



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

# 4

## ***ANÁLISE DE VIABILIDADE***

### **4 ANÁLISE DE VIABILIDADE**

#### **4.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS ADICIONAIS ÀS LICENÇAS VIGENTES**

O aumento da extensão dos canais do Sistema Alternativo proposto pela AUSM implica em impactos físicos, antrópicos e bióticos diversos das condições atuais do licenciamento e programas ambientais previstos.

O mapeamento existente de uso do solo e cobertura vegetal e áreas de preservação permanente é utilizado, visando identificação das condicionantes ambientais, em especial cobertura vegetal e áreas de preservação permanente. Especial destaque deve ser dado às estruturas de transposição do Rio Santa Maria indicadas na proposta e a eventual necessidade de intervenção em áreas de preservação permanente. Se necessário, o traçado proposto do sistema de canais será ajustado, a fim de atender à possibilidade de obter licenciamento ambiental.

A LI N° 29/2009-DL (cópia em anexo) autorizou a implantação da Barragem do Arroio Taquarembó e obras do sistema de distribuição de água formado pelo canal principal, com extensão de 38,77km em seção aberta e 11km de adutora, até a tomada de água da CORSAN em Dom Pedrito.

O conjunto de LO's apresentado em anexo permite identificar que um número substancial de produtores já possui autorização para efetuar irrigação superficial, atividades de irrigação superficial, de tomada d'água e de operação de açude. Além disso, é possível observar que os canais propostos no sistema alternativo da AUSM percorrem área totalmente antropizada.

A análise das condições ambientais, portanto, é concentrada na identificação da vulnerabilidade dos solos percorridos pelos canais, além da identificação do uso do solo (áreas de proteção).

#### **Uso do solo**

Define-se impacto ambiental, segundo a Resolução nº 001/86 do CONAMA, como a alteração das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, alteração esta provocada direta ou indiretamente por atividades humanas, as quais afetam saúde, segurança, bem-estar da população, atividades sócio-econômicas, biota, condições estéticas e sanitárias do meio e qualidade dos recursos.

Com base no objetivo proposto tem-se as seguintes atividades: identificar o uso e cobertura do solo, identificar os padrões de uso e cobertura do solo na região do projeto; através da classificação digital das imagens de melhor resolução disponibilizadas em sites pela Internet e pela página do Google Earth; analisar as mudanças e suas consequências ambientais.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

A classificação digital da área foi efetuada a partir de de imagem LANDSAT (de 2005), com métodos de classificação pelo método pixel a pixel, sendo que o classificador supervisionado utilizado foi o da Máxima Verossimilhança, que estimou algumas características estatísticas das classes às quais os pixels foram alocados. Essas estimativas foram obtidas de amostras de treinamento georreferenciadas coletadas durante os trabalhos de campo, que serviram de base para a classificação da imagem. A figura 28 apresenta os resultados desta classificação onde os tons mais avermelhados e amarelados apresentam as classes de agricultura com cultivos cíclicos (vermelho), agricultura com área anteriormente coberta por campos e/ou pastagens (amarelado), campos ou pastagens (verde claro) e vegetação remanescente (verde escuro). Enfatize-se que o traçado dos canais está em área antropizada. Mas também deve ser enfatizado que quando do projeto executivo um maior detalhamento, com a escolha definitiva dos traçados dos canais, deve ser feito nesta análise do uso do solo.

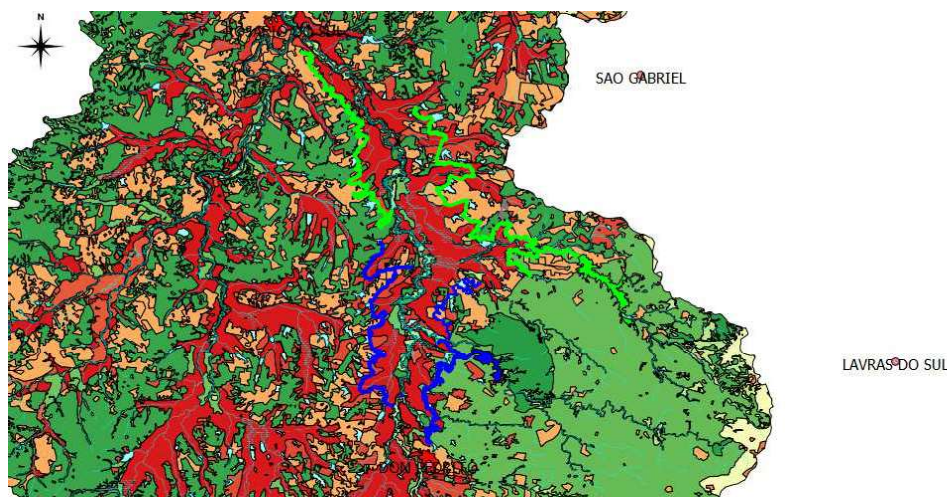


Figura 28: Imagem do uso do solo classificado, com sobreposição dos dados dos projetos do Jaguari e Taquarembó.

Esta análise inclui também identificação de sítios arqueológicos (principalmente cerritos cortados pela área de influência dos canais. Os cerritos são elevações de terras, geralmente de forma aproximadamente circular, construídas pelos povos indígenas que habitavam a região há cerca de 4500 anos até a chegada dos colonizadores europeus, que foram usados como lugares para se viver, como cemitérios, espaços de reunião e celebração, bem como as áreas de cultivo e funcionava como marcadores territoriais e estradas indianas no passado.

A análise do uso do solo (figura 28) permitiu confirmar que o traçado efetuado nos levantamentos topográficos busca evitar a interceptação de áreas de preservação ou de cerritos, garantindo, assim, uma minimização dos impactos ambientais. Esta conclusão deverá ser reavaliada durante futuro Projeto Executivo do Sistema.

### Identificação da vulnerabilidade dos solos percorridos pelos canais

Este item tem por objetivo subsidiar o planejamento das atividades modificadoras dos solos bem como fornecer diretrizes técnicas para a gestão do uso dos solos, principalmente no que diz respeito ao instrumento de licenciamento ambiental, tendo



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

por base o trabalho intitulado MAPA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL QUANTO À RESISTÊNCIA A IMPACTOS AMBIENTAIS (Rodrigues et ali, 2001) da FEPAM.

Na classificação dos solos quanto à resistência a impactos ambientais genéricos foram usados critérios baseados nas características e propriedades das unidades de mapeamento de solos identificadas no relatório do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil, 1973). Esses critérios representam fatores do solo ou do terreno que foram interpretados para uma classificação genérica de resistência a impactos não especificados (Quadro 1). Impactos específicos podem exigir outros critérios e avaliações também específicas, a serem desenvolvidos. Os fatores considerados foram os seguintes:

- **Fatores de solo:** profundidade, textura, presença de gradiente textural A/B, drenagem natural, presença de lençol freático, presença de lençol suspenso.
- **Fatores do terreno:** risco de inundação, erodibilidade, relevo, declividade, aptidão agrícola.

Quadro 1 – Quadro –guia para a classificação de solos quanto a resistência a impactos ambientais.  
Fonte: Rodrigues et ali (2001)

Fator do solo ou do terreno	Classes de resistência à impactos ambientais			
	Alta(A)	Média (B)	Baixa (C)	Muito baixa (D)
Profundidade	> 150 cm	100 a 150 cm	50 a 100 cm	< 50 cm
Textura	Argilosa (>35% argila)	Média (15 a 35% argila)	Arenosa (<15% argila)	Arenosa (<15% argila)
Gradiente textural	Sem ou pouco	Com	Abrupto	Com ou sem
Drenagem	Bem ou moderada	Forte ou acentuada	Imperfeita ou excessiva	Mal ou muito mal
Lençol freático	Ausente	Ausente ou eventualmente suspenso	Alto	Superficial
Lençol suspenso	Não	Não	Sim	Sim
Risco de inundação	Nulo	Nulo	Raro	Ocasional a freqüente
Erodibilidade	Ligeira a moderada	Moderada a forte	Forte	Forte a muito forte
Relevo	Plano, suave ondulado ou ondulado	ondulado	Forte ondulado	Forte ondulado ou montanhoso
Declividade	<3%, 3-8%, 8-20%	8-20%	20-45%	>45%
Aptidão agrícola	Boa	Boa a regular	Regular a restrita	Restrita

## Prioridade, fundamentação e interpretação dos fatores usados

**Profundidade:** baseada na espessura do solo. Implicação: representa o volume de solo disponível para absorção e atenuação de impactos (absorção de soluções, incorporação e enterramento de sólidos).

**Textura:** baseada em classes genéricas de textura (arenosa, média, argilosa, muito argilosa). Implicação: a presença de argila (fração coloidal) é essencial para sorção, retenção, tamponamento de materiais impactantes. Argila caulinitica e óxidos de ferro, apesar da menor CTC, foram priorizados por condicionarem uma maior estabilidade física ao solo (menor erodibilidade, melhor trafegabilidade e facilidade de manipulação); enquanto que a presença de argila esmectítica (solos com características vérticas), devido a expansão e contração com a variação da umidade, foi considerada condição de restrição ao uso.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Gradiente textural: indica um incremento significativo do teor de argila no horizonte subsuperficial, ou seja, um horizonte A arenoso seguido de horizonte B mais argiloso. Implicações: diminuição da permeabilidade, condição para a formação de lençol freático suspenso com movimentação lateral de soluções, maior erodibilidade do solo.

Drenagem natural: baseada em critérios de cor, textura e gradiente textural. Implicação: permeabilidade do solo, contaminação do lençol freático, tráfego e manejo.

Lençol freático: profundidade do lençol. Implicação: risco de contaminação.

Erodibilidade: erosão do solo, baseada na associação de fatores como textura, gradiente textural, relevo, declividade do terreno. Implicação: perda de solo e de resíduos.

Relevo e declividade: conformação da superfície do terreno. Implicação: risco de erosão, movimentação de solos e resíduos, condições de acesso e tráfego. Para diferentes tipos de impactos podem ser admitidas diferentes classes de declividade.

Aptidão agrícola: referente a culturas de sequeiro. Este fator tem caráter apenas informativo, pois, as limitações de solos ao uso agrícola coincidem, geralmente, com limitações na resistência do solo à impactos.

Para a classificação de solos quanto a resistência a impactos ambientais, foram estabelecidos os limites para cada fator conforme apresentado no Quadro 1, na forma de classes de resistência Alta, Média, Baixa e Muito Baixa. A figura 29 ilustra a localização do projeto dos canais do Jaguari e Taquarembó, no contexto deste mapa de solos.

Uma análise do mapa de resistência do solo a impactos ambientais (Figura 29) mostra que os canais estão localizados sobre solos de resistência baixa (solos C) ou muito baixa (solos D). Essa indicação de vulnerabilidade do solo levou à necessidade de utilização de critérios conservadores no dimensionamento do canal, com adoção de taludes com inclinação dos taludes de 2H:1V. Esse problema se apresenta de forma mais grave para o Canal Principal do Sistema Taquarembó, uma vez que o canal se encontra, na maior parte das área, em condições de muito baixa resistência aos impactos ambientais.

Mais uma vez, reitera-se que esses valores deverão ser revistos no Projeto Executivo, a partir dos dados geotécnicos obtidos nas sondagens.





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

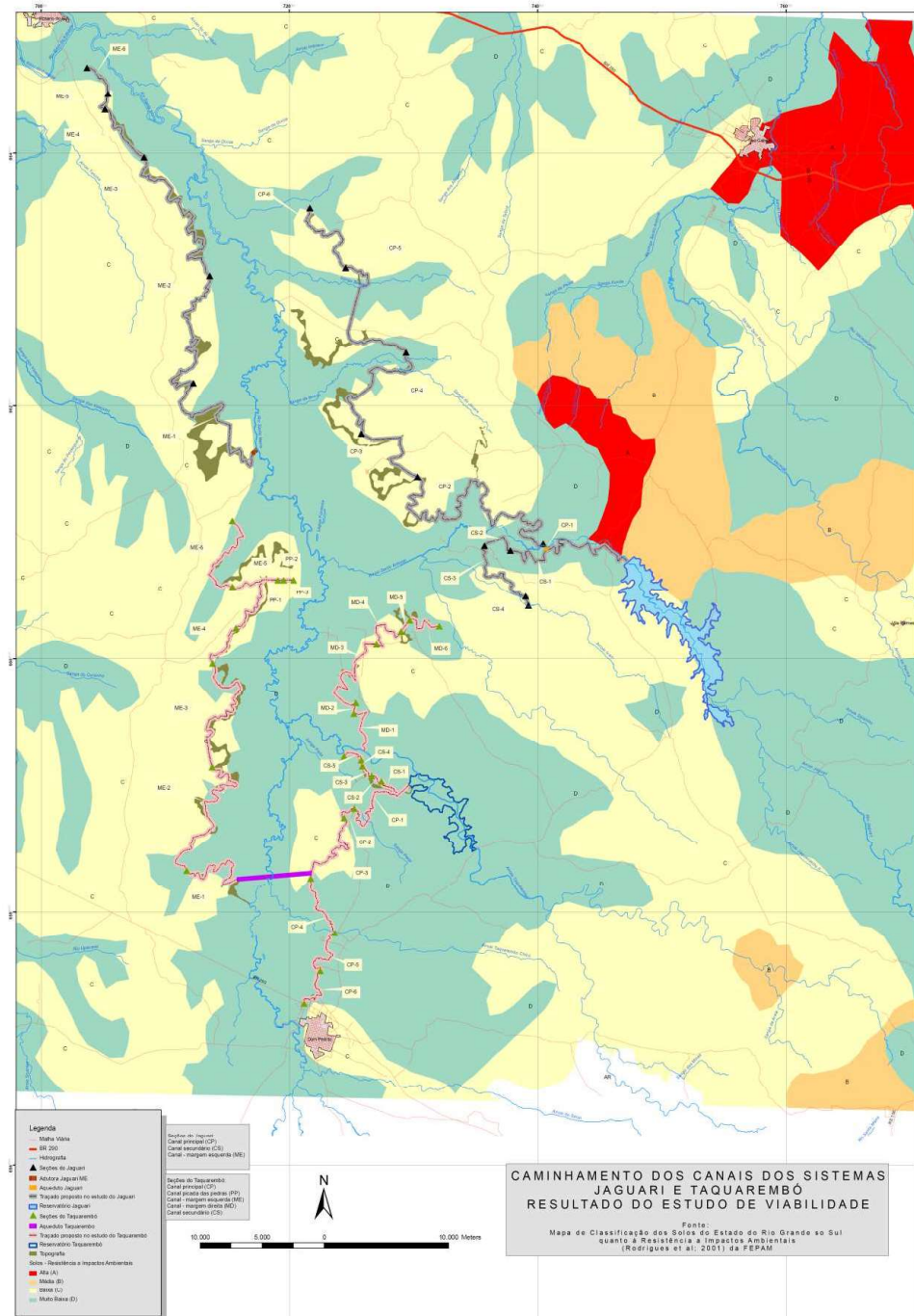


Figura 29 - Mapa de resistência do solo a impactos ambientais.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### 4.2 FORMAS DE ATENDIMENTO (GESTÃO) DAS DEMANDAS

Este item do trabalho apresenta sugestões para o desenvolvimento de regras de operação para o sistema composto por reservatórios para abastecimento de demandas urbanas, enchimento de barragens e de irrigação na bacia do Rio Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul.

Entende-se aqui que o projeto hidro-agrícola, compreende dois aspectos fundamentais, apresentados na figura 30: As estruturas físicas (Barragens e canais) e a operação (manejo do sistema). Saliente-se que no caso da AUSM, já com intensa prática de agricultura irrigada, a modernização e ampliação dos sistemas de irrigação oferece aos agricultores uma série de possibilidades para expandir a produtividade econômica da água. Neste contexto, o manejo adequado da irrigação pode ser usado para otimizar o rendimento das culturas de um determinado nível de evapotranspiração da cultura, portanto, levando a uma maior produção por unidade de água evapotranspirada.

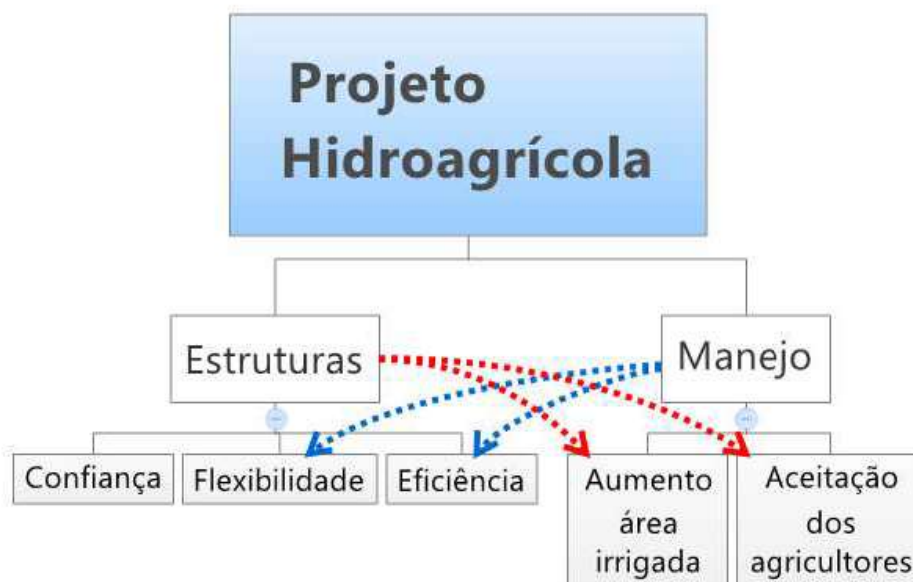


Figura 30: Diagrama de fluxo das ações e efeitos associados, relacionadas com a modernização e otimização da irrigação.

Portanto, no contexto deste item do projeto, o manejo da figura 30 está relacionado com o desenvolvimento de uma metodologia que considera esta análise integrada e que permite a maximização dos benefícios econômicos de uma seleção apropriada de culturas por unidade de produção cuja extensão de suas áreas irrigadas, tipos de irrigação, lâminas de rega ou vazões aduzidas dos poços ou reservatório, sistemas de bombeamento utilizados sejam objeto de determinação. Enfatize-se que o manejo propriamente dito, no caso da AUSM, é uma questão de escolha dos usuários, incluindo aí o grau de maturidade no enfrentamento de situações de escassez hídrica. Em face desta premissa, o objeto deste capítulo é apenas de apresentar conceitos e exemplificar algumas operações que podem ser feitas na área de abrangência da AUSM em caráter demonstrativo.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Um modelo de gestão permite a inclusão de outros tipos de funções objetivos para incorporar outros tipos de maximização de benefícios (por exemplo, a mão de obra, uso de um determinado equipamento ou produto, etc.) ou minimização de perdas (por exemplo, gasto com insumos, etc.). O modelo de otimização tem como base o princípio de conservação da massa, que é aplicada ao reservatório e à área irrigada, e da energia, aplicado ao processo de bombeamento, e leva em consideração as limitações inerentes do problema. O processo de otimização é feito através da aplicação de um método de programação matemática de forma recursiva. Por exemplo, para sintetizar a ideia da concepção deste sistema ideal de manejo, pode-se apontar como requisito de tal sistema o atendimento das seguintes finalidades:

1. Otimização da operação integrada de um Reservatório, Poços/Rios e Áreas Irrigadas via Programação Matemática (Linear, Não Linear, algoritmos genéticos, etc.)
2. Formulação automática da função objetivo e das equações de restrição
3. Permitir, por perímetro, unidades de produção ou escalas de tempo mensal, anual ou plurianual:
  - a) Otimizar funções multi-objetivo
  - b) Incorporar outras restrições não implícitas
4. Permitir a associação entre planos culturais, fontes de água, unidades de produção ou perímetros, sistemas de bombeamento e de irrigação

Considerando a visão esquemática proposta na figura 14, pode-se propor como objetivo do sistema a alocação da água disponível de tal forma que a demanda seja atendida, ou seja:

$$Max \sum_n \sum_t \frac{Desvio(n,t)}{Demanda(n,t)} \quad (1)$$

Ou seja, o objetivo é a maximização da percentagem (%) de demanda atendida, variando de 0 a 1. Onde:

- Desvio (n,t) - Desvio de água do canal para o usuário  $n$  no período  $t$ ;
- Demanda (n,t) - Demanda de água para o usuário  $n$  no período  $t$ .

De forma alternativa o objetivo também pode ser apresentado como:

$$Min \sum_n \sum_t [Desvio(n,t) - Demanda(n,t)]^2 \quad (2)$$

A Figura 31 ilustra as componentes de um reservatório, onde  $Q_t$  - entradas no reservatório ( $Q_{at} + P_{Pt} - E_{Vt} - P_{It}$ ),  $St$  - vol. Armazenados no reservatório,  $R$  - Descarga regularizada (rendimento) do reservatório,  $RE_t$  - descarga excedente do reservatório ( $> R$  - vertedor),  $K$  - Capacidade do reservatório e  $L_t$  Perdas do reservatório (evaporação e outras perdas).

Saliente-se que para cada ponto do sistema é realizado um balanço de massa (equações de conservação). Para estimativa da evaporação do reservatório, ao longo do tempo a área superficial do reservatório é relacionada ao volume do reservatório



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

pela relação de cota-área-volume baseada na topografia do local do reservatório. A natureza desta relação é tal que uma função de potência normalmente se ajustará aos dados para área-volume que é:

$$Area = aV^b \quad (3)$$

Saliente-se que para cada ponto do sistema é realizado um balanço de massa (equações de conservação). Para estimativa da evaporação do reservatório, ao longo do tempo a área superficial do reservatório é relacionada ao volume do reservatório pela relação de cota-área-volume baseada na topografia do local do reservatório. A natureza desta relação é tal que uma função de potência normalmente se ajustará aos dados para área-volume que é:

$$Area = aV^b \quad (3)$$

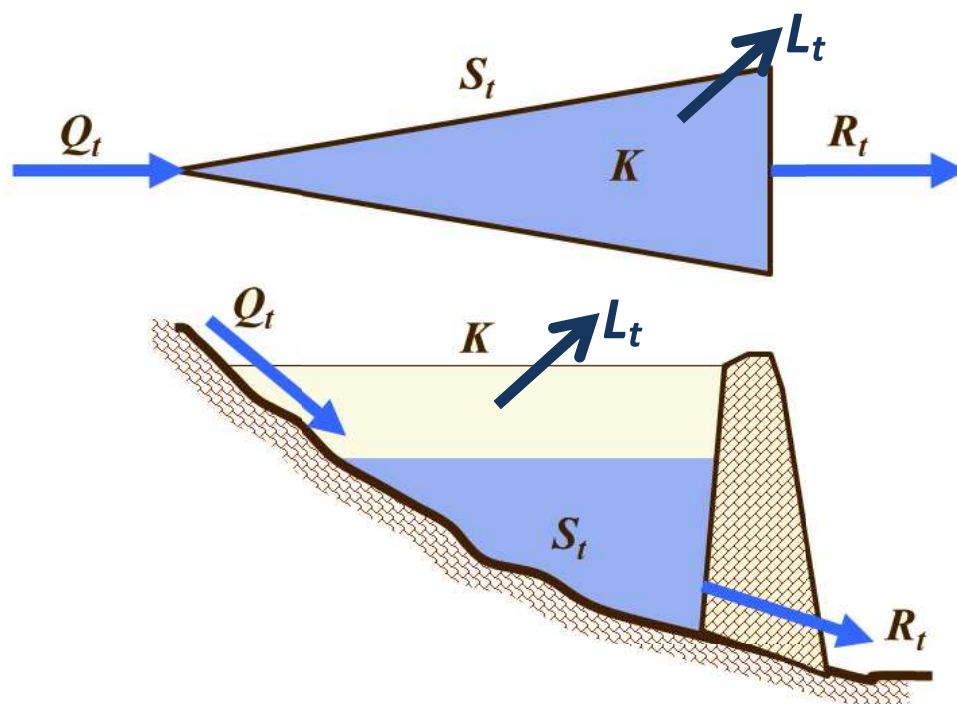


Figura 31: Representação esquemática de um reservatório

A figura 32 apresenta esta curva ajustada para o reservatório do Jaguari. Esta perda é incorporada a equação de conservação do reservatório, de tal forma que

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t - L_t \quad (4)$$





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

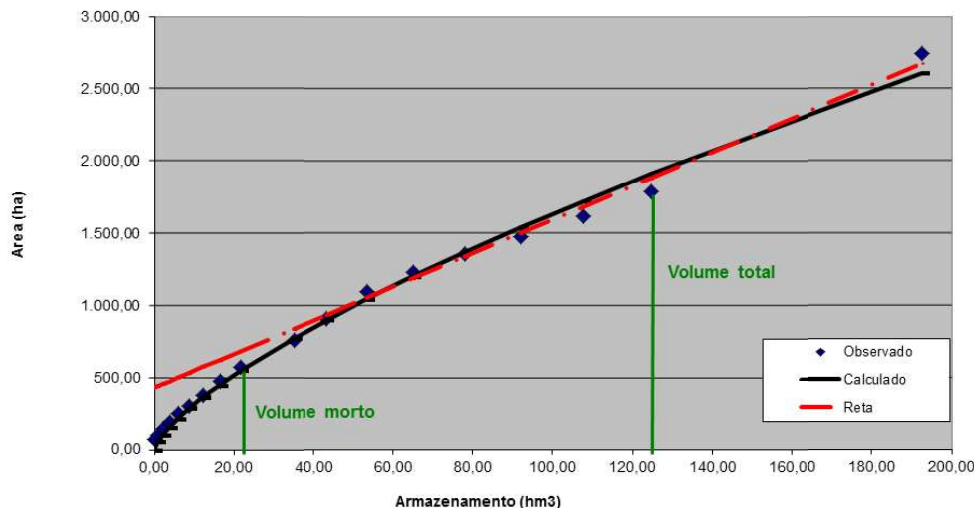


Figura 32: Curva área-volume do reservatório do Jaguari

Por sua vez  $L_t$  (Perdas por evaporação do reservatório) é estimada por :

$$L_t = [A_a \bar{S}_t + A_0] e_t \quad (5)$$

Onde: A - Área superficial do reservatório, variável ao longo do tempo de acordo com o volume disponível;

$e_t$  taxa média de Evaporação da superfície do reservatório (ver figura 33 com dados de tanque classe A da região de Bagé)

Na equação (5) os termos dentro dos colchetes indicam a equação da reta ajustada no trecho entre o volume morto e volume total (capacidade do reservatório), indicada na reta em vermelho da figura 32. Porém este termo de perdas (equação 5) deve ser incorporado na equação de balanço do reservatório, de tal forma que considerando o armazenamento médio mensal tem-se:

$$\begin{aligned} L_t &= [A_a \bar{S}_t + A_0] e_t \\ &= \left[ A_a \left( \frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) + A_0 \right] e_t \\ &= A_a e_t \left( \frac{S_t + S_{t+1}}{2} \right) + A_0 e_t \\ &= 0.5 A_a e_t S_t + 0.5 A_a e_t S_{t+1} + A_0 e_t \\ &= a_t S_t + a_t S_{t+1} + b_t \end{aligned} \quad (6)$$

Substituindo (6) na equação (4) resulta em:



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - R_t - (a_t S_t + a_t S_{t+1} + b_t) \quad (7)$$

$$(1 + a_t) S_{t+1} = (1 - a_t) S_t + Q_t - R_t - b_t$$

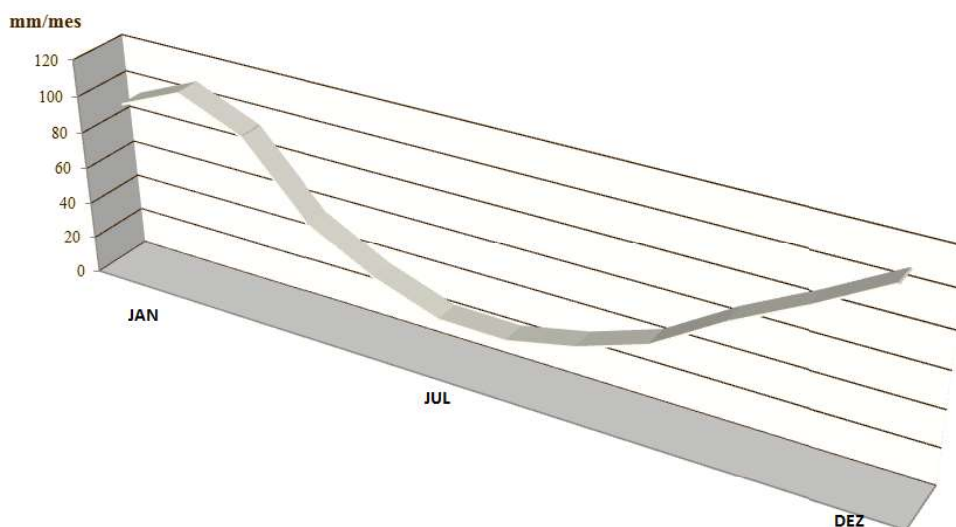


Figura 33: Taxas de Evaporação da Estação: BAGE - RS (OMM: 83980)

Atendendo as considerações anteriores, tem que um modelo de gestão (operação) do sistema indicado no fluxograma da figura 14, para os sistema Jaguari-Taquarembó, pode ser explicitado por:

$$\begin{aligned} &\text{Minimize} \quad \sum_{t=1}^T (R_t - D_t)^2 \\ &\text{sujeito a} \\ &\quad (1 + a_t) S_{t+1} = (1 - a_t) S_t + Q_t - R_t - b_t \\ &\quad S_t \leq K \quad t = 1, \dots, T \\ &\quad a_t = \frac{A_a \cdot e_t}{2} \\ &\quad b_t = A_o \cdot e_t \end{aligned} \quad (8)$$

Tal sistema foi implementado em ambiente de programação do GAMS (General Algebraic Modeling System). A figura 34 apresenta as vazões afluentes aos reservatórios do Jaguari – J e Taquarembó - T. A título de exemplo da aplicação do modelo apresenta-se na figura 35 a caracterização das demandas agregadas nos pontos 1 e 2 da figura 14, a serem atendidas pela vazão regularizada pelo reservatório do Jaguari. A figura 36 apresenta o resultado do modelo (Equação 8) considerando as vazões afluentes ao reservatório (Figura 34) e atendimento da demanda (Figura 35). O resultado mais importante da figura 36 é a linha tracejada em vermelho que apresenta



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

o % da demanda atendida (a leitura do resultado é na escala vertical à direita da figura 36). Observa-se, nestes resultados, a falha de atendimento da demanda para o mês de novembro, onde do total demandado, consegue-se atender cerca de 58% das demandas. Nos outros meses tem-se 100% de atendimento.

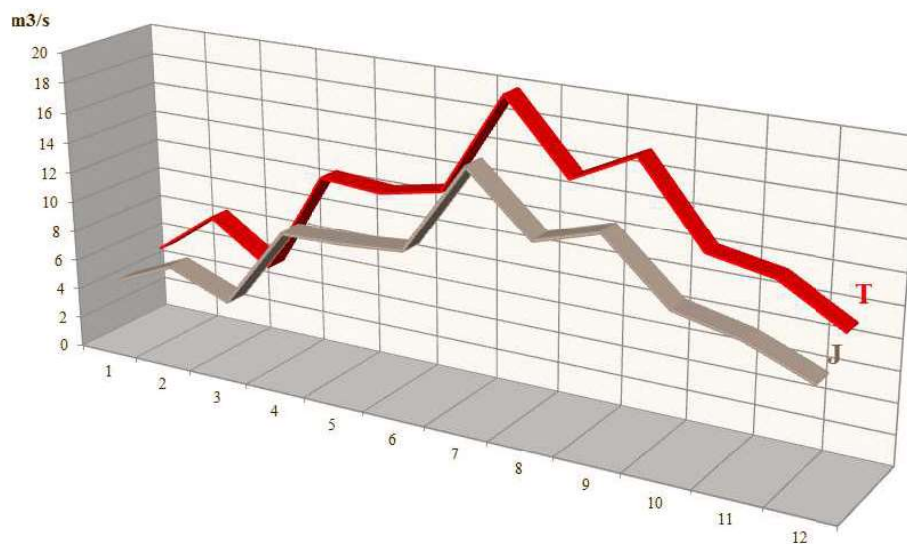


Figura 34: Vazões afluentes aos reservatórios.

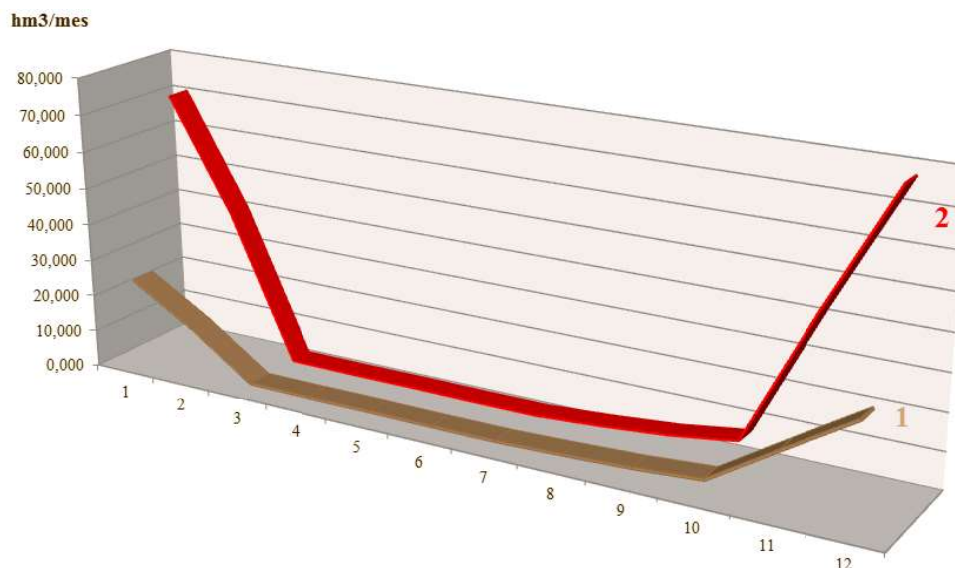


Figura 35: Caracterização das demandas agregadas do Jaguari.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

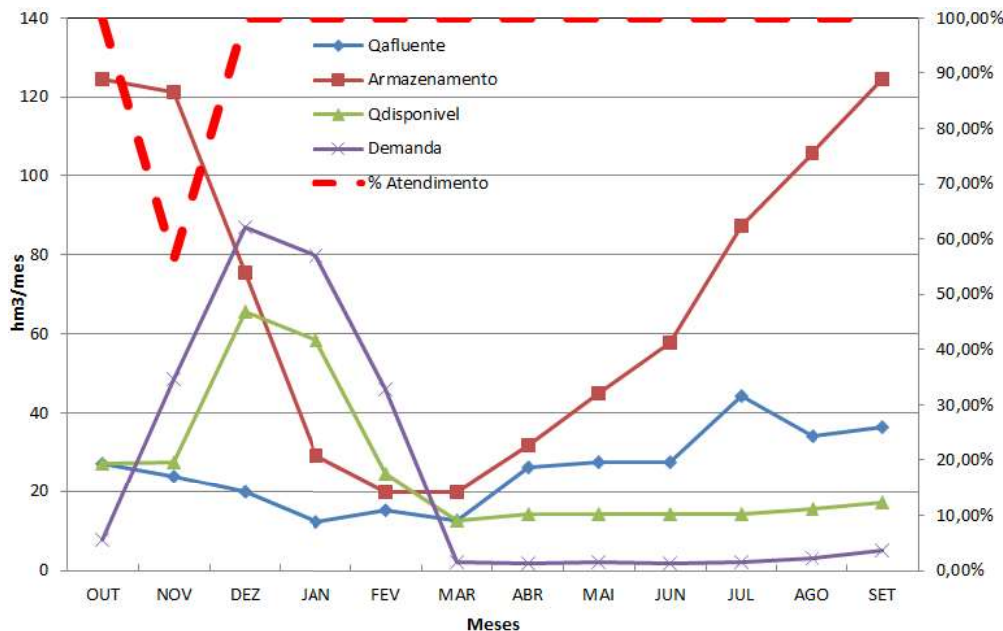


Figura 36: Resultados da aplicação de um cenário de manejo, para o Jaguari.

Modelagem semelhante pode ser efetuada para diferentes funções-objetivo, conforme decisão do gestor, em conjunto com os usuários: maximização do retorno financeiro, maximização do atendimento das demandas, redução de custos marginais, etc. Desta forma, pode-se buscar um gerenciamento adequado dos recursos hídricos para garantir o bom funcionamento do sistema.

### 4.3 INVESTIMENTOS NOS CANAIS

A análise econômico-financeira deve ser efetuada para o conjunto do sistema Jaguari-Taquarembó. Por este motivo, os valores de investimentos são apresentados para os dois sistemas.

A estimativa do custo de cada canal foi realizada a partir do desenho das diferentes seções, determinação da área ocupada por cada material ou operação e obtenção do volume, multiplicando-se a área pelo comprimento. Estimou-se uma escavação da ordem de 1,0 m, bermas laterais com 4,0 m e 2,0 m de largura, para permitir a passagem de máquinas e operadores do sistema de canais. As inclinações das bermas são de 1vertical:1 horizontal. Todas as seções foram desenhadas como se estivessem em um terreno com cota 100,00 m.

Deve-se destacar que estas condições foram adotadas apenas para estimativa de custos de investimentos com vistas à análise de viabilidade. Não há, por exemplo, uma proposição de que o canal tenha apenas 1m de profundidade de escavação; o Projeto Executivo poderá indicar uma condição diferente, com canal de meia-encosta, sempre que as condições topográficas e geotécnicas permitam. É importante observar que os critérios adotados nesta avaliação econômica foram sempre conservadores, buscando maximizar os valores de investimento/operação e minimizando os benefícios.





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**

Para cálculo dos investimentos no sistema de canais foram utilizados os seguintes preços unitários:

P1	preço aterro	30,6	R\$/m³
P2	preço escavação	12,91	R\$/m³
P3	preço decapagem	0,336	R\$/m³
P4	preço revestimento	11,16	R\$/m³
Bota fora		4,28	R\$/m³

Considerou-se um coeficiente de empolamento de 30% e o aproveitamento, aproveitamento do material escavado abaixo da decapagem e eliminação do volume decapado. Para cada seção, foi calculado um custo para cada metro de canal.

**Tabela 26 - Custo do Canal Principal Taquarembó, seção 1**

Discriminação	Quantidade (m³)	Custo (R\$)
Volume de aterro	61,76	R\$ 1.889,77
Volume escavado	6,62	R\$ 85,46
Volume decapado	7,82	R\$ 2,63
Volume de revestimento	3,56	R\$ 39,76
Custo total por m		R\$2.017,62

**Tabela 27 - Custo do Canal Principal Jaguari, seção 1**

Discriminação	Quantidade (m³)	Custo (R\$)
Volume de aterro	73,34	R\$ 2.244,20
Volume escavado	6,45	R\$ 83,27
Volume decapado	8,32	R\$ 2,80
Volume de revestimento	3,80	R\$ 42,38
Custo total por m		R\$ 2.372,65

**Tabela 28 - Resumo Sistema Taquarembó – Valores dos canais por m de comprimento**

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6
Canal Principal	R\$ 2.386,60	R\$ 2.118,59	R\$ 2.002,21	R\$ 1.806,60	R\$ 588,41	R\$ 513,90
Canal ME	R\$ 1.592,58	R\$ 1.341,58	R\$ 1.129,25	R\$ 952,73	R\$ 842,04	R\$ 547,86
Canal MD	R\$ 714,21	R\$ 636,13	R\$ 585,66	R\$ 561,21	R\$ 546,32	R\$ 587,62
Canal secundário com bombeamento	R\$ 523,97	R\$ 503,97	R\$ 474,76	R\$ 453,46	R\$ 435,53	R\$ -
Canal secundário Picada das Pedras	R\$ 511,42	R\$ 465,23	R\$ 441,12	R\$ -	R\$ -	R\$ -

**Tabela 29 - Resumo sistema Jaguari – Valores dos canais por m de comprimento**

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6
Canal Principal	R\$ 2.768,27	R\$ 1.524,90	R\$ 1.327,65	R\$ 1.210,93	R\$ 1.267,12	R\$ 702,44
Canal ME	R\$ 1.191,68	R\$ 910,87	R\$ 730,46	R\$ 622,91	R\$ 553,18	R\$ 481,04
Canal secundário	R\$ 646,39	R\$ 594,52	R\$ 549,55	R\$ 481,11	R\$ -	R\$ -



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Além dos custos dos canais em si, foram estimados os custos de desapropriação da faixa de terreno ocupada pelo canal, o custo de cercamento do canal ao longo de toda a sua extensão, o custo de obras de concreto (pontilhões e vertedores *bico de pato*), travessias das drenagens, custos de estações de bombeamento para os canais da margem esquerda e uma verba para mobilização e construção dos canteiros de obra para as empreiteiras encarregadas de construir o canal.

Destaca-se o custo das travessias das drenagens naturais ao longo do sistema de canais. Para estimar o seu custo, foram identificadas as bacias contribuintes a cada travessia necessária, com base no modelo digital de elevação. Com a área, estimou-se uma vazão de projeto com a aplicação do Método Racional. Utilizou-se uma precipitação de projeto de 50 mm/hora e um coeficiente de escoamento superficial de 0,45. Definida a vazão de projeto, foram adotados valores máximos de vazão para cada tipo de travessia. Para valores até 5,58 m³/s, foram adotados bueiros simples tubulares de concreto (BSTC) com 1,4 m de diâmetro; para vazões até 27,17m³/s, bueiros duplos tubulares de concreto com diâmetro de 2,0 m com altura de carga de até 1,2 D ou 2,4 m (BDTC 2D); para vazões de até 35 m³/s, bueiros duplos tubulares circulares com altura de carga de 2D ou 4,0 m (BDTC 2D). Para vazões maiores que 35 m³/s, foram estimados pequenos aquedutos ou pontes-canais. Neste caso, a base do aqueduto tem a mesma dimensão da base do canal, menos no caso em que a altura da água resultante era muito inferior a metade do valor da base. Esses aquedutos foram dimensionados para fins de orçamentação com uma inclinação de fundo igual a 0,002 m/m e coeficiente de Manning igual a 0,012. Para estimar a altura da água no terreno, considerou-se uma inclinação do leito da drenagem e do terreno igual a 0,0005 m/m e coeficiente de Manning igual a 0,0225. O projeto executivo deve detalhar esse dimensionamento, dada a importância destas obras para a segurança e conservação dos canais.

O sistema Jaguari apresenta 80 travessias (além do aqueduto sobre o Rio Jaguari, já orçado separadamente) e o sistema Taquarembó, 32. O custo total dessas obras soma R\$ 19 milhões, conforme apresentado a seguir:

JAGUARI			
13	aquedutos menores	R\$920.121,80	R\$70.778,60
67	Bueiros	R\$14.203.154,02	R\$211.987,37
	Total	R\$15.123.275,82	
TAQUAREMBÓ			
20	aquedutos menores	R\$1.518.878,73	R\$75.943,94
12	bueiros	R\$2.442.580,63	R\$203.548,39
	Total	R\$3.961.459,36	
TOTAL GERAL		R\$19.084.735,18	



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

CUSTO POR CANAL		
Jaguari Principal	R\$7.463.409	
Jaguari secundário	R\$2.080.717	
Jaguari Margem Esquerda	R\$5.579.150	R\$15.123.276
Taquarembó Principal	R\$1.126.863	
Taquarembó Secundário	R\$276.875	
Taquarembó Margem Esquerda	R\$2.557.721	R\$3.961.459
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$19.084.735</b>	

Os custos das estações de bombeamento foram estimados de acordo com a vazão e estimativa da altura manométrica. Os valores definitivos devem ser detalhados pelo projeto executivo.

Para o sistema Jaguari, foi previsto um sistema de bombas sobre flutuante. A vazão de projeto considerada é de 9,51 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica de 14 m e comprimento da tubulação de 330 m, diâmetro de 1,0 m em aço soldado. Como critério de eficiência adotou-se o valor de 75%. Foram estimados seis conjuntos motor-bomba. O valor desta estação foi estimado em R\$ 4.193.141,40. O custo anual de energia foi estimado em R\$ 1.253.348,01.

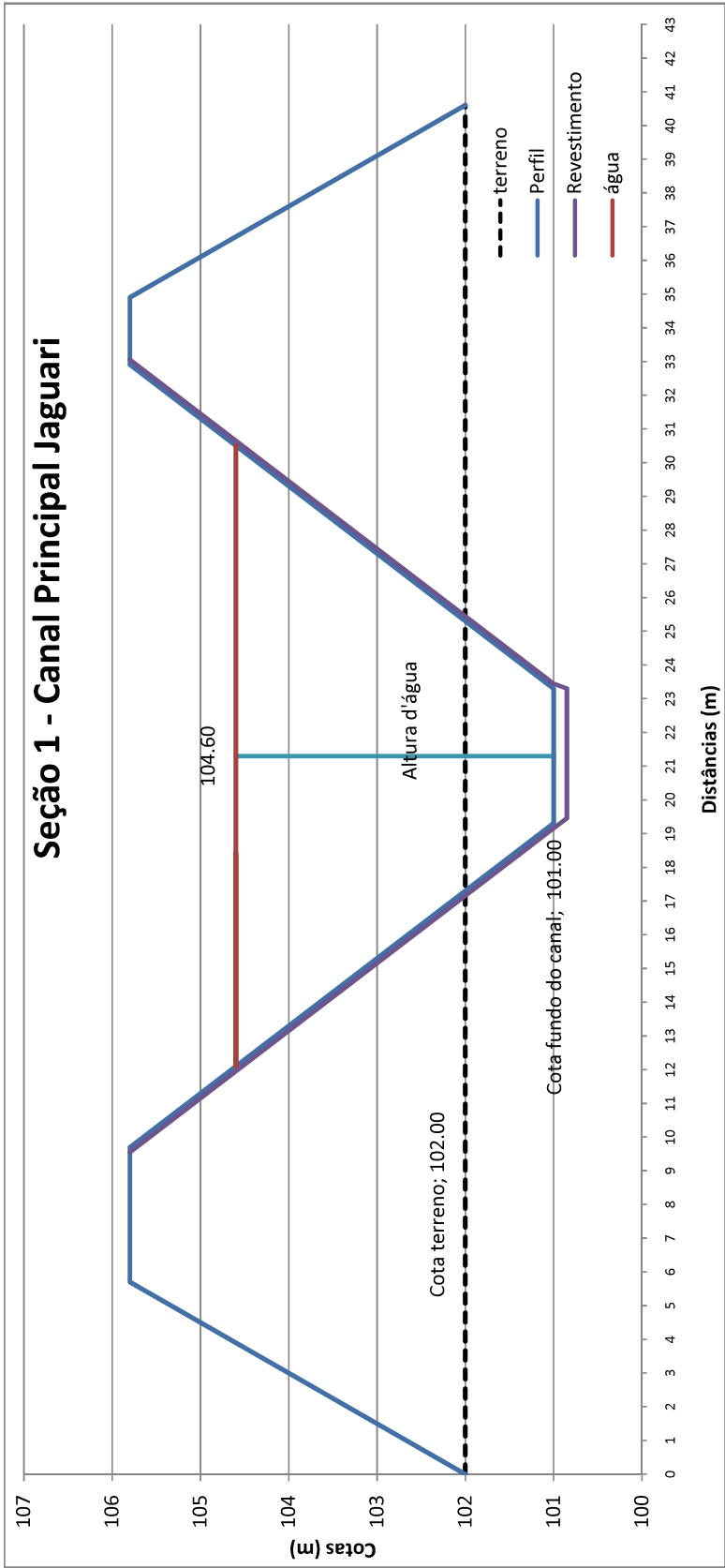
Para o sistema Taquarembó, foi previsto uma estação de bombeamento para atender à demanda de enchimento de reservatórios na margem esquerda. Para reduzir custos e impactos, a estação de bombeamento proposta será montada junto ao aqueduto e sobre o rio Santa Maria, utilizando a estrutura de concreto que suporta o aqueduto. Foi considerado que o volume solicitado (13.400.000 m<sup>3</sup>) será fornecido ao longo de 120 dias, com bombeamento de 16 horas diárias, o que resulta uma vazão de 1,94 m<sup>3</sup>/s. Considerou-se que eventuais perdas serão compensadas pela precipitação sobre o canal. Adotou-se uma altura manométrica de 20 m, eficiência de 75% e um conjunto de 6 bombas, sendo uma de reserva. O custo estimado para essa instalação foi de R\$ 1.080.000,00. O custo de energia anual estimado é de R\$ 486.697,93.

Os valores finais dos sistemas de canais são apresentados nas tabelas a seguir.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



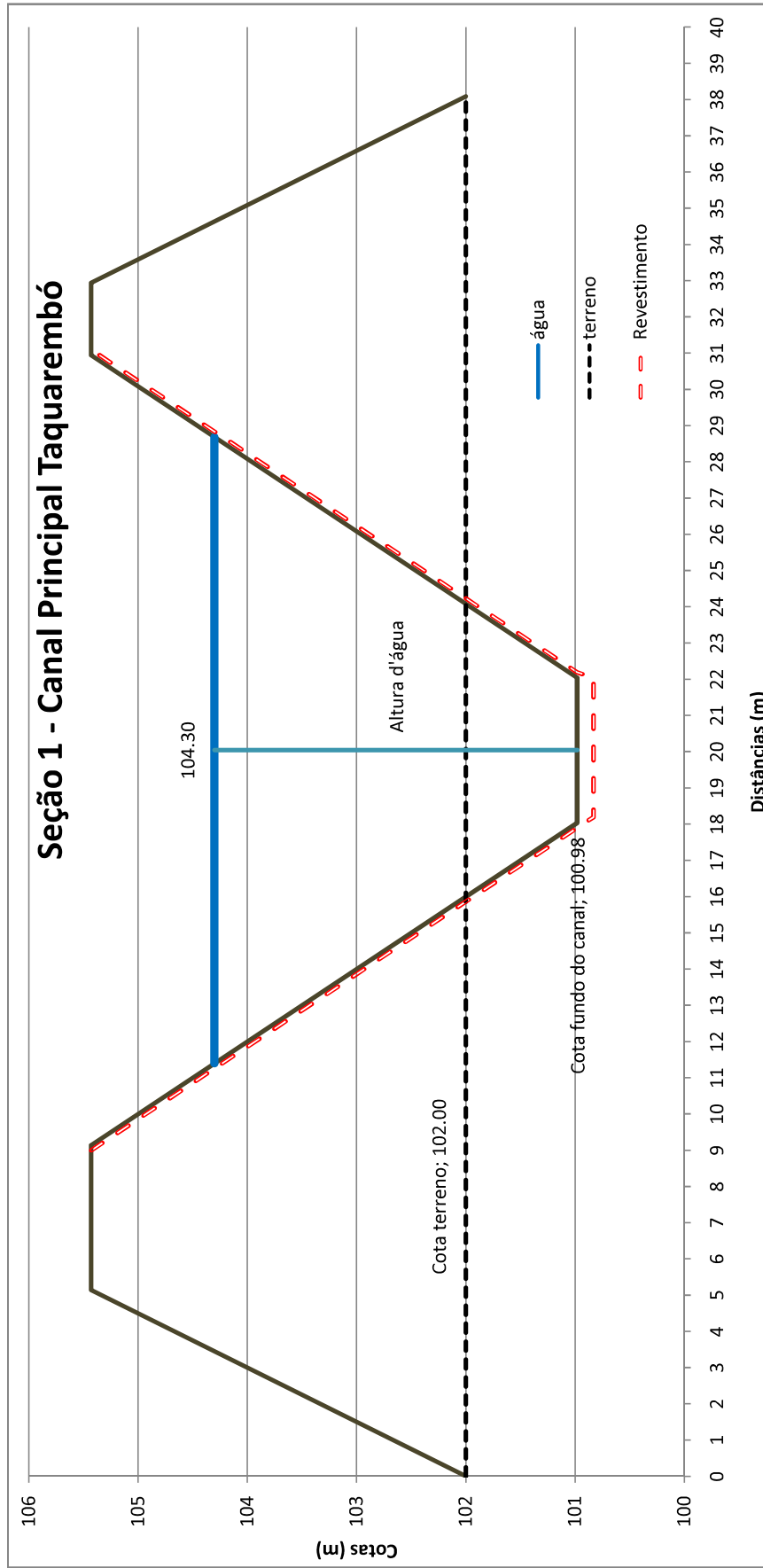
Exemplo de seção- Canal Principal Sistema Jaguari





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL



Exemplo – Seção tipo canal principal Taquarembó



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 30 – Custos para o Sistema Taquarembó

	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo desapropriação	Custo cerca	Aqueduto e Bombejamento	Estruturas concreto	Mobilização e canteiro de obras	Total	Custo por m	Custo por hectare
Canal Principal	R\$ 65.413,733	R\$ 79.200	R\$ 1.735.424	R\$ 1.605.783		R\$ 3.554.694	R\$ 6.541.373	R\$ 78.930,207	R\$ 880	R\$ 4,519
Canal ME CS Taquarembó	R\$ 83.254,327	R\$ 140.400	R\$ 2.741.683	R\$ 2.900.893	R\$ 22.624,105	R\$ 5.647.706	R\$ 8.325.433	R\$ 125.634,545	R\$ 2,005	R\$ 12,355
Canal MD	R\$ 17.514,701	R\$ 15.600	R\$ 831.946	R\$ 1.163.940		R\$ 926.933	R\$ 1.751,470	R\$ 22.204,590	R\$ 1,259	R\$ 7,819
Canal Taq bombejamento	R\$ 4.106,805	R\$ 10.800	R\$ 178,161	R\$ 300,861	R\$ 985,600	R\$ 152,424	R\$ 410,681	R\$ 6,145,332	R\$ 886	R\$ 3,841
Canal Picada das Pedras	R\$ 1.858,146	R\$ 10.800	R\$ 68,582	R\$ 115,232		R\$ 68,965	R\$ 185,815	R\$ 2,307,540	R\$ 868	R\$ 2,404
TOTALS	R\$ 172.147,712	R\$ 256,800	R\$ 5.555,795	R\$ 6.086,709	R\$ 23.609,705	R\$ 6.860,935	R\$ 17,214,771	R\$ 235,222,214	R\$ 1,675,66	R\$ 8,230,84

Tabela 31 – Custos para o Sistema Jaguari

	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo desapropriação	Custo cerca	Aqueduto e Bombejamento	Estruturas concreto	Mobilização e canteiro de obras	Total	Custo por m	Custo por hectare
Canal Principal	R\$ 139,122,567,26	R\$ 121,200,00	R\$ 4,296,762,69	R\$ 3,887,505,71	R\$ 2,414,425,52	R\$ 10,849,652,73	R\$ 13,912,256,73	R\$ 174,604,370,63	R\$ 1,947,48	R\$ 7,572,40
Canal ME	R\$ 57,573,964,10	R\$ 84,000,00	R\$ 2,292,213,32	R\$ 2,716,688,44	R\$ 4,213,272,32	R\$ 6,980,499,84	R\$ 5,757,396,41	R\$ 79,618,034,42	R\$ 1,270,75	R\$ 9,594,85
Canal secundário	R\$ 12,286,739,16	R\$ 19,200,00	R\$ 516,251,39	R\$ 765,007,85		R\$ 2,379,776,06	R\$ 1,228,673,92	R\$ 17,195,648,39	R\$ 974,63	R\$ 6,810,16
TOTALS	R\$ 139,122,567,26	R\$ 121,200,00	R\$ 4,296,762,69	R\$ 3,887,505,71	R\$ 2,414,425,52	R\$ 10,849,652,73	R\$ 13,912,256,73	R\$ 174,604,370,63	R\$ 1,947,48	R\$ 7,572,40



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Para a operação do sistema de canais foram considerados os custos referentes a uma equipe técnica administrativa que pode ser compartilhada pelos sistemas Taquarembó e Jaguari. Além disso, foram considerados os custos referentes à operação da patrulha mecanizada, consumo de energia elétrica nas estações de bombeamento do sistema e verba para manutenção das estruturas. As leis sociais foram consideradas como 100% dos salários.

Tabela 32 - Equipe para cada sistema ou conjunto dos sistemas

Equipe	Quantidade	Salário mensal	Custo mensal
Engenheiros	2	R\$11,200	R\$ 22,400
Técnicos	4	R\$11,200	R\$22,400
Administr	4	R\$8,400	R\$16,800
Auxiliares	4	R\$4,200	R\$8,400
Total			R\$70.000,00
Custo mensal			
Total			R\$840.000,00
Custo anual			

Tabela 33 - Patrulha mecanizada para cada sistema ou conjunto dos sistemas

Equipamentos	quant	Custo unitário	Custo total	anos	Resíduo	Amortização
Retroescavadeira	2	R\$ 600.000,00	R\$ 1.200.000,00	15	R\$ 240.000,00	R\$ 64.000,00
Caminhão	2	R\$ 250.000,00	R\$ 500.000,00	10	R\$ 100.000,00	R\$ 40.000,00
Trator	4	R\$ 130.000,00	R\$ 520.000,00	10	R\$ 104.000,00	R\$ 41.600,00
Veículo	4	R\$ 40.000,00	R\$ 160.000,00	5	R\$ 80.000,00	R\$ 16.000,00
Moto	8	R\$ 4.000,00	R\$ 32.000,00	5	R\$ 16.000,00	R\$ 3.200,00
Valor anual						R\$ 164.800,00

Tabela 34 - Manutenção do sistema Taquarembó

Manutenção	2,00%	1,00%	4,00%	5,00%	1,00%	
	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo cerca	Aqueduto	Estruturas concreto	Total
Canal Principal	R\$ 1.308.274,66	R\$ 792,00	R\$ 64.231,33	R\$ -	R\$ 35.546,94	R\$ 1.408.844,93
Canal ME CS Taquarembó	R\$ 1.665.086,53	R\$ 1.404,00	R\$ 116.035,70	R\$ 1.131.205,23	R\$ 56.477,06	R\$ 2.970.208,52
Canal MD	R\$ 350.294,01	R\$ 156,00	R\$ 46.557,60	R\$ -	R\$ 9.269,33	R\$ 406.276,94
Canal Taq bombeamento	R\$ 82.136,11	R\$ 108,00	R\$ 12.034,45	R\$ 49.280,00	R\$ 1.524,24	R\$ 145.082,80
Canal Picada das Pedras	R\$ 37.162,92	R\$ 108,00	R\$ 4.609,29	R\$ -	R\$ 689,65	R\$ 42.569,86
Custo anual	R\$ 3.442.954,24	R\$ 2.568,00	R\$ 243.468,37	R\$ 1.180.485,23	R\$ 103.507,22	R\$ 4.972.983,05



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 35 - Manutenção do sistema Jaguari

Manutenção	2,00%	1,00%	4,00%	5,00%	1,00%	
	Custo dos canais	Custo tomadas	Custo cerca	Bomba/aqueduto	Estruturas concreto	Total
Canal Principal	R\$ 2.782.451,35	R\$ 1.212,00	R\$ 155.500,23	R\$ 120.721,28	R\$ 108.496,53	R\$ 3.168.381,38
Canal ME	R\$ 1.151.479,28	R\$ 840,00	R\$ 108.667,54	R\$ 210.663,62	R\$ 69.805,00	R\$ 1.541.455,43
Canal secundário	R\$ 245.734,78	R\$ 192,00	R\$ 30.600,31	R\$ -	R\$ 23.797,76	R\$ 300.324,86
Custo anual	R\$ 4.179.665,41	R\$ 2.244,00	R\$ 294.768,08	R\$ 331.384,89	R\$ 202.099,29	R\$ 5.010.161,67

O custo operacional do sistema Jaguari foi estimado em R\$7.348.309,67 por ano; o custo operacional do sistema Taquarembó foi estimado em R\$6.796.119,87 por ano. O custo operacional para o conjunto dos sistemas foi estimado em R\$ 12.572.932 por ano.

Os custos mais expressivos são os referentes à manutenção das estruturas, que podem ser minorados a partir da terceirização dos mesmos.

A divisão dos custos anuais pelo volume estimado para cada canal a cada ano possibilitou a definição do valor de cada m<sup>3</sup>. Esse valor deve ser calculado a cada ano pela entidade gestora para fazer frente aos seus custos de operação e manutenção. No caso de concessão, deve incorporar ainda o lucro da concessionária.

Tabela 36 – Distribuição dos custos no sistema e custos finais por m<sup>3</sup>

	Sistema Jaguari	Sistema Taquarembó	Conjunto dos sistemas
Canais	56,88%	50,66%	58,37%
Tomadas	0,03%	0,04%	0,04%
Cerca	4,01%	3,58%	4,12%
Bomba	4,51%	17,37%	11,58%
Estruturas	2,75%	1,52%	2,34%
Mão de obra	11,43%	12,36%	6,43%
Amortização equip.	2,24%	2,42%	1,26%
Combustível	1,09%	1,18%	0,61%
Energia	17,06%	10,86%	15,25%
Total	100,00%	100,00%	100,00%
Custo por m <sup>3</sup>	R\$ 0,0441	R\$ 0,0347	R\$ 0,0360

Observa-se que o sistema Jaguari, por possuir um bombeamento de uma vazão expressiva, tem um custo por m<sup>3</sup> mais elevado que o do sistema Taquarembó. Por isso, o projeto executivo deve avaliar a atratividade de um aqueduto adicional sobre o rio Santa Maria para reduzir esse custo.

Com base nos consumos de água referenciais por hectare, definiu-se o valor a ser pago por cada proprietário para a entidade gestora, com base nos valores estimados anteriormente. Esses são valores apenas referenciais, sendo necessário redefini-los a cada ano de acordo com um plano de investimentos e manutenção a ser apresentado pela gestora aos produtores e ao Estado.

Os valores encontrados são atrativos em relação aos praticados na região para o “arrendamento” da água para o arroz, sempre superior a 10%, ou aos custos de bombeamento para a lavoura de arroz, cuja participação no custo da lavoura arrozeira médio é da ordem de 6 sacos por hectare para o Estado (IRGA, custo de produção safra





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

2010/2011). A alteração da posição da disposição da água gerará a necessidade de investimento em novas estruturas parcelares, mas permitirá a exploração de áreas hoje afastadas das fontes hídricas, o que eleva a atratividade calculada.

Tabela 37 – Produtividade do Sistema Jaguari

	milho	soja	arroz
Volume	1,565,14	2,669,82	7,900,18
	R\$ 68,97	R\$ 117,66	R\$ 348,15
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	2,46	2,01	11,23
Produtividade	100	80	160
% produz	2,46%	2,51%	7,02%

Tabela 38 - Produtividade do Sistema Taquarembó

	milho	soja	arroz
Volume	1,565,14	2,669,82	7,900,18
	R\$ 54,35	R\$ 92,71	R\$ 274,33
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	1,94	1,58	8,85
produtividade	100	80	160
% produz	1,94%	1,98%	5,53%



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 39 - Produtividade do Conjunto Jaguari - Taquarembó

	Milho	Soja	Arroz
Volume	1.565,14	2.669,82	7.900,18
	R\$ 54,29	R\$ 92,61	R\$ 274,04
R\$/saco	28	58,5	31
sacos/hectare	1,94	1,58	8,84
produtividade	100	80	160
% produz	1,94%	1,98%	5,52%

A análise das perdas, os comprimentos expressivos dos canais, a ampliação das áreas irrigadas frente ao projeto original e as características intra-anuais dos reservatórios geraram simulações hidrológicas com diferentes graus de atendimento às demandas projetadas. Por elas, observa-se que não é possível atender a todas as demandas com um nível de segurança desejável sem a redução das perdas.

Por essas razões, avaliação de viabilidade foi realizada sobre a alternativa de canal com revestimento, com uma espessura de 0,15 m de argila compactada.

No projeto executivo, deve ser identificada o conjunto de jazidas capazes de fornecer o volume de argila necessário ou indicada outra possibilidade de revestimento, como o uso de mantas geotêxteis.

#### 4.4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A avaliação econômica de um projeto como esse, no qual os atores principais são os produtores agrícolas, cuja decisão de plantar ou não independe de uma imposição do órgão promotor, é mais complexa do que a de projetos de irrigação com assentamento de agricultores para os quais é instituída uma rede de serviços próprios do assentamento, como moradia, estruturas coletivas de armazenamento e beneficiamento e assistência técnica e extensão rural. Ou seja, nestes últimos os custos são maiores para o Estado, mas o poder de indução ao plantio também é.

Para o presente caso, os efeitos econômicos são dispersos e são importantes no conjunto da economia regional ou estadual.

Um dos métodos econométricos possível é o Método dos Efeitos, na vertente de Chervel e LeGall (*Manual de evaluación económica: el método de los efectos. 1989. Ministerio de Cooperación e Desenvolvimento de Francia*), que permite a compreensão dos efeitos multiplicativos da reservação hídrica na economia regional. Este método avalia os efeitos de uma alteração na economia regional em dois níveis:

Efeitos primários (diretos e incluídos) – relativos à modificação da produção e consumos das unidades operacionais executoras e nas unidades relacionadas com estas;

Efeitos secundários – relativos às modificações do rendimento dos agentes econômicos relacionados com o projeto que está sendo avaliado

As medidas dos efeitos primários são mensuradas pela variação do valor agregado em todas as unidades produtivas. Os efeitos secundários são obtidos pela influência na repartição pelos agentes da distribuição do valor agregado.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Com frequência, os dados necessários para executar análise não estão disponíveis. Nestes casos, a avaliação dos efeitos pode utilizar uma matriz que relaciona os setores econômicos e apresenta as inter-relações entre estes. Para isso, seriam utilizados os dados constantes na Matriz Insumo Produto da Fundação de Economia e Estatística, publicada em 2007, com base em dados de 2003. Atualmente, essa Matriz está sendo atualizada, mas a complexidade de sua obtenção só permitirá a sua publicação nos próximos anos.

O Modelo de Insumo-Produto foi desenvolvido por Wasily Leontief e publicado originalmente em 1936. Seu objetivo é possibilitar uma análise sobre as relações intersetoriais na produção e tem grande utilidade no apoio à formulação de políticas público-setoriais. A matriz de Leontief descreve de uma forma simplificada a economia, com base na premissa de que a divisão da economia em diversos setores possibilita verificar os inputs necessários para obtenção de cada produto. Assim, é possível visualizar quais os setores que são responsáveis pela alimentação de outros.

No modelo de Leontief, para cada setor a soma dos consumos intermediários e dos fatores primários é igual à soma dos consumos intermediários e das utilizações finais, o seja, o input total de cada setor é igual ao seu output total. Genericamente, o consumo intermediário de certo bem o fator  $i$  necessário para produção de uma unidade do bem  $j$  é dado por  $X_{ij} = a_{ij} * X_j$ , em que  $a_{ij}$  é um coeficiente técnico.

O modelo é de grande importância para o planejamento econômico, sendo possível, por exemplo, fazer-se a comparação das estruturas econômicas de produção ou produtividade, entre um país ou uma região. Ele também possibilita a comparação entre os impactos que a adoção de determinadas políticas teriam em diferentes regiões.

Além disso, torna-se possível verificar que repercussões ocorreriam em diferentes setores, caso houvesse alterações na demanda final de um setor. Ou seja, dado o encadeamento dos setores da economia em questão, pode-se analisar quais setores são impactados, e em que grau, quando estimulado por uma variação na demanda final, a produção de um determinado setor se eleva ou se reduz. Desta forma, este modelo permite que sejam identificados aqueles setores que possuem maior poder de encadeamento na economia.

O modelo de Leontief apresenta duas subdivisões, denominadas de modelo aberto e modelo fechado. O modelo aberto de Leontief considera os componentes da demanda final como elementos exógenos ao sistema. Desta forma as remunerações dos agentes fornecedores dos insumos primários do sistema, as quais têm impactos na aquisição de produtos, não são consideradas nas relações intersetoriais da economia. Neste modelo, é necessário separar os coeficientes tecnológicos, relação entre consumo intermediário do setor  $i$  pela produção total do setor  $j$ , das decisões de consumo. O modelo de insumo-produto deriva-se do equilíbrio entre oferta agregada e demanda agregada. No final, obtém-se uma equação matricial:

$$X = BY$$

onde:

$$B = (I - A)^{-1}$$

Sendo:

**X** é o vetor coluna da oferta (produção local);

**Y** é o vetor coluna da demanda final ;



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



## RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

**B** é a matriz dos coeficiente técnicos diretos e indiretos, mais conhecida como matriz inversa de Leontief;

**A** representa a matriz dos coeficientes técnicos diretos, ou seja, fornece o impacto direto causado pelo aumento na demanda final;

$(I - A)^{-1}$ , além dos efeitos diretos, avalia também os indiretos.

Portanto, o modelo definido na equação (10) é o que permitirá avaliar o impacto total que uma variação na demanda final causará na produção da economia, dado o aumento da demanda em uma unidade.

O modelo fechado de Leontief considera que um choque de demanda exógeno pode ter sua origem expressa nos componentes da demanda final, gerando estímulos sobre a produção, o emprego e a renda da economia. Este modelo foi transformado pela endogenização do consumo das famílias. Para tanto é necessário transportar o consumo das famílias para dentro da matriz de relações intersetoriais (**A**), através da criação de uma nova linha e uma nova coluna. A linha expressará a relação entre o valor adicionado do setor i com a oferta total setor j. A nova coluna representará a proporção do consumo familiar do setor i em relação à soma do consumo intermediário de toda a economia.

Desta forma, o modelo fechado de Leontief, em sua versão modificada, é descrito por:

$$\bar{X} = \bar{B}Y,$$

onde:

$$\bar{B} = (I - \bar{A})^{-1}$$

e  $\bar{A}$  representa a matriz de coeficientes técnicos de insumos intermediários com a endogenização do consumo das famílias.

A equação  $\bar{B} = (I - \bar{A})^{-1}$  além de expressar os impactos diretos e indiretos de variações na demanda final, incorpora o efeito induzido decorrente do fluxo de aquisições gerado pelo incremento da renda familiar ao sistema.

A análise dos efeitos com base em uma matriz como esta permite um vasto leque de hipóteses de trabalho, se há uma desagregação significativa dos setores.

Com isto, se tem a possibilidade de:

- Verificar a variação inicial de a procura final em razão do projeto;
- As sucessivas variações indiretas das procuras intermediárias que farão frente à procura final.

Dos modelos aberto e fechado de Leontief, pode-se gerar os multiplicadores de impactos direto, indireto e induzido.

Os multiplicadores de impactos têm grande importância no processo decisório de políticas públicas visando ao desenvolvimento econômico. Caso, por exemplo, a intenção de uma política setorial de incentivo seja maximizar a agregação de valor, os multiplicadores de impacto terão grande eficiência na identificação dos setores com maiores potenciais, a fim de alcançar tal objetivo. Em suma, o multiplicador fornece o impacto global de variações na demanda final do setor j sobre a variável econômica de interesse, podendo ser decomposto em impactos direto, indireto e induzido.

O multiplicador direto expressa o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, quando são consideradas apenas as atividades que fornecem insumos diretos ao



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

setor em questão. Já o multiplicador indireto mede o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, quando se consideram apenas as atividades fornecedoras de insumos indiretos ao setor analisado. Por fim o multiplicador induzido fornece o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, considerando a variação adicional da demanda ocasionada pelo incremento no nível de rendimentos da economia quando estimula-se determinado setor.

O Método dos Efeitos foi utilizado na avaliação do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Região Brasileira da Bacia do Rio Uruguai (Consórcio Orionconsult-Ecoplan-Skill, 2009, disponível em <http://www.pro-uruguai.com.br/pro-uruguai/download.aspx>). Para esse Plano, foram definidos os seguintes multiplicadores de impacto:

- Multiplicador do Valor Adicionado
- Multiplicador do Pessoal Ocupado
- Multiplicador da Produção
- Multiplicador da Renda da Economia
- Multiplicador dos Impostos Totais

A obtenção destes indicadores é exemplificada pelos multiplicadores da variável emprego. O conjunto de fórmulas que permitem a avaliação dos impactos de aumento na demanda final sobre as variáveis valor adicionado, produção, impostos e rendimento possuem formulação matemática análoga à dos multiplicadores de emprego.

O multiplicador direto da variável emprego é definido como o valor de emprego requerido por unidade de produto para cada setor:

$$e_j^D = \frac{E_j}{X_j},$$

onde:

$E_j$  é a quantidade de emprego do setor j

e

$X_j$  é o valor da produção do setor j.

Já o multiplicador direto e indireto do emprego mostra o impacto ocasionado pelo aumento na demanda final do setor j sobre o emprego total, visto o encadeamento setorial do modelo aberto de Leontief, ou seja:

$$e^{DI} = e^D B,$$

sendo que:

$e^{DI}$  é o vetor do multiplicador direto e indireto do emprego;

$e^D$  é o vetor dos coeficientes do emprego, ou seja, emprego por unidade de produto em cada setor;

B é a Matriz dos coeficientes técnicos do modelo aberto de Leontief.

O multiplicador total do emprego (direto, indireto e induzido) fornece o impacto ocasionado pelo aumento da demanda do setor j sobre o emprego total, visto o encadeamento setorial do modelo fechado de Leontief. Assim:





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

$$e^{DIR} = e^D \bar{B}$$

onde:

$e^{DIR}$  é o vetor do multiplicador direto, indireto e induzido do emprego,

e

$\bar{B}$  = Matriz dos coeficientes técnicos do modelo fechado de Leontief.

A obtenção dos multiplicadores indireto ( $e^I$ ) e induzido ( $e^R$ ) é feita a partir de deduções:

$$e^I = e^{DI} - e^D$$

e

$$e^R = e^{DIR} - e^I - e^D = e^{DIR} - e^{DI},$$

onde:

$e^I$  é o multiplicador de emprego indireto;

$e^R$  é o multiplicador de emprego induzido.

Para a agricultura, foram considerados os seguintes coeficientes multiplicadores:

Tabela 40 - Coeficientes multiplicadores				
	Direto	Indireto	Efeito renda	Total
Produção	1	0,391	1,092	2,483
Valor adicionado	0,7164	0,1435	0,561	1,4209
Impostos totais	0,012	0,01183	0,0416	0,06543
Renda de economia	0,0506	0,0461	0,2349	0,3316
peçoal ocupado	48,0686	6,3981	27,9352	82,4019

A partir da implantação dos canais, espera-se uma mudança de comportamento por parte dos agricultores, que a AUSM apresenta na forma de área irrigada para cada um dos sistemas e na eliminação de sistemas de bombeamento:

Tabela 41: Sistema Jaguari – eliminação de estações de bombeamento e área estimada				
	Eliminação de estações de bombeamento	Arroz	Soja/milho/past	Fruticultura
Canal Principal	29	11915	10093	50
Canal ME	22	3193	4955	
Canal secundário	5	1585	890	50
TOTAL	56	15108	15048	50



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Tabela 42: Sistema Taquarembó – eliminação de estações de bombeamento e área estimada

	Eliminação de estações de bombeamento	Arroz	Soja/milho/past	Fruticultura
Canal Principal	6	11147	6217	11
Canal ME CS Taquarembó	26	6685	3254	
Canal MD	6	2440	400	
Canal Taq bombeamento	2	1230	570	
Canal Picada das Pedras		880	80	
TOTAL	40	13587	6617	11

Para estimar a mudança de comportamento de cada produtor, considerou-se que cada estação de bombeamento tem um valor de R\$ 100.000,00 e que esse valor retornará ao produtor. Deste valor, estabeleceu-se que apenas 30% serão reinvestidos em produção na região.

Da mesma forma, a área estimada pela AUSM foi multiplicada por 0,3, indicando que a mesma ou não é cultivada atualmente ou a insegurança de sua exploração pela incerteza das precipitações inibe a sua utilização plena.

Para cada cultura foi definido o custo de produção desembolsado pelos produtores para cada hectare:

- Arroz: R\$ 4.871,97
- Soja/milho: R\$ 1.814,00
- Fruticultura: R\$ 13.145,00

A multiplicação desses valores pela área de cada cultura e a soma do resíduo das estações de bombeamento permite estimar o choque de investimento gerado pelo empreendimento, que será utilizado pelos produtores para ampliar a produção. Esses valores, portanto, entram na economia estadual e não são os lucros dos produtores, mas os recursos por eles utilizados para produzir, sendo consumidos por outros atores.

Para o sistema Taquarembó, o valor anual a ser injetado pelos produtores é R\$ 24.702.987; para o sistema Jaguari, R\$ 32.148.013,43 e para o conjunto dos dois sistemas é de R\$ 56.851.000.

Multiplicando-se os valores pelos coeficientes, encontra-se o valor total gerado pelo empreendimento. A exceção é o número de empregos, que apresenta o total de empregos gerados por cada R\$ 1 milhão de demanda.

O sistema Taquarembó gerará um valor total de R\$ 81.542.830 anuais e 2.036 empregos. Cada emprego terá, portanto, um custo de R\$ 117.292,30. Cada hectare do sistema gerará, em média, um valor de R\$ 2.871,72 anuais. **Considerando-se apenas o efeito na economia, o Estado teria o valor investido retornado em um período de 2,93 anos, sem considerar nenhum agravo sobre os valores investidos.**

O sistema Jaguari gerará um valor total de R\$ 138.266.355 anuais e 2.649 empregos. Cada emprego terá, portanto, um custo de R\$ 105.505,60. Cada hectare do sistema gerará, em média, um valor de R\$ 3.919,02 anuais. **Considerando-se apenas o efeito na economia, o Estado teria o valor investido retornado em um período de 2,02 anos, sem considerar nenhum agravo sobre os valores investidos.**



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

O conjunto dos dois sistemas gerará um valor total de R\$ 244.512.172 anuais e 4.685 empregos. Cada emprego terá, portanto, um custo de R\$ 110.627,44. Cada hectare do sistema gerará, em média, um valor de R\$ 4.092,18 anuais. **Considerando-se apenas o efeito na economia, o Estado teria o valor investido retornado em um período de 2,12 anos, sem considerar nenhum agravo sobre os valores investidos.**

Os valores apresentados permitem indicar a execução do empreendimento. O projeto executivo deve refinar os custos dos investimentos necessários, mas os valores até aqui obtidos demonstram o significativo impacto do empreendimento sobre a região.

Como complemento, deve-se definir os custos finais das barragens, os custos financeiros das mesmas causados pela interrupção do seu processo construtivo, a necessidade de adequação das tomadas de água e da operação e manutenção destas, uma vez que são parte dos sistemas.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

# 5 ***SUMÁRIO EXECUTIVO E CONSIDERAÇÕES FINAIS***

## **5 SUMÁRIO EXECUTIVO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

O Governo do Estado do Rio Grande do Sul, através da então Secretaria Extraordinária de Irrigação e Usos Múltiplos da Água iniciou, em março de 2009, a construção de duas barragens de acumulação de água para irrigação, na região da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul: Barragem do Arroio Jaguari (entre os municípios de Lavras do Sul, Rosário do Sul e São Gabriel) e Barragem do Arroio Taquarembó (entre os municípios de Dom Pedrito e Lavras do Sul).

Em 2009 e 2010 foram elaborados os projetos básicos dos canais principais dos sistemas de distribuição de águas das duas barragens. Através de documento entregue em novembro de 2012, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, encaminhou ao Governo do Estado uma proposta, elaborada pela Associação dos Usuários da água da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (AUSM), para expansão do sistema de distribuição de água das barragens dos arroios Jaguari e Taquarembó, envolvendo o aumento da extensão do canal principal (com projeto básico já elaborado), construção de canal na margem esquerda do rio Santa Maria e na margem direita do arroio Taquarembó.

O presente Sumário Executivo descreve os principais elementos do Relatório Técnico Final, relativo aos serviços de Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado de FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó, incluindo Estudo de Viabilidade da proposta elaborada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria para inserção no Projeto Básico anteriormente elaborado.



Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

### 5.2 PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA BARRAGEM DO TAQUAREMBÓ (STE, JUNHO/2010)

O projeto básico do sistema de distribuição de água da barragem do Arroio Taquarembó disponível para análise foi efetuado pela empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia SA, em junho de 2010. Este Projeto Básico contempla o canal principal pela margem esquerda da barragem do Arroio Taquarembó, com extensão total de 38.772 m em seção aberta e 11.000 m em adutora.

A vazão no canal foi definida em função da demanda de irrigação (13,664 m<sup>3</sup>/s) e do abastecimento público (190L/s) à cidade de D. Pedrito, resultando em uma demanda anual de 128.000.000 m<sup>3</sup>. Estes volumes buscam atender aos usos múltiplos identificados e quantificados na bacia, com destaque para o abastecimento humano, irrigação das várzeas do arroio Taquarembó e controle de cheias, além da garantia da vazão remanescente para atendimento ao equilíbrio ambiental do ecossistema na região.

A concepção adotada para o sistema constituiu-se de uma fonte de suprimento hídrico, a Barragem do arroio Taquarembó e um canal de condução/distribuição de água que se desenvolve pela margem esquerda do manancial.

Segundo o projeto básico, o sistema de distribuição tem como suprimento hídrico a barragem do Arroio Taquarembó, cujo reservatório permitirá a regularização máxima de 13,66 m<sup>3</sup>/s, sendo 9,91 m<sup>3</sup>/s lançados em canal gravitário, através de estruturas de adução localizadas no reservatório da barragem (canal de aproximação, tomada d'água, canal de fuga) e canal de distribuição, e 3,75 m<sup>3</sup>/s lançados diretamente no arroio Taquarembó, através de estrutura de descarga localizada no maciço da barragem.

### 5.3 PROPOSTA DA AUSM PARA O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ

A proposta para expansão do sistema de distribuição de água, elaborada pela AUSM, contém considerações sobre o sistema de distribuição de água proposto no Projeto Básico existente e proposta de uma nova concepção de sistema de distribuição que permita uma expansão da área de atendimento. Essa proposta de expansão do sistema de distribuição de água foi encaminhada para ser analisada pelos Consórcios como documento oficial do Estado. Essa proposta, após sua análise e conclusões, foi utilizada como premissa dos Estudos dos Projetos Executivo dos Canais.

A proposta da AUSM apresenta áreas potencialmente irrigadas por gravidade, que estariam localizadas basicamente entre os canais propostos e o leito do rio Santa Maria, e áreas potencialmente irrigáveis em terras altas, que são as localizadas acima da cota dos canais propostos. Observa-se que a Proposta Alternativa da AUSM contempla os seguintes canais: Canal Principal do Taquarembó; Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento; Canal MD Taquarembó; Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco); Canal Secundário Picada das Pedras.

### 5.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO BÁSICO E A PROPOSTA AUSM

Foi efetuada análise comparativa preliminar entre o Projeto Básico do Sistema de Distribuição da Barragem do Arroio Taquarembó, efetuado pela empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia SA, em junho de 2010, e o proposto pela AUSM.

A Tabela 1 apresenta as diferenças entre o sistema existente e o proposto. Em termos gerais, a extensão dos canais é aumentada em 3 vezes (de 44 km para 136 km) para atender uma área potencialmente irrigável de 52.400 ha (ao invés dos 16.700 ha de área

110





Avaliação e Revisão do Projeto Básico, denominado  
FASE I, do Sistema de Distribuição da Barragem do  
Arroio Taquarembó



#### RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

irrigada previstos no Projeto Básico existente). Observar que, prevendo que não haverá necessidade de atendimento simultâneo para toda área potencialmente irrigável, a totalização para dimensionamento do sistema proposto é de 32.914ha. A área potencialmente irrigável da Proposta da AUSM é 4 vezes maior que a área irrigada no Projeto Básico, enquanto a totalização para dimensionamento é 1,6 vezes maior que a área irrigada no Projeto Básico. Como a água disponível é a mesma nos dois sistemas é necessário avaliar alternativas de atendimento.

Conclui-se que o arranjo do sistema apresentado no Projeto Básico em análise não atende as necessidades da Proposta Alternativa:

- embora o primeiro segmento do arranjo do sistema apresentado no Projeto Básico disponível seja semelhante ao apresentado na Proposta Alternativa da AUSM, para o Canal Principal do Taquarembó (ver figura 5), há necessidade de adaptação e complemento do traçado, com a extensão do canal então previsto e inclusão dos demais canais propostos no Sistema Alternativo da AUSM (Canal Secundário ME Taquarembó com bombeamento, Canal MD Taquarembó, Canal ME Santa Maria – Taquarembó (Campo Seco) e Canal Secundário Picada das Pedras);
- há necessidade de verificar se os volumes disponíveis garantem atendimento das demandas hídricas;
- há necessidade de alterações nas tomadas de água, ou proposta de tomada de água complementar – o Projeto Básico prevê vazão de dimensionamento da tomada de água = 13,66 m<sup>3</sup>/s (9,9135 m<sup>3</sup>/s em canal gravitário e 3,7505 m<sup>3</sup>/s diretamente no arroio Taquarembó, através de estrutura de descarga localizada no maciço da barragem), enquanto a Proposta da AUSM apresenta demandas de 21,8 m<sup>3</sup>/s para o Canal Principal + Secundário, 4,4 m<sup>3</sup>/s para o canal da MD do Taquarembó e 12,8 m<sup>3</sup>/s para os canais da ME do Rio Santa Maria.

#### 5.5 PROPOSTA DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO CONSOLIDADO PARA O SISTEMA INTEGRADO DE USOS MÚLTIPLOS DA BARRAGEM DO ARROIO TAQUAREMBÓ

Foi proposta a confirmação da proposta alternativa da AUSM como premissa para o traçado dos canais, e confecção de uma Proposta de Sistema de Irrigação para o Sistema Integrado de Usos Múltiplos das Barragens Taquarembó e Jaguari, com o detalhamento do Plano Agrícola e dimensionamento dos canais propostos, incluindo estimativas de perda por infiltração e evaporação, conforme as seções calculadas dos canais.

Assim, adotando-se o traçado proposto pela AUSM como um elemento referencial, foi realizado um levantamento plani-altimétrico de uma faixa de 100 m de terreno, cuja linha central é a projeção do eixo do canal definido pelo ponto de partida e por uma declividade de 1:10.000 que havia sido previamente estabelecida como parâmetro.

A partir da análise das duas propostas (AUSM e topografia), foi proposto um traçado para o presente estudo (ver Figura 6). Este traçado deverá ser verificado/validado/revisado durante os estudos para execução do Projeto Executivo dos Canais, a partir de informações mais completas de topografia e geotecnia.