 1	17,5380	1,038%
Cenário 2	17,3685	1,123%
Cenário 3	17,168	1,250%
Cenário 4	16,9063	1,380%

Quadro 13 – Atendimento total para o mês de dezembro e somatório da Função Objetivo.

O Cenário 4 apresentou melhor resultado para distribuição de água quando considera-se que, quanto menor for o somatório da função objetivo, melhor é a alocação de água.

Pode-se perceber que a inserção da restrição Disponibilidade Remanescente após a outorga deve ser maior ou igual a zero, resultou em um somatório da vazão outorgada acumulada maior que o Cenário 0.

A Figura 20 e o Quadro 13 permitem avaliar que embora o atendimento global seja maior para os Cenários 1, 2, 3 e 4, quando comparados ao Cenário 0, em algumas SHRs (SHR 03, 05, 06, 01, 11, 15, 17, 18, 19 e 20) o atendimento do Cenário 0 apresentou melhores

resultados. Estima-se que isto ocorra devido aos ajustes manuais que foram realizados na elaboração do Cenário 0 (RAVANELLO, 2007).

Logo, percebe-se que com a inserção da restrição Disponibilidade Remanescente maior ou igual a zero o algoritmo de otimização consegue alocar a água de maneira semelhante ao realizado em estudos anteriores, porém não se fazem necessários ajustes manuais.

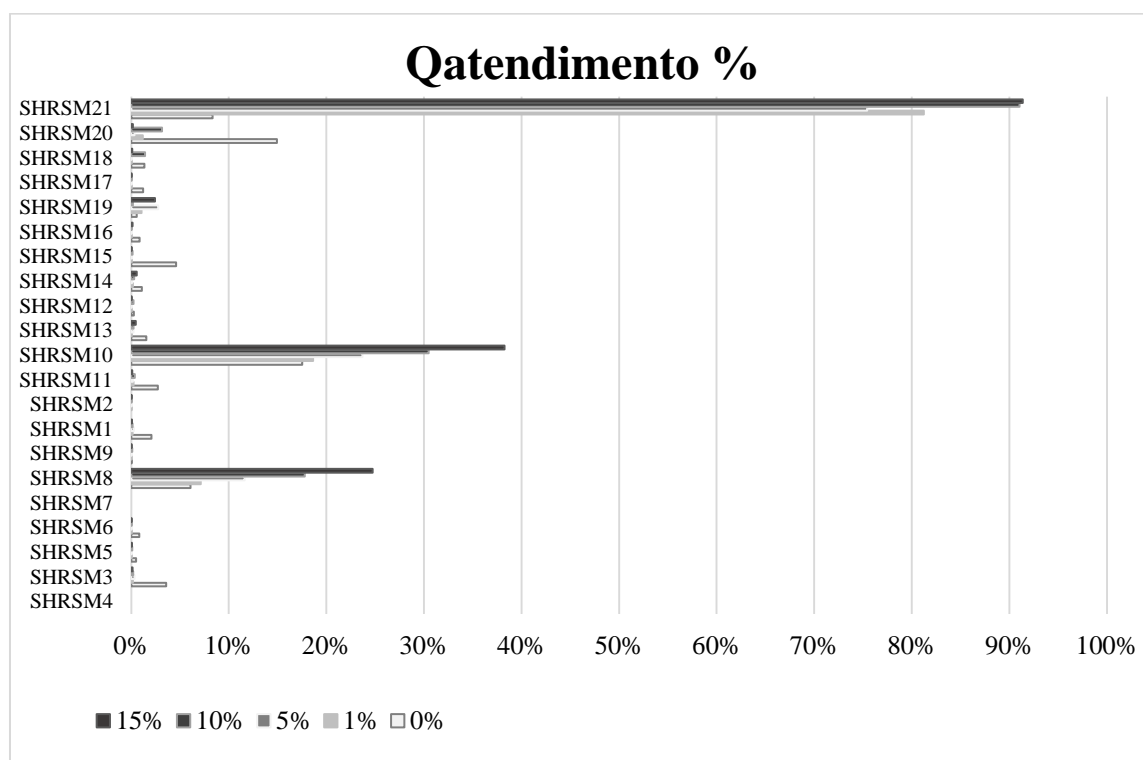


Figura 20 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de Dezembro.

Conforme exposto na Figura 20, existe um comportamento padronizado na alocação de água para algumas SHR's, sendo que estes aumentam conforme reduz-se a demanda. Percebe-se um crescimento no atendimento das demandas por SHR.

As vazões remanescentes (Figura 21) do Cenário 0 foram menores que as dos Cenários 1, 2, 3 e 4. Nota-se que quanto maior a redução da demanda de água, maior é o atendimento global e maior é a vazão remanescente (Figuras 22, 23, 24 e 10), permitindo, desta forma, realizar um novo balanço hídrico com esta vazão remanescente, aumentando ainda mais o valor outorgado.

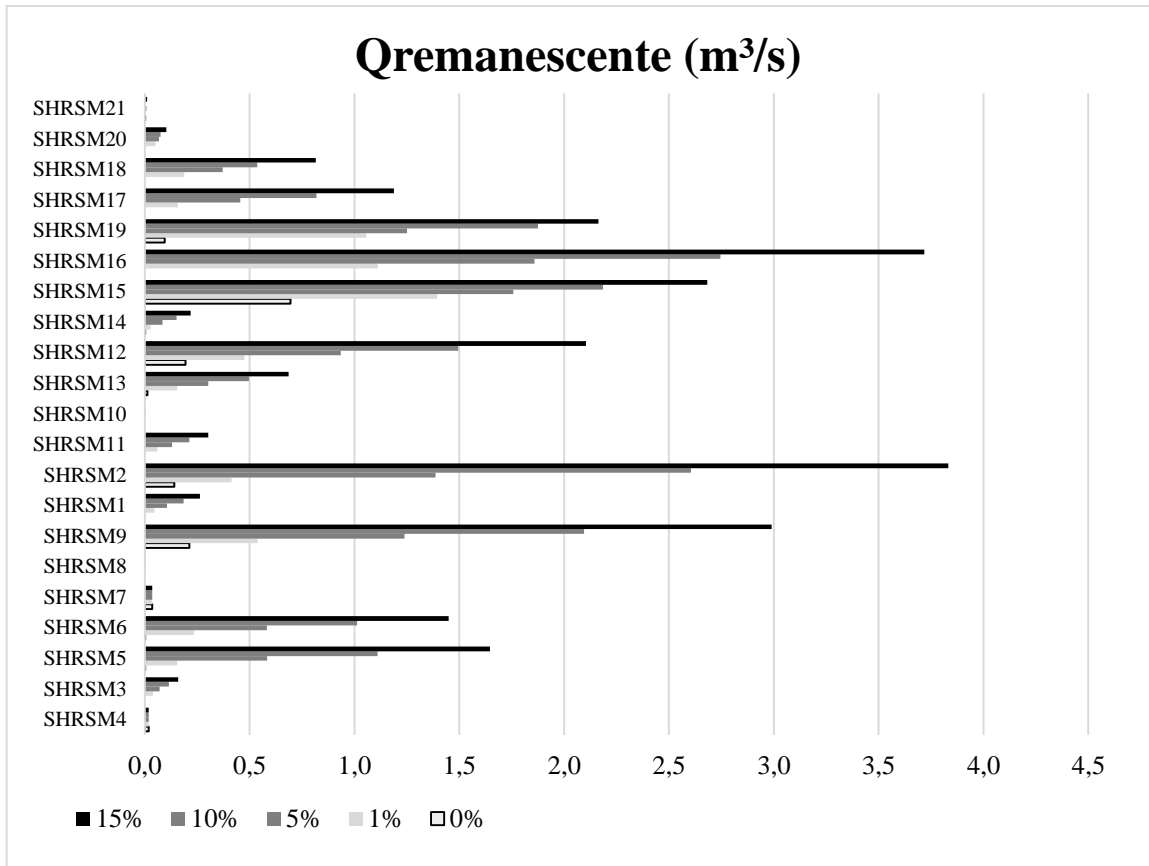


Figura 21 – Vazão Remanescente para o mês de Dezembro.

As vazões remanescentes do mês de Dezembro apresentaram crescimento proporcional à redução da demanda. Ou seja, quanto maior a redução de água, maior a vazão remanescente. Isto permite que sejam feitos ajustes manuais para uma melhor alocação de água que ainda esteja disponível na SHR.

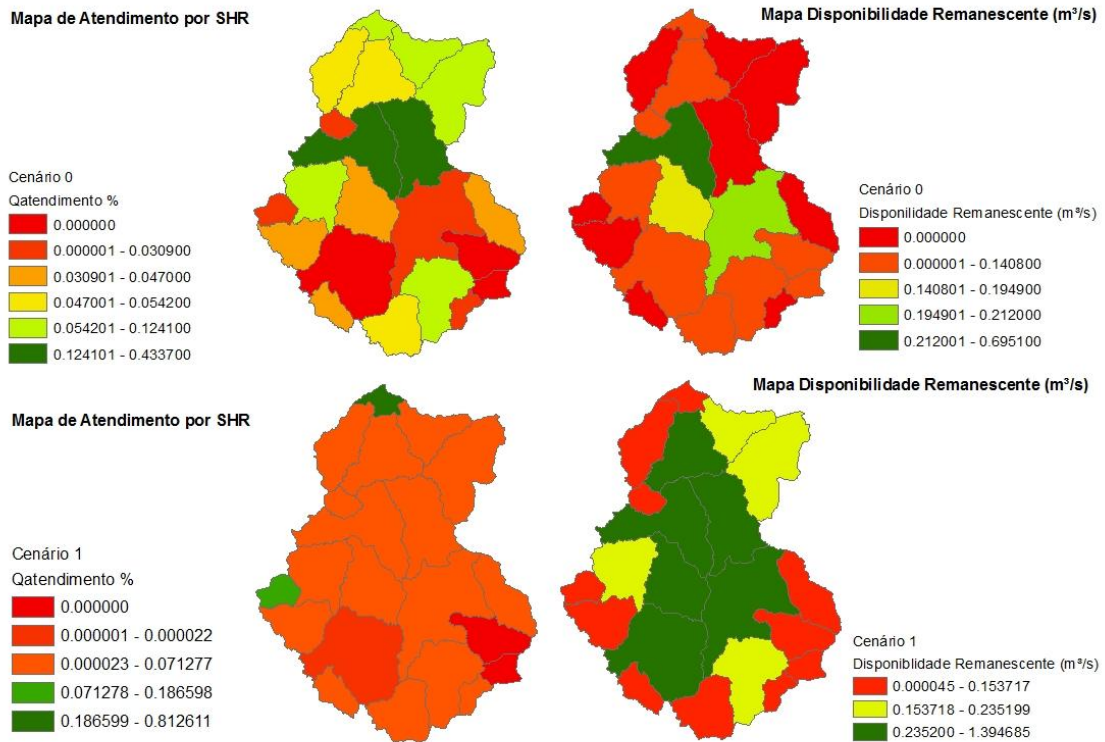


Figura 22 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de dezembro.

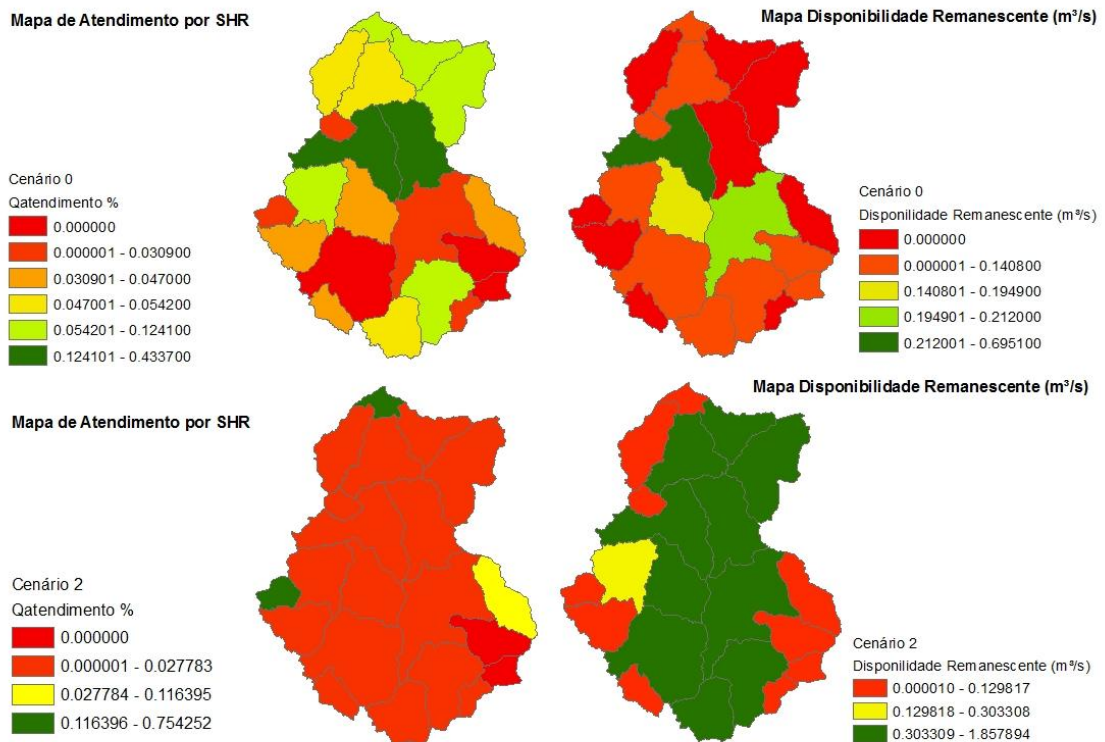


Figura 23 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de dezembro.

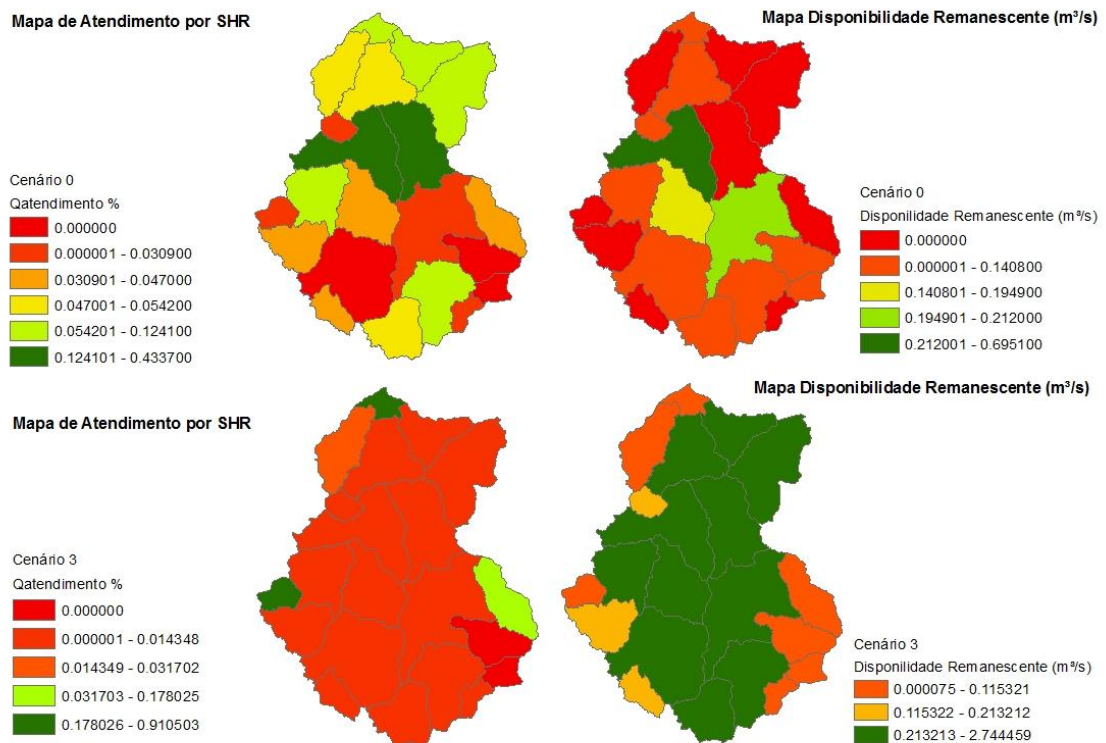


Figura 24 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de dezembro.

### 6.3.3 Resultados de Janeiro

O mês de janeiro após a simulação realizada com o auxílio do modelo Cruz, apresentou a necessidade de racionamento em todos os Cenários avaliados. O Cenário 0, estabelecido por Ravello (2007), apresenta a possibilidade de outorga apenas para as SHRs 15 e 21, que possuem água disponível para outorga após racionamento nas demais SHR's.

Os Cenários gerados após a otimização com a restrição Disponibilidade remanescente maior ou igual a 0 apresentaram valores de vazões remanescentes maiores que o Cenário 0 e o atendimento global similares ao Cenário 0.

O quadro 14 apresenta os resultados de atendimento global para os cenários propostos e suas respectivas funções objetivo.

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%

Quadro 14 – Atendimento total para o mês de janeiro e somatório da Função Objetivo.

Para o mês de janeiro, mesmo sendo possível observar que existe a necessidade de racionamento em algumas SHRs, nota-se, ao mesmo tempo, que após a otimização realizada pelo SOLVER, existem disponibilidades remanescentes no rio em algumas SHR's. Estas disponibilidades hídricas remanescentes apresentam comportamento crescente na maioria das seções.

Quanto mais próximo do exutório, maior é a necessidade de racionamento. Cabe salientar que, se o gestor de recursos hídricos fizer ajustes manuais nas seções de referência, estes valores podem ser alterados, resultando em melhor atendimento individual.

Os resultados dos Cenários 1 a 4 apresentaram-se semelhantes quando comparados ao Cenário 0. Isto quando se avalia a alocação de água e o atendimento.

O atendimento da vazão outorgada ou racionamento acumulado apresentaram os seguintes resultados. O Cenário 0 teve como resultado o atendimento de  $-4,16 \text{ m}^3/\text{s}$ , significando a necessidade de racionamento. Os Cenários 1 e 2 apresentam os valores de  $-4,15 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $-3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ , respectivamente. A partir dos Cenários 3 e 4, percebe-se a alteração do atendimento para  $-3,35 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $-3,33 \text{ m}^3/\text{s}$  (figura 25).

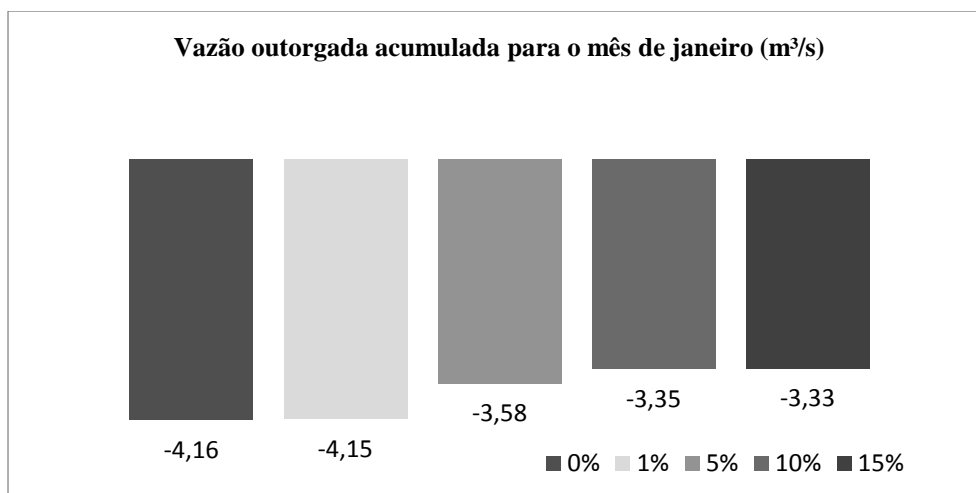


Figura 25 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de janeiro.



Durante a simulação da concessão de outorga para o mês de janeiro, se percebeu a necessidade de adaptações no modelo Cruz, como por exemplo, a inserção das vazões outorgadas para reservação de água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, quando seu uso seja destinado à irrigação.

A figura 26 apresenta as disponibilidades remanescentes após a simulação no modelo Cruz. Na figura 27 observa-se o atendimento em cada SHR da BHRSM.

As figuras 28, 29,30 e 31 apresentam os mapas que foram obtidos após a simulação da alocação de água realizada para o mês de janeiro.

Percebe-se que, a Disponibilidade remanescente maior ou igual a zero forçou o “otimizador” a “pensar” em uma solução que permitisse o atendimento, mantendo a remanescente positiva.

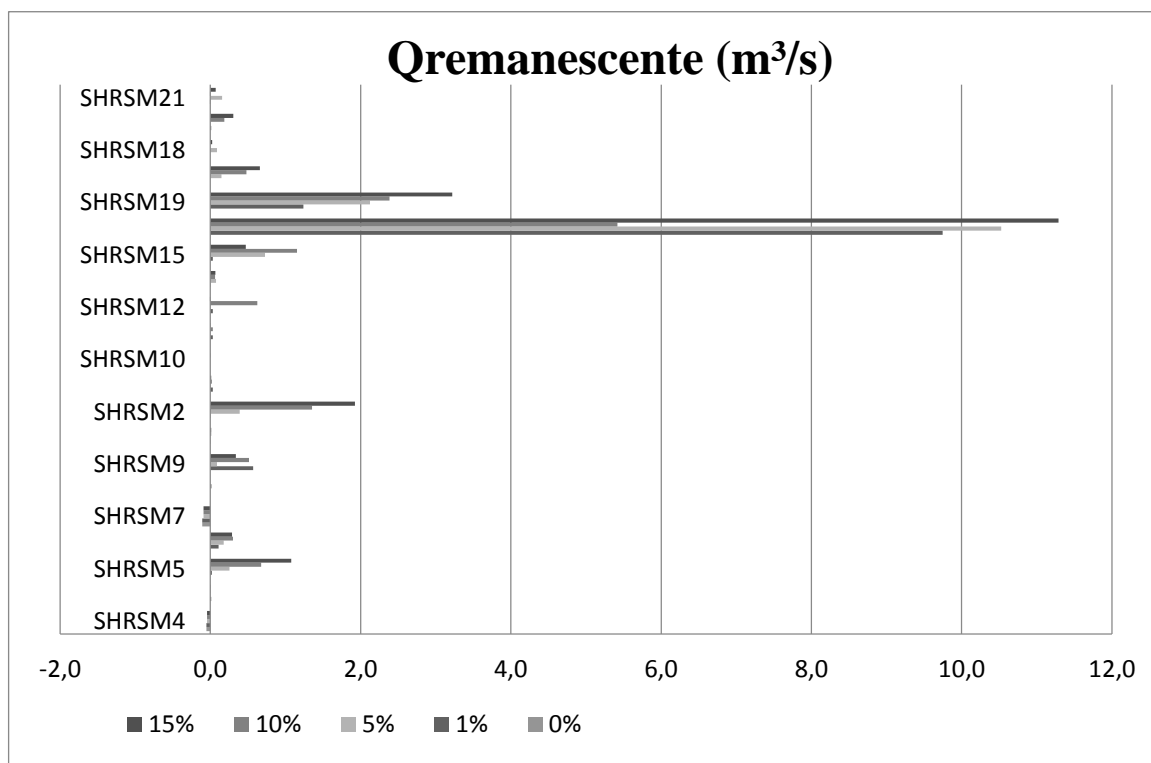


Figura 26 – Vazão Remanescente para o mês de Janeiro.

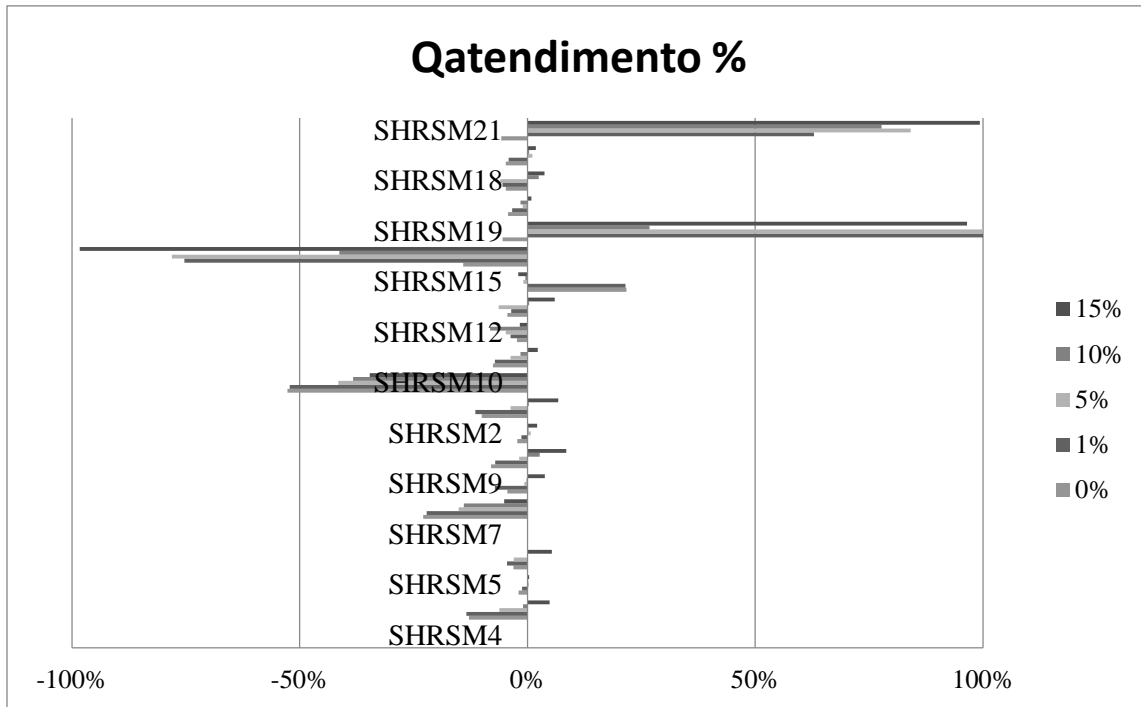


Figura 27 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de janeiro.

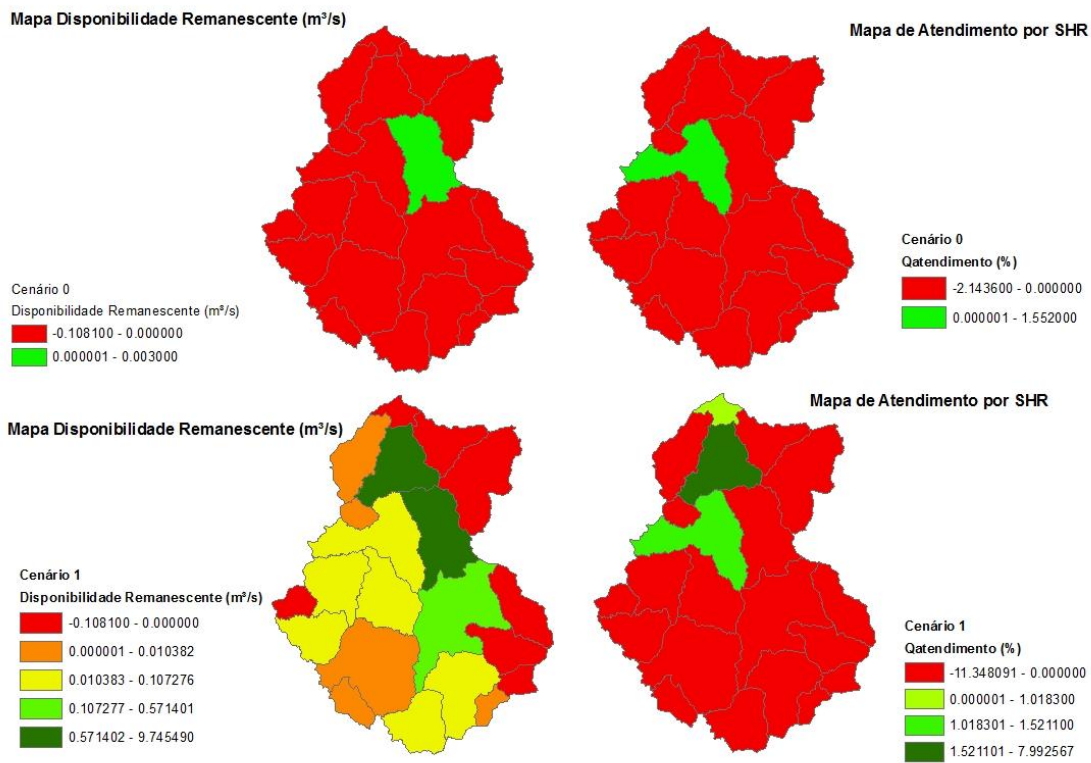


Figura 28 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de janeiro.

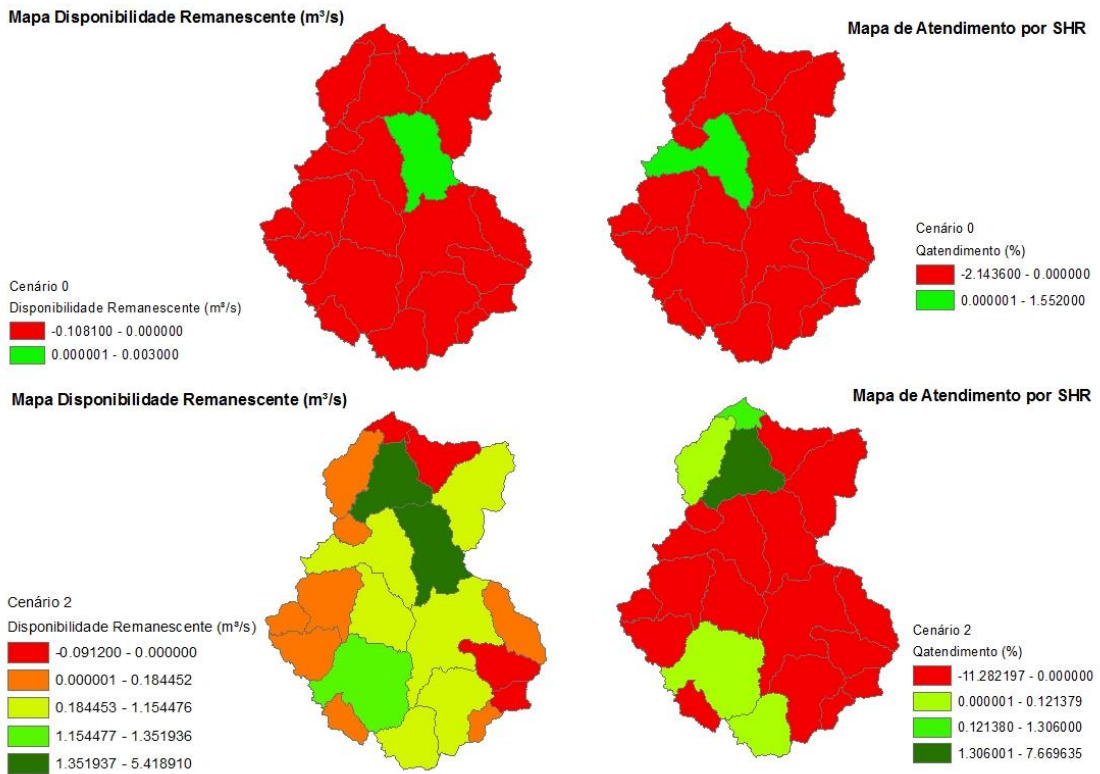


Figura 29 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de janeiro.

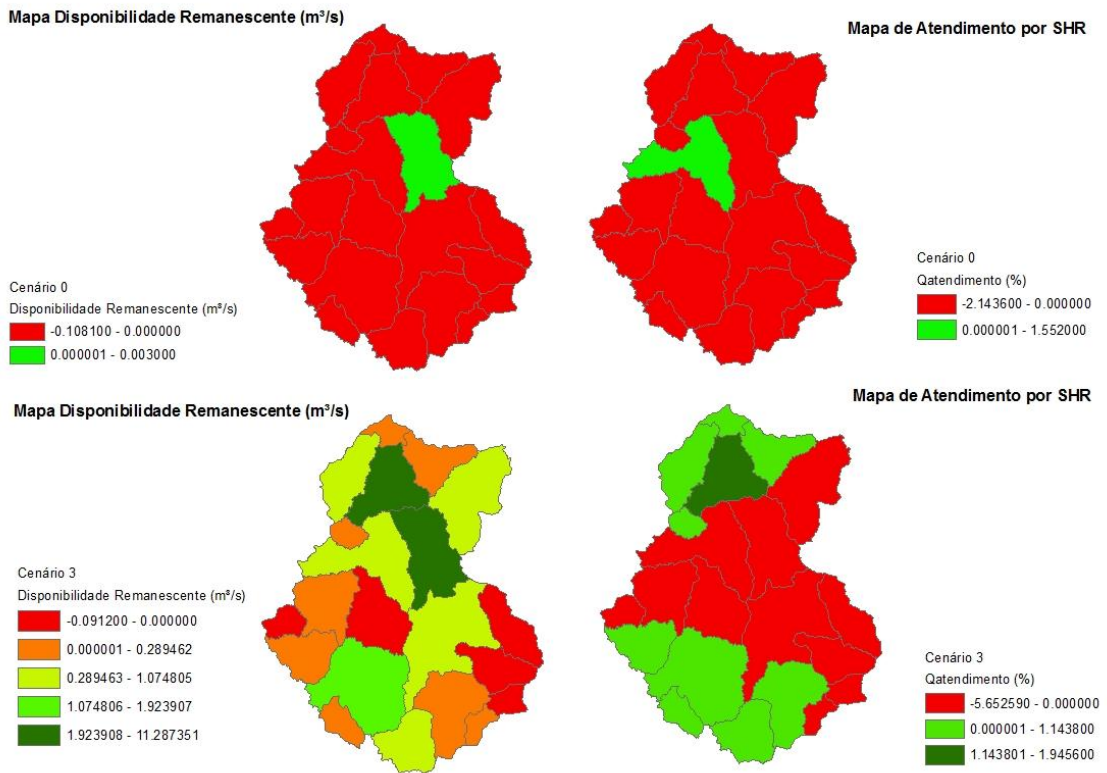


Figura 30 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de janeiro.

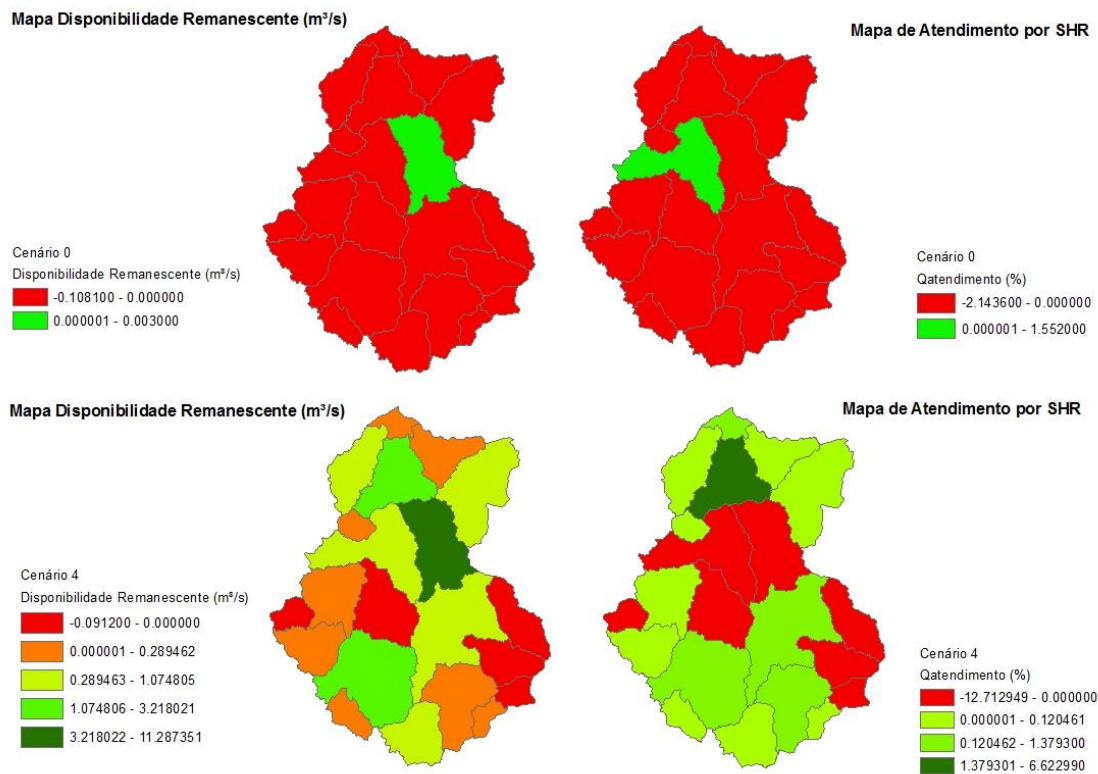


Figura 31 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de janeiro.

#### 6.3.4 Resultado de Janeiro com barragens

Neste cenário se fez o incremento das vazões outorgadas pelo DRH (2014), nas SHR's onde se percebeu a necessidade de racionamento quando se realiza a captação de água do rio e destina-se à irrigação da lavoura orizícola no mês de janeiro.

A questão a ser abordada neste item foi, se a vazão captada diretamente do rio e destinada à irrigação da lavoura orizícola não é suficiente. Como o sistema de irrigação e como a cultura do arroz sobrevivem na bacia? A partir desta dúvida se fez uso da água disponível por meio da reservação em açudes e barragens para compreender se esta água permite o atendimento da demanda existente nas SHR's.

A figura 32 apresenta o resultado da simulação no modelo Cruz para o mês de janeiro adicionando-se a água da reservação (barragens e açudes). O Apêndice b apresenta planilha com o cálculo e os resultados obtidos para este cenário.

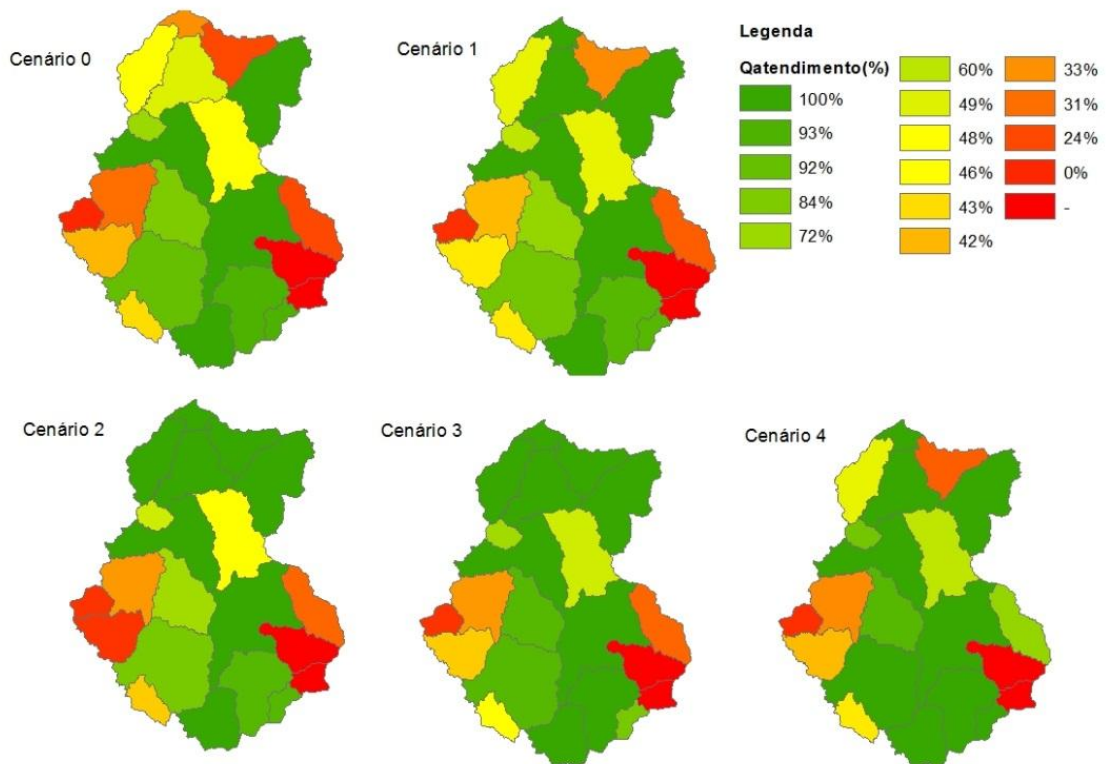


Figura 32 – Mapas dos cenários simulados no modelo Cruz para o mês de janeiro adicionando-se a água das barragens e açudes espacializados por SHR's.

Pode-se notar que no cenário 4 (15% de redução da demanda) há um menor atendimento em algumas SHR's. Isto ocorre porque a demanda de água é reduzida em 15% e ao mesmo tempo se disponibiliza 15% de água a mais no sistema. Desta forma, esta água torna-se disponível para que outros usos sejam realizados.

### 6.3.5 Resultado de Fevereiro

Na Figura 33 é possível observar o valor das outorgas acumuladas referentes ao mês de fevereiro. Os valores são diferentes conforme o Cenário e apresentam comportamento crescente. O Cenário 0, estabelecido por Ravello (2007), consta com o resultado de 1,87 m<sup>3</sup>/s para suas vazões acumuladas e o Cenário 4 (15%) apresentou a vazão de 1,99 m<sup>3</sup>/s.

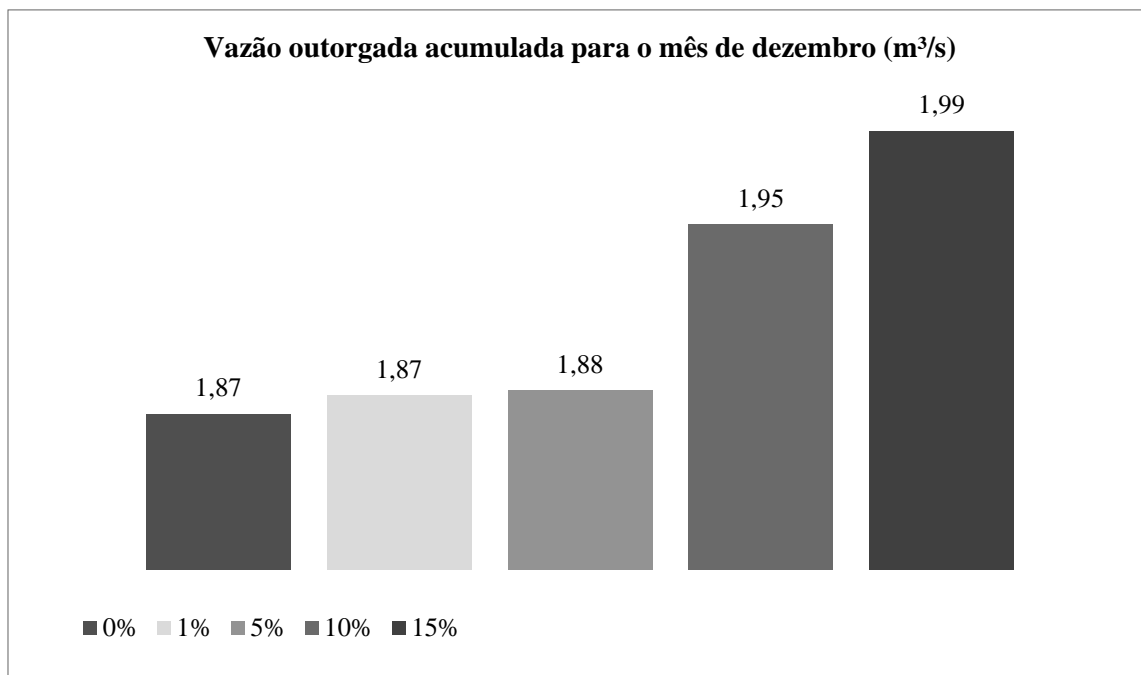


Figura 33 – Gráfico das vazões outorgadas acumuladas para os cenários do mês de Fevereiro.

O valor de outorga acumulada para o mês de fevereiro não apresentou grande variação quando comparada aos resultados do Cenário 0.

A Figura 34 apresenta o gráfico de percentual de atendimento por SHR para os diferentes cenários do mês de Fevereiro. É possível observar que o Cenário de 4 (15%) e o Cenário 3 (10%) apresentaram maiores índices de atendimento quando comparados aos Cenários 0, 1 e 2. O Cenário 0, nas SHR 5 e 21, apresentou o índice de atendimento maior do que os demais Cenários.

O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos para o somatório da Função Objetivo dos diferentes cenários estudados para o mês de Fevereiro. O Cenário 0 apresenta o total de 4,591% de sua demanda total atendida. O Cenário 4, por meio das reduções na demanda de água, atende 5,75% da demanda total existente na Bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

De acordo com os resultados obtidos para os somatórios das funções objetivos, o Cenário 4 apresentou melhor alocação de água entre as SHR's, seguido dos Cenários 3, 1 e 2.

Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	17,3110	4,591%
Cenário 1	16,0639	4,657%
Cenário 2	16,43	4,8523%
Cenário 3	15,697	5,3250%
Cenário 4	15,5651	5,753%

Quadro 15 – Atendimento total para o mês de Fevereiro e somatório da Função Objetivo.

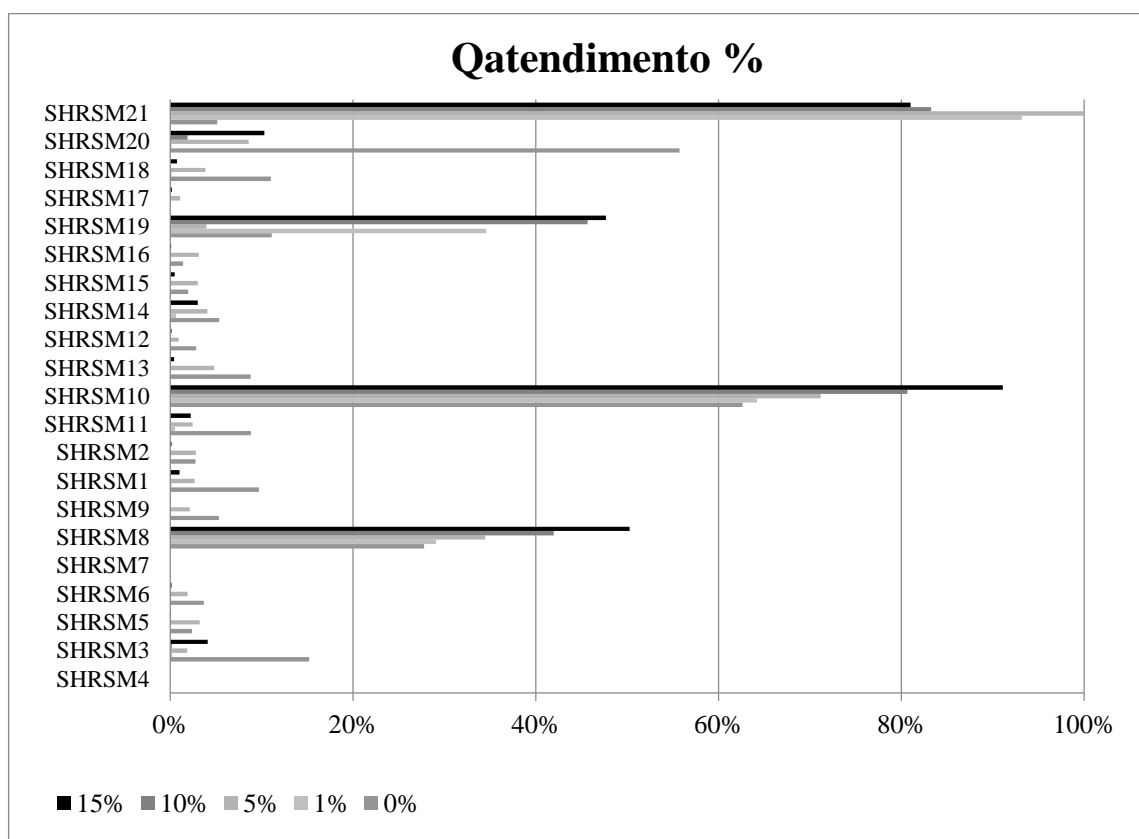


Figura 34 – Gráfico de atendimento após concessão de outorga para o mês de Fevereiro.

As vazões remanescentes obtidas como resultado para os diferentes cenários do mês de Fevereiro apresentaram melhores resultados para o Cenário 4, seguido pelo Cenário 3, Cenário 2 e Cenário 1. O Cenário 0 apresentou disponibilidades remanescentes maiores para as SHR's 09, 16 e 19. A figura 35 apresenta os valores de disponibilidades remanescentes obtidos para o mês de fevereiro.

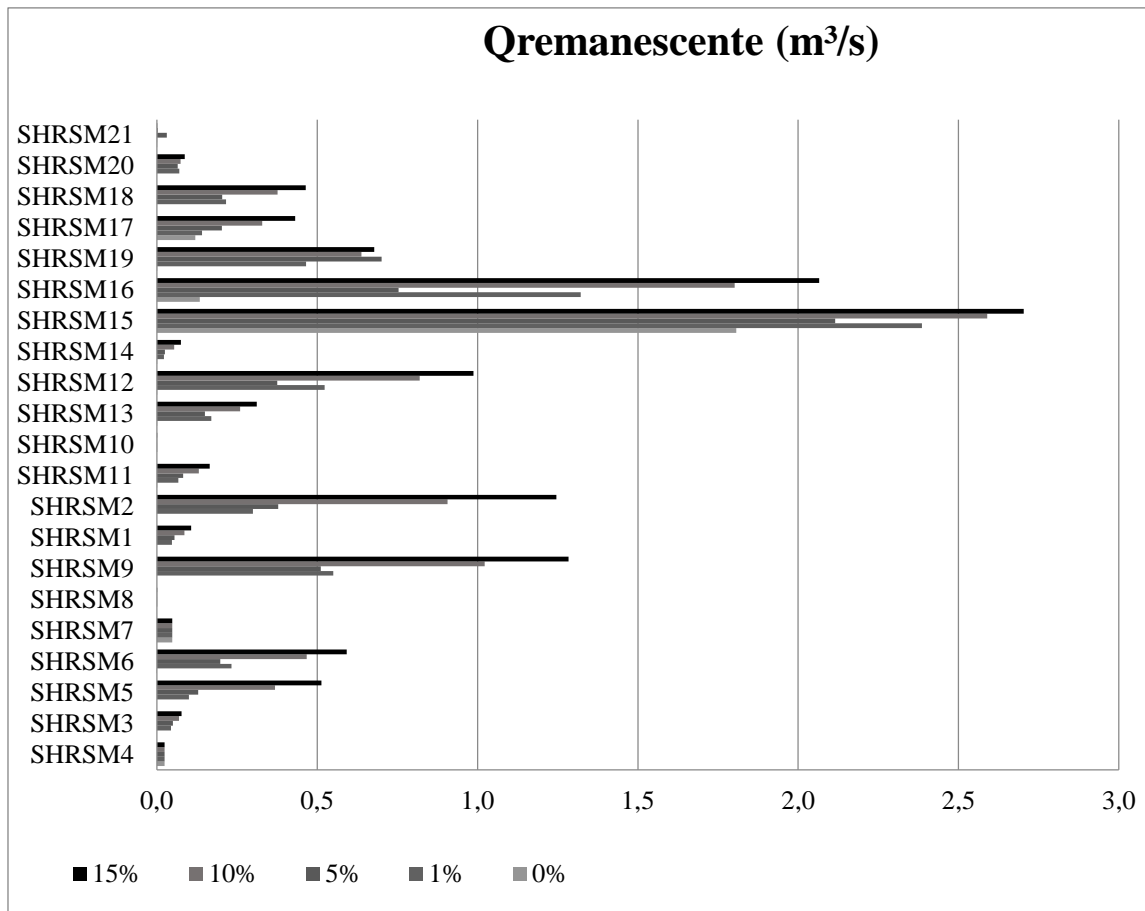


Figura 35 – Vazão Remanescente para o mês de fevereiro (m<sup>3</sup>/s)

As figuras 36, 37, 38 e 39 apresentam os resultados especializados da simulação realizado no modelo Cruz para o mês de fevereiro. Como descrito anteriormente, o mês de fevereiro assim como dezembro, durante a simulação da alocação de água no modelo Cruz, acabou deslocando a água para determinadas SHR's resultando em um baixo atendimento nas demais. Porém, o atendimento global, quando comparado ao cenário 0 foi maior.



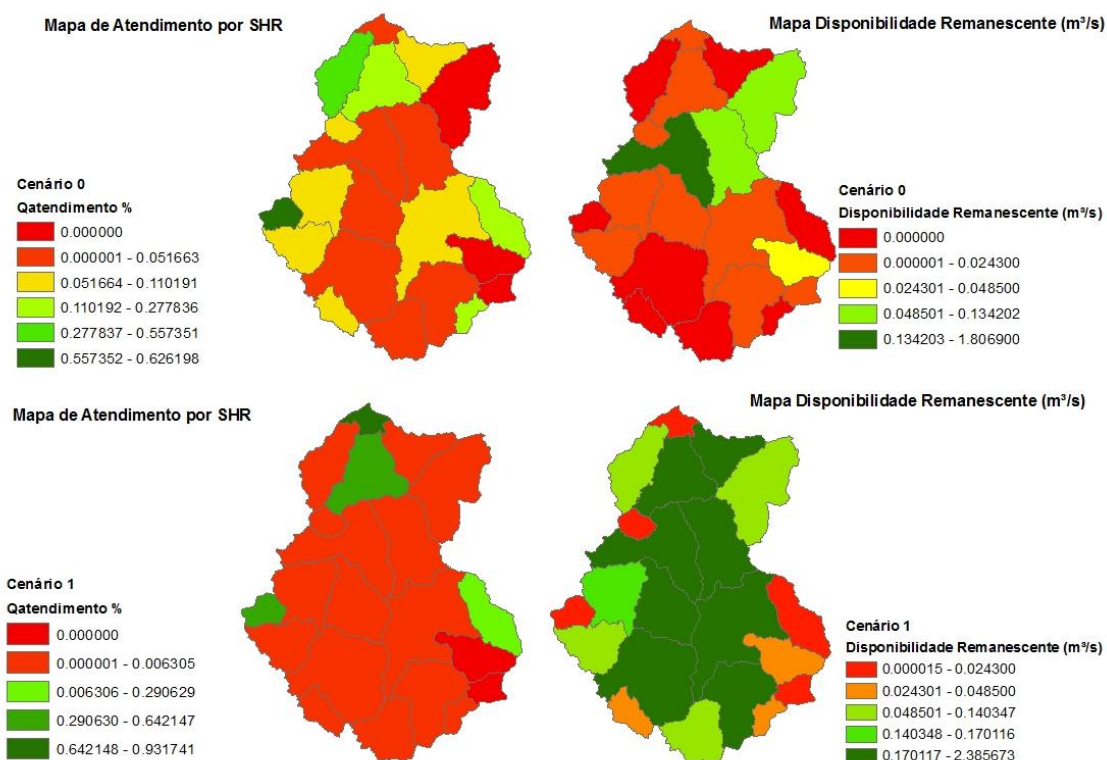


Figura 36 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 1 para o mês de fevereiro.

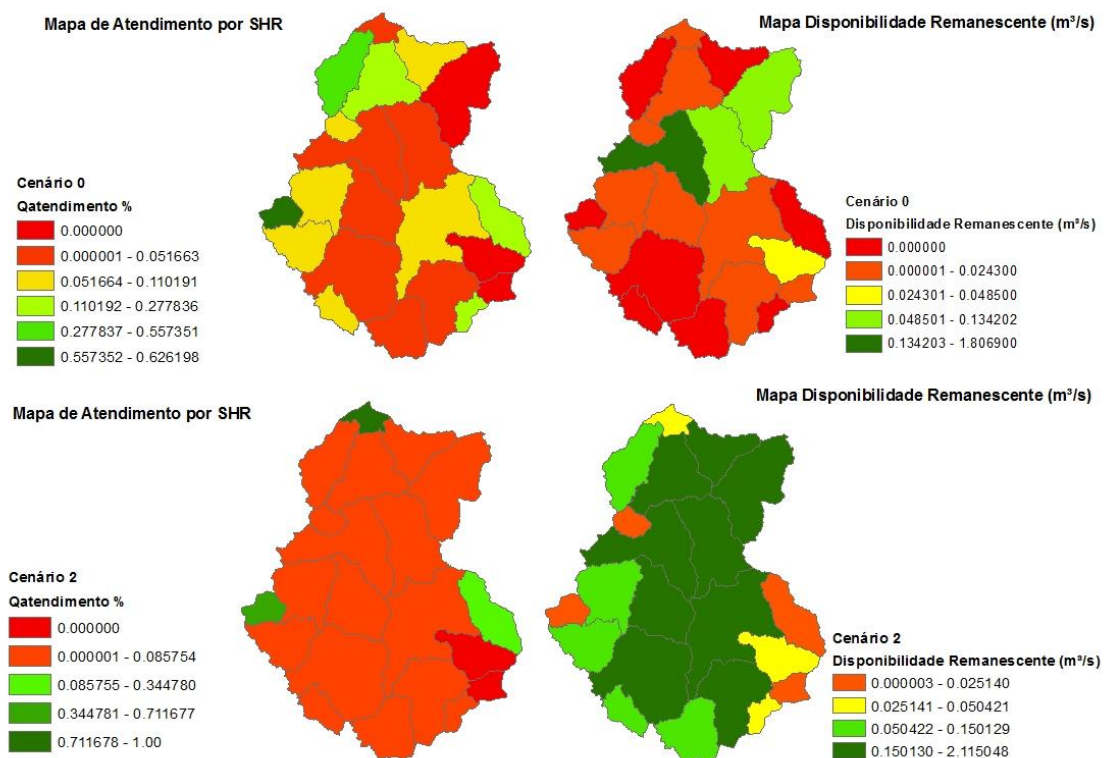


Figura 37 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 2 para o mês de fevereiro.

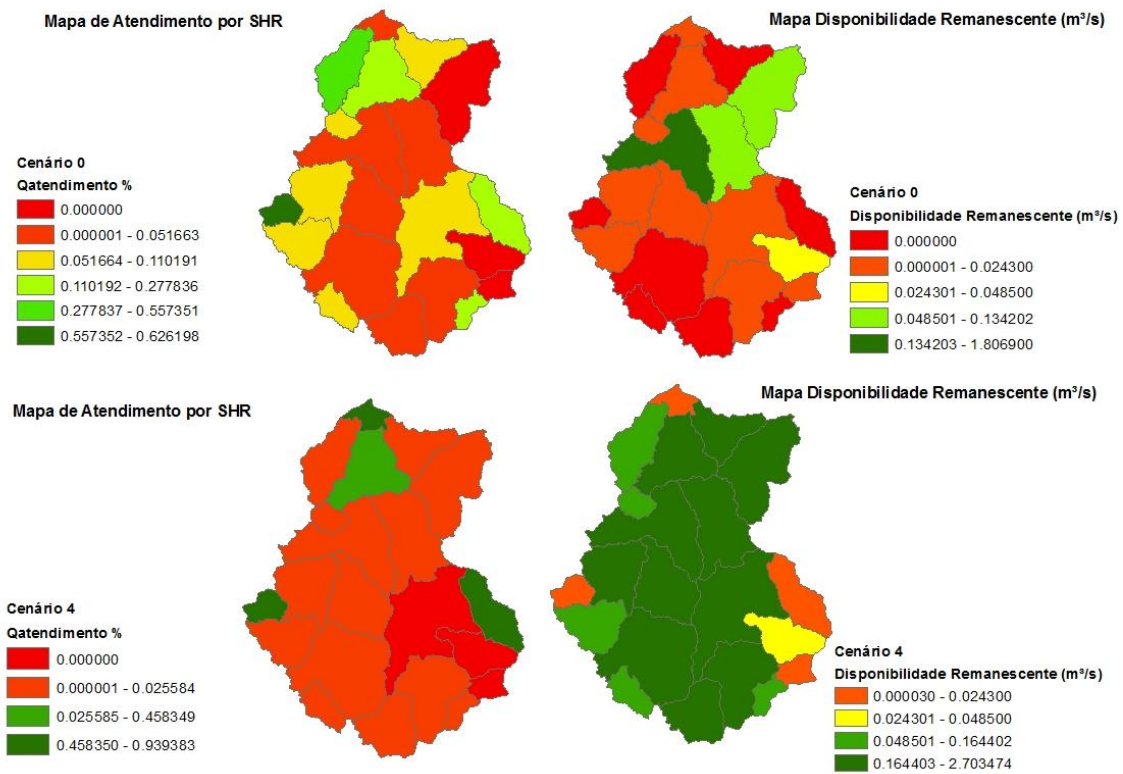


Figura 38 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 3 para o mês de fevereiro.

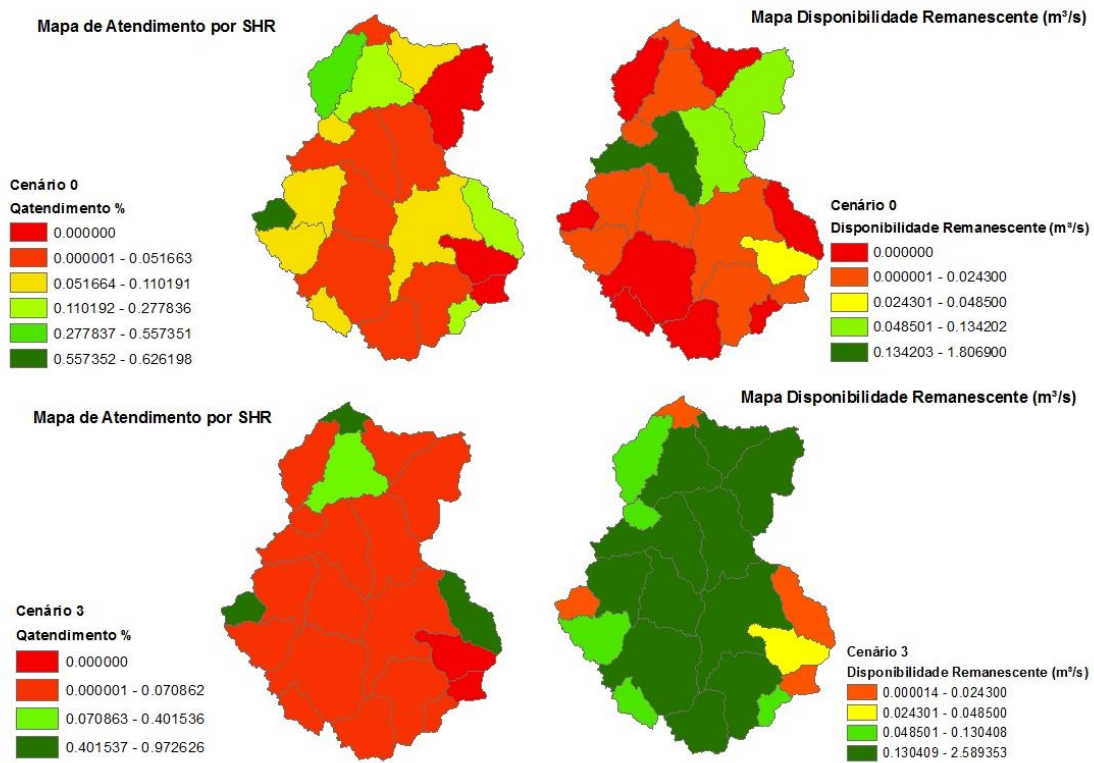


Figura 39 – Mapas de alocação de água do Cenário 0 e Cenário 4 para o mês de fevereiro.

A partir dos mapas de alocação de água dos Cenários estabelecidos para o mês de fevereiro, percebe-se a alocação e distribuição de água mais uniforme nos cenários 1, 2, 3 e 4. Ao mesmo tempo observa-se o crescimento da disponibilidade hídrica remanescente conforme a redução da demanda.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre a perspectiva da gestão da demanda hídrica remete a pressupostos importantes, tais como: mudança comportamental, a quebra de paradigmas, ou seja, inovação e incremento de novas técnicas agrícolas, cujo objetivo é o aumento da eficiência no setor produtivo e que prevê a redução do consumo de água e produtividades de arroz maiores por hectare.

Também, pode-se discutir as dificuldades que os agricultores sentem frente às mudanças nas práticas agrícolas tradicionais. Certas inovações causam receio ou, até mesmo, são inviabilizadas pela dificuldade que o agricultor tem na sua aplicação.

Este estudo teve como objetivo construir cenários com diferentes demandas hídricas, em conformidade com um cenário hídrico atual, para que fosse possível avaliar se existe a influência da redução parcial na demanda por seção hidrológica de referência a ponto que este resultado possa subsidiar o processo de gerenciamento dos recursos hídricos.

As simulações dos diferentes cenários, por meio de balanços hídricos realizados para os meses de Novembro a Fevereiro, permitiram avaliar que a redução da demanda hídrica em uma escala de 1% a 15% para um dado mês, apresenta influência nas vazões de atendimento por seção hidrológica e resultam em distribuições mais equânimes quando comparadas a um cenário hídrico atual.

O Modelo Cruz permitiu, devido a sua dinamicidade, a discussão sobre a implementação de novos valores para vazões ambientais e, até mesmo, para vazões de referência que permitiriam avaliar diferentes cenários sobre outra ótica de planejamento.

Recomenda-se que sejam, também, elaborados cenários e discutidos no âmbito da bacia hidrográfica. Levando em consideração as questões elencadas por exemplo, no Comitê de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. Possibilitando avaliar o cenário que apresenta melhores resultados.

Outro fator importante que se pode identificar durante a realização deste estudo, é a necessidade de uma melhor compreensão do funcionamento do algoritmo de otimização SOLVER. Este algoritmo apresenta respostas diferentes quando são atribuídos valores iniciais às variáveis de vazões outorgadas ou racionamento individual, quando comparadas com a não inserção de valores. Notou-se, também, que quanto menor for a disponibilidade hídrica utilizada no modelo, maior é a dificuldade encontrada para alocação de água. Recomenda-se a

utilização da restrição Disponibilidade remanescente maior ou igual a zero. Esta permite uma alocação de água mais próxima da demanda, deixando a critério do técnico ou gestor de recursos hídricos alocar a água conforme seu critério.

Contudo, nota-se um atendimento maior em algumas SHRs do Cenário 0 quando comparadas aos Cenários 1, 2, 3 e 4. No entanto, o atendimento das demais SHRs é maior, pois possuem mais água na seção, devido a Qretorno ser somada a Q90, resultando em uma maior disponibilidade do marco zero e uma demanda menor.

Devido a dificuldade encontrada para real estimativa do consumo de água na lavoura orizícola, após a implementação de técnicas agrícolas que se estima que auxiliem na redução do consumo de água, devem-se realizar trabalhos que tenham como objetivo analisar o quanto a implantação de técnicas agrícolas, como a sistematização da lavoura orizícola e o plantio direto realmente reduzem o consumo de água na lavoura de arroz, para que se possa trabalhar com coeficientes de redução mais precisos.

Ou seja, se houver uma adaptação das lavouras de arroz ao plantio direto e estas sejam sistematizadas e utilizem a lamina de água 2 cm, qual o volume consumido?

Torna-se interessante avaliar qual é o impacto da inserção de novas culturas agrícolas, como o caso da soja que está sendo semeada na várzea em rotação com o arroz.

Entende-se que para a concessão de outorga de direito do uso da água devem ser consideradas outras variáveis que condicionam a vazão remanescente, como as vazões que mantenham a balneabilidade dos corpos hídricos, vazão sanitária, vazão ambiental, estas determinadas a partir de uma vazão de referência.

Deve-se analisar cada seção hidrológica quanto às respostas que estas apresentam conforme sua demanda e disponibilidade hídrica. Porém, a gestão da seção de referência ou de uma unidade de planejamento não pode prejudicar o balanço hídrico global da bacia.

Neste sentido, o Modelo Cruz, estruturado como um balanço hídrico de alocação de água e caracterizado como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, permite ao usuário (gestor de recursos hídricos ou técnico) simular diferentes cenários, modificando, por exemplo, a vazão de restrição de apenas duas SHRs ou diminuir a demanda. Isto possibilita avaliar o impacto desta decisão no balanço global.

A gestão de recursos hídricos, como discutida neste trabalho, é definida pela relação da gestão da oferta e demanda. De acordo com Cruz et al. (2010), a BHRSM já realizou inúmeros estudos relacionados a reservação hídrica e aumento da oferta. Porém, questiona-se se a partir dos cenários estabelecidos neste trabalho, onde se propõe a gestão da demanda de

água, reduzindo gradativamente a demanda de água por SHR, por meio da adaptação e utilização de tecnologias que auxiliem no processo produtivo e permitam esta redução.

Sobre a ótica da gestão, que permite os usos múltiplos da água, o que economicamente é, de certa forma, mais viável? A construção de barragens ou a implementação de ações, como por exemplo, o auxílio de entidades que guiem o produtor rural na busca de meios que tornem seu processo produtivo mais eficiente?

Este trabalho teve como objetivo simular a redução da demanda de água por SHR na bacia hidrológica do rio Santa Maria. Espera-se que este resultado subsidie o processo de gestão dos recursos hídricos. É importante que se discutam ações que não sejam apenas as estruturais.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARGE, A. P.; SOUZA, R. S. **Análise de investimento do sistema de cultivo de arroz pré-germinado em relação ao cultivo convencional: um estudo de caso na depressão central do rio grande do sul.** REAd – 26. Ed., v. 8, n. 2, mar-abr 2002.

ACOSTA, P. S. **Estimativa do consumo de água em lavoura orizícola com o uso de MODELO PLÚVIO-HIDROMÉTRICO- MOPH.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. **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: Ana, 2009.

ARNÉZ, F. A. **Análise de critérios de outorga do uso da água na Bacia do Rio Santa Maria, RS.** 2002. 162 f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ASSOCIAÇÃO DOS USUÁRIOS DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA. **Programa Águas para o Desenvolvimento -** Bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Disponível em: <http://www.ausm.com.br/beneficiosobjetivos>. Acessado em: 10/11/2012.

BAUMHART, E. **Balço hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da campanha do RS.** 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

BORGES JUNIOR, J. C. F.; FERREIRA, P. A.; DUNKHORST, B. H e ANDRADE, C. de L. T. **Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte I: Desenvolvimento e análise de sensibilidade.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 1, p. 3–11, 2008 Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, dez. 1997, p. 143-166.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em: 06 jan. 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 14 de junho de 2012.

BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais**. Brasília: IPEA, 2003. (Texto para discussão, n. 939).

CAMPOS, N. e STUART, T. **Gestão das águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 198p.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SANTA MARIA – COMITÊ DO RIO SANTA MARIA. **Histórico**. Disponível em <<http://www.comiteriosantamaria.com.br/historico>>. Acessado em 10/01/2013.

CRUZ, J. C. e TUCCI, E. M. **Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência**. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.1, Jan/Mar 2008, 111-124.

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, J. C.; TUCCI, E. M. Otimização e Simulação Comparativa de Cenários de Outorga. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 3, Jul/Set. 2005, 75-91.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade Hídrica para Outorga: Avaliação de Aspectos Práticos e Conceituais**. 189 f. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS. 205p. Porto Alegre. RS, 2001.

CRUZ, J. C.; DEWES, R.; SILVEIRA, G. L.; CRUZ, R. C. **“Disponibilidade hídrica para outorga (I): avaliação por seção hidrológica de referência”**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 3, n. 1, Jul/Dez. de 2006, pg. 5-16.

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.

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.

CUNHA, C. S.; CRUZ, R. C.; WILHELM, J. P. R. Influência dos fenômenos climáticos *El Niño* e *La Niña* sobre as vazões mínimas do rio Santa Maria – RS. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – **ABRH**, Bento Gonçalves, 2013.

DOAT - **Projeto 10, Manual de procedimento**. Acessado em: <http://www.irga.rs.gov.br/manualprojetoalta.pdf>.

DRH - DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2008. Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br/> > Acesso em: 20 fev. 2014.

DRH - DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Consulta a andamento de processos de outorga**, Porto Alegre, 2014a. Disponível em: < [http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=323](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=323) > Acesso em: 20 mar. 2014.

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](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=298&cod_conteudo=6609)> Acesso em:20 fev. 2014.

DULAC, V. F. **Análise dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos com ênfase nas ações do Comitê de Bacia do rio Santa Maria, RS**. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

FEPAM (2011). **Enquadramento dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 19 janeiro 2013.

FEPAM (2014). **Sistema de informações FEPAM**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 17 de maio 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.

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1998. 292p.

GOMES, A. da S.; FAGUNDES, P. R. R.; PETRINI, J. A. **Estratégias de manejo para maximizar o rendimento potencial do arroz irrigado no RS.** Documentos 153 - versão ONLINE. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2006.

GRIGG, N. S. **Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases.** McGraw Hill. 1996.

HELFER, F.; LOUZADA, J. A. **Avaliação temporal e espacial da situação hídrica quantitativa na bacia do Rio Pardo em cenários futuros em vista das mudanças envolvidas no processo de cultivo de arroz irrigado.** REDES, Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 212 - 243, mai./ago. 2009.

HORN, J. F. C. **Regime hidrológico de duas microbacias contíguas: um comparativo entre uso urbano e rural.** 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades - Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 10 de abril de 2013.

INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul – safra 2004/5** / Camilo Feliciano de Oliveira (coordenador). – Porto Alegre: IRGA - Política Setorial, 2006. 122 p. il.

KATO, J. M. Um modelo para a construção de cenários aplicada à Indústria de Transportes Rodoviários de Cargas no Brasil. **Revista FAE**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 179-197, jul./dez. 2007.

LANNA, A. E. Gestão de Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 2007. p. 727-764.

LORENSI, R. P.; ZARDO, K.; MATTAR, D. M. P. NISHIJIMA T. **A utilização dos recursos hídricos no sistema de irrigação por superfície (inundação) na cultura do arroz mediante as normatizações.** *Ambiência Guarapuava (PR)* v. 6, n. 2, p. 355 – 364 Maio/Ago. 2010.

LUZ, G. de O. da. **Comparação entre dois sistemas hidráulicos de medição de água de irrigação de arroz.** 114 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

MACHADO, S. L. de O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A. et al. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 65-71, jan-fev, 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n1/a10v36n1.pdf>>. Acessado em 12/04/2012.

MADEIRA, M. M. **Opiniões e divergências entre os segmentos sociais do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria (RS).** 1999. 198 f. Dissertação. (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MADRUGA, L. R.; SILVA, T. N. Aprendizagem social, motivação e comprometimento em um Comitê de Bacia Hidrográfica. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 20-37, set/dez. de 2009.

MARCOLIN, E.; ROBAINA, A. D. Consumo de energia e eficiência das estações de bombeamento de lavouras de arroz irrigado. **Revista Cienc. Rural**, v. 32, n. 2, Santa Maria Abril. 2002. Disponível em < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000200008&script=sci_arttext) >. Acessado em 12/04/2013.

MARCOLIN, E. **Correta Irrigação da Lavoura Garante Produtividade.** Programa Renda Futuro do Arroz ao Alcance do Produtor- Revista Lavoura Arrozeira. Porto Alegre, v. 57, n. 451- Dezembro, 2009. 54p.

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.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Governo prevê alta de produção de arroz e feijão na safra 2012/13.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/noticias/2013/03/governo-preve-alta-de-producao-de-arroz-e-feijao-na-safra-201213>>. Acesso em 11/04/2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Conjunto de normais legais recursos hídricos**. 6. ed. Brasília: MMA, 2008. 446 p.

MOURA, M. E de. **Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica no trecho do rio Piranhas-Açu entre os açudes Coremas-mãe d'água e Armando Ribeiro Gonçalves**. 122 f. (Dissertação Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

NORONHA, L. C. **Com boa gestão, não faltará água**. In: BARROS FILHO, O. L.; BOJUNGA, S. (Org.), Tempo das águas. Porto Alegre: Laser Press Comunicação, 2006. p. 15-39.

OLIVEIRA, D. de P. R. **Planejamento estratégico**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A ONU e a água**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em 22 de junho de 2013.

PALEO, O. **Prospecção do futuro através da construção de cenários**. Think, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 60-66, jul./dez. 2006.

PINTO J. A. de O. **Avaliação de métodos para a regionalização de curva de permanência de vazões para a bacia do rio das velhas**. 219 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 278p.

PLANETA ARROZ. Ouro e água: Os 100 anos de lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Planeta Arroz**. 8. ed., outubro de 2008. Disponível em: <<http://www.planetaarroz.com.br/flip/ed08/>>. Acesso em 07/04/2013.

PORTER, M. **Vantagem competitiva**. 12. ed. São Paulo: Campus, 1998.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. la L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, v. 22, n. 63 - São Paulo, 2008.

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.

REBOUÇAS, A. da C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** Bahia análise & dados. Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.** Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS Disponível em: <<http://www.mundoambiente.eng.br/legislacao/leiAmbientaIR/L10350.pdf>>. Acesso em: 11 de maio 2012.

SCHWARTZ, P. **A arte da visão de longo prazo.** 2. ed. São Paulo: Best Seller, 2003.

SCIVITTARO, W. B., STEINMETZ, S.; SEVERO, A. C. M. **Demanda hídrica e eficiência de uso da água pelo arroz: Influência do período de supressão da irrigação.** Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2010.

SILVEIRA, G. (Coord). Projeto Rio Santa Maria. Sistema para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, 1993. **Projeto UFSM e CRH/RS.** 111p.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. Outorga para uso dos recursos Hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, Jul/Set., 1998, p. 5-16.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, E. M. e SILVEIRA, L. L. da. Quantificação de Vazão em pequenas bacias sem dados. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3 Jul/Set 1998, 111-131.

STONE, L. F. **Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado.** Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 48p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documento 176).

STURARI, R. **Metodologia de descrição de cenários. política e gestão estratégica aplicadas.** Ed. SAGRES, Agosto de 2008, p. 15.

TAMIOSSO, C. F. **Análise de Fragilidades Ambientais aplicada à Gestão da Qualidade das Águas**: Estudo de caso da Bacia do Rio Santa Maria, RS. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. de M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 357-370.

TUCCI, C. E. M. **Existe crise da água no Brasil?** Disponível em: <http://www.iph.ufrgs.br/corpo docente/tucci/publicacoes/EXISTE CRISE DA Agua.pdf>. Acesso em 14/04/2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ABRH, 2002. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. – Porto Alegre: Ed. UFRGS, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998, pg. 669.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **The UN-Water Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management**. UNEP, Division of Communications and Public Information, Nairobi, Kenya, 2012. Disponível em: <<http://www.unwater.org/documents.html>>. Acesso em 22 de junho 2013.

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.



## **APÊNDICES**

Apêndice A – Resultado modelo cruz (novembro a fevereiro)

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento ou Qoutorgada Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0.1347	0.1888	-0.0541	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0541
SHRSM3	0.2311	0.3238	-0.0927	0.7208	0.7208	-0.0927	-0.0927	0.0000
SHRSM5	0.3944	0.5528	-0.1584	8.2087	8.2087	-0.1584	-0.1584	0.0000
SHRSM6	1.1659	1.6340	-0.4681	7.0324	15.9619	-0.2170	-0.4681	0.0000
SHRSM7	0.2695	0.3776	-0.1081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.1081
SHRSM8	0.2966	0.4156	-0.1190	0.5191	0.5191	-0.1190	-0.1190	0.0000
SHRSM9	3.0861	4.3250	-1.2389	14.7080	31.1890	-0.6518	-1.2389	0.0000
SHRSM1	0.2416	0.3386	-0.0970	1.2122	1.2122	-0.0970	-0.0970	0.0000
SHRSM2	1.2931	1.8123	-0.5192	18.5604	19.7726	-0.4222	-0.5192	0.0000
SHRSM11	0.3508	0.4916	-0.1408	1.3986	1.3986	-0.1408	-0.1408	0.0000
SHRSM10	0.1091	0.1530	-0.0439	0.0833	0.0833	-0.0439	-0.0439	0.0000
SHRSM13	1.0169	1.4351	-0.4182	3.0822	4.5641	-0.2335	-0.4182	0.0000
SHRSM12	2.8595	4.0075	-1.1480	9.1736	33.5103	-0.2106	-1.1480	0.0000
SHRSM14	0.1152	0.1614	-0.0462	1.0471	1.0471	-0.0462	-0.0462	0.0000
SHRSM15	5.5469	5.1891	0.3578	7.1345	41.6919	1.5520	0.3578	0.0000
SHRSM16	7.5270	10.5487	-3.0217	15.2129	88.0938	-2.1436	-3.0247	0.0030
SHRSM19	8.6357	12.1025	-3.4668	8.0733	96.1671	-0.4421	-3.4668	0.0000
SHRSM17	0.6654	0.9325	-0.2671	6.1997	6.1997	-0.2671	-0.2671	0.0000
SHRSM18	1.1163	1.5644	-0.4481	3.7796	9.9793	-0.1810	-0.4481	0.0000
SHRSM20	0.3831	0.5369	-0.1538	3.2361	3.2361	-0.1538	-0.1538	0.0000
SHRSM21	10.3692	14.5319	-4.1627	1.6348	111.0173	-0.0940	-4.16	0.0000

Quadro 16 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de janeiro.

Fonte: Adaptado de Ravello (2007).

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1347	0,1803	-0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0456
SHRSM3	0,2671	0,3093	-0,0422	0,6848	0,6848	-0,0422	0,0000
SHRSM5	0,8048	0,5279	0,2769	7,7983	7,7983	0,0234	0,2536
SHRSM6	1,5175	1,5606	-0,0431	6,6808	15,1638	-0,2034	0,1792
SHRSM7	0,2695	0,3607	-0,0912	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0912
SHRSM8	0,3226	0,3970	-0,0744	0,4931	0,4931	-0,0744	0,0000
SHRSM9	3,8215	4,1307	-0,3092	13,9726	29,6296	-0,1011	0,0887
SHRSM1	0,3022	0,3234	-0,0212	1,1516	1,1516	-0,0212	0,0001
SHRSM2	2,2211	1,7309	0,4902	17,6324	18,7840	0,1214	0,3901
SHRSM11	0,4207	0,4695	-0,0488	1,3287	1,3287	-0,0491	0,0003
SHRSM10	0,1133	0,1461	-0,0328	0,0791	0,0791	-0,0328	0,0000
SHRSM13	1,1710	1,3611	-0,1901	2,9281	4,3359	-0,1098	0,0016
SHRSM12	3,3182	3,8275	-0,5093	8,7149	31,8348	-0,4178	0,0000
SHRSM14	0,1676	0,1541	0,0135	0,9947	0,9947	-0,0629	0,0764
SHRSM15	5,9036	5,8101	0,0935	6,7778	39,6073	-0,0629	0,7287
SHRSM16	8,2876	10,0749	-1,7873	14,4523	83,6891	-11,2822	10,5280
SHRSM19	9,0394	11,5590	-2,5196	7,6696	91,3587	7,6696	2,1260
SHRSM17	0,9754	0,8906	0,0848	5,8897	5,8897	-0,0629	0,1477
SHRSM18	1,3053	1,4941	-0,1888	3,5906	9,4803	-0,2136	0,0877
SHRSM20	0,5449	0,5128	0,0321	3,0743	3,0743	0,0320	0,0001
SHRSM21	10,4509	13,8792	-3,4283	1,5531	105,4664	1,3060	0,1559

Quadro 17 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de janeiro.

<b>SHR</b>	<b>Vazão de Referência</b>	<b>Vazão Ambiental</b>	<b>Disponibilidade Marco Zero</b>	<b>Demanda Individual</b>	<b>Demanda Acumulada</b>	<b>Racionamento Individual ou Qoutorgada</b>	<b>Disponibilidade Remanescente</b>
SHRSM4	0,1347	0,1803	-0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0456
SHRSM3	0,3032	0,3093	-0,0061	0,6487	0,6487	-0,0063	0,0002
SHRSM5	1,2153	0,5279	0,6874	7,3878	7,3878	0,0119	0,6754
SHRSM6	1,8691	1,5606	0,3085	6,3292	14,3657	0,0014	0,3016
SHRSM7	0,2695	0,3607	-0,0912	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0912
SHRSM8	0,3485	0,3970	-0,0485	0,4672	0,4672	-0,0654	0,0170
SHRSM9	4,5569	4,1307	0,4262	13,2372	28,0701	-0,0302	0,5149
SHRSM1	0,3628	0,3234	0,0394	1,0910	1,0910	0,0291	0,0104
SHRSM2	3,1491	1,7309	1,4182	16,7044	17,7953	0,0372	1,3519
SHRSM11	0,4907	0,4695	0,0212	1,2587	1,2587	0,0034	0,0177
SHRSM10	0,1174	0,1461	-0,0287	0,0750	0,0750	-0,0287	0,0000
SHRSM13	1,3251	1,3611	-0,0360	2,7740	4,1077	-0,0423	0,0315
SHRSM12	3,7769	3,8275	-0,0506	8,2562	30,1593	-0,6758	0,6264
SHRSM14	0,2199	0,1541	0,0658	0,9424	0,9424	0,0031	0,0628
SHRSM15	6,2604	5,8101	0,4503	6,4211	37,5227	-0,0302	1,1545
SHRSM16	9,0483	10,0749	-1,0266	13,6916	79,2844	-5,6526	5,4189
SHRSM19	9,4430	11,5590	-2,1160	7,2660	86,5504	1,9456	2,3840
SHRSM17	1,2854	0,8906	0,3948	5,5797	5,5797	-0,0840	0,4788
SHRSM18	1,4943	1,4941	0,0002	3,4016	8,9814	0,0842	0,0000
SHRSM20	0,7067	0,5128	0,1939	2,9125	2,9125	0,0095	0,1845
SHRSM21	10,5327	13,8792	-3,3465	1,4713	99,9156	1,1438	0,0000

Quadro 18 – Cenário 2 com 5% de redução da demanda de água mês de janeiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1347	0,1803	-0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0456
SHRSM3	0,3032	0,3093	-0,0061	0,6487	0,6487	-0,0063	0,0002
SHRSM5	1,2153	0,5279	0,6874	7,3878	7,3878	0,0119	0,6754
SHRSM6	1,8691	1,5606	0,3085	6,3292	14,3657	0,0014	0,3016
SHRSM7	0,2695	0,3607	-0,0912	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0912
SHRSM8	0,3485	0,3970	-0,0485	0,4672	0,4672	-0,0654	0,0170
SHRSM9	4,5569	4,1307	0,4262	13,2372	28,0701	-0,0302	0,5149
SHRSM1	0,3628	0,3234	0,0394	1,0910	1,0910	0,0291	0,0104
SHRSM2	3,1491	1,7309	1,4182	16,7044	17,7953	0,0372	1,3519
SHRSM11	0,4907	0,4695	0,0212	1,2587	1,2587	0,0034	0,0177
SHRSM10	0,1174	0,1461	-0,0287	0,0750	0,0750	-0,0287	0,0000
SHRSM13	1,3251	1,3611	-0,0360	2,7740	4,1077	-0,0423	0,0315
SHRSM12	3,7769	3,8275	-0,0506	8,2562	30,1593	-0,6758	0,6264
SHRSM14	0,2199	0,1541	0,0658	0,9424	0,9424	0,0031	0,0628
SHRSM15	6,2604	5,8101	0,4503	6,4211	37,5227	-0,0302	1,1545
SHRSM16	9,0483	10,0749	-1,0266	13,6916	79,2844	-5,6526	5,4189
SHRSM19	9,4430	11,5590	-2,1160	7,2660	86,5504	1,9456	2,3840
SHRSM17	1,2854	0,8906	0,3948	5,5797	5,5797	-0,0840	0,4788
SHRSM18	1,4943	1,4941	0,0002	3,4016	8,9814	0,0842	0,0000
SHRSM20	0,7067	0,5128	0,1939	2,9125	2,9125	0,0095	0,1845
SHRSM21	10,5327	13,8792	-3,3465	1,4713	99,9156	1,1438	0,0000

Quadro 19 – Cenário 3 com 10% de redução da demanda de água mês de janeiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1347	0,1803	-0,0456	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0456
SHRSM3	0,3392	0,3093	0,0299	0,6127	0,6127	0,0299	0,0000
SHRSM5	1,6257	0,5279	1,0978	6,9774	6,9774	0,0230	1,0748
SHRSM6	2,2208	1,5606	0,6602	5,9775	13,5676	0,3178	0,2895
SHRSM7	0,2695	0,3607	-0,0912	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0912
SHRSM8	0,3745	0,3970	-0,0225	0,4412	0,4412	-0,0225	0,0000
SHRSM9	5,2923	4,1307	1,1616	12,5018	26,5107	0,4745	0,3389
SHRSM1	0,4234	0,3234	0,1000	1,0304	1,0304	0,0880	0,0121
SHRSM2	4,0772	1,7309	2,3463	15,7763	16,8067	0,3344	1,9239
SHRSM11	0,5606	0,4695	0,0911	1,1888	1,1888	0,0805	0,0106
SHRSM10	0,1216	0,1461	-0,0245	0,0708	0,0708	-0,0245	0,0000
SHRSM13	1,4792	1,3611	0,1181	2,6199	3,8795	0,0595	0,0027
SHRSM12	4,2355	3,8275	0,4080	7,7976	28,4838	-0,1297	0,0000
SHRSM14	0,2723	0,1541	0,1182	0,8900	0,8900	0,0535	0,0647
SHRSM15	6,6171	5,8101	0,8070	6,0643	35,4381	-0,1246	0,4701
SHRSM16	9,8089	10,0749	-0,2660	12,9310	74,8797	-12,7129	11,2874
SHRSM19	9,8467	11,5590	-1,7123	6,8623	81,7420	6,6230	3,2180
SHRSM17	1,5954	0,8906	0,7048	5,2697	5,2697	0,0459	0,6589
SHRSM18	1,6832	1,4941	0,1891	3,2127	8,4824	0,1205	0,0228
SHRSM20	0,8685	0,5128	0,3557	2,7507	2,7507	0,0499	0,3058
SHRSM21	10,6144	13,8792	-3,2648	1,3896	94,3647	1,3793	0,0700

Quadro 20 – Cenário 4 com 15% de redução da demanda de água mês de janeiro.

Mês de Janeiro	1%		5%		10%		15%	
	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno
SHRSM4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM3	0,7136	0,0072	0,6848	0,0360	0,6487	0,0721	0,6127	0,1081
SHRSM5	8,1266	0,0821	7,7983	0,4104	7,3878	0,8209	6,9774	1,2313
SHRSM6	6,9621	0,0703	6,6808	0,3516	6,3292	0,7032	5,9775	1,0549
SHRSM7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM8	0,5139	0,0052	0,4931	0,0260	0,4672	0,0519	0,4412	0,0779
SHRSM9	14,5609	0,1471	13,9726	0,7354	13,2372	1,4708	12,5018	2,2062
SHRSM1	1,2001	0,0121	1,1516	0,0606	1,0910	0,1212	1,0304	0,1818
SHRSM2	18,3748	0,1856	17,6324	0,9280	16,7044	1,8560	15,7763	2,7841
SHRSM11	1,3846	0,0140	1,3287	0,0699	1,2587	0,1399	1,1888	0,2098
SHRSM10	0,0825	0,0008	0,0791	0,0042	0,0750	0,0083	0,0708	0,0125
SHRSM13	3,0514	0,0308	2,9281	0,1541	2,7740	0,3082	2,6199	0,4623
SHRSM12	9,0819	0,0917	8,7149	0,4587	8,2562	0,9174	7,7976	1,3760
SHRSM14	1,0366	0,0105	0,9947	0,0524	0,9424	0,1047	0,8900	0,1571
SHRSM15	7,0632	0,0713	6,7778	0,3567	6,4211	0,7135	6,0643	1,0702
SHRSM16	15,0608	0,1521	14,4523	0,7606	13,6916	1,5213	12,9310	2,2819
SHRSM19	7,9926	0,0807	7,6696	0,4037	7,2660	0,8073	6,8623	1,2110
SHRSM17	6,1377	0,0620	5,8897	0,3100	5,5797	0,6200	5,2697	0,9300
SHRSM18	3,7418	0,0378	3,5906	0,1890	3,4016	0,3780	3,2127	0,5669
SHRSM20	3,2037	0,0324	3,0743	0,1618	2,9125	0,3236	2,7507	0,4854
SHRSM21	1,6185	0,0163	1,5531	0,0817	1,4713	0,1635	1,3896	0,2452

Quadro 21 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de janeiro.

Mês de janeiro	0%		1%		5%		10%		15%	
	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,0000	-0,0541	0,0000	-0,0541	0,0000	-0,0456	0,0000	-0,0456	0,0000	-0,0456
SHRSM3	-0,0927	0,0000	-0,0956	0,0101	-0,0422	0,0000	-0,0063	0,0002	0,0299	0,0000
SHRSM5	-0,1584	0,0000	-0,0967	0,0204	0,0234	0,2536	0,0119	0,6754	0,0230	1,0748
SHRSM6	-0,2170	0,0000	-0,3128	0,1073	-0,2034	0,1792	0,0014	0,3016	0,3178	0,2895
SHRSM7	0,0000	-0,1081	0,0000	-0,1081	0,0000	-0,0912	0,0000	-0,0912	0,0000	-0,0912
SHRSM8	-0,1190	0,0000	-0,1138	0,0000	-0,0744	0,0000	-0,0654	0,0170	-0,0225	0,0000
SHRSM9	-0,6518	0,0000	-1,0444	0,5714	-0,1011	0,0887	-0,0302	0,5149	0,4745	0,3389
SHRSM1	-0,0970	0,0000	-0,0849	0,0000	-0,0212	0,0001	0,0291	0,0104	0,0880	0,0121
SHRSM2	-0,4222	0,0000	-0,2487	0,0000	0,1214	0,3901	0,0372	1,3519	0,3344	1,9239
SHRSM11	-0,1408	0,0000	-0,1585	0,0317	-0,0491	0,0003	0,0034	0,0177	0,0805	0,0106
SHRSM10	-0,0439	0,0000	-0,0431	0,0000	-0,0328	0,0000	-0,0287	0,0000	-0,0245	0,0000
SHRSM13	-0,2335	0,0000	-0,2175	0,0317	-0,1098	0,0016	-0,0423	0,0315	0,0595	0,0027
SHRSM12	-0,2106	0,0000	-0,3353	0,0317	-0,4178	0,0000	-0,6758	0,6264	-0,1297	0,0000
SHRSM14	-0,0462	0,0000	-0,0369	0,0012	-0,0629	0,0764	0,0031	0,0628	0,0535	0,0647
SHRSM15	1,5520	0,0000	1,5211	0,0329	-0,0629	0,7287	-0,0302	1,1545	-0,1246	0,4701
SHRSM16	-2,1436	0,0030	-11,3481	9,7455	-11,2822	10,5280	-5,6526	5,4189	-12,7129	11,2874
SHRSM19	-0,4421	0,0000	7,9926	1,2364	7,6696	2,1260	1,9456	2,3840	6,6230	3,2180
SHRSM17	-0,2671	0,0000	-0,2051	0,0000	-0,0629	0,1477	-0,0840	0,4788	0,0459	0,6589
SHRSM18	-0,1810	0,0000	-0,2052	0,0000	-0,2136	0,0877	0,0842	0,0000	0,1205	0,0228
SHRSM20	-0,1538	0,0000	-0,1318	0,0104	0,0320	0,0001	0,0095	0,1845	0,0499	0,3058
SHRSM21	-0,0940	0,0000	1,0183	0,0000	1,3060	0,1559	1,1438	0,0000	1,3793	0,0700

Quadro 22 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada, após a redução da demanda para o mês de janeiro.



Mês de Janeiro	0%		1%		5%		10%		15%	
	0	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual
SHRSM4	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM3	-0,0927	-13%	-0,0956	-13%	-0,0422	-6%	-0,0063	-1%	0,0299	5%
SHRSM5	-0,1584	-2%	-0,0967	-1%	0,0234	0%	0,0119	0%	0,0230	0%
SHRSM6	-0,2170	-3%	-0,3128	-4%	-0,2034	-3%	0,0014	0%	0,3178	5%
SHRSM7	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM8	-0,1190	-23%	-0,1138	-22%	-0,0744	-15%	-0,0654	-14%	-0,0225	-5%
SHRSM9	-0,6518	-4%	-1,0444	-7%	-0,1011	-1%	-0,0302	0%	0,4745	4%
SHRSM1	-0,0970	-8%	-0,0849	-7%	-0,0212	-2%	0,0291	3%	0,0880	9%
SHRSM2	-0,4222	-2%	-0,2487	-1%	0,1214	1%	0,0372	0%	0,3344	2%
SHRSM11	-0,1408	-10%	-0,1585	-11%	-0,0491	-4%	0,0034	0%	0,0805	7%
SHRSM10	-0,0439	-53%	-0,0431	-52%	-0,0328	-41%	-0,0287	-38%	-0,0245	-35%
SHRSM13	-0,2335	-8%	-0,2175	-7%	-0,1098	-4%	-0,0423	-2%	0,0595	2%
SHRSM12	-0,2106	-2%	-0,3353	-4%	-0,4178	-5%	-0,6758	-8%	-0,1297	-2%
SHRSM14	-0,0462	-4%	-0,0369	-4%	-0,0629	-6%	0,0031	0%	0,0535	6%
SHRSM15	1,5520	22%	1,5211	22%	-0,0629	-1%	-0,0302	0%	-0,1246	-2%
SHRSM16	-2,1436	-14%	-11,3481	-75%	-11,2822	-78%	-5,6526	-41%	-12,7129	-98%
SHRSM19	-0,4421	-5%	7,9926	100%	7,6696	100%	1,9456	27%	6,6230	97%
SHRSM17	-0,2671	-4%	-0,2051	-3%	-0,0629	-1%	-0,0840	-2%	0,0459	1%
SHRSM18	-0,1810	-5%	-0,2052	-5%	-0,2136	-6%	0,0842	2%	0,1205	4%
SHRSM20	-0,1538	-5%	-0,1318	-4%	0,0320	1%	0,0095	0%	0,0499	2%
SHRSM21	-0,0940	-6%	1,0183	63%	1,3060	84%	1,1438	78%	1,3793	99%
Qtotal Atendimento	-4,16		-4,15		-3,58		-3,35		-3,33	

Quadro 23 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de janeiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,3031	0,2788	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,5198	0,4782	0,0416	0,2733	0,2733	0,0416	0,0416	0,0000
SHRSM5	0,8873	0,8163	0,0710	2,9763	2,9763	0,0710	0,0710	0,0000
SHRSM6	2,6229	2,4131	0,2098	2,6294	5,8790	0,0968	0,2094	0,0004
SHRSM7	0,6062	0,5577	0,0485	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,6672	0,6138	0,0534	0,1922	0,1922	0,0534	0,0534	0,0000
SHRSM9	6,9426	6,3870	0,5556	5,4831	11,5543	0,2923	0,5551	0,0005
SHRSM1	0,5436	0,5001	0,0435	0,4478	0,4478	0,0435	0,0435	0,0000
SHRSM2	2,9091	2,6763	0,2328	6,7905	7,2383	0,1893	0,2328	0,0000
SHRSM11	0,7891	0,7259	0,0632	0,7155	0,7155	0,0631	0,0631	0,0001
SHRSM10	0,2455	0,2259	0,0196	0,0313	0,0313	0,0196	0,0196	0,0000
SHRSM13	2,2877	2,1046	0,1831	1,1401	1,8869	0,1003	0,1830	0,0001
SHRSM12	6,4329	5,9181	0,5148	3,4765	12,6017	0,0989	0,5147	0,0001
SHRSM14	0,2591	0,2383	0,0208	0,3864	0,3864	0,0207	0,0207	0,0001
SHRSM15	13,0381	10,6471	2,3910	2,4766	15,4647	0,0487	0,5841	1,8069
SHRSM16	16,9332	15,5781	1,3551	5,7766	32,7956	0,0813	1,2205	0,1346
SHRSM19	19,4274	17,8728	1,5546	3,0060	35,8016	0,3336	1,5541	0,0005
SHRSM17	1,4969	1,3771	0,1198	2,0929	2,0929	0,0000	0,0000	0,1198
SHRSM18	2,5112	2,3102	0,2010	1,8241	3,9170	0,2010	0,2010	0,0000
SHRSM20	0,8619	0,7929	0,0690	0,1238	0,1238	0,0690	0,0690	0,0000
SHRSM21	23,3271	21,4604	1,8667	0,8149	40,6573	0,0421	1,87	0,0005

Quadro 24 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de fevereiro.

Fonte: Adaptado de Ravanello (2007).

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,3031	0,2788	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,5225	0,4782	0,0443	0,2706	0,2706	0,0006	0,0006	0,0437
SHRSM5	0,9171	0,8163	0,1008	2,9465	2,9465	0,0006	0,0006	0,1002
SHRSM6	2,6492	2,4131	0,2361	2,6031	5,8202	0,0022	0,0034	0,2327
SHRSM7	0,6062	0,5577	0,0485	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,6691	0,6138	0,0553	0,1903	0,1903	0,0553	0,0553	0,0000
SHRSM9	6,9974	6,3870	0,6104	5,4283	11,4388	0,0018	0,0605	0,5500
SHRSM1	0,5481	0,5001	0,0480	0,4433	0,4433	0,0006	0,0006	0,0473
SHRSM2	2,9770	2,6763	0,3007	6,7226	7,1659	0,0009	0,0016	0,2992
SHRSM11	0,7963	0,7259	0,0704	0,7083	0,7083	0,0037	0,0037	0,0666
SHRSM10	0,2458	0,2259	0,0199	0,0310	0,0310	0,0199	0,0199	0,0000
SHRSM13	2,2991	2,1046	0,1945	1,1287	1,8680	0,0008	0,0244	0,1701
SHRSM12	6,4677	5,9181	0,5496	3,4417	12,4757	0,0004	0,0264	0,5232
SHRSM14	0,2630	0,2383	0,0247	0,3825	0,3825	0,0024	0,0024	0,0223
SHRSM15	13,0629	10,6471	2,4158	2,4518	15,3101	0,0013	0,0301	2,3857
SHRSM16	16,9910	15,5781	1,4129	5,7188	32,4676	0,0001	0,0907	1,3222
SHRSM19	19,4575	17,8728	1,5847	2,9759	35,4436	1,0290	1,1197	0,4650
SHRSM17	1,5178	1,3771	0,1407	2,0720	2,0720	0,0004	0,0004	0,1403
SHRSM18	2,5294	2,3102	0,2192	1,8059	3,8778	0,0027	0,0031	0,2161
SHRSM20	0,8631	0,7929	0,0702	0,1226	0,1226	0,0002	0,0002	0,0701
SHRSM21	23,3352	21,4604	1,8748	0,8068	40,2507	0,7517	1,87	0,0002

Quadro 25 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de fevereiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,3031	0,2788	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,5335	0,4782	0,0553	0,2596	0,2596	0,0048	0,0048	0,0504
SHRSM5	1,0361	0,8163	0,2198	2,8275	2,8275	0,0913	0,0913	0,1285
SHRSM6	2,7544	2,4131	0,3413	2,4979	5,5851	0,0475	0,1436	0,1977
SHRSM7	0,6062	0,5577	0,0485	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,6768	0,6138	0,0630	0,1826	0,1826	0,0630	0,0630	0,0001
SHRSM9	7,2168	6,3870	0,8298	5,2089	10,9766	0,1123	0,3188	0,5109
SHRSM1	0,5660	0,5001	0,0659	0,4254	0,4254	0,0114	0,0114	0,0545
SHRSM2	3,2486	2,6763	0,5723	6,4510	6,8764	0,1821	0,1934	0,3789
SHRSM11	0,8249	0,7259	0,0990	0,6797	0,6797	0,0167	0,0167	0,0823
SHRSM10	0,2471	0,2259	0,0212	0,0297	0,0297	0,0212	0,0212	0,0000
SHRSM13	2,3447	2,1046	0,2401	1,0831	1,7926	0,0522	0,0900	0,1501
SHRSM12	6,6067	5,9181	0,6886	3,3027	11,9716	0,0300	0,3134	0,3752
SHRSM14	0,2784	0,2383	0,0401	0,3671	0,3671	0,0150	0,0150	0,0251
SHRSM15	13,1619	10,6471	2,5148	2,3528	14,6915	0,0714	0,3998	2,1150
SHRSM16	17,2220	15,5781	1,6439	5,4878	31,1558	0,1716	0,8902	0,7538
SHRSM19	19,5777	17,8728	1,7049	2,8557	34,0115	0,1135	1,0037	0,7012
SHRSM17	1,6015	1,3771	0,2244	1,9883	1,9883	0,0221	0,0221	0,2024
SHRSM18	2,6024	2,3102	0,2922	1,7329	3,7212	0,0669	0,0890	0,2032
SHRSM20	0,8681	0,7929	0,0752	0,1176	0,1176	0,0101	0,0101	0,0651
SHRSM21	23,3678	21,4604	1,9074	0,7742	38,6244	0,7742	1,88	0,0305

Quadro 26 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de fevereiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,3031	0,2788	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,5471	0,4782	0,0689	0,2460	0,2460	0,0004	0,0004	0,0686
SHRSM5	1,1849	0,8163	0,3686	2,6787	2,6787	0,0005	0,0005	0,3681
SHRSM6	2,8858	2,4131	0,4727	2,3665	5,2911	0,0044	0,0053	0,4675
SHRSM7	0,6062	0,5577	0,0485	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,6864	0,6138	0,0726	0,1730	0,1730	0,0726	0,0726	0,0000
SHRSM9	7,4909	6,3870	1,1039	4,9348	10,3989	0,0035	0,0814	1,0225
SHRSM1	0,5884	0,5001	0,0883	0,4030	0,4030	0,0028	0,0028	0,0855
SHRSM2	3,5882	2,6763	0,9119	6,1115	6,5145	0,0024	0,0052	0,9067
SHRSM11	0,8607	0,7259	0,1348	0,6440	0,6440	0,0043	0,0043	0,1304
SHRSM10	0,2486	0,2259	0,0227	0,0282	0,0282	0,0227	0,0227	0,0000
SHRSM13	2,4017	2,1046	0,2971	1,0261	1,6982	0,0100	0,0371	0,2600
SHRSM12	6,7806	5,9181	0,8625	3,1289	11,3415	0,0001	0,0424	0,8201
SHRSM14	0,2977	0,2383	0,0594	0,3478	0,3478	0,0059	0,0059	0,0536
SHRSM15	13,2858	10,6471	2,6387	2,2289	13,9182	0,0010	0,0493	2,5894
SHRSM16	17,5109	15,5781	1,9328	5,1989	29,5160	0,0004	0,1311	1,8016
SHRSM19	19,7280	17,8728	1,8552	2,7054	32,2214	1,0863	1,2175	0,6377
SHRSM17	1,7062	1,3771	0,3291	1,8836	1,8836	0,0009	0,0009	0,3282
SHRSM18	2,6936	2,3102	0,3834	1,6417	3,5253	0,0058	0,0067	0,3767
SHRSM20	0,8743	0,7929	0,0814	0,1114	0,1114	0,0079	0,0079	0,0735
SHRSM21	23,4086	21,4604	1,9482	0,7334	36,5916	0,7133	1,95	0,0028

Quadro 27 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de fevereiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,3031	0,2788	0,0243	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,5608	0,4782	0,0826	0,2323	0,2323	0,0059	0,0059	0,0767
SHRSM5	1,3337	0,8163	0,5174	2,5299	2,5299	0,0044	0,0044	0,5130
SHRSM6	3,0173	2,4131	0,6042	2,2350	4,9972	0,0017	0,0121	0,5921
SHRSM7	0,6062	0,5577	0,0485	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,6960	0,6138	0,0822	0,1634	0,1634	0,0821	0,0821	0,0001
SHRSM9	7,7651	6,3870	1,3781	4,6606	9,8212	0,0000	0,0942	1,2839
SHRSM1	0,6108	0,5001	0,1107	0,3806	0,3806	0,0038	0,0038	0,1069
SHRSM2	3,9277	2,6763	1,2514	5,7719	6,1526	0,0012	0,0050	1,2464
SHRSM11	0,8964	0,7259	0,1705	0,6082	0,6082	0,0061	0,0061	0,1644
SHRSM10	0,2502	0,2259	0,0243	0,0266	0,0266	0,0243	0,0243	0,0000
SHRSM13	2,4587	2,1046	0,3541	0,9691	1,6039	0,0123	0,0427	0,3114
SHRSM12	6,9544	5,9181	1,0363	2,9550	10,7114	0,0015	0,0492	0,9871
SHRSM14	0,3171	0,2383	0,0788	0,3284	0,3284	0,0041	0,0041	0,0746
SHRSM15	13,4096	10,6471	2,7625	2,1051	13,1450	0,0057	0,0590	2,7035
SHRSM16	17,7997	15,5781	2,2216	4,9101	27,8763	0,0030	0,1563	2,0653
SHRSM19	19,8783	17,8728	2,0055	2,5551	30,4314	1,1711	1,3274	0,6781
SHRSM17	1,8108	1,3771	0,4337	1,7790	1,7790	0,0025	0,0025	0,4312
SHRSM18	2,7848	2,3102	0,4746	1,5505	3,3295	0,0079	0,0104	0,4642
SHRSM20	0,8805	0,7929	0,0876	0,1052	0,1052	0,0003	0,0003	0,0873
SHRSM21	23,4493	21,4604	1,9889	0,6927	34,5587	0,6507	1,99	0,0001

Quadro 28 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de fevereiro.

Mês de fevereiro	1%		5%		10%		15%	
	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno
SHRSM4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM3	0,2706	0,0027	0,2596	0,0137	0,2460	0,0273	0,2323	0,0410
SHRSM5	2,9465	0,0298	2,8275	0,1488	2,6787	0,2976	2,5299	0,4464
SHRSM6	2,6031	0,0263	2,4979	0,1315	2,3665	0,2629	2,2350	0,3944
SHRSM7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM8	0,1903	0,0019	0,1826	0,0096	0,1730	0,0192	0,1634	0,0288
SHRSM9	5,4283	0,0548	5,2089	0,2742	4,9348	0,5483	4,6606	0,8225
SHRSM1	0,4433	0,0045	0,4254	0,0224	0,4030	0,0448	0,3806	0,0672
SHRSM2	6,7226	0,0679	6,4510	0,3395	6,1115	0,6791	5,7719	1,0186
SHRSM11	0,7083	0,0072	0,6797	0,0358	0,6440	0,0716	0,6082	0,1073
SHRSM10	0,0310	0,0003	0,0297	0,0016	0,0282	0,0031	0,0266	0,0047
SHRSM13	1,1287	0,0114	1,0831	0,0570	1,0261	0,1140	0,9691	0,1710
SHRSM12	3,4417	0,0348	3,3027	0,1738	3,1289	0,3477	2,9550	0,5215
SHRSM14	0,3825	0,0039	0,3671	0,0193	0,3478	0,0386	0,3284	0,0580
SHRSM15	2,4518	0,0248	2,3528	0,1238	2,2289	0,2477	2,1051	0,3715
SHRSM16	5,7188	0,0578	5,4878	0,2888	5,1989	0,5777	4,9101	0,8665
SHRSM19	2,9759	0,0301	2,8557	0,1503	2,7054	0,3006	2,5551	0,4509
SHRSM17	2,0720	0,0209	1,9883	0,1046	1,8836	0,2093	1,7790	0,3139
SHRSM18	1,8059	0,0182	1,7329	0,0912	1,6417	0,1824	1,5505	0,2736
SHRSM20	0,1226	0,0012	0,1176	0,0062	0,1114	0,0124	0,1052	0,0186
SHRSM21	0,8068	0,0081	0,7742	0,0407	0,7334	0,0815	0,6927	0,1222

Quadro 29 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de fevereiro.

Mês de Fevereiro	0%		1%		5%		10%		15%	
	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,0000	0,0243	0,0000	0,0243	0,0000	0,0243	0,0000	0,0243	0,0000	0,0243
SHRSM3	0,0416	0,0000	0,0006	0,0437	0,0048	0,0504	0,0004	0,0686	0,0059	0,0767
SHRSM5	0,0710	0,0000	0,0006	0,1002	0,0913	0,1285	0,0005	0,3681	0,0044	0,5130
SHRSM6	0,0968	0,0004	0,0022	0,2327	0,0475	0,1977	0,0044	0,4675	0,0017	0,5921
SHRSM7	0,0000	0,0485	0,0000	0,0485	0,0000	0,0485	0,0000	0,0485	0,0000	0,0485
SHRSM8	0,0534	0,0000	0,0553	0,0000	0,0630	0,0001	0,0726	0,0000	0,0821	0,0001
SHRSM9	0,2923	0,0005	0,0018	0,5500	0,1123	0,5109	0,0035	1,0225	0,0000	1,2839
SHRSM1	0,0435	0,0000	0,0006	0,0473	0,0114	0,0545	0,0028	0,0855	0,0038	0,1069
SHRSM2	0,1893	0,0000	0,0009	0,2992	0,1821	0,3789	0,0024	0,9067	0,0012	1,2464
SHRSM11	0,0631	0,0001	0,0037	0,0666	0,0167	0,0823	0,0043	0,1304	0,0061	0,1644
SHRSM10	0,0196	0,0000	0,0199	0,0000	0,0212	0,0000	0,0227	0,0000	0,0243	0,0000
SHRSM13	0,1003	0,0001	0,0008	0,1701	0,0522	0,1501	0,0100	0,2600	0,0123	0,3114
SHRSM12	0,0989	0,0001	0,0004	0,5232	0,0300	0,3752	0,0001	0,8201	0,0015	0,9871
SHRSM14	0,0207	0,0001	0,0024	0,0223	0,0150	0,0251	0,0059	0,0536	0,0041	0,0746
SHRSM15	0,0487	1,8069	0,0013	2,3857	0,0714	2,1150	0,0010	2,5894	0,0057	2,7035
SHRSM16	0,0813	0,1346	0,0001	1,3222	0,1716	0,7538	0,0004	1,8016	0,0030	2,0653
SHRSM19	0,3336	0,0005	1,0290	0,4650	0,1135	0,7012	1,0863	0,6377	1,1711	0,6781
SHRSM17	0,0000	0,1198	0,0004	0,1403	0,0221	0,2024	0,0009	0,3282	0,0025	0,4312
SHRSM18	0,2010	0,0000	0,0027	0,2161	0,0669	0,2032	0,0058	0,3767	0,0079	0,4642
SHRSM20	0,0690	0,0000	0,0002	0,0701	0,0101	0,0651	0,0079	0,0735	0,0003	0,0873
SHRSM21	0,0421	0,0005	0,7517	0,0002	0,7742	0,0305	0,7133	0,0028	0,6507	0,0001

Quadro 30 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de fevereiro.



Mês de Fevereiro	0%		1%		5%		10%		15%	
	0	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual
SHRSM4	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM3	0,0416	15%	0,0006	0%	0,0048	2%	0,0004	0%	0,0059	3%
SHRSM5	0,0710	2%	0,0006	0%	0,0913	3%	0,0005	0%	0,0044	0%
SHRSM6	0,0968	4%	0,0022	0%	0,0475	2%	0,0044	0%	0,0017	0%
SHRSM7	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM8	0,0534	28%	0,0553	29%	0,0630	34%	0,0726	42%	0,0821	50%
SHRSM9	0,2923	5%	0,0018	0%	0,1123	2%	0,0035	0%	0,0000	0%
SHRSM1	0,0435	10%	0,0006	0%	0,0114	3%	0,0028	1%	0,0038	1%
SHRSM2	0,1893	3%	0,0009	0%	0,1821	3%	0,0024	0%	0,0012	0%
SHRSM11	0,0631	9%	0,0037	1%	0,0167	2%	0,0043	1%	0,0061	1%
SHRSM10	0,0196	63%	0,0199	64%	0,0212	71%	0,0227	81%	0,0243	91%
SHRSM13	0,1003	9%	0,0008	0%	0,0522	5%	0,0100	1%	0,0123	1%
SHRSM12	0,0989	3%	0,0004	0%	0,0300	1%	0,0001	0%	0,0015	0%
SHRSM14	0,0207	5%	0,0024	1%	0,0150	4%	0,0059	2%	0,0041	1%
SHRSM15	0,0487	2%	0,0013	0%	0,0714	3%	0,0010	0%	0,0057	0%
SHRSM16	0,0813	1%	0,0001	0%	0,1716	3%	0,0004	0%	0,0030	0%
SHRSM19	0,3336	11%	1,0290	35%	0,1135	4%	1,0863	40%	1,1711	46%
SHRSM17	0,0000	0%	0,0004	0%	0,0221	1%	0,0009	0%	0,0025	0%
SHRSM18	0,2010	11%	0,0027	0%	0,0669	4%	0,0058	0%	0,0079	1%
SHRSM20	0,0690	56%	0,0002	0%	0,0101	9%	0,0079	7%	0,0003	0%
SHRSM21	0,0421	5%	0,7517	93%	0,7742	100%	0,7133	97%	0,6507	94%
Qtotal Atendimento	1,87		1,87		1,88		1,95		1,99	

Quadro 31 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR após a redução da demanda para o mês de fevereiro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1984	0,1803	0,0181	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0181
SHRSM3	0,3402	0,3093	0,0309	0,8600	0,8600	0,0309	0,0309	0,0000
SHRSM5	0,5808	0,5279	0,0529	10,6640	10,6640	0,0528	0,0528	0,0001
SHRSM6	1,7168	1,5606	0,1562	8,6934	20,2174	0,0724	0,1561	0,0001
SHRSM7	0,3968	0,3607	0,0361	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0361
SHRSM8	0,4367	0,3970	0,0397	0,6535	0,6535	0,0397	0,0397	0,0000
SHRSM9	4,5440	4,1307	0,4133	18,2013	39,0722	0,0055	0,2013	0,2120
SHRSM1	0,3558	0,3234	0,0324	1,5474	1,5474	0,0324	0,0324	0,0000
SHRSM2	1,9041	1,7309	0,1732	24,4143	25,9617	0,0000	0,0324	0,1408
SHRSM11	0,5165	0,4695	0,0470	1,7173	1,7173	0,0470	0,0470	0,0000
SHRSM10	0,1607	0,1461	0,0146	0,0833	0,0833	0,0146	0,0146	0,0000
SHRSM13	1,4973	1,3611	0,1362	3,9668	5,7674	0,0616	0,1232	0,0130
SHRSM12	4,2104	3,8275	0,3829	11,8344	43,5635	0,0324	0,1880	0,1949
SHRSM14	0,1696	0,1541	0,0155	1,3960	1,3960	0,0154	0,0154	0,0001
SHRSM15	7,1423	5,8101	1,3322	9,4170	54,3765	0,4337	0,6371	0,6951
SHRSM16	11,0830	10,0749	1,0081	19,6634	113,1121	0,1697	1,0081	0,0000
SHRSM19	12,7156	11,5590	1,1566	9,6452	122,7573	0,0542	1,0623	0,0943
SHRSM17	0,9797	0,8906	0,0891	7,3327	7,3327	0,0891	0,0891	0,0000
SHRSM18	1,6436	1,4941	0,1495	4,4731	11,8058	0,0604	0,1495	0,0000
SHRSM20	0,5641	0,5128	0,0513	0,3433	0,3433	0,0513	0,0513	0,0000
SHRSM21	15,2680	13,8792	1,3888	1,4865	136,3929	0,1241	1,39	0,0016

Quadro 32 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de dezembro.

Fonte: Adaptado de Ravanello (2007).

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1984	0,1803	0,0181	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0181
SHRSM3	0,3488	0,3093	0,0395	0,8514	0,8514	0,0015	0,0015	0,0380
SHRSM5	0,6874	0,5279	0,1595	10,5574	10,5574	0,0058	0,0058	0,1537
SHRSM6	1,8037	1,5606	0,2431	8,6065	20,0152	0,0006	0,0079	0,2352
SHRSM7	0,3968	0,3607	0,0361	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0361
SHRSM8	0,4432	0,3970	0,0462	0,6470	0,6470	0,0461	0,0461	0,0001
SHRSM9	4,7260	4,1307	0,5953	18,0193	38,6815	0,0034	0,0575	0,5378
SHRSM1	0,3713	0,3234	0,0479	1,5319	1,5319	0,0024	0,0024	0,0455
SHRSM2	2,1482	1,7309	0,4173	24,1702	25,7021	0,0005	0,0029	0,4144
SHRSM11	0,5337	0,4695	0,0642	1,7001	1,7001	0,0040	0,0040	0,0601
SHRSM10	0,1615	0,1461	0,0154	0,0825	0,0825	0,0154	0,0154	0,0000
SHRSM13	1,5370	1,3611	0,1759	3,9271	5,7097	0,0016	0,0210	0,1549
SHRSM12	4,3287	3,8275	0,5012	11,7161	43,1279	0,0016	0,0255	0,4757
SHRSM14	0,1836	0,1541	0,0295	1,3820	1,3820	0,0023	0,0023	0,0271
SHRSM15	7,2365	5,8101	1,4264	9,3228	53,8327	0,0038	0,0317	1,3947
SHRSM16	11,2796	10,0749	1,2047	19,4668	111,9810	0,0045	0,0936	1,1111
SHRSM19	12,8121	11,5590	1,2531	9,5487	121,5297	0,1022	0,1959	1,0572
SHRSM17	1,0530	0,8906	0,1624	7,2594	7,2594	0,0043	0,0043	0,1582
SHRSM18	1,6883	1,4941	0,1942	4,4284	11,6877	0,0013	0,0056	0,1886
SHRSM20	0,5675	0,5128	0,0547	0,3399	0,3399	0,0041	0,0041	0,0507
SHRSM21	15,2829	13,8792	1,4037	1,4716	135,0290	1,1959	1,40	0,0023

Quadro 33 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de dezembro.

<b>SHR</b>	<b>Vazão de Referência</b>	<b>Vazão Ambiental</b>	<b>Disponibilidade Marco Zero</b>	<b>Demanda Individual</b>	<b>Demanda Acumulada</b>	<b>Racionamento Individual ou Qoutorgada</b>	<b>Racionamento Acumulado</b>	<b>Disponibilidade Remanescente</b>
SHRSM4	0,1984	0,1803	0,0181	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0181
SHRSM3	0,3832	0,3093	0,0739	0,8170	0,8170	0,0029	0,0029	0,0710
SHRSM5	1,1140	0,5279	0,5861	10,1308	10,1308	0,0033	0,0033	0,5828
SHRSM6	2,1515	1,5606	0,5909	8,2587	19,2065	0,0025	0,0088	0,5821
SHRSM7	0,3968	0,3607	0,0361	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0361
SHRSM8	0,4694	0,3970	0,0724	0,6208	0,6208	0,0723	0,0723	0,0001
SHRSM9	5,4541	4,1307	1,3234	17,2912	37,1186	0,0047	0,0857	1,2376
SHRSM1	0,4332	0,3234	0,1098	1,4700	1,4700	0,0040	0,0040	0,1058
SHRSM2	3,1248	1,7309	1,3939	23,1936	24,6636	0,0036	0,0076	1,3863
SHRSM11	0,6024	0,4695	0,1329	1,6314	1,6314	0,0030	0,0030	0,1298
SHRSM10	0,1649	0,1461	0,0188	0,0791	0,0791	0,0188	0,0188	0,0000
SHRSM13	1,6956	1,3611	0,3345	3,7685	5,4790	0,0094	0,0312	0,3033
SHRSM12	4,8021	3,8275	0,9746	11,2427	41,3853	0,0007	0,0395	0,9351
SHRSM14	0,2394	0,1541	0,0853	1,3262	1,3262	0,0009	0,0009	0,0844
SHRSM15	7,6132	5,8101	1,8031	8,9462	51,6577	0,0056	0,0460	1,7570
SHRSM16	12,0662	10,0749	1,9913	18,6802	107,4565	0,0017	0,1334	1,8579
SHRSM19	13,1979	11,5590	1,6389	9,1629	116,6194	0,2546	0,3879	1,2509
SHRSM17	1,3463	0,8906	0,4557	6,9661	6,9661	0,0005	0,0005	0,4552
SHRSM18	1,8673	1,4941	0,3732	4,2494	11,2155	0,0009	0,0014	0,3718
SHRSM20	0,5813	0,5128	0,0685	0,3261	0,3261	0,0011	0,0011	0,0673
SHRSM21	15,3423	13,8792	1,4631	1,4122	129,5733	1,0651	1,46	0,0075

Quadro 34 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de dezembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,1984	0,1803	0,0181	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0181
SHRSM3	0,4262	0,3093	0,1169	0,7740	0,7740	0,0016	0,0016	0,1153
SHRSM5	1,6472	0,5279	1,1193	9,5976	9,5976	0,0091	0,0091	1,1102
SHRSM6	2,5861	1,5606	1,0255	7,8241	18,1957	0,0029	0,0136	1,0119
SHRSM7	0,3968	0,3607	0,0361	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0361
SHRSM8	0,5021	0,3970	0,1051	0,5882	0,5882	0,1047	0,1047	0,0003
SHRSM9	6,3641	4,1307	2,2334	16,3812	35,1650	0,0200	0,1383	2,0951
SHRSM1	0,5105	0,3234	0,1871	1,3927	1,3927	0,0020	0,0020	0,1851
SHRSM2	4,3455	1,7309	2,6146	21,9729	23,3655	0,0076	0,0096	2,6050
SHRSM11	0,6882	0,4695	0,2187	1,5456	1,5456	0,0055	0,0055	0,2132
SHRSM10	0,1690	0,1461	0,0229	0,0750	0,0750	0,0229	0,0229	0,0001
SHRSM13	1,8940	1,3611	0,5329	3,5701	5,1907	0,0080	0,0364	0,4965
SHRSM12	5,3938	3,8275	1,5663	10,6510	39,2072	0,0261	0,0722	1,4942
SHRSM14	0,3092	0,1541	0,1551	1,2564	1,2564	0,0038	0,0038	0,1513
SHRSM15	8,0840	5,8101	2,2739	8,4753	48,9389	0,0123	0,0882	2,1857
SHRSM16	13,0493	10,0749	2,9744	17,6971	101,8009	0,0034	0,2300	2,7445
SHRSM19	13,6801	11,5590	2,1211	8,6807	110,4816	0,0158	0,2458	1,8753
SHRSM17	1,7130	0,8906	0,8224	6,5994	6,5994	0,0035	0,0035	0,8188
SHRSM18	2,0909	1,4941	0,5968	4,0258	10,6252	0,0578	0,0613	0,5355
SHRSM20	0,5984	0,5128	0,0856	0,3090	0,3090	0,0098	0,0098	0,0758
SHRSM21	15,4167	13,8792	1,5375	1,3379	122,7536	1,2181	1,53	0,0025

Quadro 35 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de dezembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamento Acumulado	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0.1984	0.1803	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0181
SHRSM3	0.4692	0.3093	0.1599	0.7310	0.7310	0.0010	0.0010	0.1589
SHRSM5	2.1804	0.5279	1.6525	9.0644	9.0644	0.0063	0.0063	1.6462
SHRSM6	3.0208	1.5606	1.4602	7.3894	17.1848	0.0041	0.0114	1.4488
SHRSM7	0.3968	0.3607	0.0361	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0361
SHRSM8	0.5347	0.3970	0.1377	0.5555	0.5555	0.1375	0.1375	0.0002
SHRSM9	7.2742	4.1307	3.1435	15.4711	33.2114	0.0045	0.1534	2.9901
SHRSM1	0.5879	0.3234	0.2645	1.3153	1.3153	0.0012	0.0012	0.2633
SHRSM2	5.5662	1.7309	3.8353	20.7522	22.0674	0.0026	0.0037	3.8316
SHRSM11	0.7741	0.4695	0.3046	1.4597	1.4597	0.0018	0.0018	0.3028
SHRSM10	0.1732	0.1461	0.0271	0.0708	0.0708	0.0271	0.0271	0.0000
SHRSM13	2.0923	1.3611	0.7312	3.3718	4.9023	0.0164	0.0452	0.6860
SHRSM12	5.9856	3.8275	2.1581	10.0592	37.0290	0.0045	0.0534	2.1046
SHRSM14	0.3790	0.1541	0.2249	1.1866	1.1866	0.0068	0.0068	0.2181
SHRSM15	8.5549	5.8101	2.7448	8.0045	46.2200	0.0023	0.0626	2.6822
SHRSM16	14.0325	10.0749	3.9576	16.7139	96.1453	0.0234	0.2394	3.7182
SHRSM19	14.1624	11.5590	2.6034	8.1984	104.3437	0.2006	0.4400	2.1634
SHRSM17	2.0796	0.8906	1.1890	6.2328	6.2328	0.0011	0.0011	1.1879
SHRSM18	2.3146	1.4941	0.8205	3.8021	10.0349	0.0040	0.0051	0.8154

Quadro 36 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de dezembro.

Mês de Dezembro	1%		5%		10%		15%	
	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno
SHRSM4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM3	0,8514	0,0086	0,8170	0,0430	0,7740	0,0860	0,7310	0,1290
SHRSM5	10,5574	0,1066	10,1308	0,5332	9,5976	1,0664	9,0644	1,5996
SHRSM6	8,6065	0,0869	8,2587	0,4347	7,8241	0,8693	7,3894	1,3040
SHRSM7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM8	0,6470	0,0065	0,6208	0,0327	0,5882	0,0654	0,5555	0,0980
SHRSM9	18,0193	0,1820	17,2912	0,9101	16,3812	1,8201	15,4711	2,7302
SHRSM1	1,5319	0,0155	1,4700	0,0774	1,3927	0,1547	1,3153	0,2321
SHRSM2	24,1702	0,2441	23,1936	1,2207	21,9729	2,4414	20,7522	3,6621
SHRSM11	1,7001	0,0172	1,6314	0,0859	1,5456	0,1717	1,4597	0,2576
SHRSM10	0,0825	0,0008	0,0791	0,0042	0,0750	0,0083	0,0708	0,0125
SHRSM13	3,9271	0,0397	3,7685	0,1983	3,5701	0,3967	3,3718	0,5950
SHRSM12	11,7161	0,1183	11,2427	0,5917	10,6510	1,1834	10,0592	1,7752
SHRSM14	1,3820	0,0140	1,3262	0,0698	1,2564	0,1396	1,1866	0,2094
SHRSM15	9,3228	0,0942	8,9462	0,4709	8,4753	0,9417	8,0045	1,4126
SHRSM16	19,4668	0,1966	18,6802	0,9832	17,6971	1,9663	16,7139	2,9495
SHRSM19	9,5487	0,0965	9,1629	0,4823	8,6807	0,9645	8,1984	1,4468
SHRSM17	7,2594	0,0733	6,9661	0,3666	6,5994	0,7333	6,2328	1,0999
SHRSM18	4,4284	0,0447	4,2494	0,2237	4,0258	0,4473	3,8021	0,6710
SHRSM20	0,3399	0,0034	0,3261	0,0172	0,3090	0,0343	0,2918	0,0515
SHRSM21	1,4716	0,0149	1,4122	0,0743	1,3379	0,1487	1,2635	0,2230

Quadro 37 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de dezembro.

Mês de Dezembro	0%		1%		5%		10%		15%	
	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,0000	0,0181	0,0000	0,0181	0,0000	0,0181	0,0000	0,0181	0,0000	0,0181
SHRSM3	0,0309	0,0000	0,0015	0,0380	0,0029	0,0710	0,0016	0,1153	0,0010	0,1589
SHRSM5	0,0528	0,0001	0,0058	0,1537	0,0033	0,5828	0,0091	1,1102	0,0063	1,6462
SHRSM6	0,0724	0,0001	0,0006	0,2352	0,0025	0,5821	0,0029	1,0119	0,0041	1,4488
SHRSM7	0,0000	0,0361	0,0000	0,0361	0,0000	0,0361	0,0000	0,0361	0,0000	0,0361
SHRSM8	0,0397	0,0000	0,0461	0,0001	0,0723	0,0001	0,1047	0,0003	0,1375	0,0002
SHRSM9	0,0055	0,2120	0,0034	0,5378	0,0047	1,2376	0,0200	2,0951	0,0045	2,9901
SHRSM1	0,0324	0,0000	0,0024	0,0455	0,0040	0,1058	0,0020	0,1851	0,0012	0,2633
SHRSM2	0,0000	0,1408	0,0005	0,4144	0,0036	1,3863	0,0076	2,6050	0,0026	3,8316
SHRSM11	0,0470	0,0000	0,0040	0,0601	0,0030	0,1298	0,0055	0,2132	0,0018	0,3028
SHRSM10	0,0146	0,0000	0,0154	0,0000	0,0188	0,0000	0,0229	0,0001	0,0271	0,0000
SHRSM13	0,0616	0,0130	0,0016	0,1549	0,0094	0,3033	0,0080	0,4965	0,0164	0,6860
SHRSM12	0,0324	0,1949	0,0016	0,4757	0,0007	0,9351	0,0261	1,4942	0,0045	2,1046
SHRSM14	0,0154	0,0001	0,0023	0,0271	0,0009	0,0844	0,0038	0,1513	0,0068	0,2181
SHRSM15	0,4337	0,6951	0,0038	1,3947	0,0056	1,7570	0,0123	2,1857	0,0023	2,6822
SHRSM16	0,1697	0,0000	0,0045	1,1111	0,0017	1,8579	0,0034	2,7445	0,0234	3,7182
SHRSM19	0,0542	0,0943	0,1022	1,0572	0,2546	1,2509	0,0158	1,8753	0,2006	2,1634
SHRSM17	0,0891	0,0000	0,0043	0,1582	0,0005	0,4552	0,0035	0,8188	0,0011	1,1879
SHRSM18	0,0604	0,0000	0,0013	0,1886	0,0009	0,3718	0,0578	0,5355	0,0040	0,8154
SHRSM20	0,0513	0,0000	0,0041	0,0507	0,0011	0,0673	0,0098	0,0758	0,0005	0,1023
SHRSM21	0,1241	0,0016	1,1959	0,0023	1,0651	0,0075	1,2181	0,0025	1,1548	0,0114

Quadro 38 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de dezembro.



Mês de Dezembro	0%		1%		5%		10%		15%	
	0	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual
SHRSM4	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM3	0,0309	4%	0,0015	0%	0,0029	0%	0,0016	0%	0,0010	0%
SHRSM5	0,0528	0%	0,0058	0%	0,0033	0%	0,0091	0%	0,0063	0%
SHRSM6	0,0724	1%	0,0006	0%	0,0025	0%	0,0029	0%	0,0041	0%
SHRSM7	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM8	0,0397	6%	0,0461	7%	0,0723	12%	0,1047	18%	0,1375	25%
SHRSM9	0,0055	0%	0,0034	0%	0,0047	0%	0,0200	0%	0,0045	0%
SHRSM1	0,0324	2%	0,0024	0%	0,0040	0%	0,0020	0%	0,0012	0%
SHRSM2	0,0000	0%	0,0005	0%	0,0036	0%	0,0076	0%	0,0026	0%
SHRSM11	0,0470	3%	0,0040	0%	0,0030	0%	0,0055	0%	0,0018	0%
SHRSM10	0,0146	18%	0,0154	19%	0,0188	24%	0,0229	30%	0,0271	38%
SHRSM13	0,0616	2%	0,0016	0%	0,0094	0%	0,0080	0%	0,0164	0%
SHRSM12	0,0324	0%	0,0016	0%	0,0007	0%	0,0261	0%	0,0045	0%
SHRSM14	0,0154	1%	0,0023	0%	0,0009	0%	0,0038	0%	0,0068	1%
SHRSM15	0,4337	5%	0,0038	0%	0,0056	0%	0,0123	0%	0,0023	0%
SHRSM16	0,1697	1%	0,0045	0%	0,0017	0%	0,0034	0%	0,0234	0%
SHRSM19	0,0542	1%	0,1022	1%	0,2546	3%	0,0158	0%	0,2006	2%
SHRSM17	0,0891	1%	0,0043	0%	0,0005	0%	0,0035	0%	0,0011	0%
SHRSM18	0,0604	1%	0,0013	0%	0,0009	0%	0,0578	1%	0,0040	0%
SHRSM20	0,0513	15%	0,0041	1%	0,0011	0%	0,0098	3%	0,0005	0%
SHRSM21	0,1241	8%	1,1959	81%	1,0651	75%	1,2181	91%	1,1548	91%
Qtal Atendimento	1,39		1,40		1,46		1,53		1,60	

Quadro 39 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR após a redução da demanda para o mês de dezembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,5547	0,4256	0,1291	0,0000	0,0000	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,9514	0,7300	0,2214	0,2536	0,2536	0,2214	0,0000
SHRSM5	1,6238	1,2460	0,3778	4,3432	4,3432	0,3778	0,0000
SHRSM6	4,8002	3,6833	1,1169	3,3689	7,9657	0,5177	0,0000
SHRSM7	1,1094	0,8513	0,2581	0,0000	0,0000	0,0000	0,2581
SHRSM8	1,2210	0,9369	0,2841	0,2229	0,2229	0,2165	0,0676
SHRSM9	12,7055	9,7492	2,9563	7,6393	15,8279	0,3668	1,2561
SHRSM1	0,9947	0,7633	0,2314	0,5923	0,5923	0,2200	0,0114
SHRSM2	5,3239	4,0852	1,2387	9,3429	9,9352	1,0073	0,0114
SHRSM11	1,4441	1,1081	0,3360	0,4885	0,4885	0,3360	0,0000
SHRSM10	0,4493	0,3448	0,1045	0,0104	0,0104	0,0103	0,0942
SHRSM13	4,1466	3,2125	0,9341	1,4262	1,9251	0,5878	0,0000
SHRSM12	11,7720	9,0335	2,7385	4,4606	16,3209	0,5550	0,0221
SHRSM14	0,4741	0,3638	0,1103	0,8264	0,8264	0,1103	0,0000
SHRSM15	22,5583	15,6135	6,9448	4,2842	21,4315	2,0061	2,1120
SHRSM16	30,9889	23,7785	7,2104	7,1208	44,3802	0,6600	0,0174
SHRSM19	35,5536	27,2811	8,2725	4,8419	49,2221	1,06210	0,0174
SHRSM17	2,7394	2,1020	0,6374	2,9092	2,9092	0,5000	0,1374
SHRSM18	4,5957	3,5264	1,0693	1,2830	4,1922	0,6112	0,0013
SHRSM20	1,5773	1,2103	0,3670	0,0561	0,0561	0,0236	0,3434
SHRSM21	42,6904	32,7573	9,9331	0,2842	53,7546	0,2832	0,2600

Quadro 40 – Cenário 0 cenário hídrico atual, mês de novembro.

Fonte: (Adaptado de Ravello (2007))

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,5547	0,4256	0,1291	0,0000	0,0000	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,9539	0,7300	0,2239	0,2511	0,2511	0,1461	0,0778
SHRSM5	1,6672	1,2460	0,4212	4,2998	4,2998	0,1700	0,2513
SHRSM6	4,8339	3,6833	1,1506	3,3352	7,8860	0,8300	0,0045
SHRSM7	1,1094	0,8513	0,2581	0,0000	0,0000	0,0000	0,2581
SHRSM8	1,2232	0,9369	0,2863	0,2207	0,2207	0,2000	0,0863
SHRSM9	12,7819	9,7492	3,0327	7,5629	15,6696	0,9121	0,7745
SHRSM1	1,0006	0,7633	0,2373	0,5864	0,5864	0,2061	0,0312
SHRSM2	5,4173	4,0852	1,3321	9,2495	9,8358	0,9791	0,1469
SHRSM11	1,4490	1,1081	0,3409	0,4836	0,4836	0,2374	0,1034
SHRSM10	0,4494	0,3448	0,1046	0,0103	0,0103	0,0015	0,1031
SHRSM13	4,1609	3,2125	0,9484	1,4119	1,9058	0,2000	0,5094
SHRSM12	11,8166	9,0335	2,7831	4,4160	16,1577	1,1300	0,0289
SHRSM14	0,4824	0,3638	0,1186	0,8181	0,8181	0,1100	0,0086
SHRSM15	22,6011	15,6135	6,9876	4,2414	21,2172	1,0000	3,1234
SHRSM16	31,0601	23,7785	7,2816	7,0496	43,9364	1,1300	0,0291
SHRSM19	35,6020	27,2811	8,3209	4,7935	48,7299	1,00000	0,0685
SHRSM17	2,7685	2,1020	0,6665	2,8801	2,8801	0,4000	0,2665
SHRSM18	4,6085	3,5264	1,0821	1,2702	4,1503	0,8316	0,0141
SHRSM20	1,5779	1,2103	0,3676	0,0555	0,0555	0,0555	0,3121
SHRSM21	42,6932	32,7573	9,9359	0,2814	53,2171	0,2000	0,1964

Quadro 41 – Cenário 1 com 1% de redução na demanda de água mês de novembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,5547	0,4256	0,1291	0,0000	0,0000	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,9641	0,7300	0,2341	0,2409	0,2409	0,2000	0,0341
SHRSM5	1,8410	1,2460	0,5950	4,1260	4,1260	0,5900	0,0050
SHRSM6	4,9686	3,6833	1,2853	3,2005	7,5674	0,3000	0,1953
SHRSM7	1,1094	0,8513	0,2581	0,0000	0,0000	0,0000	0,2581
SHRSM8	1,2321	0,9369	0,2952	0,2118	0,2118	0,1131	0,1822
SHRSM9	13,0875	9,7492	3,3383	7,2573	15,0365	1,0900	1,0452
SHRSM1	1,0243	0,7633	0,2610	0,5627	0,5627	0,2467	0,0144
SHRSM2	5,7910	4,0852	1,7058	8,8758	9,4384	1,4000	0,0592
SHRSM11	1,4685	1,1081	0,3604	0,4641	0,4641	0,3000	0,0604
SHRSM10	0,4498	0,3448	0,1050	0,0099	0,0099	0,0034	0,1016
SHRSM13	4,2179	3,2125	1,0054	1,3549	1,8288	0,2000	0,5020
SHRSM12	11,9950	9,0335	2,9615	4,2376	15,5049	0,7014	0,1100
SHRSM14	0,5154	0,3638	0,1516	0,7851	0,7851	0,1000	0,0516
SHRSM15	22,7725	15,6135	7,1590	4,0700	20,3599	1,0000	3,2075
SHRSM16	31,3449	23,7785	7,5664	6,7648	42,1612	1,0033	0,3186
SHRSM19	35,7957	27,2811	8,5146	4,5998	46,7610	0,90000	0,3667
SHRSM17	2,8849	2,1020	0,7829	2,7637	2,7637	0,7000	0,0829
SHRSM18	4,6599	3,5264	1,1335	1,2189	3,9826	0,5650	0,0655
SHRSM20	1,5801	1,2103	0,3698	0,0533	0,0533	0,0533	0,3165
SHRSM21	42,7046	32,7573	9,9473	0,2700	51,0669	0,2700	0,2111

Quadro 42 – Cenário 2 com 5% de redução na demanda de água mês de novembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,5547	0,4256	0,1291	0,0000	0,0000	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,9768	0,7300	0,2468	0,2282	0,2282	0,0500	0,1968
SHRSM5	2,0581	1,2460	0,8121	3,9089	3,9089	0,8000	0,0121
SHRSM6	5,1371	3,6833	1,4538	3,0320	7,1691	0,6000	0,0038
SHRSM7	1,1094	0,8513	0,2581	0,0000	0,0000	0,0000	0,2581
SHRSM8	1,2433	0,9369	0,3064	0,2006	0,2006	0,1000	0,2064
SHRSM9	13,4694	9,7492	3,7202	6,8754	14,2451	1,7000	0,4702
SHRSM1	1,0539	0,7633	0,2906	0,5331	0,5331	0,1100	0,1806
SHRSM2	6,2582	4,0852	2,1730	8,4086	8,9417	1,7000	0,3630
SHRSM11	1,4930	1,1081	0,3849	0,4397	0,4397	0,1850	0,1999
SHRSM10	0,4503	0,3448	0,1055	0,0094	0,0094	0,0094	0,0962
SHRSM13	4,2892	3,2125	1,0767	1,2836	1,7326	0,5000	0,3824
SHRSM12	12,2181	9,0335	3,1846	4,0145	14,6888	0,5000	0,1802
SHRSM14	0,5567	0,3638	0,1929	0,7438	0,7438	0,1800	0,0129
SHRSM15	22,9867	15,6135	7,3732	3,8558	19,2884	0,7850	3,4039
SHRSM16	31,7010	23,7785	7,9225	6,4087	39,9422	0,6000	0,1031
SHRSM19	36,0378	27,2811	8,7567	4,3577	44,2999	0,70000	0,2373
SHRSM17	3,0303	2,1020	0,9283	2,6183	2,6183	0,8000	0,1283
SHRSM18	4,7240	3,5264	1,1976	1,1547	3,7730	0,3000	0,1296
SHRSM20	1,5829	1,2103	0,3726	0,0505	0,0505	0,0505	0,3221
SHRSM21	42,7188	32,7573	9,9615	0,2558	48,3791	0,2000	0,0917

Quadro 43 – Cenário 3 com 10% de redução na demanda de água mês de novembro.

SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,5547	0,4256	0,1291	0,0000	0,0000	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,9894	0,7300	0,2594	0,2156	0,2156	0,2000	0,0594
SHRSM5	2,2753	1,2460	1,0293	3,6917	3,6917	0,8000	0,2293
SHRSM6	5,3055	3,6833	1,6222	2,8636	6,7708	0,6000	0,0222
SHRSM7	1,1094	0,8513	0,2581	0,0000	0,0000	0,0000	0,2581
SHRSM8	1,2544	0,9369	0,3175	0,1895	0,1895	0,1894	0,1281
SHRSM9	13,8514	9,7492	4,1022	6,4934	13,4537	1,0000	1,3128
SHRSM1	1,0835	0,7633	0,3202	0,5035	0,5035	0,0798	0,2405
SHRSM2	6,7253	4,0852	2,6401	7,9415	8,4449	1,2880	1,2724
SHRSM11	1,5174	1,1081	0,4093	0,4152	0,4152	0,1187	0,2906
SHRSM10	0,4509	0,3448	0,1061	0,0088	0,0088	0,0088	0,0972
SHRSM13	4,3605	3,2125	1,1480	1,2123	1,6363	0,2400	0,7805
SHRSM12	12,4411	9,0335	3,4076	3,7915	13,8728	1,0000	0,6723
SHRSM14	0,5981	0,3638	0,2343	0,7024	0,7024	0,2000	0,0343
SHRSM15	23,2009	15,6135	7,5874	3,6416	18,2168	1,0000	3,6521
SHRSM16	32,0570	23,7785	8,2785	6,0527	37,7232	1,1000	0,4538
SHRSM19	36,2799	27,2811	8,9988	4,1156	41,8388	0,72000	0,4541
SHRSM17	3,1758	2,1020	1,0738	2,4728	2,4728	0,8000	0,2738
SHRSM18	4,7882	3,5264	1,2618	1,0906	3,5634	0,2000	0,1938
SHRSM20	1,5857	1,2103	0,3754	0,0477	0,0477	0,0476	0,3278
SHRSM21	42,7330	32,7573	9,9757	0,2416	45,6914	0,2415	0,1419

Quadro 44 – Cenário 4 com 15% de redução na demanda de água mês de novembro.

Mês de novembro	1%		5%		10%		15%	
	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno	Demanda individual	Qretorno
SHRSM4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM3	0,2511	0,0025	0,2409	0,0127	0,2282	0,0254	0,2156	0,0380
SHRSM5	4,2998	0,0434	4,1260	0,2172	3,9089	0,4343	3,6917	0,6515
SHRSM6	3,3352	0,0337	3,2005	0,1684	3,0320	0,3369	2,8636	0,5053
SHRSM7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SHRSM8	0,2207	0,0022	0,2118	0,0111	0,2006	0,0223	0,1895	0,0334
SHRSM9	7,5629	0,0764	7,2573	0,3820	6,8754	0,7639	6,4934	1,1459
SHRSM1	0,5864	0,0059	0,5627	0,0296	0,5331	0,0592	0,5035	0,0888
SHRSM2	9,2495	0,0934	8,8758	0,4671	8,4086	0,9343	7,9415	1,4014
SHRSM11	0,4836	0,0049	0,4641	0,0244	0,4397	0,0489	0,4152	0,0733
SHRSM10	0,0103	0,0001	0,0099	0,0005	0,0094	0,0010	0,0088	0,0016
SHRSM13	1,4119	0,0143	1,3549	0,0713	1,2836	0,1426	1,2123	0,2139
SHRSM12	4,4160	0,0446	4,2376	0,2230	4,0145	0,4461	3,7915	0,6691
SHRSM14	0,8181	0,0083	0,7851	0,0413	0,7438	0,0826	0,7024	0,1240
SHRSM15	4,2414	0,0428	4,0700	0,2142	3,8558	0,4284	3,6416	0,6426
SHRSM16	7,0496	0,0712	6,7648	0,3560	6,4087	0,7121	6,0527	1,0681
SHRSM19	4,7935	0,0484	4,5998	0,2421	4,3577	0,4842	4,1156	0,7263
SHRSM17	2,8801	0,0291	2,7637	0,1455	2,6183	0,2909	2,4728	0,4364
SHRSM18	1,2702	0,0128	1,2189	0,0642	1,1547	0,1283	1,0906	0,1925
SHRSM20	0,0555	0,0006	0,0533	0,0028	0,0505	0,0056	0,0477	0,0084
SHRSM21	0,2814	0,0028	0,2700	0,0142	0,2558	0,0284	0,2416	0,0426

Quadro 45 – Vazão de retorno após a redução da demanda para o mês de novembro.

Mês de novembro	0%		1%		5%		10%		15%	
	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Disponibilidade Remanescente
SHRSM4	0,0000	0,1291	0,0000	0,1291	0,0000	0,1291	0,0000	0,1291	0,0000	0,1291
SHRSM3	0,2214	0,0000	0,1461	0,0778	0,2000	0,0341	0,0500	0,1968	0,2000	0,0594
SHRSM5	0,3778	0,0000	0,1700	0,2513	0,5900	0,0050	0,8000	0,0121	0,8000	0,2293
SHRSM6	0,5177	0,0000	0,8300	0,0045	0,3000	0,1953	0,6000	0,0038	0,6000	0,0222
SHRSM7	0,0000	0,2581	0,0000	0,2581	0,0000	0,2581	0,0000	0,2581	0,0000	0,2581
SHRSM8	0,2165	0,0676	0,2000	0,0863	0,1131	0,1822	0,1000	0,2064	0,1894	0,1281
SHRSM9	0,3668	1,2561	0,9121	0,7745	1,0900	1,0452	1,7000	0,4702	1,0000	1,3128
SHRSM1	0,2200	0,0114	0,2061	0,0312	0,2467	0,0144	0,1100	0,1806	0,0798	0,2405
SHRSM2	1,0073	0,0114	0,9791	0,1469	1,4000	0,0592	1,7000	0,3630	1,2880	1,2724
SHRSM11	0,3360	0,0000	0,2374	0,1034	0,3000	0,0604	0,1850	0,1999	0,1187	0,2906
SHRSM10	0,0103	0,0942	0,0015	0,1031	0,0034	0,1016	0,0094	0,0962	0,0088	0,0972
SHRSM13	0,5878	0,0000	0,2000	0,5094	0,2000	0,5020	0,5000	0,3824	0,2400	0,7805
SHRSM12	0,5550	0,0221	1,1300	0,0289	0,7014	0,1100	0,5000	0,1802	1,0000	0,6723
SHRSM14	0,1103	0,0000	0,1100	0,0086	0,1000	0,0516	0,1800	0,0129	0,2000	0,0343
SHRSM15	2,0061	2,1120	1,0000	3,1234	1,0000	3,2075	0,7850	3,4039	1,0000	3,6521
SHRSM16	0,6600	0,0174	1,1300	0,0291	1,0033	0,3186	0,6000	0,1031	1,1000	0,4538
SHRSM19	1,0621	0,0174	1,0000	0,0685	0,9000	0,3667	0,7000	0,2373	0,7200	0,4541
SHRSM17	0,5000	0,1374	0,4000	0,2665	0,7000	0,0829	0,8000	0,1283	0,8000	0,2738
SHRSM18	0,6112	0,0013	0,8316	0,0141	0,5650	0,0655	0,3000	0,1296	0,2000	0,1938
SHRSM20	0,0236	0,3434	0,0555	0,3121	0,0533	0,3165	0,0505	0,3221	0,0476	0,3278
SHRSM21	0,2832	0,2600	0,2000	0,1964	0,2700	0,2111	0,2000	0,0917	0,2415	0,1419

Quadro 46 – Disponibilidade remanescente e vazão outorgada após a redução da demanda para o mês de novembro.



Mês de novembro	0%		1%		5%		10%		15%	
	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual	Racionamento Individual ou Qoutorgada	% Atendimento individual
SHRSM4	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM3	0,2214	87%	0,1461	58%	0,2000	83%	0,0500	22%	0,2000	93%
SHRSM5	0,3778	9%	0,1700	4%	0,5900	14%	0,8000	20%	0,8000	22%
SHRSM6	0,5177	15%	0,8300	25%	0,3000	9%	0,6000	20%	0,6000	21%
SHRSM7	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM8	0,2165	97%	0,2000	91%	0,1131	53%	0,1000	50%	0,1894	100%
SHRSM9	0,3668	5%	0,9121	12%	1,0900	15%	1,7000	25%	1,0000	15%
SHRSM1	0,2200	37%	0,2061	35%	0,2467	44%	0,1100	21%	0,0798	16%
SHRSM2	1,0073	11%	0,9791	11%	1,4000	16%	1,7000	20%	1,2880	16%
SHRSM11	0,3360	69%	0,2374	49%	0,3000	65%	0,1850	42%	0,1187	29%
SHRSM10	0,0103	99%	0,0015	15%	0,0034	35%	0,0094	100%	0,0088	100%
SHRSM13	0,5878	41%	0,2000	14%	0,2000	15%	0,5000	39%	0,2400	20%
SHRSM12	0,5550	12%	1,1300	26%	0,7014	17%	0,5000	12%	1,0000	26%
SHRSM14	0,1103	13%	0,1100	13%	0,1000	13%	0,1800	24%	0,2000	28%
SHRSM15	2,0061	47%	1,0000	24%	1,0000	25%	0,7850	20%	1,0000	27%
SHRSM16	0,6600	9%	1,1300	16%	1,0033	15%	0,6000	9%	1,1000	18%
SHRSM19	1,0621	22%	1,0000	21%	0,9000	20%	0,7000	16%	0,7200	17%
SHRSM17	0,5000	17%	0,4000	14%	0,7000	25%	0,8000	31%	0,8000	32%
SHRSM18	0,6112	48%	0,8316	65%	0,5650	46%	0,3000	26%	0,2000	18%
SHRSM20	0,0236	42%	0,0555	100%	0,0533	100%	0,0505	100%	0,0476	100%
SHRSM21	0,2832	100%	0,2000	71%	0,2700	100%	0,2000	78%	0,2415	100%
Qttotal Atendimento	9,67		9,74		9,74		9,87		9,83	

Quadro 47 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de novembro.

Apêndice B – Resultado da simulação no modelo Cruz para o mês de janeiro com o incremento da vazão outorgada para preservação de água.

Mês Janeiro com Barragens	0%		1%		5%		10%		15%	
	Qoutorga + Barragens	% Atendimento individual	Qoutorga + Barragens	% Atendimento individual	Qoutorga + Barragens	% Atendimento individual	Qoutorga + Barragens	% Atendimento individual	Qoutorga + Barragens	% Atendimento individual
SHRSM4	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM3	0,6727	93%	0,6756	95%	0,6727	98%	0,5863	90%	0,6127	100%
SHRSM5	8,2087	100%	8,1266	100%	7,7983	100%	7,3878	100%	6,9774	100%
SHRSM6	6,5196	93%	6,6154	95%	6,5196	98%	6,3012	100%	5,9775	100%
SHRSM7	0,0000	-	0,0000	-	0,1000	-	0,0000	-	0,0000	-
SHRSM8	0,1227	24%	0,1175	23%	0,0781	16%	0,0691	15%	0,0262	6%
SHRSM9	14,7080	100%	14,5609	100%	13,9726	100%	13,2372	100%	12,5018	100%
SHRSM1	0,5250	43%	0,5129	43%	0,5268	46%	0,3989	37%	0,3400	33%
SHRSM2	17,0522	92%	16,8787	92%	17,0867	97%	16,5928	99%	15,7763	100%
SHRSM11	0,5808	42%	0,5985	43%	0,0000	0%	0,4366	35%	0,3595	30%
SHRSM10	0,0000	0%	0,0000	0%	0,0000	0%	0,0000	0%	0,0000	0%
SHRSM13	0,9573	31%	0,9413	31%	0,9678	33%	0,7661	28%	0,6644	25%
SHRSM12	7,7468	84%	7,8715	87%	7,7554	89%	8,2121	99%	7,6659	98%
SHRSM14	0,7562	72%	0,7469	72%	0,7566	76%	0,7069	75%	0,6565	74%
SHRSM15	7,1345	100%	7,0632	100%	6,7778	100%	6,4211	100%	6,0643	100%
SHRSM16	9,1329	60%	18,3373	122%	14,4523	100%	13,6916	100%	12,9310	100%
SHRSM19	3,9831	49%	7,9926	100%	7,6696	100%	7,2660	100%	6,8623	100%
SHRSM17	6,1997	100%	6,1377	100%	5,8897	100%	5,5797	100%	5,2697	100%
SHRSM18	0,9082	24%	0,9324	25%	3,5906	100%	3,4016	100%	0,6067	19%
SHRSM20	1,5678	48%	1,5458	48%	3,0743	100%	2,9125	100%	1,3641	50%
SHRSM21	0,5364	33%	1,6185	100%	1,5531	100%	1,4713	100%	1,3896	100%

Quadro 48 – Vazão outorgada ou racionamento e atendimento por SHR, após a redução da demanda para o mês de janeiro com barragens.