



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE OUTORGA DO USO DA ÁGUA
NA BACIA DO RIO SANTA MARIA, RS.**

Dissertação de Mestrado

FÁBIO ALCOBA ARNÉZ

PORTO ALEGRE - 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE OUTORGA DO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO
SANTA MARIA, RS.

FÁBIO ALCOBA ARNÉZ

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia

Orientador: Antônio Eduardo Leão Lanna

Banca Examinadora

Prof. Dr. Geraldo Lopes da Silveira
Prof. Dr. João Soares Viegas Filho
Prof. Ph.D. Joel Avruch Goldenfum

DHS/CT/UFSM
DEA/UFPel
IPH/UFRGS

Porto Alegre, julho de 2002.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Antônio Eduardo Lanna da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de uma conjunção de fatores, esforços e abnegações, não só do autor como também de muitos outros, que seria uma injustiça o não mencionamento dessas pessoas no corpo do trabalho.

Aos brasileiros, que através das instituições de financiamento e fomento à pesquisa no país, CAPES e CNPq, tornaram viável a realização do trabalho.

Minha jornada no IPH iniciou ainda antes da entrada no Mestrado e nesse período tive a oportunidade de conviver com funcionários, professores e colegas num ambiente muito agradável. Dentre os professores, a prof^a Beatriz foi uma grande motivadora – desde os tempos da iniciação científica – e por isso merece um agradecimento especial.

Aos prof. Tucci, Clarke e Adolfo, pela paciência e atenção com que me recebiam quando as dúvidas surgiam. Aos prof. Carlos André, Ana e Rogério Maestri, pelo incentivo. À Sra. Nadir Solari, pela simpatia e eficiência demonstradas. Às meninas da Biblioteca – Jussara Silva, Jussara Barbiéri, Sandra, Beth, Lú e Márcias – pela cordialidade com que invariavelmente fui atendido.

Ao prof. Lanna, por sua irreparável orientação, sempre muito ágil através da internet, ou mesmo pessoalmente.

Aos colegas de sala Walter e Eduardo, por compartilharem as alegrias e frustrações do dia-a-dia. A Valmir e Cleuda, pelo estímulo e pelo exemplo inspirador. A Luis Gustavo e Jaido, pelas conversas, sugestões e discussões, mas sobretudo pela amizade.

Devo agradecer ainda aos amigos Vladimir, Sidnei e Omar, por estarem sempre dispostos a colaborar. Os almoços com a presença das boas companhias de Geruza, Vanessa, Adriano, Márcio, Sefione, Renato, Ane, Emília e Bia foram muito mais que simples refeições - foram momentos de convívio social revigorantes. Sem esses momentos a caminhada seria muito mais árdua.

Aos meus pais, por proporcionarem a tranquilidade necessária ao desenvolvimento do estudo. Em seguida aos meus tios, tias, primos, prima e em especial, à minha avó Lélia, que me acolheu com muito carinho desde o último ano do 1º Grau.

Por fim, agradeço à Tatiana, pela enriquecedora convivência durante o período do Mestrado.

*Apesar de tudo existe
Uma fonte de água pura
Quem beber daquela água
Não terá mais amargura*
(Paulinho da Viola, *in*: Desilusão)

Aquilo que é escrito sem esforço, é lido sem prazer.

Espero que tenhas uma boa leitura!

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação de critérios de outorga do uso da água na bacia do rio Santa Maria.

A escolha da bacia do rio Santa Maria se deve ao fato da existência de conflitos pelo uso da água, principalmente durante o verão, quando surge a demanda de água para o cultivo do arroz. A carência de dados hidrológicos, a existência de um grande número de pequenos reservatórios e a sazonalidade das demandas fazem da bacia do rio Santa Maria um caso interessante de ser estudado.

É comentado o processo de evolução da outorga através das legislações, a situação atual em que se encontra a implementação deste instrumento, quais as tendências e fica estabelecida uma forma de comparação de diferentes critérios.

A análise é feita de forma sistêmica (admitindo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento) com o uso de modelos matemáticos de avaliação e gestão, particularmente modelos de simulação hidrológica, em conjunto com dados experimentais sobre o efeito de água no rendimento das culturas. A avaliação de diversos valores de outorga levando em consideração bases econômicas como custos de plantio, preços de mercado dos produtos e recorrência das falhas de atendimento associada à probabilidade de ocorrência de rendimentos líquidos não negativos revela um modelo de utilização otimizado dos recursos hídricos superficiais da bacia.

ABSTRACT

This work presents a methodological development of a water permits avaluation criteria on the Santa Maria River Basin.

The choice of Santa Maria River Basin was made because of the water conflicts, mainly at the summertime, when the water demand for rice irrigation grows up. The scarcity of hydrological data, the existence of a great number of small reservoirs and the sazonality of the demand, make the Santa Maria River Basin an interesting case of study.

It comments the evolution process of the water permit systems through the Brazilian laws, what are the trends and it is established a way to compare different criterias.

This criteria analysis was done in a systematic way (assuming the river basin as a planning unit) using mathematical models of evaluation and management, particularly models of hydrologic simulation, along with data stored from a research about water effects in the crops. The evaluation of various values of concessions aggregated at falling levels of priorities, taking into consideration economical basis such as costs of planting, market prices of products and recurrence levels of service failures associated with probability of occurrence of not negative incomings reveals a utilization model bettered by superficial water resources of the basin.

SUMÁRIO

Apresentação.....	ii
Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Sumário.....	vii
Lista de Quadros	x
Lista de Figuras.....	xv
Lista de Símbolos.....	xvii
1 - Introdução.....	1
2 – Histórico da Outorga	3
2.1. Histórico da outorga através das legislações	3
2.2 - Tipos de outorga	6
2.3- Vazão máxima outorgável.....	10
2.4- Condições necessárias para a aplicação do instrumento da outorga dos direitos de uso da água.....	11
2.5- A situação da outorga em alguns estados do Brasil.....	12
2.6- Propostas para o estabelecimento de critérios para a outorga	18
2.6.1 - Outorga qualitativa	19
2.6.2 - Vazão ecológica.....	19

3 - Área de Estudo.....	21
3.1 - Caracterização da bacia do rio Santa Maria	22
3.1.1 - Generalidades	22
3.1.2 - Aspectos físicos	23
3.1.3 - Dados hidroclimatológicos disponíveis	24
3.2 – Representação da bacia.....	32
3.2.1 - Identificação e priorização das demandas.....	33
3.2.2 – Custos de produção do arroz.....	44
4 - Metodologia.....	46
4.1 - Modelos, informações e procedimentos empregados	46
4.1.1- Critério da vazão referencial	48
4.1.2 - Conseqüências da adoção de diferentes níveis de outorga	50
4.2 - Determinação da série de vazões.....	54
4.2.1 - Ajuste e verificação do MODHAC.....	55
4.2.2 - Geração das séries de vazões.....	62
4.3 - Propagação das vazões.....	64
4.3.1 - Determinação do volume armazenado nos R_{eq}	64
4.3.2 – Descrição do procedimento adotado	65
4.4 - Verificação e análise das falhas de atendimento às demandas.....	67
5 - Aplicação.....	71
Distribuição de frequências dos rendimentos líquidos alternativos	74
Tratamento dos fluxos econômicos	77
6 - Resultados e Discussão	79
7 - Conclusões e Recomendações	93
8 – Referências Bibliográficas.....	96
Anexo A - Precipitações mensais acumuladas para as sub-bacias de interesse	103

Anexo B - Modelo de transformação precipitação – vazão	109
Anexo C - Quadros do item 4.3.2 – Geração das séries de vazões.....	112
Anexo D - Curvas de permanência de vazões	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- A outorga na Lei 9.433/ 1997.....	5
Quadro 2.2- Critérios de outorga de uso da água para diferentes estados do Brasil.....	17
Quadro 3.1- Postos pluviométricos utilizados	24
Quadro 3.2- Postos fluviométricos utilizados no estudo.....	25
Quadro 3.3 - Dados hidro-meteorológicos disponíveis para estudo	26
Quadro 3.4 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de Dom Pedrito)	27
Quadro 3.5 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de Santana do Livramento)	27
Quadro 3.6 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de São Gabriel).....	28
Quadro 3.7 - Cálculo da evapotranspiração potencial (<i>ETP</i>)	30
Quadro 3.8 - Valores médios anuais no período de ajuste	31
Quadro 3.9 - Balanço dos valores observados.....	31
Quadro 3.10 - Parâmetros físicos das sub-bacias do rio Santa Maria.....	33
Quadro 3.11 - Área do município contida na bacia e parcela que cada município representa da área total	33
Quadro 3.12 - População urbana dos municípios com sede na bacia	34
Quadro 3.13 - Projeção da população urbana e da demanda para os municípios com sede na bacia	35

Quadro 3.14 - População rural da bacia por municípios	35
Quadro 3.15 - Densidade demográfica na zona rural calculada com base na projeção da população para o ano 2001	36
Quadro 3.16 - Parcela que cada município ocupa dentro das sub-bacias	36
Quadro 3.17- População e demanda rural por sub-bacia para o ano de 2001	37
Quadro 3.18 - Demanda para consumo humano por sub-bacia.....	38
Quadro 3.19 - Efetivos dos principais rebanhos, por espécie.....	38
Quadro 3.20 - Densidade de bovinos por municípios	39
Quadro 3.21 - Demanda de água para a pecuária por sub-bacias	39
Quadro 3.22 - Características das principais lavouras da bacia.....	40
Quadro 3.23 - Demandas de água para os diferentes períodos do cultivo do arroz.....	41
Quadro 3.24 - Área irrigada para o cultivo do arroz através de açudes e de captação superficial direta.....	41
Quadro 3.25 - Demandas hídricas por sub-bacia	42
Quadro 3.26 – Consumo de água na irrigação do arroz	43
Quadro 3.27 – Resumo dos itens do custo de produção do arroz.....	44
Quadro 4.1- Evolução hipotética da produção agrícola e dos rendimentos líquidos (R_L)de uma determinada sub-bacia.....	53
Quadro 4.2 – Postos Climatológicos utilizados para o cálculo da ETP nas diferentes fases do estudo.....	55

Quadro 4.3 - Vazões mensais observadas e calculadas durante a calibração em Rosário do Sul (m^3/s)	56
Quadro 4.4 - Resultados da verificação dos parâmetros	58
Quadro 4.5 - Áreas totais, áreas de contribuição para açudes e áreas efetivas por sub-bacia ..	60
Quadro 4.6 - Vazão de retorno dos reservatórios equivalentes ($Q_{Req,i}$).....	61
Quadro 4.7 - Parâmetros da calibração do MODHAC da sub-bacia 2 -F.O. logarítmica.....	62
Quadro 4.8 - Volumes armazenados por R_{eq}	65
Quadro 4.9 - Fatores de redução de produtividade (f_p)	68
Quadro 5.1 - Evolução do preço médio do saco de arroz.....	73
Quadro 5.2 - Rendas líquidas alternativas para a sub-bacia 1, $Q_{out} = 0,9*Q_{80}$ e $V_m = US\$ 8,74 76$	
Quadro 5.3 - Rendimentos líquidos médios esperados (US\$) por sub-bacia, $V_m = US\$ 8,74$	77
Quadro 6.1 – Produção média de arroz (t) obtida das simulações por sub-bacia	79
Quadro 6.2 - Produção dos municípios que compõem a bacia em 1997	80
Quadro 6.3 - Produção estimada por sub-bacias para o ano de 1997	81
Quadro 6.4 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m , por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9*Q_{80}$	83
Quadro 6.5 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m , por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9*Q_{90}$	85
Quadro 6.6 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m , por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9*Q_{95}$	86

Quadro A.1 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 1 (mm)	103
Quadro A.2 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 2 (mm)	103
Quadro A.3 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 3 (mm)	104
Quadro A.4 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 4 (mm)	105
Quadro A.5 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 5 (mm)	105
Quadro A.6 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 6 (mm)	106
Quadro A.7 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 7 (mm)	107
Quadro A.8 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 8 (mm)	107
Quadro A.9 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 9 (mm)	108
Quadro C.1 – Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso superior (m ³ /s). 113	
Quadro C.2 – Série de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior (m ³ /s).. 115	
Quadro C.3 – Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso médio (m ³ /s)... 117	
Quadro C.4 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior (m ³ /s)	119
Quadro C.5 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Cruz (m ³ /s).....	121
Quadro C.6 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior (m ³ /s)	123
Quadro C.7 – Série de vazões médias mensais no rio Santa Maria - curso inferior (m ³ /s)....	125
Quadro C.8 – Série de vazões médias mensais no rio Cacequi (m ³ /s).....	127

Quadro C.9 – Série de vazões médias mensais no arroio Saicã (m ³ /s)	129
Quadro D.1 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso superior	132
Quadro D.2 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior	133
Quadro D.3 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio	134
Quadro D.4 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior	135
Quadro D.5 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Cruz	136
Quadro D.6 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior	137
Quadro D.7 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso inferior	138
Quadro D.8 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Cacequi .	139
Quadro D.9 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no arroio Saicã	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos	4
Figura 3.1 - Situação e localização da bacia do rio Santa Maria (adaptado de BOURSCHEID, 1996a).....	23
Figura 3.2 - Localização dos postos hidroclimatológicos utilizados	29
Figura 3.3 - Subdivisão da bacia do Santa Maria (adaptado de BOURSCHEID, 1996a)	32
Figura 4.1 - Atividades realizadas até a fase de avaliação dos critérios de outorga	47
Figura 4.2 – Vazão referencial baseada na vazão incremental (Fonte: LANNA, 1998)	50
Figura 4.3 - Evolução da produtividade agrícola sujeita a aumentos de outorga	51
Figura 4.4 - Outorga <i>versus</i> área plantada.....	52
Figura 4.5 - Produção agrícola e $R_{Lm} * P(R_L \geq 0)$ em função da área plantada.....	53
Figura 4.6- Calibração do MODHAC na sub-bacia II (Rosário do Sul) Período: 01/1978 - 12/1980.....	57
Figura 4.7 - Curvas de permanência de vazões mensais em Rosário do Sul Período: 01/1978 - 12/1980.....	57
Figura 4.8- Representação dos reservatórios	60
Figura 4.9 - Amostra do comportamento conjunto das seções estudadas.....	63
Figura 4.10 - Representação da rede da bacia do rio Santa Maria.....	66
Figura 4.11 - Queda da produtividade <i>versus</i> período do ciclo em que ocorreu o déficit (adaptado de REES, 1987).....	69
Figura 4.12 - Queda da produtividade <i>versus</i> diferentes níveis de falhas.....	69
Figura 5.1 – Procedimento executado para a avaliação dos critérios de outorga	71
Figura 6.1 - Produção média de arroz, obtidas das simulações, por sub-bacias.....	80
Figura 6.2 - Produção de arroz total média na bacia inteira.....	81
Figura 6.3 - R_{Lm} esperado por sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 7,50$	87
Figura 6.4 - $(1 - P(R_L > 0)) * R_{Lm}$ por sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 7,50$	88
Figura 6.5 - R_{Lm} esperado por sub-bacias quando o $V_m = \text{US\$ } 8,00$	89

Figura 6.6 - $P(R_L > 0) * R_{Lm}$ por sub-bacias quando o $V_m = \text{US\$ } 8,00$	89
Figura 6.7 - Valor da F.O. para os diferentes critérios de outorga quando o $V_m = 8,00$, para a bacia inteira.....	90
Figura 6.8 - Evolução da $F.O._3$ conforme a variação dos V_m	91
Figura 6.9 - Evolução da $F.O._3$ conforme a variação dos V_m	92
Figura B.1 – Esquema de funcionamento do MODHAC (adaptado de Lanna, 1997)	110
Figura D.1 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso superior	132
Figura D.2 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior	133
Figura D.3 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio.	134
Figura D.4 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior	135
Figura D.5 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Cruz	136
Figura D.6 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior	137
Figura D.7 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso inferior	138
Figura D.8 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Cacequi.....	139
Figura D.9 – Curva de permanência de vazões semanais no arroio Saicã	140

LISTA DE SÍMBOLOS

Letras Romanas maiúsculas em ordem alfabética:

A_b	Área do município contida na bacia;
A_i	Área da sub-bacia i ;
$A_{est, i, k}$	Área possível de ser irrigada para a sub-bacia i aplicando-se um determinado critério de outorga k ;
$A_{irr açude}$	Área de arroz irrigada através de açudes;
$A_{irr sup}$	Área de arroz irrigada através de captação superficial direta no rio;
$A_{ef,i}$	Área da sub-bacia i que efetivamente contribui para a geração de escoamento;
$A_{aç,i}$	Área da sub-bacia i que contribui para açudes;
$A_{eq,tot}$	Somatório das áreas da bacia do Santa Maria;
$A_{eq,i}$	Somatório das áreas de drenagem dos açudes que pertencem à sub-bacia i ;
$B_{i,j,k}$	Benefícios da produção da bacia i , no ano j utilizando-se o critério k ;
C	Variável auxiliar utilizada no cálculo da ETP ;
C_e	Coefficiente de escoamento;
$C_{i,j,k}$	Custo de irrigação da sub-bacia i , no ano j utilizando-se o critério k ;
C_{prod}	Custo para irrigar 1 (um) hectare;
I	Índice térmico anual;
D_{prim}	Demanda para consumo humano;
D_{pec}	Demanda para a pecuária;
D_{irr}	Demanda para a irrigação;
$D_{prim at,m}(t)$	Demanda primária atendida na bacia de montante m , no instante t ;
$D_{irr at,m}(t)$	Demanda de irrigação atendida para a bacia m , no instante t ;
$D_{prim at}$	Demanda primária atendida;
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxigênio;

ETP	Evapotranspiração potencial;
F.O.	Função objetivo;
$F_{C,i}$	Parcela que o município de Cacequi ocupa dentro da sub-bacia i ;
$F_{D,i}$	Parcela que o município de Dom Pedrito ocupa dentro da sub-bacia i ;
$F_{R,i}$	Parcela que o município de Rosário do Sul ocupa dentro da sub-bacia i ;
$F_{S,i}$	Parcela que o município de S. do Livramento ocupa dentro da sub-bacia i ;
$F_{SG,i}$	Parcela que o município de São Gabriel ocupa dentro da sub-bacia i ;
K	Coefficiente da projeção do crescimento populacional;
NP_i	População da zona rural da sub-bacia i ;
$P_{i,j,k}$	Produção de arroz da sub-bacia i , no ano j adotando-se o critério k ;
$P_{i,md,k}$	Produção média esperada da sub-bacia i adotando-se o critério k ;
$P_{T,md,k}$	Produção média de toda a bacia aplicando-se o critério k ;
$P(R_L \geq 0)$	Probabilidade de obtenção de rendimento líquido não negativo;
P'_{md}	Produtividade média;
$P(R_{L(i,j,k)} \geq 0)$	Probabilidade de obtenção de rendimento líquido não negativo da sub-bacia i , no ano j aplicando-se o critério k ;
Pop_{t+1}	População no ano $t+1$;
Pop_t	População no ano t ;
$Q_{out, i, k}$	Vazão outorgada na a sub-bacia i para o critério k ;
$Q_{est, i, k}$	Vazão disponível para irrigação na sub-bacia i para o critério k ;
Q_{80}	Vazão com permanência em 80% do tempo;
Q_{90}	Vazão com permanência em 90% do tempo;
Q_{95}	Vazão com permanência em 95% do tempo;
$Q_{7,10}$	Vazão mínima de 7 dias de duração com 10 anos de tempo de retorno;
Q_{obs}	Vazões observadas;
Q_{calc}	Vazões calculadas;

$Q_{Req,i}$	Vazão proveniente do $R_{eq,i}$ que retorna para o curso de água;
$Q_{lib,i}$	Vazão liberada pelo $R_{eq,i}$;
Q'_i	Vazão disponível para consumo na sub-bacia i ;
$Q_i(t)$	Vazão gerada pelo MODHAC para a bacia i , no instante t ;
$Q'_m(t)$	Vazão disponível para consumo na bacia de montante m , no instante t ;
R_L	Rendimento líquido esperado;
R_{Lm}	Rendimento líquido médio;
R^2	Coefficiente de determinação;
$R_{eq,i}$	Reservatório equivalente da sub-bacia i ;
$R_m(t)$	Vazão que não é consumida na bacia de montante m no instante t ;
$R_{Lm, T, k}$	Rendimento líquido médio de toda a bacia aplicando-se o critério k ;
T	Temperatura média mensal;
V_m	Preço médio do saco de arroz;
V_i	Volume armazenado no $R_{eq,i}$;
V_{tot}	Volume total acumulado nos açudes da bacia do Rio Santa Maria.

Letras Romanas minúsculas

a	Variável auxiliar utilizada no cálculo da ETP ;
c	Consumo hídrico do arroz;
$c_{méd}$	Consumo médio de água do arroz;
d_C	Densidade da população rural de Cacequi para o ano de 2001;
d_D	Densidade da população rural de Dom Pedrito para o ano de 2001;
d_R	Densidade da população rural de Rosário do Sul para o ano de 2001;
d_S	densidade da população rural de S. do Livramento para o ano de 2001;
d_{SG}	Densidade da população rural de São Gabriel para o ano de 2001;
f	Fração de retorno;

f_{ch}	Fração de retorno do consumo humano;
f_{irr}	Fração de retorno da irrigação do arroz;
f_{Req}	Fração de retorno do volume de água utilizado pelo R_{eq} ;
f_{ch}	Fração de retorno do consumo humano;
f_{irr}	Fração de retorno da irrigação;
f_P	Fator de redução de produtividade;
f_{Pe}	Fator de redução de produtividade equivalente;
$f_i(x)$	Função densidade de probabilidade;
k	Critério de outorga;
n	Tamanho da amostra;
s	Desvio padrão amostral dos $R_{L(i,j,k)}$;
$t_{(n-1)}$	Parâmetro da distribuição t-student;
\bar{x}	Média amostral da série dos $R_{L(i,j,k)}$.

Letra grega minúscula:

ν	Número de graus de liberdade.
-------	-------------------------------

Siglas de órgãos, instituições e países em ordem alfabética:

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica;
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;
CRH	Conselho de Recursos Hídricos;
DEPRC	Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais;
DNAEE	Departamento Nacional de Energia Elétrica;
DRH	Departamento de Recursos Hídricos;
EUA	Estados Unidos da América;

FEE	Fundação de Economia e Estatística;
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental;
INEMET	Instituto Nacional de Meteorologia;
IPAGRO	Instituto de Pesquisas Agronômicas;
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas;
IRGA	Instituto Rio-Grandense do Arroz;
SOPSH	Secretaria de Obras Públicas, Saneamento e Habitação;
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria;
USA	Estados Unidos da América.

Se, porventura, algum símbolo não constar na lista acima, o seu significado pode ser averiguado no próprio texto, junto à parte em que o mesmo aparece.

1 - INTRODUÇÃO

A água, elemento essencial à vida, que em alguns poucos países como o Brasil é relativamente abundante, já é devidamente valorizada nos territórios onde sua posse significa poder: poder econômico; poder de sobrevivência. Entretanto sua aparente abundância levou a descuidos que hoje já mostram seus reflexos, com destaque para os grandes centros urbanos.

Episódio como escassez, contaminação e conflitos no uso da água passaram a freqüentar mais assiduamente o noticiário em várias regiões do país. Estes fatores provocaram um grande debate nacional sobre os recursos hídricos, iniciado no final dos anos setenta e ainda não encerrado.

Dentro deste contexto entra em vigor a Lei Federal 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei Estadual 10.350/94 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. Ambas as leis adotam alguns instrumentos para equilibrar a oferta e a demanda pelo uso da água entre os diversos tipos de usuários. Um destes instrumentos, a outorga, é aqui discutido para o caso da bacia do rio Santa Maria com a finalidade de contribuir para o uso mais eficiente deste recurso.

Este estudo busca encontrar índices otimizadores de uso da água, essencialmente para a irrigação, na bacia do rio Santa Maria. Em linhas gerais, quer se pesquisar até quanto é possível aumentar as outorgas para a irrigação, mesmo que ocorram falhas de atendimento, de forma ainda produtiva, e que não comprometam usos mais prioritários da água.

O trabalho propõe um método expedito para a avaliação de critérios de outorga do uso da água com base nas vazões referenciais para uma bacia com poucos dados hidrológicos como a bacia do rio Santa Maria e se justifica por abordar um assunto que atende às exigências das legislações estaduais e federais que versam sobre recursos hídricos, qual seja, a definição de critérios para a outorga do uso da água.

De outra parte, a realidade brasileira caracterizada pela notória deficiência das redes de monitoramento, amplia a importância do estabelecimento de metodologias simples e ao mesmo tempo confiáveis para a comparação do emprego de diferentes critérios de outorga do uso da água.

O próximo Capítulo (**Histórico da Outorga**), traz um apanhado geral sobre a evolução da outorga do direito de uso da água nas legislações federal e estaduais de recursos hídricos no Brasil, comentando a situação atual em que se encontra o uso deste instrumento, as condições necessárias para implementação de um sistema de outorgas, quais os critérios que vem sendo utilizados para determinação da vazão máxima outorgável e quais as suas tendências.

No Capítulo 3 (**Área de Estudo**), é realizada uma descrição do sistema a ser estudado, apontando as suas principais características físicas e sócio-econômicas, bem como os dados hidroclimatológicos disponíveis.

Mais adiante (Capítulo 4 – **Metodologia e Aplicação**), são apresentadas as premissas básicas adotadas no estudo, os modelos, informações e procedimentos empregados e são descritos os processos de determinação e propagação das séries de vazões e de verificação e análise das falhas de atendimento às demandas. Neste capítulo também são discutidas as bases para a comparação de diferentes critérios de outorga de uso da água, levando-se em conta diferentes objetivos de análise e a influência do preço de mercado do saco de arroz nos fluxos econômicos.

A apresentação dos resultados obtidos, bem como a apreciação dos mesmos consta no Capítulo 5 (**Resultados e Discussão**) e, no Capítulo 6 (**Conclusões e Recomendações**), são apresentadas as conclusões e são feitas algumas recomendações para futuros trabalhos.

2 – HISTÓRICO DA OUTORGA

Para atingir o objetivo deste trabalho, iniciaremos fazendo uma revisão sobre o surgimento, a implementação e a importância do instrumento da outorga dos direitos de uso da água para a gestão dos recursos hídricos.

2.1. Histórico da outorga através das legislações

Desde 1934, o Governo Federal vem legislando sobre o uso da água, ano em que foi publicado o Decreto Lei No. 24.643 (10/07/1934), conhecido como *Código das Águas*. O artigo 43 deste Decreto Lei define *serem passíveis de outorga as águas públicas* (Brasil, 1934).

Já em 1988, com a promulgação da Constituição Federal, tornou-se imperativo atualizar essa legislação básica, de forma a ajustá-la ao prescrito no Inciso XIX, do Artigo 21 da Carta Magna que diz que *compete à União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso* (Brasil, 1988).

Em 8 de janeiro de 1997, foi finalmente aprovada e sancionada a Lei No 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Tendo como um de seus objetivos *assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos* (Inciso I do Art. 2º), a Lei 9.433/97 utiliza para tanto os seguintes instrumentos (Art. 5º):

- **Planos de Recursos Hídricos:** programas adotados para melhor gestão das águas, no espaço geográfico da bacia, também procurando definir a distribuição das vazões entre os usuários da água;
- **Enquadramento dos corpos de água em classes qualitativas, segundo os usos preponderantes da água:** trata-se de instrumento destinado a fortalecer a relação entre a gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, adotando a Resolução No. 20/86 do CONAMA como referência para formulação das metas de qualidade a alcançar;
- **Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos:** mecanismo pelo qual é garantido ao usuário o direito de uso da água;

- **Cobrança pelo uso de recursos hídricos:** instrumento destinado a fomentar o equilíbrio entre disponibilidade e demanda pela água, promover a redistribuição de custos sociais, financiar investimentos na bacia e ensejar a manutenção do sistema;
- **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos:** destinado a construir bases de dados relativos aos recursos hídricos, alimentando a sociedade civil, gestores e usuários com informações imprescindíveis à tomada de decisões.

A seguir é apresentada uma representação dos instrumentos utilizados pela Lei:

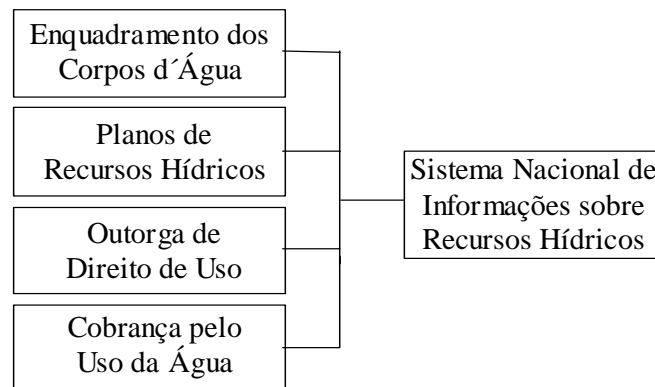


Figura 2.1 – Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Na figura 2.1, se observa que o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos está diretamente ligado aos demais instrumentos previstos na Lei No. 9.433/97, sendo a sua existência a condição necessária para implementação daqueles. Por outro lado, à medida que a utilização dos instrumentos vai avançando, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos vai sendo alimentado e acaba se tornando um sistema mais consistente.

Além disso, oito artigos da Lei No. 9.433/97 dispõem sobre o instrumento de outorga (do artigo 11 ao artigo 18) transparecendo a grande importância que deve ter o instrumento no processo de modernização do setor de recursos hídricos no Brasil. O quadro 2.1 apresenta alguns dispositivos sobre a outorga na referida lei.

Quadro 2.1- A outorga na Lei 9.433/ 1997

Qual o objetivo do regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos? (Art. 11)
Assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.
Quais os direitos de uso de recursos hídricos sujeitos à outorga pelo Poder Público? (Art. 12)
I- derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; II- extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; III- lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; IV- aproveitamento de potenciais hidrelétricos; V- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.
Que usos independem de outorga pelo Poder Público? (Art. 12, parágrafo 1º)
I- o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; II- as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; III- as acumulações de volume de água consideradas insignificantes.
À que estará condicionada a outorga? (Art. 13)
Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.
Como será efetivada a outorga? (Art. 14)
A outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal.
Sobre a alienação das águas: (Art. 18)
A outorga não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de uso.

Fonte: adaptado de RIBEIRO (2000)

A regulamentação da Outorga está sendo proposta no Projeto de Lei (PL) No. 1.616 de 1999, complementar a Lei No. 9.433/97, que se encontra em tramitação no Congresso Nacional. Ele dispõe sobre a gestão administrativa e a organização institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e possui um capítulo (o de número II) que trata *da sistemática de outorga do direito de uso de recursos hídricos*. Uma das inovações do PL é ter especificado a outorga para diluição de resíduos em corpos hídricos. A outorga de diluição, conforme disposta no PL No. 1.616, representa mais um procedimento visando o alcance de metas qualitativas na bacia hidrográfica. O usuário de recursos hídricos

passa a estar sujeito a três tipos de licenças: a licença ambiental e as outorgas das vazões de captação e de diluição.

O controle da degradação ambiental no Brasil (incluindo a degradação hídrica) é incumbência do órgão ambiental (através, por exemplo, da exigência de estudos de impacto ambiental e da emissão do licenciamento ambiental). RIBEIRO (2000) comenta que como o novo modelo de gestão de recursos hídricos propõe instrumentos para disciplinar, tanto os aspectos quantitativos quanto os qualitativos, será preciso definir as parcerias necessárias entre o órgão ambiental e o órgão gestor de recursos hídricos - o que pode incluir uma apropriação, por parte do órgão gestor de recursos hídricos, de atribuições do órgão ambiental. Esta apropriação, inclusive, já está sendo prevista pelo PL No. 1.616 de 1999. No artigo 13, parágrafo 1º do PL, dispõe-se que a concentração máxima de cada indicador de poluição será *estabelecida pelo Comitê de Bacia Hidrográfica ou, na falta deste, pelo poder outorgante*.

2.2 - Tipos de outorga

Para PIRES (1996), as três formas de outorga mais comuns são: a outorga ripária, a outorga comercializável e a outorga controlada.

A **doutrina ripária** é conhecida como outorga vinculada à terra, tendo a água características de bem privado. Segundo WURBS e WALLS (1989), neste tipo de outorga está definido que o direito sobre a água pertence ao proprietário do terreno adjacente ao curso de água. Trata-se mais de um mecanismo tradicional de alocação de água do que do entendimento que se tem hoje por outorga. As disputas são resolvidas por vias jurídicas morosas que, na maioria das vezes, protegem os grandes proprietários (havendo concentração de terra, haverá concentração de água). Dessa maneira, não existe uma entidade superior (por exemplo, o poder público) que proporcione a gestão integrada da água na bacia hidrográfica - o controle da água, se for feito, será de forma isolada por cada proprietário. Não há definição sobre usos prioritários e sobre vazões máximas possíveis de derivação, o que proporciona o desperdício de água. KOCH (1996) considera este sistema arcaico e que só não causa maiores conflitos em regiões com abundância hídrica. A tendência é de substituição de tal forma de outorga por outros sistemas tidos como mais eficientes. LESSER *et all*, *apud* RIBEIRO (2000), comentam que esse tipo de outorga foi desenvolvido durante a Idade Média na Inglaterra e é utilizado ainda hoje por alguns países - África do Sul e parte leste dos EUA.

WOLLMUTH e EHEART (2000) afirmam que existe uma crescente necessidade de regulamentação sobre o uso da água nos estados americanos tradicionalmente regidos pela doutrina ripariana. Alguns destes estados chegaram a aprovar leis que controlam as retiradas dos rios, porém foram poucos os que estabeleceram métodos consistentes de alocação de direitos de uso da água.

Na **outorga comercializável** (mercantilizada ou transferível), a água é tratada como um bem econômico livremente comercializado. Neste sistema ocorre a formação de um mercado de águas, o qual é regido pela lei da procura e da oferta. Sendo possível um mercado em concorrência perfeita, esse tipo de outorga apresentar-se-ia como o mais eficiente. No entanto, várias são as imperfeições quando o bem a ser tratado é a água: variabilidade temporal e espacial, possibilidade de existência de monopólio natural, caráter social da demanda. A alocação da água via esse mecanismo, portanto, tem recebido críticas, embora alguns países como Chile, México e Estados Unidos, em sua região oeste, o tenham adotado.

KEMPER e CESTTI (1995) comentam que na maioria dos países, a propriedade ou os direitos de uso da água não estão definidos e que essas definições são essenciais para o funcionamento de um mercado. Destarte, se o mercado de águas for introduzido, a definição e a alocação inicial do direito sobre as águas é um importante ponto a ser tratado. Para KEMPER e CESTTI (1995) os mecanismos possíveis de alocação inicial dos direitos de uso da água são:

- leilões: onde a maior oferta pela água vence, como adotado na Austrália. Conceitualmente, leiloar um bem significa passar o seu controle para quem tiver feito a maior proposta. O recurso então tende a ser automaticamente alocado para aquele usuário que apresentar o mais alto valor de uso, o que garante um processo eficiente sob a ótica econômica. Acontece, entretanto, que se houver preocupação com a sustentabilidade ambiental ou com a equidade social ou com as políticas de desenvolvimento regional, o conceito de eficiência econômica pode entrar em conflito com esses objetivos. Portanto, os leilões devem ser projetados de uma forma que haja um balanço entre eficiência econômica e a sustentabilidade ambiental, a equidade social e as políticas regionais, através do estabelecimento de regras, como por exemplo: cotas máximas por indivíduo e preço mínimo a ser cobrado;

-
- outorga baseada no uso histórico: onde as captações realizadas pelos usuários mais antigos são respeitadas, como realizado no Chile. Neste caso, os usuários mais antigos deveriam comprovar que já utilizavam a água para requerer o direito sobre a mesma. Para candidatos ao recebimento do direito de utilização da água que ainda não possuíam atividades consumidoras do recurso, bastaria demonstrar a existência de projeto para implantação de empreendimento que fosse necessitar a utilização de água. Possivelmente esse mecanismo de alocação inicial dos direitos de uso da água possui menor custo de implantação. No entanto, este sistema pressupõe a existência de registros históricos de uso reconhecidos oficialmente. Além disso, devem ser tomadas algumas providências para que seja evitada a emissão de direitos de uso da água a candidatos que não possuam reais intenções de sua utilização, para evitar a formação de grupos que adquirem um grande número de licenças para posteriormente especular no mercado;
 - capacidade de fazer melhor uso do recurso: aqui está implícito o caráter subjetivo do que se entende por bom uso da água, além da questão de quem vai decidir. Este mecanismo foi utilizado no estado americano do Colorado. Em 1957, foi organizado um empreendimento (Colorado Big Thompson) para fazer a transposição das águas a oeste das Montanhas Rochosas para uma série de reservatórios localizados a leste dessas montanhas. Essa quantidade de água incremental colocada a disposição dos usuários deveria ser alocada entre os diversos candidatos e o Distrito de Conservação da água do Norte do Colorado decidiu alocá-la para os candidatos que apresentassem a melhor forma de fazerem o uso da água. Como 90% dos candidatos eram agricultores, os principais critérios empregados na análise foram o tipo de solo, o padrão histórico das sementes e se já existia suprimento de água na propriedade. Embora não houvesse nenhum tipo de cobrança para a alocação inicial dos direitos de uso de água, a alocação inicial estava condicionada à retenção de parte da propriedade - caso o outorgado não cumprisse com suas obrigações para com o Governo Federal. Se essa estratégia fosse tomada em países mais pobres, quem obteria maiores vantagens, seria o segmento industrial, ou alguns

agricultores mais ricos - uma vez que pequenos agricultores não estariam dispostos a correr o risco de perder parte de suas terras.

CORDEIRO NETTO *et all* (2000), muito apropriadamente, salientam que a distribuição de direitos para todos usuários proporcional aos níveis de uso corrente, que à primeira vista parece eqüitativa, pode ser injusta com aqueles usuários que já investiram em tecnologia para redução de seus consumos de água adotando sistemas mais eficientes.

Na **outorga controlada** (ou administrativa) é feita uma análise do tipo de uso que o usuário faz do recurso, sob uma ótica ampla, baseada não somente em aspectos econômicos, mas também técnicos, sociais e ambientais, de forma integrada, por uma instituição reguladora. Ela concede ao usuário o direito de uso da água, mas não o direito de ser proprietário da mesma. O sistema de outorga estabelece os usos prioritários, as vazões máximas outorgáveis, a vigência da outorga. Qualquer alteração em uma outorga já concedida deve ser submetida ao poder outorgante. O critério de outorga mediante o bom uso está implícito neste sistema, pois nele a outorga e a possível cobrança associada a ela, é dada em função de uma ampla análise que inclui, principalmente, o uso da água pelo empreendedor. Em relação ao uso histórico, não se deve negar os direitos aos usuários antigos para não gerar problemas políticos que podem até inviabilizar a implantação do sistema. O mecanismo tende a contribuir para a eficiência global do uso da água, já que a análise é feita segundo a ótica do planejamento integrado da bacia. Para PIRES (1996), porém, a outorga administrativa - opção escolhida pelo modelo brasileiro de gestão de recursos hídricos - *não deve ter a ambição de interferir demasiadamente nos empreendimentos dos usuários, sob pena de não ter capacidade de fiscalizar tais projetos em detalhes e, por fim, desmoralizar o sistema junto aos usuários.*

Além da classificação proposta por PIRES (1996), existe ainda um outro tipo de outorga do uso da água que é baseada na **apropriação prévia**. Neste tipo de outorga o usuário mais antigo terá prioridades sobre o uso da água em casos de eventuais períodos de escassez hídrica. WOLLMUTH e EHEART (2000) apontam que este tipo de outorga é praticado predominantemente nos estados do oeste dos EUA, onde a água é mais escassa. Desenvolvida no século XIX junto com a Corrida pelo Ouro e a colonização do oeste, esta doutrina consiste em definir especificamente o direito à água baseada na idéia de que o usuário que primeiro fez uso da água é o que tem a maior prioridade sobre a sua utilização. As especificações acerca do direito de uso da água são bastante detalhadas e incluem a quantidade de água que pode ser retirada do curso da água, o período em que a retirada pode

ocorrer, quanto deve ser retornado ao rio e a qualidade desse retorno. Em tempos de escassez, os usuários mais recentes ou os que obtiveram as outorgas por último, deverão diminuir seus consumos até que os usuários mais antigos tenham suas demandas totalmente supridas. Como instrumento de realocação dos direitos de uso, foi também implantado um mercado de água. Através dele, o detentor dos direitos de uso pode vendê-lo a terceiros, sendo aprovada a transação sempre que o órgão regulador entenda ter sido atendido o interesse público.

TARLOCK (1991) observa que uma série de restrições à comercialização da água está fazendo com que diversos estados norte-americanos que haviam adotado a doutrina da apropriação prévia associada a mercados de água, passem a apresentar características consoantes com a doutrina ripariana.

Assim como WOLLMUTH e EHEART (2000), TARLOCK (1991) já comentara que a falta de um princípio de alocação de água consistente acaba gerando uma certa desconfiança por parte dos usuários quanto a eficiência do mecanismo.

De acordo com WURBS (1995) 29 estados do leste dos Estados Unidos baseiam suas leis na doutrina ripariana; 9 estados do oeste deste país possuem o sistema de apropriação prévia associado a mercados de água; outros 10 estados do oeste alteraram suas legislações de caráter ripariano para leis baseadas em direitos de apropriação prévia e mercados e dois outros estados mantêm sistemas híbridos.

2.3- Vazão máxima outorgável

Uma questão central na formulação de um sistema de outorga se refere a definição da vazão outorgável. SOUZA FILHO e CAMPOS (1996) sugeriram que a disponibilidade hídrica deveria ter uma vazão de referência (em outras palavras uma disponibilidade de referência) para o processo de outorga. E que a este número deveria ser associado o conhecimento de suas incertezas para não se criar um cenário de aparente controle determinista ao tomador de decisão. Tem sido geralmente adotada a vazão cuja probabilidade de superação é de 90% (Q_{90}). Há ainda a média das vazões de sete dias consecutivos de estiagem com dez anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$). Definida esta vazão de referência, um percentual desta é objeto de outorga e se supõe que o restante seja a vazão ecológica, a ser mantida no leito do rio para proteção do ecossistema. PEREIRA (1996) comenta que quando são utilizados pequenos valores de vazão como referência, se obtêm maiores garantias de que não haverá falhas de atendimento às demandas, porém na maior

parte do tempo, uma vazão considerável não será utilizada - despertando em muitos usuários reivindicações no sentido de se ampliar as vazões outorgadas.

PEREIRA e LANNA (1996) apresentam uma alternativa ao critério usual de vazão de referência, que é o critério da quantidade de falhas pré-determinadas (ou da vazão excedente), conceito de outorga menos linear que o anterior. Pode-se destacar que, neste caso, o que é fixado é a quantidade de falhas aceitável, enquanto na metodologia mais comum, o que é fixado é a vazão. Ainda nesta metodologia, os usos de água são classificados através de uma ordem de prioridades, de tal forma que a demanda com prioridade mais baixa possa ser suprida apenas quando, em qualquer seção fluvial, as demandas de prioridade imediatamente superior forem integralmente supridas. Quando isso não ocorrer, o suprimento à demanda de prioridade inferior naquela seção fluvial e nas seções a montante seria reduzido a fim de liberar água para atendimento às maiores prioridades. Assim sendo, os valores adotados como vazões referenciais para efeito de outorga, salvo a fração reservada para ser mantida no rio (20% da $Q_{7,10}$, por exemplo), não estão relacionados nem com uma duração específica nem com um tempo de retorno específico. Trata-se, portanto, de um *valor mágico* de vazão que resultará em uma quantidade de falhas estabelecida. PEREIRA e LANNA (1996) concluem que este sistema de outorgas apresenta a vantagem econômica e social de permitir o uso mais intenso da água disponível, ao ampliar o valor total da água outorgada. Há que se comentar ainda que, para a viabilização desta metodologia, é necessário um monitoramento quantitativo mais freqüente durante os períodos de escassez hídrica quando alguns usos outorgados não poderão ser supridos.

2.4- Condições necessárias para a aplicação do instrumento da outorga dos direitos de uso da água

CONEJO (1993) afirma que a base técnica é essencial para dar conteúdo à base legal que, por sua vez, depende da base econômica para que a lei seja aplicável (por exemplo: multas realistas, compatíveis com a capacidade de pagamento dos infratores, mas suficientemente altas para induzir o infrator a não cometer novas infrações). Cita também que, para gerir adequadamente o recurso hídrico, é necessário dispor de :

- ❖ Tecnologia: instrumental para a medição de fenômenos hidrológicos, das derivações de água e conhecimento científico para avaliar a disponibilidade hídrica e a capacidade de autodepuração dos cursos de água, ou seja, o

conhecimento requerido para o planejamento e a administração dos recursos hídricos;

- ❖ Instrumentos: mecanismos, regras e normas técnicas, econômicas e legais que forneçam a base de atuação e condicionem a estruturação das instituições que compõem o sistema de gestão da água, como as políticas e os planos de recursos hídricos;
- ❖ Recursos humanos: conjunto dos decisores, técnicos, usuários de água e interessados nas questões hídricas.

FERRAZ e BRAGA Jr. (1996) estão de acordo com CONEJO (1993) ao definirem que é necessário o estabelecimento de critérios com regras objetivas para a repartição da água entre os diversos usuários com usos múltiplos, contemplando os aspectos quantitativos e qualitativos na alocação de recursos hídricos.

Segundo LUZ (1994), ao poder público caberia, na realidade, criar mecanismos que garantissem o adequado uso do solo e a preservação de certas vazões nos cursos de água de forma a manter o equilíbrio ecológico, num sentido amplo, e não necessariamente definir um limite superior para o uso da água. Neste sentido FERRAZ e BRAGA Jr. (1996) sugerem que a outorga deve ser orientada por planos integrados de recursos hídricos, ambientais e de uso do solo a nível da bacia hidrográfica.

2.5- A situação da outorga em alguns estados do Brasil

Vários estados acompanharam o processo de aperfeiçoamento do setor de recursos hídricos na esfera federal e alguns, inclusive, se anteciparam votando a respectiva lei estadual antes de janeiro de 1997 (Barth, 1999). Tem-se hoje 21 leis estaduais aprovadas, algumas já regulamentadas. A outorga é contemplada em todas essas leis. O critério de vazão de referência, apresentado anteriormente (e discutido com maiores detalhes no item 4.2.1), tem sido proposto na regulamentação da legislação de recursos hídricos de alguns estados brasileiros como mostrado a seguir.

Bahia

A Superintendência de Recursos Hídricos, órgão gestor, se utiliza do Decreto Estadual No. 6.296/97 que dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos na seguinte conformidade (artigo 4): concessão, nos casos de utilidade pública (I) e autorização,

nos outros casos (II). O artigo 14 desse Decreto dispõe que ficam estabelecidos, para o somatório das vazões a serem outorgadas, os seguintes limites: (I) 80% da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de 90% de permanência em nível diário, quando não houver barramento; (II) 80% das vazões regularizadas com 90% de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes; (III) 95% das vazões regularizadas com 90% de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes.

O artigo ainda dispõe no 3º parágrafo que nenhum usuário, individualmente, receberá autorização acima de 20% da vazão de referência do manancial.

Ceará

O sistema de Outorga do Direito de Uso da Água foi criado pelo Decreto No. 23.067 de 11/02/94 em regulamentação ao Artigo 4º da Lei No. 11.996 (que dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos) de 24/07/92.

Decreto No. 23.067

O Art. 10 determina que: *o pedido de outorga do direito de uso de águas será processado perante a Secretaria dos Recursos Hídricos através de formulário padrão por ela fornecido.*

De acordo com o Art. 11, a Secretaria dos Recursos Hídricos terá prazo de 60 (sessenta) dias para decidir sobre a outorga sendo-lhe facultado ouvir previamente o Comitê Estadual de Recursos Hídricos - COMIRH.

Quanto ao volume total a ser outorgado o Art. 35 fixa que: a soma dos volumes de água outorgados numa determinada bacia, não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia.

A base quantitativa para outorga do direito de uso sobre águas subterrâneas será considerada a partir de 2.000 l/h (dois mil litros por hora), sendo considerado como uso insignificante qualquer consumo abaixo do valor indicado.

O prazo máximo de vigência de outorga, que era de 10 anos, passou a ser de 35 anos com a publicação do Decreto No. 25.443.

Paraíba

Observa-se na legislação paraibana sobre recursos hídricos, uma forte inspiração na legislação cearense do mesmo tema.

O sistema de Outorga do Direito de Uso da Água foi criado pelo Decreto No. 19.260 de 1997 em regulamentação ao Artigos 15º e 16º da Lei No. 6.308/ 97 (que dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos).

Decreto No. 19.260

O Artigo 4º determina que a concessão, fiscalização e controle da outorga serão estabelecidos por princípios programáticos estabelecidos pela Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais (SEMARH).

A SEMARH possui, de acordo com o Art. 10º, um prazo de 60 dias para decidir sobre a outorga que lhe foi requerida.

O prazo máximo de vigência da outorga de direito de uso da água é de 10 anos, podendo ser renovado a critério da SEMARH.

O Artigo 26 estabelece que a soma dos volumes de água outorgados numa determinada bacia não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia. Já no Artigo 27, fica determinado que a base quantitativa para outorga do direito de uso sobre águas subterrâneas será considerada a partir de 2.000 l/h (dois mil litros por hora).

São Paulo

A outorga está disciplinada nas Portarias No. 39/86 e 40/86 do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). As disposições da Lei de Recursos Hídricos do Estado (Lei No. 7.663/91) que se referem a outorga foram regulamentadas pelo Decreto No. 41.258/96 e pela Portaria DAEE No. 717/96.

Minas Gerais

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é, atualmente, o responsável pelo planejamento e administração de todas as ações direcionadas à preservação da quantidade e qualidade das águas, sendo também responsável pela gestão dos recursos hídricos do Estado.

O IGAM tem concedido outorgas do direito de uso dos recursos hídricos com base na Portaria No. 010/98, que estabelece critérios baseados em *vazões de referência* a serem utilizadas para cálculo das disponibilidades hídricas em cada seção de interesse. No parágrafo 1º do Artigo VIII da Portaria No. 010/98, o limite máximo de derivação consuntiva a ser outorgado é fixado em 30% da $Q_{7,10}$.

Santa Catarina

A Lei No. 9.022/93 dispõe sobre a instituição, estruturação e organização do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado. Mais tarde, a Lei No. 9.748/94 instituiria a Política Estadual de Recursos Hídricos e estabeleceria no Art. 4º que *a implantação de qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas ou qualitativas das águas superficiais ou subterrâneas depende de autorização da Secretaria de Estado responsável pela Política Estadual dos Recursos Hídricos.*

A Lei estabelece que o Plano Estadual de Recursos Hídricos terá como um de seus elementos constitutivos as diretrizes para a outorga do uso da água, que considerem a aleatoriedade das projeções dos usos e das disponibilidades da água (Art. 14, inciso V).

A proposta do Plano Estadual de Recursos Hídricos será elaborada pelo órgão central do Sistema Estadual de Recursos Hídricos (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente) e aprovada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, previamente ao encaminhamento à Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina.

Atualmente a legislação de recursos hídricos de Santa Catarina encontra-se em processo de reformulação e não está sendo concedido nenhum tipo de outorga de uso da água. As atividades que o Conselho Estadual de Recursos Hídricos vem desenvolvendo são: Diagnóstico e Planos das Bacias Hidrográficas do Estado, Zoneamento das Disponibilidades Hídricas e Cadastro de Usuários de Águas.

Rio Grande do Sul

No âmbito do Rio Grande do Sul, o Decreto No. 30.132, editado em 13 de maio de 1981, institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, criando o Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul e definindo os objetivos do Sistema. De acordo com DEWES (2000), o objetivo prioritário do Sistema é a integração dos programas e atividades governamentais nas áreas de abastecimento público, controle de cheias, irrigação e drenagem, pesca, transporte fluvial e lacustre, aproveitamento hidrelétrico e meio ambiente. Prevê ainda

a compatibilização da política estadual com a política federal sobre a utilização dos recursos hídricos no Estado.

A Constituição Estadual promulgada em outubro de 1988 institui no Art. 171 o Sistema Estadual de Recursos Hídricos integrado ao sistema nacional de gerenciamento destes recursos. Em decorrência deste artigo, acabou sendo sancionada, em dezembro de 1994, a Lei No. 10.350 que dispõe sobre o assunto.

Alguns artigos da Lei No. 10.350 já foram regulamentados através de Decretos Governamentais, como é o caso da outorga do uso da água. A outorga (Artigos 29, 30 e 31 da Lei No. 10.350/94) foi regulamentada pelo Decreto No. 37.033, de 21 de novembro de 1996. Para RIBEIRO (2000), este Decreto evita fixar uma vazão de referência para a outorga, estipulando apenas que os parâmetros técnicos que orientarão as outorgas serão definidos pelo Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria de Obras Públicas, Saneamento e Habitação.

De acordo com DEWES (2000), merece destaque a integração entre o DRH (responsável pela outorga de usos que alterem as condições quantitativas da água) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM- responsável pela outorga de usos que alterem as condições qualitativas). Essa integração se materializa através da criação do Sistema de Consulta Permanente DRH/FEPAM (Art. 22 do Decreto No. 37.033), que tem como objetivo primordial a articulação dos processos de outorga de uso e de licenciamento ambiental, priorizando a estreita vinculação existente entre estes dois institutos.

Esses estados, ao estabelecerem seus critérios de outorga de direitos de uso de água, deixaram antever, de forma indireta, suas concepções sobre as vazões ecológicas. Com exceção de Minas Gerais, que adotou a referência da $Q_{7,10}$, os demais referiram as outorgas à Q_{90} (vazão média diária com permanência de 90% do tempo - superior à $Q_{7,10}$).

No quadro 2.2 são apresentadas, para cada Estado, as informações sobre os critérios de outorga de direitos de uso de água. O Ceará e o Rio Grande do Norte, por não terem rios naturalmente perenes, mas perenizados por reservatórios, estabeleceram suas vazões ecológicas tendo por base a vazão regularizada com 90% de garantia. Cabe notar que as abordagens são destituídas de significado ecológico.

Quadro 2.2- Critérios de outorga de uso da água para diferentes estados do Brasil

Estado	Política Estadual de Rec. Hídricos	Decreto que Regulamenta a Outorga	Órgão responsável	Vazão Outorgável
Alagoas	5.965/ 97	006/ 01	Cons. Est. de Rec. Hídr. (CERH)	<0,9*Q ₉₀
Bahia	6.855/ 95	6.296/ 97	Superint. de Rec. Hídr. (SRH)	<0,8*Q ₉₀
Ceará	11.996/ 92	23.067/ 94	Secr. de Rec. Hídr. (SRH)	< 0,9*Q ₉₀
Distrito Federal	2.725/ 01	22.359/ 01	Sec. Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (SEMATEC)	<0,8*Q ₉₀
Espírito Santo	5.818/ 98	Não	-	-
Goiás	13.123/ 97	PO 130/ 99	NO	NO
Maranhão	7.052/ 97	Não	-	-
Mato Grosso	6.945/ 97	Não	-	-
Minas Gerais	13.199/ 99	PO 010/ 98 PO 007/ 99	Inst. Mineiro de Gest. das Águas (IGAM)	<0,3*Q _{7,10}
Pará	6.381/ 01	Não	-	-
Paraíba	6.308/ 96	19.260/ 97	Sec. Extraord. do Meio Amb., dos Rec Hídr e Miner. (SEMARH)	<0,90*Q ₉₀
Paraná	12.726/ 99	PO 06/ 96	SUDERHSA	NO
Pernambuco	11.426/ 97	NO	NO	NO
Piauí	5.165/ 00	Não	-	-
Rio de Janeiro	3.239/ 99	Não	-	-
Rio G do Norte	6.908/ 96	13.283/ 97	Sec. Est. de Rec. Hídr. (SERHID)	<0,9*Q ₉₀
Rio G do Sul	10.350/ 94	37.033/ 96	Dep. Rec. Hídr (DRH) e Fund. Est. Prot. Amb. (FEPAM)	Não fixa
Santa Catarina	9.748/ 94	Não	-	-
São Paulo	7.663/ 91	41.258/ 96	Dep. Águas En. Elétr. (DAEE)	Não fixa
Sergipe	3.870/ 97	18.456/ 99	NO	NO
Tocantins	-	PO 006/ 01	NO	NO

Obs.: 1) NO = informação não obtida

2) Q₉₀ é a vazão regularizada com 90% de garantia

3) Para os casos onde o rio não é regularizado Q₉₀ representa a vazão de 90% da curva de permanência diária

4) PO = portaria

Fonte: adaptado de KETTELHUT *et al* (1999)

O instrumento da outorga, apesar de possuir uma fundamental importância dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos ainda não está implantado em diversos estados do Brasil, como é o caso de Santa Catarina. No entanto, há que se ressaltar que os estados que enfrentam os maiores problemas de escassez hídrica acabam se antecipando às determinações da legislação federal - vide legislação cearense - exercendo influência na elaboração das leis federais e das demais leis estaduais.

De uma forma geral, se observa a tendência dos estados a deixarem a cargo das Secretarias de Estado a responsabilidade pela concessão de outorgas.

2.6- Propostas para o estabelecimento de critérios para a outorga

FERRAZ e BRAGA Jr. (1996) desenvolveram uma metodologia baseada no conceito de Sistemas de Apoio à Decisão para auxiliar o processo de outorga de direito de uso da água em bacias do Estado de São Paulo.

Um equacionamento para avaliação de disponibilidade hídrica para a outorga foi proposto por SILVEIRA *et all* (1998) e veiculado através de um sistema informatizado. As vazões fluviais escoadas foram consideradas como vazões remanescentes que trariam embutidos os usos já exercidos através de cadastro de usuários.

SCHVARTZMAN *et all* (1999) procuraram avaliar o impacto de se admitir outorga de valor superior a 30% da $Q_{7,10}$ através da avaliação do risco de não atendimento do critério de concessão de outorgas por classe de usuários.

RIBEIRO (2000) classificou os critérios apresentados no item anterior como *critérios estáticos*. Eles são valores fixos, obtidos com base em séries históricas de vazões e, mesmo que representem o regime hidrológico da região, limitam superiormente o uso da água.

Outros critérios de outorga (que poderiam ser chamados de *flexíveis* ou *dinâmicos*) poderiam ser propostos. Neste tipo de critério, o uso da água seria otimizado, tentando-se evitar - em épocas do ano com maior disponibilidade hídrica - a imposição de restrições desnecessárias aos usuários. Sendo assim, no lugar de se fixar uma vazão de referência, a vazão máxima outorgável variaria segundo a dinâmica hidrológica e meteorológica da bacia. De acordo com essa ótica, algumas possibilidades são:

- i) outorga com base no armazenamento dos reservatórios da bacia;
- ii) outorga com base nas informações da previsão meteorológica;
- iii) outorga com base na vazão excedente, isto é, na quantidade de falhas pré-estabelecidas para a demanda.

Como o usuário necessita de uma certa segurança sobre a vazão que lhe será outorgada, pois precisa planejar sua atividade produtiva, uma das desvantagens do critério *dinâmico* é que a vazão outorgável pode variar muito, dependendo das condições da bacia. Uma forma de resolver o problema, é introduzir o conceito de *vazão total outorgável* que seria constituída por duas partes: uma fixa, chamada de *vazão mínima outorgável*, e uma variável, chamada de *vazão condicionada*, cuja grandeza variaria de acordo com a situação de

disponibilidade hídrica da bacia. Apesar de um sistema de outorga *flexível* oferecer algumas vantagens, ele é de difícil implementação, o que poderia comprometer a aplicabilidade do instrumento e exigir grande fiscalização por parte do órgão gestor.

A outorga pode ser concedida para grupos como um todo, de maneira que:

i) o poder público ofereceria as condições de contorno, mas não definiria a alocação no nível micro (isto é, no nível de cada integrante do grupo), o que faria reduzir seus custos operacionais, já que só teria que estabelecer a vazão máxima outorgável (se este for o critério de outorga adotado) e controlar a vazão retirada total na seção imediatamente a montante da localização do grupo;

ii) os componentes do grupo, através de negociação, definiriam a repartição da dotação total.

2.6.1 - Outorga qualitativa

O PL No. 1.616 de 1999 propõe que a outorga qualitativa seja dada em termos da vazão necessária para diluir o efluente do usuário. Trata-se de agrupar o processo de outorga dos lançamentos na outorga da captação indicando que, qualquer que seja o uso que se faça do corpo de água, ele necessita de outorga. Uma das dificuldades dessa abordagem é a necessidade de se calcular a vazão para diluir os efluentes, o que exige o conhecimento sobre a capacidade assimilativa dos rios. Uma das vantagens é a simplificação do processo de outorga em termos de entendimento e fiscalização.

2.6.2 - Vazão ecológica

Conforme pode ser observado no quadro 2.5.1, as metodologias empregadas para avaliação de vazões residuais no Brasil são baseadas em dados históricos de vazão. Entretanto, MORTARI *apud* PELISSARI *et alli* (1999) comenta que a aplicação deste tipo de critério torna-se cada vez mais difícil. Os questionamentos relevantes a este respeito são referentes ao valor mínimo da vazão a ser mantida, de tal forma que atenda tanto a operação das obras hidráulicas como aos demais usos da água e aos reais impactos ambientais que porventura possam vir a ocorrer.

RIBEIRO e PAIVA (2000) apontam para a necessidade de desenvolver metodologias específicas para o estabelecimento de valores reais às necessidades da vazão

ecológica, evitando-se assim, a prática atual de arbitrar percentual da vazão máxima outorgável para a mesma.

Para PELISSARI e SARMENTO (1999), os gestores e profissionais do setor dos recursos hídricos não contam com uma legislação nacional sobre o tema. As metodologias existentes no país se fundamentam apenas em parâmetros hidráulicos para a fixação da vazão mínima, aqui denominada de vazão ecológica. A falta de metodologia e legislação na maioria dos Estados brasileiros tem dificultado a solução de muitos conflitos entre os usuários das águas do território nacional e o atendimento das demandas ambientais, necessitando inclusive de intervenção da justiça.

3 - ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria, localizada na Campanha do Estado do Rio Grande do Sul, possui uma área de 15.740 km², englobando os territórios de 6 (seis) municípios: Dom Pedrito, Santana do Livramento, Rosário do Sul, Cacequi, Lavras do Sul e São Gabriel, sendo que os dois últimos possuem suas sedes municipais fora da bacia.

O grau de importância desta bacia hidrográfica no contexto regional levou o Poder Público Estadual a promover uma série de ações de planejamento ao longo dos anos, objetivando o processo de gestão dos recursos hídricos regionais, fundamentais para o desenvolvimento integrado e sustentável ambientalmente.

A atividade econômica na bacia do rio Santa Maria, como de resto da região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, depende da produção primária, notadamente a pecuária de corte e o cultivo do arroz irrigado. Esta última atividade foi introduzida a partir da década de 40, tendo sofrido expansão a partir dos anos 70. Esta expansão deveu-se a basicamente quatro fatores:

- disponibilidade de terras em qualidade e quantidade, aptas ao cultivo do arroz;
- disponibilidade de recursos hídricos;
- mercado de consumo em expansão;
- crédito subsidiado.

A partir da década de 80, dois importantes insumos da produção, o crédito subsidiado e a disponibilidade de recursos hídricos, tornaram-se fatores restritivos ao desenvolvimento da lavoura arrozeira. A retirada dos subsídios ao crédito agrícola foi parcialmente compensada pela melhoria dos níveis de produção e produtividade, o que significou a redução dos custos de produção. O outro fator, a água, cuja disponibilidade é condicionada por características não controláveis (clima) e pelo disciplinamento do uso e gerenciamento da oferta (que é um processo em início de desenvolvimento), atuou como limitante da expansão das áreas cultivadas. Esta limitação foi ocasionada, em parte, pela redução da capacidade natural de reservação da bacia, provocada pelas drenagens dos banhados, efetuadas para permitir a rotação e para ampliar as áreas de cultivo. A construção de estruturas de reservação de água (barragens e açudes), levadas a efeito por iniciativas individuais dos agricultores, supriu parcialmente o decréscimo da capacidade de reservação

natural, sem no entanto propiciar um efetivo acréscimo na disponibilidade de água. Por outro lado, o aumento das áreas cultivadas com arroz, impulsionado pelas condições favoráveis do mercado, provocou um acréscimo direto da demanda de água para irrigação. Ou seja, reduziu-se a oferta juntamente com um acréscimo da demanda. Esta alteração no equilíbrio natural entre oferta e demanda apresentou reflexos negativos nos demais 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).

3.1 - Caracterização da bacia do rio Santa Maria

A bacia do rio Santa Maria está localizada integralmente no Rio Grande do Sul, na região do Estado conhecida como Campanha Fronteira Sudoeste, tendo como limites as coordenadas 29° 47' e 31° 36' de Latitude Sul, 54° 00' e 55° 32' de Longitude Oeste (Figura nº 3.1). Está inserida nas microrregiões denominadas Campanha Meridional e Campanha Central, segundo classificação da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE). Sua área corresponde à cerca de 5,6% da área do Estado do RS.

3.1.1 - Generalidades

O rio Santa Maria nasce a nordeste da sede do município de Dom Pedrito, a uma altitude de 400 m, desenvolvendo-se para o sul até a localidade de Passo do Alonso, onde inflexiona para oeste até o banhado da Várzea. A partir deste ponto, dirige-se para o norte até a sua foz no rio Ibicuí.

Na área da bacia, estão instaladas as sedes dos municípios de Rosário do Sul, Dom Pedrito, Cacequi e Santana do Livramento, sendo que Rosário do Sul e Dom Pedrito localizam-se às margens do rio Santa Maria. As sedes dos municípios de Lavras do Sul e São Gabriel situam-se fora da bacia, mais precisamente nas bacias dos rios Camaquã (Lavras do Sul) e Vacacaí (São Gabriel), vizinhas à bacia do rio Santa Maria.

Segundo UFSM (1998), *de uma análise completa de coleta de água em 7 pontos estrategicamente escolhidos na bacia do rio Santa Maria realizada em dezembro de 1996, pode-se observar que o Alumínio e o Cloro Residual e os Fosfatos Totais, ultrapassaram em todos os pontos os limites exigidos pela classe III, já o Fenol, Coliformes Totais e Coliformes Fecais ultrapassaram em um ponto a classe III, DBO₅ ultrapassou o limite classe III em 5 pontos, o Níquel em 2 pontos e o Chumbo e Oxigênio Dissolvido se*

Na região **nordeste** predomina a existência de depósitos quaternários provenientes da formação Rosário do Sul, com pequenas áreas de afloramento basáltico;

- **Relevo** - na região oeste, verifica-se um relevo ondulado acidentado. Na parte central da bacia observam-se áreas planas sobre pacotes sedimentares de diversas formações. Já na porção sudeste, temos um relevo de suave ondulado a acidentado, conforme aumenta a cota dos terrenos. No nordeste ocorre a predominância de áreas planas;
- **Tipo de solo e ação erosiva** - nas partes mais altas, ocorrem solos Podzólicos, tanto Vermelho Escuro quanto Vermelho Amarelo (unidade São Pedro) e em menor proporção, solos litólicos. São solos bem drenados, sem características hidromórficas e com baixa aptidão para cultivos irrigados. Em alguns pontos isolados, o solo São Pedro foi cultivado de maneira inadequada com soja durante a década de 70, o que causou sérios problemas de erosão. Nas várzeas e zonas de relevo plano e suave ondulado, observa-se um grupo extenso de solos férteis, como Brunizem Vértico (unidade Ponche Verde), Podzólico Bruno Acinzentado (unidade Santa Maria), e planossolos (unidade Vacacaí);
- **Cobertura vegetal e uso do solo** - de acordo com levantamento realizado por BOURSCHEID (1996a), as áreas de matas de galeria e de vegetação de porte arbóreo representavam 5,7% da área da bacia, a parcela correspondente ao cultivo irrigado era de 7,6% e a grande maioria (85%) era coberta por campo, campo ralo, solo exposto e pastagens.

3.1.3 - Dados hidroclimatológicos disponíveis

Para seleção dos dados a serem utilizados no estudo, foram primeiramente identificadas, coletadas e analisadas as informações climatológicas, pluviométricas e fluviométricas existentes, envolvendo entidades como o DNAEE, INEMET, DEPRC e IPAGRO. A seguir apresentam-se os quadros 3.1 e 3.2 referentes aos postos pluviométricos e fluviométricos utilizados no estudo.

Quadro 3.1- Postos pluviométricos utilizados

Código	Estação	Município	Lat.	Long.	Entidade	Alt. (m)	Período
02954001	Cacequi	Cacequi	29°52'35"	54°49'25"	DNAEE	100	43/98
03054002	Dom Pedrito	D. Pedrito	30°58'34"	54°40'33"	DNAEE	120	69/98
03054007	Rosário S.(PCD)	Rosário S.	30°14'39"	54°55'03"	DNAEE	100	43/98
03054008	Rosário S.	Rosário S.	30°14'00"	54°57'00"	DEPRC	130	60/78
03054016	Granja Umbú	Rosário S.	30°30'43"	54°46'13"	DNAEE	100	76/98
03055004	Saicaã	Cacequi	30°01'39"	55°05'32"	DNAEE	90	76/98
03055005	Santa Rita	S. Livram.	30°31'00"	55°07'36"	DNAEE	200	76/98
03154003	Torquato Severo	D. Pedrito	31°01'39"	54°11'04"	DNAEE	390	76/98
03155001	Três Vendas	D. Pedrito	31°16'30"	55°02'16"	DNAEE	240	76/98

Quadro 3.2- Postos fluviométricos utilizados no estudo

CÓDIGO	RIO/ ESTAÇÃO	LAT.	LONG.	ENTID.	ÁREA (Km²)	PERÍODO
76260000	Arr Taquarembó, em P Guterres	30°51'00"	54°32'39"	DNAEE	577	76/81
76310000	Santa Maria, em Rosário do Sul	30°14'28"	54°54'58"	DNAEE	12.077	67/85
76360001	Cacequi, em Azevedo Sodré	30°06'00"	54°38'00"	DNAEE	1.220	76/85
76380000	Cacequi, em Cacequi	29°54'00"	54°50'00"	DNAEE	1.826	40/79

No quadro 3.3 a seguir, apresenta-se um diagrama de barras onde constam os períodos de dados dos postos hidro-meteorológicos disponíveis para o estudo.

Climatologia

A partir da classificação proposta por Wladimir Köppen, MORENO apud FREITAS (1997) mostrou que o Estado do Rio Grande do Sul se enquadra na zona fundamental "C" ou Temperada Moderada Chuvosa, por ter as isotermas do mês mais frio variando entre 11 e 15°C (para Köppen, a zona fundamental "C" é aquela que apresenta a temperatura média do mês mais frio variando entre -3 e 18°C). O segundo critério para classificação é baseado nas isotermas do mês mais quente. Quando este apresenta temperatura média superior a 22°C, a região é classificada com índice "a". As demais áreas, com temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C, recebem o índice "b".

O caráter de continentalidade da bacia lhe confere elevadas temperaturas médias anuais (em torno de 18°C), com a média das máximas do mês mais quente (janeiro) entre 31 e 32°C e a média das mínimas do mês mais frio (julho) entre 7 e 8°C, resultando em uma amplitude muito acentuada, em torno de 24°C.

A seguir são apresentados os quadros 3.4, 5 e 6 representativos de índices indicativos do clima da região em estudo, demonstrando que no verão, período de maior demanda, ocorre regionalmente deficiência nos parâmetros de balanço hídrico.

A regularidade das precipitações, com médias mensais variando entre 90mm (novembro) e 136mm (maio), associada à acentuada variação térmica, confere à evapotranspiração uma grande importância na determinação do balanço hídrico

Salienta-se que, apesar das médias mensais de precipitação no verão serem semelhantes às de inverno, estas ocorrem de forma torrencial, não permitindo uma adequada infiltração da umidade nos solos, de resto dificultada pela composição granulométrica (predominância dos tamanhos silte e argila), sendo portanto, de pouco proveito para a manutenção dos fluxos de base dos cursos de água. A este aspecto acrescenta-se o aumento das taxas de evapotranspiração e evaporação registrados nos períodos de verão.

Quadro 3.4 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de Dom Pedrito)

	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temp. média das máx. (°C)	1931-60	32,1	31,2	29,3	25,3	21,8	19,1	18,7	20,5	22,1	24,6	27,7	30,9	25,3
Temp. média das mín. (°C)	1931-60	17,7	17,4	16,0	12,3	10,0	8,5	7,7	8,4	10,1	11,8	13,6	15,9	12,5
Temp. média das médias (°C)	1931-60	24,2	23,7	22,0	17,7	14,7	12,9	12,5	13,7	15,7	17,7	20,2	22,9	18,2
Umidade relativa (%)	1931-60	67	68	72	76	76	81	77	74	75	73	65	62	72,2
Evaporação (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Precipitação (mm)	1931-60	123	109	104	122	129	134	106	104	121	139	81	87	1.359
Nº de dias com chuva	1931-60	7	6	7	7	8	9	7	8	8	7	5	6	85
Precip. máx. média 24h (mm)	1931-60	41	45	42	47	44	46	42	35	41	53	38	36	53
Radiação Solar (cal cm ⁻² dia ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Insolação total (horas e décimos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: Os campos assinalados com "-" não possuíam registros.

Fonte: Atlas Climatológico do Rio Grande do Sul - IPAGRO (1989).

Quadro 3.5 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de Santana do Livramento)

	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temp. média das máx. (°C)	1931-60	31,2	30,4	28,4	24,2	20,6	17,9	17,9	19,6	20,4	23,8	27,0	30,0	24,3
Temp. média das mín. (°C)	1931-60	17,6	17,4	15,8	12,1	9,8	8,4	7,4	8,0	9,7	11,6	13,4	15,8	12,3
Temp. média das médias (°C)	1931-60	24,2	23,7	21,6	17,6	13,9	11,9	12,1	13,2	15,0	17,5	20,3	22,8	17,8
Umidade relativa (%)	1931-60	72	73	77	81	81	85	81	76	78	76	68	69	76
Evaporação (mm)	1957-84	143	112	102	86	64	56	60	78	87	112	106	143	1.152
Precipitação (mm)	1931-60	123	107	124	141	124	135	99	93	114	156	88	84	1.388
Nº de dias com chuva	1931-60	7	6	6	7	6	8	7	7	8	8	5	5	80
Precip. máx. média 24h (mm)	1931-60	48	45	49	51	48	46	35	37	39	54	39	35	54
Radiação Solar (cal cm ⁻² dia ⁻¹)	1957-84	479	458	377	315	225	187	188	248	323	433	470	502	350
Insolação total (horas e décimos)	1957-84	253,6	223,8	205,0	199,9	165,1	126,4	136,8	157,3	176,2	216,3	245,1	266,0	2.371,5

Fonte: Atlas Climatológico do Rio Grande do Sul - IPAGRO (1989).

Quadro 3.6 - Indicadores climáticos (valores médios e absolutos de São Gabriel)

	Período	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temp. média das máx. (°C)	1931-60	32,3	31,3	29,1	24,9	21,7	18,9	18,9	20,6	22,0	24,6	27,8	30,7	25,2
Temp. média das mín. (°C)	1931-60	18,5	18,4	16,8	13,1	10,6	9,2	8,0	9,2	11,0	13,1	14,7	16,5	13,3
Temp. média das médias (°C)	1931-60	24,4	24,1	22,3	18,5	15,0	13,2	12,5	14,2	16,0	18,3	20,8	23,1	18,5
Umidade relativa (%)	1931-60	77	77	77	77	78	83	79	76	77	78	73	73	77
Evaporação (mm)	1957-84	127,3	109,8	100,8	85,5	66,7	51,2	59	74,8	88,9	105,5	112,5	135,6	1.118
Precipitação (mm)	1931-60	116	103	86	120	133	145	111	107	128	143	77	86	1.355
Nº de dias com chuva	1931-60	6	6	6	6	7	8	7	7	8	7	5	5	78
Precip. máx. média 24h (mm)	1931-60	41	41	34	46	51	54	42	38	47	51	34	36	54
Radiação Solar (cal cm ⁻² dia ⁻¹)	1957-84	493	455	385	318	249	199	211	264	334	430	477	505	360
Insolação total (horas e décimos)	1957-84	246,1	215,8	222,9	204,0	169,8	132,5	147,8	163,5	174,9	220,6	239,1	264,9	2.401,9

Fonte: Atlas Climatológico do Rio Grande do Sul - IPAGRO (1989).

Pluviometria

Com base nas precipitações diárias dos postos de Cacequi, Dom Pedrito, Rosário do Sul, Rosário do Sul (PCD), Granja Umbú, Saicã, Santa Rita, Torquato Severo e Três Vendas foram calculadas as precipitações médias para as sub-bacias do rio Santa Maria que serviram ao ajuste, nas seções Azevedo Sodré, Cacequi, Passo Guterres e Rosário do Sul, do modelo matemático descrito adiante no item 4.3.1. Os valores médios de precipitação foram obtidos com base em polígonos de Thiessen.

Para a geração da série de vazões das sub-bacias utilizaram-se os registros de precipitação diária postos do quadro 3.1. A precipitação total mensal utilizada em cada sub-bacia é apresentada no Anexo A.

Na figura 3.2, podem ser visualizadas as localizações dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Evapotranspiração

Os valores de evapotranspiração média diária necessários tanto no ajuste do modelo (item 4.3.1) quanto na geração da série de vazões (item 4.3.2), foram obtidos a partir dos registros de temperatura do INEMET em Dom Pedrito, Santana do Livramento e São Gabriel, usando o método de Thornthwaite.

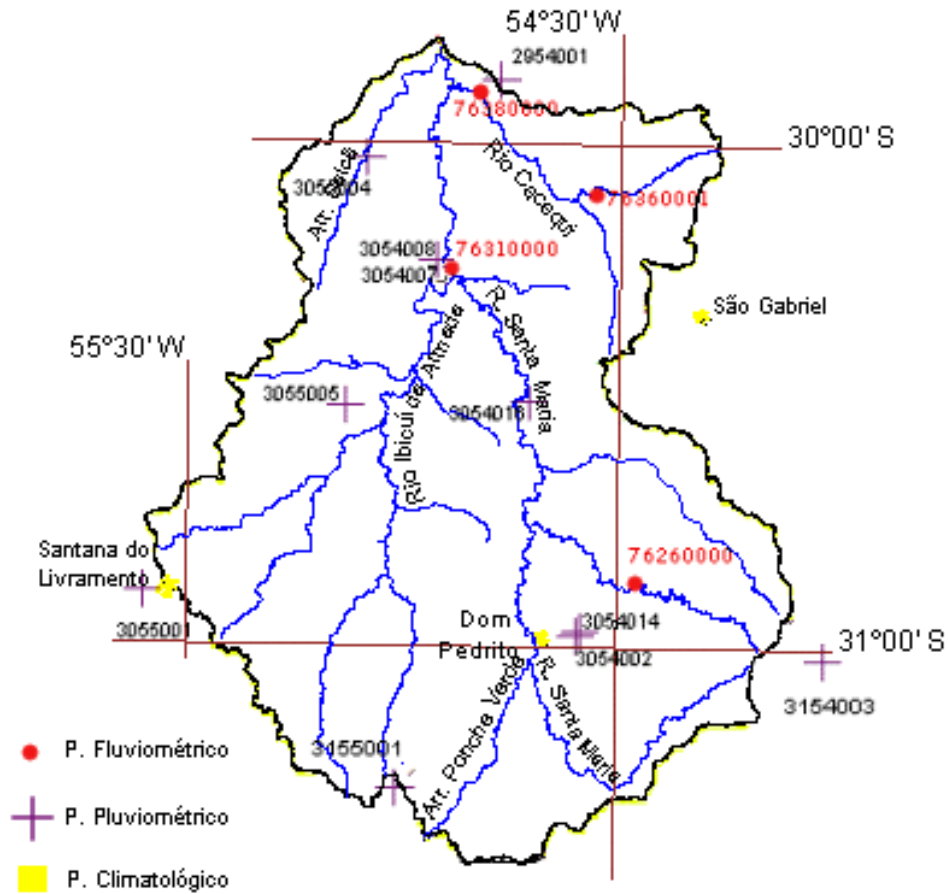


Figura 3.2 - Localização dos postos hidroclimatológicos utilizados

A expressão de Thornthwaite, com base em SANCHEZ (1986), para o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) é a seguinte:

$$ETP = C * T^a \quad (3.1)$$

onde: ETP : evapotranspiração potencial (cm/mês);

T : temperatura média mensal;

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1.792 * 10^{-5} * I + 0,49239 \quad (3.2)$$

sendo: I : índice térmico anual, definido como:

$$I = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514} \quad (3.3)$$

$$C = 1,5 * \left(\frac{10}{I} \right)^a \quad (3.4).$$

A equação 3.1 se refere a um mês fictício de 30 dias e duração da insolação de 12 horas por dia, devendo ser corrigida por um fator que depende da latitude e da época do ano, o que equivale a introduzir a duração real do dia.

O uso do método de Thornthwaite teve como limitação a deficiência dos registros de temperatura para todo o período de interesse, sendo necessário trabalhar com valores médios mensais. Esse aspecto, apesar de filtrar a variação da evapotranspiração em cada ano ao longo do período, não acarretou maiores problemas no ajuste do modelo.

Os parâmetros e demais dados utilizados no cálculo da *ETP* de Dom Pedrito, Santana do Livramento e São Gabriel constam no quadro 3.7.

Quadro 3.7 - Cálculo da evapotranspiração potencial (*ETP*)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Dom Pedrito												
Temperatura (°C) ⁽¹⁾	24,2	23,7	22,0	17,7	14,7	12,9	12,5	13,7	15,7	17,7	20,2	22,9
Fator de Correção ⁽²⁾	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,15	1,22
ETP (cm/mês)	128,1	105,4	94,0	55,6	37,7	27,2	27,1	34,5	46,7	65,8	86,4	116,5
ETP (mm/dia)	4,13	3,76	3,03	1,85	1,22	0,91	0,87	1,11	1,56	2,12	2,88	3,76
Santana do Livramento												
Temperatura (°C) ⁽³⁾	24,2	23,7	21,6	17,6	13,9	11,9	12,1	13,2	15,0	17,5	20,3	22,8
Fator de Correção ⁽²⁾	1,21	1,03	1,06	0,95	0,91	0,84	0,89	0,96	1,00	1,12	1,15	1,22
ETP (mm/mês)	128,6	105,9	91,5	56,0	34,8	24,1	26,3	33,1	43,9	65,5	88,2	116,3
ETP (mm/dia)	4,15	3,78	2,95	1,87	1,12	0,80	0,85	1,07	1,46	2,11	2,94	3,75
São Gabriel												
Temperatura (°C) ⁽⁴⁾	24,4	24,1	22,3	18,5	15,0	13,2	12,5	14,2	16,0	18,3	20,8	23,1
Fator de Correção ⁽⁵⁾	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
ETP (mm/mês)	129,0	108,1	95,6	59,5	38,3	27,5	26,2	35,9	47,2	68,7	89,7	116,9
ETP (mm/dia)	4,16	3,86	3,08	1,98	1,23	0,92	0,85	1,16	1,57	2,21	2,99	3,77

¹ Dom Pedrito/ INEMET - Temperatura média mensal

Índice térmico anual calculado (I) = 86,28

a = 1,898 C = 0,025

² Para a Latitude 31°S

³ Santana do Livramento/ INEMET - Temperatura média mensal

Índice térmico anual calculado (I) = 84,13

a = 1,856 C = 0,029

⁴ São Gabriel/ INEMET - Temperatura média mensal

Índice térmico anual calculado (I) = 88,94

a = 1,951 C = 0,021

⁵ Para a Latitude 30°S

ETP Média Anual	
Dom Pedrito	825,01 mm
Santana do Livramento	814,15 mm
São Gabriel	842,42 mm

Balanço Hídrico

O balanço hídrico das bacias associadas aos postos fluviométricos, que serviram de ajuste ao modelo precipitação-vazão, foi realizado com os dados anteriormente relacionados. Os totais anuais de precipitação e vazão em mm, observados nos postos 76310000 (Rosário do Sul) e 76360001 (Azevedo Sodré), são apresentados no quadro 3.8. Observam-se coeficientes de escoamento (C_e) semelhantes, sendo um pouco maior o coeficiente para Azevedo Sodré, o que é perfeitamente explicado pelo fato de bacias menores apresentarem, via de regra, vazões específicas maiores.

Quadro 3.8 - Valores médios anuais no período de ajuste

	Rosário do Sul			Azevedo Sodré		
	P (mm)	Q (mm)	C_e	P (mm)	Q (mm)	C_e
1978	1.153,8	314,0	0,27	1.321,0	384,3	0,29
1979	1.180,4	342,1	0,29	1.395,3	664,1	0,48
1980	1.625,4	647,1	0,40	1.537,9	421,1	0,27
Média	1.319,9	434,4	0,32	1.418,1	489,8	0,35

No quadro 3.9 são apresentados os valores de precipitação menos vazão para Rosário do Sul.

Quadro 3.9 - Balanço dos valores observados

	P-Q (mm)	
	Rosário do Sul	Azevedo Sodré
1978	839,8	936,7
1979	838,3	731,2
1980	978,3	1116,8
Média	885,5	928,2

A determinação das evapotranspirações potenciais, com base nas temperaturas médias mensais de São Gabriel, resulta numa evapotranspiração potencial média anual de 842,42 mm (quadro 3.7). Considerando ser esperado que a evapotranspiração potencial seja sistematicamente superior à diferença entre precipitação e vazão observadas e excluindo-se o ano de 1980 (por tratar-se de um ano com manifestação do fenômeno *El Niño*), o valor obtido dá consistência ao balanço.

3.2 – Representação da bacia

A subdivisão de bacias que foi adotada é aquela que corresponde à do trabalho *Plano de Utilização dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Santa Maria - RS* desenvolvido pelo Conselho de Recursos Hídricos (CRH) da Secretaria de Obras Públicas, Saneamento e Habitação (SOPSH) em 1996. O levantamento das áreas das sub-bacias foi efetuado através de processos de leitura direta e integração de áreas do *software* AutoCAD® e levou em consideração aspectos geológicos e geomorfológicos, cobertura vegetal, uso do solo e atividade antrópica. Na figura 3.3 apresentada a seguir, observa-se a divisão adotada para a bacia.

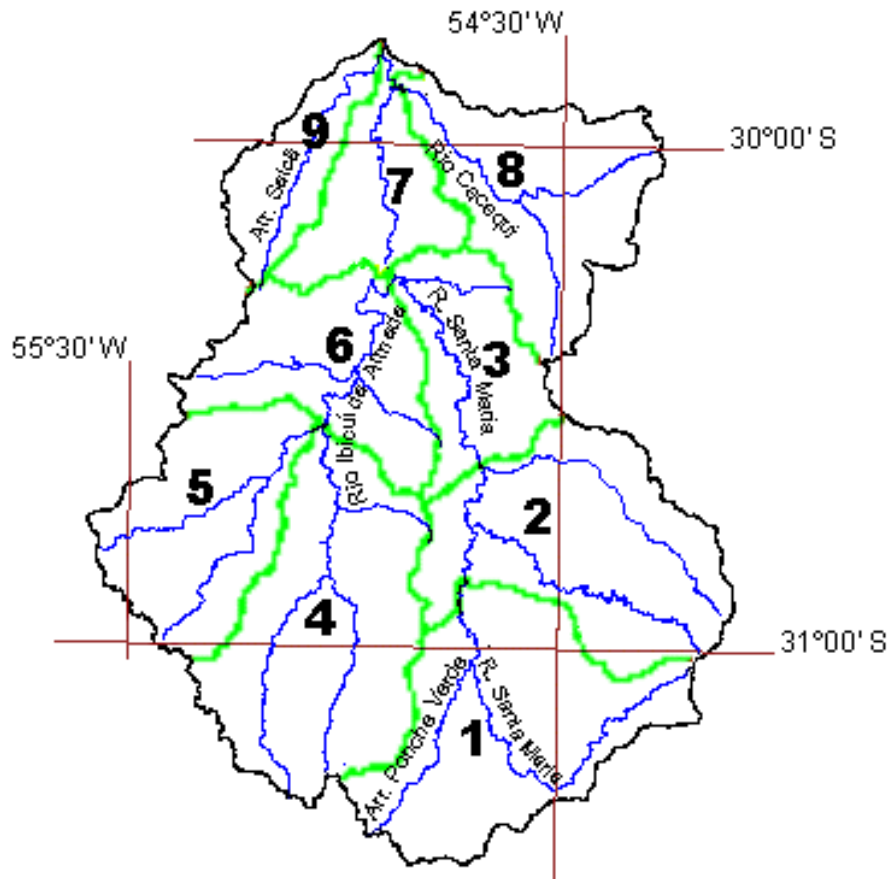


Figura 3.3 - Subdivisão da bacia do Santa Maria (adaptado de BOURSCHEID, 1996a)

O quadro 3.10 apresentado na seqüência traz alguns parâmetros físicos obtidos para as sub-bacias da bacia do rio Santa Maria.

Quadro 3.10 - Parâmetros físicos das sub-bacias do rio Santa Maria

Sub-bacia	Área unit. (Km ²)	Área mont. (Km ²)	Comprimento (Km)	Declividade (m/Km)
1 - Rio Santa Maria - curso superior	2.323	2.323,0	137	1,2
2 - Rio Santa Maria - curso médio superior	2.436	4.759,2	203	0,8
3 - Rio Santa Maria - curso médio	1.191	5.950,0	299	0,5
4 - Rio Ibicuí da Armada - curso superior	2.722	2.722,4	80	0,5
5 - Rio Ibicuí da Cruz	1.744	1.744,2	65	0,7
6 - Rio Ibicuí da Armada - curso inferior	1.593	12.009,4	299	0,4
7 - Rio Santa Maria - curso inferior	1.044	15.740,7	349	0,38
8 - Rio Cacequi	1.886	1.886,4	70	0,45
9 - Arroio Saicã	800,7	800,7	55	0,55

Fonte: Adaptado de BOURSCHEID (1996c)

Na etapa seguinte do estudo são identificadas e avaliadas as demandas de água por sub-bacia, que mais tarde serão utilizadas na propagação do escoamento da bacia, que por sua vez servirá para a obtenção do nível de falha de atendimento das demandas para cada critério a ser testado.

3.2.1 - Identificação e priorização das demandas

A bacia do rio Santa Maria engloba os municípios de Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Santana do Livramento e São Gabriel. A área do município contida na bacia (A_b) e a respectiva parcela de contribuição é apresentada no quadro 3.11.

Quadro 3.11 - Área do município contida na bacia e parcela que cada município representa da área total

Município	A_b (Km ²)	F (%)
Cacequi	1.268	8
D.Pedrito	4.719	30
Lavras do S.	1.166	7
Rosário do S.	3.029	19
S.Livramento	3.001	19
S.Gabriel	2.557	16
Total	15.740	100

Com algumas características dos municípios componentes da bacia (população, efetivo de rebanhos, quantidade de áreas irrigadas, etc.), foi possível agrupar as demandas por água das sub-bacias em classes que têm diferentes prioridades de atendimento. A seguir é demonstrado o cálculo dessas demandas.

Demandas para o consumo humano (D_{prim})

As demandas para o consumo humano possuem o mais alto grau de prioridade, o que equivale dizer que quando for realizada a simulação da propagação do escoamento, esta demanda será suprida antes de qualquer outra e só então depois de atendida integralmente a água será dividida entre as outras demandas.

A D_{prim} se divide em D_{prim} urbano (que possui um caráter mais concentrado do ponto de vista do espaço) e D_{prim} rural (cuja representação necessita de uma abstração maior, tendo em vista o seu caráter difuso). O cálculo da D_{prim} urbano é apresentado a seguir.

Urbano

Daqueles municípios apresentados no quadro 3.11, Santana do Livramento e Cacequi realizam seus abastecimentos públicos exclusivamente com água subterrânea e Lavras do Sul e São Gabriel possuem suas sedes municipais fora dos limites da bacia, não fazendo captação para atendimento das demandas urbanas dentro da região de interesse.

A população urbana de Cacequi, Dom Pedrito, Rosário do Sul e Santana do Livramento, obtida do Anuário da Fundação de Economia e Estatística (FEE) de 1998, é apresentada no quadro 3.12.

Quadro 3.12 - População urbana dos municípios com sede na bacia

Ano	População Urbana			
	Cacequi	D. Pedrito	Rosário do S.	S. Livramento
1997	12.894	34.232	34.869	80.142
1998	13.023	34.618	35.245	81.223

Fonte : TABELAS (1998)

Sendo Pop_{t+1} : população no ano $t+1$;

Pop_t : população no ano t .

A estimativa do crescimento da população foi realizada adotando-se:

$$Pop_{t+1} = Pop_t * \exp(k) \quad (3.5)$$

onde :

$$K = \ln(P_t / P_{t-1}) \quad (3.6)$$

A partir do consumo de água *per capita* para o ano de 1995, avaliado por BOURSCHEID (1996c), foram estimadas as demandas de água mantendo-se o mesmo grau de fornecimento. No quadro 3.13 a seguir, é apresentada uma projeção para a população urbana e para a demanda de água para os municípios cujas sedes municipais situam-se na bacia.

Quadro 3.13 - Projeção da população urbana e da demanda para os municípios com sede na bacia

Municípios	Demanda ¹ (m ³ /hab/dia)	2001		2006		2011	
		Pop. Urbana (hab)	Demanda (m ³ /dia)	Pop. Urbana (hab)	Demanda (m ³ /dia)	Pop. Urbana (hab)	Demanda (m ³ /dia)
Cacequi	0,18	13.418	2.356	14.103	2.476	14.822	2.603
D. Pedrito	0,25	35.802	8.916	37.867	9.430	40.051	9.974
Rosário do Sul	0,16	36.398	5.998	38.403	6.328	40.518	6.677
S. Livramento	0,27	84.554	22.769	90.413	24.346	96.677	26.033

¹ Demanda *per capita* calculada por BOURSCHEID (1996c) para o ano de 1995

Para fins de representação destas demandas, foi adotado que a captação para o abastecimento público do município de Dom Pedrito ocorre na sub-bacia 1 e a captação de Rosário do Sul ocorre nas sub-bacias 3 (60% da demanda) e 6 (40% da demanda). As demandas de Santana do Livramento e Cacequi serão desprezadas por serem provenientes de água subterrânea.

Rural

A população rural dos municípios da bacia, obtida do Anuário da Fundação de Economia e Estatística (FEE) de 1998, é apresentada no quadro 3.14 a seguir.

Quadro 3.14 - População rural da bacia por municípios

Ano	População rural (hab)					
	Cacequi	D. Pedrito	Lavras do S.	Rosário do S.	S. Livramento	S. Gabriel
1997	2.565	4.546	2.716	5.435	6.019	9.534
1998	2.472	4.386	2.613	5.242	5.820	9.222

Fonte: TABELAS(1998)

Com as informações do quadro 3.14, foram estimadas as populações para o ano de 2001 utilizando o mesmo procedimento descrito na seção anterior (Urbano). Em seguida foi calculada a densidade demográfica rural dos municípios, apresentada no quadro 3.15 a seguir.

Quadro 3.15 - Densidade demográfica na zona rural calculada com base na projeção da população para o ano 2001

Município	População rural ¹ (hab)	Área (Km ²)	Densidade (hab./Km ²)
Cacequi	2.213	2.360,5	0,94
D. Pedrito	3.939	5.194,8	0,76
Lavras do Sul	2.327	2.604,6	0,89
Rosário do Sul	4.703	4.357,2	1,08
S. Livramento	5.262	6.963,2	0,76
S. Gabriel	8.346	6.011,2	1,39

¹ População estimada

Utilizando-se o programa AutoCad[®] foi determinada, para cada sub-bacia, a parcela que cada município ocupa dentro da mesma. Os resultados são apresentados no quadro 3.16 a seguir.

Quadro 3.16 - Parcela que cada município ocupa dentro das sub-bacias

Sub-bacia	Cacequi	D.Pedrito	Lavras do S.	Rosário do S.	S. Livramento	S. Gabriel	Total
1	0	1,00	0	0	0	0	1,0
2	0	0,38	0,47	0	0	0,15	1,0
3	0	0,04	0,02	0,28	0	0,65	1,0
4	0	0,52	0	0,08	0,40	0	1,0
5	0	0	0	0	1,00	0	1,0
6	0	0	0	0,89	0,11	0	1,0
7	0,39	0	0	0,61	0	0	1,0
8	0,20	0	0	0,05	0	0,74	1,0
9	0,60	0	0	0,40	0	0	1,0

Os índices apresentados no quadro 3.16 serviram também para o cálculo da demanda de água para a pecuária.

O número de pessoas da zona rural por sub-bacia foi estimado da seguinte maneira:

$$NP_i = A_i * (F_{C,i} * d_C + F_{D,i} * d_D + F_{L,i} * d_L + F_{R,i} * d_R + F_{S,i} * d_S + F_{SG,i} * d_{SG}) \quad (3.7)$$

onde NP_i : população da zona rural da sub-bacia i (hab);

A_i : área da sub-bacia i (Km²);

$F_{C,i}$: parcela que o município de Cacequi ocupa dentro da sub-bacia i (%);

d_C : densidade da população rural de Cacequi para o ano de 2001 (hab/Km²);

$F_{D,i}$: parcela que o município de Dom Pedrito ocupa dentro da sub-bacia i (%);

d_D	: densidade da população rural de Dom Pedrito para o ano de 2001 (hab/Km ²);
$F_{R,i}$: parcela que o município de Rosário do Sul ocupa dentro da sub-bacia i (%);
d_R	: densidade da população rural de Rosário do Sul para o ano de 2001 (hab/Km ²);
$F_{S,i}$: parcela que o município de S. do Livramento ocupa dentro da sub-bacia i (%);
d_S	: densidade da população rural de S. do Livramento para o ano de 2001 (hab/Km ²);
$F_{SG,i}$: parcela que o município de São Gabriel ocupa dentro da sub-bacia i (%);
d_{SG}	: densidade da população rural de São Gabriel para o ano de 2001 (hab/Km ²);

Com o NP calculado por sub-bacia e com um consumo *per capita* de 80 l/hab/dia, a estimativa da demanda de água para o abastecimento rural foi então calculada para cada sub-bacia, conforme mostra o quadro 3.17 a seguir.

Quadro 3.17- População e demanda rural por sub-bacia para o ano de 2001

Sub-bacia	Nº pessoas	Demanda (m ³ /dia)
1	2.507	201
2	2.347	188
3	1.073	86
4	2.697	216
5	1.558	125
6	1.423	114
7	933	75
8	1.685	135
9	715	57
Total	14.940	1.197

Finalmente, as demandas para o consumo humano (urbano e rural) foram agrupadas num só valor (chamado de demanda primária - D_{prim}) por sub-bacia para o ano de 2001. No quadro 3.18 apresentado a seguir, constam esses valores.

Quadro 3.18 - Demanda para consumo humano por sub-bacia

Sub-bacia	D_{prim} urb. (m ³ /s)	D_{prim} rural (m ³ /s)	D_{prim} (m ³ /s)
1	0,103	0,002	0,106
2	-	0,002	0,002
3	0,042	0,001	0,043
4	-	0,002	0,002
5	-	0,001	0,001
6	0,028	0,001	0,029
7	-	0,001	0,001
8	-	0,002	0,002
9	-	0,001	0,001

Demanda para a pecuária (D_{pec})

Os efetivos dos principais rebanhos, por espécie, nos municípios da bacia são apresentados no quadro 3.19.

Quadro 3.19 - Efetivos dos principais rebanhos, por espécie

Município	Aves		Bovinos		Ovinos		Suínos	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Cacequi	26.320	27.180	128.248	167.300	32.000	39.800	3.170	3.280
D. Pedrito	45.377	41.650	365.833	428.583	206.565	235.596	6.800	6.180
Lavras do Sul	25.653	23.231	183.692	178.818	115.937	86.279	5.354	3.094
Rosário do Sul	49.900	51.035	343.885	344.100	160.744	172.800	6.837	6.990
S. Livramento	52.560	54.101	433.506	477.748	564.255	502.223	8.265	8.369
São Gabriel	88.876	83.820	405.200	425.241	286.879	236.737	7.900	8.030
Total	288.686	281.017	1.860.364	2.021.790	1.366.380	1.273.435	38.326	35.943

Fonte: TABELAS(1998)

Conforme pode ser observado, os pequenos rebanhos de aves e suínos mantêm-se estáveis e não constituem explorações de significativo valor econômico. Já para o rebanho ovino, apesar de também se mostrar relativamente estável, a tendência segundo UFSM (1998) é de redução, em virtude das condições desfavoráveis da comercialização da lã. Desta forma, levando em consideração a relevância que os rebanhos possuem para o consumo de água da região, será dado um enfoque maior para o rebanho de bovinos.

Com o número de bovinos por município do ano de 1997 foi calculada a densidade de bovinos por hectare para cada município, apresentada no quadro 3.20 a seguir.

Quadro 3.20 - Densidade de bovinos por municípios

Municípios	Área (Km ²)	Nº de bovinos	Densidade (cab/ha)
Cacequi	2.360,5	167.300	0,71
D. Pedrito	5.194,8	428.583	0,83
Lavras do Sul	2.604,6	178.818	0,69
Rosário do Sul	4.357,2	344.100	0,79
S. Livramento	6.963,2	477.748	0,69
São Gabriel	6.011,2	425.241	0,71

Com a densidade de bovinos e a parcela que cada município ocupa dentro de cada sub-bacia, num procedimento análogo ao descrito na seção anterior (demanda para consumo humano rural), calculou-se a demanda de água para a pecuária por sub-bacia (quadro 3.21 a seguir) supondo um consumo *per capita* de 40 l/cab/dia.

Quadro 3.21 - Demanda de água para a pecuária por sub-bacias

Sub-bacia	Área (Km ²)	Nº cabeças	Demanda (l/dia)	D_{pec} (m ³ /s)
1	2.323,0	191.653	7.666.115	0,089
2	2.436,2	183.347	7.333.865	0,085
3	1.190,8	84.996	3.399.832	0,039
4	2.722,4	209.528	8.381.127	0,097
5	1.744,2	123.620	4.944.794	0,057
6	1.592,8	112.889	4.515.576	0,052
7	1.044,2	74.007	2.960.299	0,034
8	1.886,4	133.698	5.347.930	0,062
9	800,7	56.749	2.269.979	0,026
Total	15.740,7	1.170.488	46.819.517	0,542

Conforme pode ser observado na tabela 3.21, a demanda de água total para a pecuária é de pouco mais de 0,5 m³/s, sendo o maior número de cabeças de gado localizado na sub-bacia 4. O fato do número de cabeças por sub-bacia ser calculado a partir da densidade bovina é uma abstração realizada por não se ter maiores informações e não representa maiores prejuízos para a representação do sistema.

Demanda para a irrigação (D_{irr})

No quadro 3.22 são apresentados alguns dados referentes aos resultados das principais lavouras dos municípios da bacia. UFSM (1998) comenta que *com exceção do trigo, que é plantado no município de Lavras do Sul, Rosário do Sul, Santana do Livramento e São Gabriel, as demais culturas agrícolas são produzidas para a comercialização, como*

ração animal (cana-de-açúcar, sorgo, soja e milho) ou para abastecimento local (feijão, mandioca, melancia, pêssego, tangerina, uva, legumes, hortaliças e fumo).

O quadro 3.22 comprova a importância que a atividade orizícola desempenha para a economia da região. Para facilitar a representação da bacia neste estudo, será apenas representada a demanda de água para a irrigação do arroz, sendo essa chamada então, de demanda para irrigação (D_{irr}).

Quadro 3.22 - Características das principais lavouras da bacia

Municípios	Produto	Quantidade		Rendimento médio (t/ha)	
		1996	1997	1996	1997
Cacequi	Arroz (t)	56.250	54.000	4.500	4.800
	Mandioca (t)	1.750	1.200	7.000	5.000
	Melancia (1.000 frutos)	1.080	950	1.200 ¹	1.000 ¹
D. Pedrito	Arroz (t)	196.000	160.000	5.600	5.714
	Soja (t)	3.840	13.000	1.920	1.733
	Milho (t)	2.244	2.000	1.320	1.000
Lavras do Sul	Arroz (t)	9.261	6.894	4.947	4.690
	Trigo (t)	420	84	1.400	1.400
	Milho (t)	1.089	1.990	1.193	1.047
Rosário do Sul	Arroz (t)	84.600	67.500	4.500	4.500
	Milho (t)	6.900	6.300	1.500	1.500
	Soja (t)	3.900	14.400	1.500	1.800
S. Livramento	Arroz (t)	45.590	39.591	4.700	4.770
	Milho (t)	6.750	4.500	1.500	1.500
	Uva (t)	4.195	4.195	7.812	7.812
São Gabriel	Arroz (t)	163.800	123.500	5.200	4.750
	Soja (t)	11.550	27.000	1.050	1.500
	Milho (t)	11.520	7.200	2.400	2.400

¹ o rendimento médio da melancia é expresso em frutos por hectare

Fonte: TABELAS(1998)

As demandas hídricas para o cultivo do arroz foram calculadas para intervalos de tempo que variam de 7 (sete) a 10 (dez) dias, a partir de um estudo realizado por DOORENBOS (1994). No quadro 3.23 apresentado a seguir, fica caracterizado o consumo hídrico do arroz (c) para os diferentes estágios de crescimento da planta.

Do quadro 3.23 obtém-se o consumo médio de água do arroz ($c_{med} = 1,6$ l/s/ha), que será empregado no momento de estimar a área possível de ser irrigada para a sub-bacia i , aplicando-se um determinado critério de outorga k ($A_{est, i, k}$).

A partir do cadastro de usuários de água realizado em 1996 pelo IRGA, as áreas cultivadas com arroz foram organizadas por sub-bacias. No quadro 3.24 apresentado mais adiante, são mostradas a área de arroz irrigada através de açudes ($A_{irr açude}$) e a área de arroz irrigada através de captação superficial direta no rio ($A_{irr sup}$) por sub-bacia.

Quadro 3.23 - Demandas de água para os diferentes períodos do cultivo do arroz

Dias	Δt	Mês	Período	Lâmina	H (mm)	V (l/ha/safra)	c (l/s/ha)
1 a 7	1	Novembro	Estabelecimento	Profunda	100	1.000.000	1,7
8 a 14	2		Vegetativo	Média	70	700.000	1,2
15 a 21	3		Vegetativo	Média	70	700.000	1,2
22 a 30	4		Vegetativo	Média	70	700.000	0,9
31 a 37	5	Dezembro	Vegetativo	Delgada	30	300.000	0,5
38 a 44	6		Vegetativo	Delgada	30	300.000	0,5
45 a 51	7		Vegetativo	Delgada	30	300.000	0,5
52 a 61	8		Vegetativo	Média	70	700.000	0,8
62 a 68	9	Janeiro	Vegetativo	Profunda	100	2.000.000	3,3
69 a 75	10		Floração	Profunda	100	2.000.000	3,3
76 a 82	11		Floração	Profunda	100	2.000.000	3,3
83 a 92	12		Floração	Profunda	100	2.000.000	2,3
Σ	-	-	-	-	-	12.700.000	-
Média	-	-	-	-	-	-	1,6

Adaptado de DOORENBOS (1994)

Quadro 3.24 - Área irrigada para o cultivo do arroz através de açudes e de captação superficial direta

Sub-bacia	A _{irr açude} (ha)	A _{irr sup} (ha)
1	17.197,0	730,0
2	5.512,5	2.473,0
3	6.630,4	2.481,0
4	18.481,0	2.351,0
5	3.774,2	1.392,0
6	3.650,2	2.154,0
7	6.796,6	4.518,0
8	2.806,0	2.992,0
9	-	1.198,0
Total	64.847,9	20.289,0

Fonte: BOURSCHEID (1996c)

As áreas apresentadas no quadro 3.24 servem apenas como medida de comparação de grandezas para as áreas que serão representadas na simulação, uma vez que as demandas de água para a irrigação serão calculadas pelo procedimento descrito a seguir.

Partindo-se de uma determinada vazão outorgada para a sub-bacia i ($Q_{out, i, k}$) é descontada desse valor a demanda primária na sub-bacia i ($D_{prim, i}$) e então temos a vazão disponível para irrigação na sub-bacia i ($Q_{est, i, k}$).

$$Q_{est, i, k} = Q_{out, i, k} - D_{prim, i} \quad (3.8)$$

Conhecendo-se $Q_{est, i, k}$ e com o $C_{méd}$, determina-se a $A_{est, i, k}$ utilizando-se a fórmula:

$$A_{est,i,k} = Q_{est,i,k} / c_{méd} \quad (3.9)$$

Destarte, calculada a $A_{est,i,k}$ pode ser feito o cálculo das demandas hídricas para o intervalo de tempo de interesse através dos valores de consumo hídrico semanal apresentados no quadro 3.23.

No quadro 3.25 apresentado a seguir, constam as demandas anteriormente calculadas para cada classe de uso de água por sub-bacia.

Quadro 3.25 - Demandas hídricas por sub-bacia

Sub-bacia	D_{prim} (m ³ /s) ¹	D_{pec} (m ³ /s) ²	D_{irr} (m ³ /s) ³
1	0,106	0,089	1,17
2	0,002	0,085	3,96
3	0,043	0,039	3,97
4	0,002	0,097	3,76
5	0,001	0,057	2,23
6	0,029	0,052	3,45
7	0,001	0,034	7,23
8	0,002	0,062	4,79
9	0,001	0,026	1,92
Total	0,187	0,541	32,48

1 Estimada para o ano de 2001

2 Calculada para o ano de 1997

3 Estimada para o ano de 1996

Conforme observado no quadro 3.25, a demanda para a D_{pec} pode ser desprezada frente a magnitude dos valores da D_{irr} . Já a D_{prim} , apesar de ser da mesma ordem de grandeza da D_{pec} não será descartada porque o impacto do não atendimento da D_{prim} é maior que o impacto causado pelo não atendimento da D_{pec} . Dito isso, para a representação das demandas na simulação da propagação do escoamento, serão consideradas apenas a D_{prim} e a D_{irr} .

Cabe aqui lembrar que a representação dessas demandas de forma concentrada num só ponto (ver discretização da rede no item 4.4.2) é uma abstração realizada para fins de representação do sistema a ser estudado.

Fração de retorno (f) e vazão ecológica

Do total de vazão demandada por um determinado tipo de uso de água, a parcela que retorna para o sistema é chamada de fração de retorno.

A literatura recomenda que devem ser utilizados como fração de retorno do consumo humano (f_{ch}), valores na faixa de 30 a 50 % do total demandado. Sendo a bacia do

rio Santa Maria uma bacia predominantemente rural, supõe-se que os índices de coleta e tratamento de esgotos sejam baixos e por isso optou-se por trabalhar com uma baixa f_{ch} , adotando-se $f_{ch} = 0,3$. Sendo o intervalo de simulação da propagação do escoamento semanal, essa parcela do consumo humano que retorna para o sistema é considerada disponível para uma determinada sub-bacia i no mesmo instante em que é demandada na sub-bacia de montante mais próxima.

CAUDURO *apud* RIGUES (2000) estimou que o consumo de água em lavouras de arroz é de $11.513 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{safra}$, distribuídos em parcelas de consumo conforme o quadro 3.26.

Quadro 3.26 – Consumo de água na irrigação do arroz

Fase	Consumo (m^3/ha)	Consumo (%)
Saturação do perfil	900	8,0
Formação da lâmina	1.000	8,5
Evapotranspiração	5.550	48,0
Infiltração lateral	4.020	35,0
Percolação	43	0,5
Total	11.513	100

Fonte: RIGUES (2000)

Para a irrigação, a fração de água que retorna (f_{irr}) é a diferença entre o que é demandado e o que a plantação efetivamente consome (evapotranspiração). LOUZADA (2002) afirma que em recentes pesquisas realizadas pelo IPH na estação agrícola de Gravataí, atingiu-se valores para essa f_{IRR} de cerca de 67% do total da demanda. Entretanto, esse índice deve ser utilizado com cautela pois o retorno para o rio não é feito imediatamente após o instante em que o uso é demandado, sendo complexa a determinação do local e do instante em que essa fração de água estará disponível nos pontos de jusante.

LOUZADA (2002) recomenda que, sendo o intervalo de simulação semanal, a quantidade de água disponível numa determinada sub-bacia proveniente da fração de retorno da irrigação do arroz ficaria em torno de 60 a 70% da D_{irr} na sub-bacia de montante defasado de 4 (quatro) intervalos de tempo, ou seja, 28 dias. Neste trabalho será adotado $f_{irr} = 0,6$ para áreas irrigadas a partir de captação superficial com uma defasagem de 4 (quatro) Δt entre o intervalo em que ocorreu a demanda na sub-bacia i e o instante em que a quantidade de água está disponível na sub-bacia de jusante mais próxima.

Os critérios a serem testados estão baseados numa vazão referencial (item 4.2) e admite-se que a parcela desta vazão, que não é outorgada, destina-se ao atendimento das necessidades ecológicas da bacia.

3.2.2 – Custos de produção do arroz

Os custos de produção apresentados no quadro 3.27 foram obtidos de IRGA (2002). Para um detalhamento maior sobre a formação dos custos dos itens é recomendada a consulta em IRGA (2002).

Quadro 3.27 – Resumo dos itens do custo de produção do arroz

SAFRA 99/00			FEV/2000
ITENS	R\$/ha	%	US\$/ha
ITEM 01 - TERRA DE CULTIVO	147,19	10,54	82,95
ITEM 02 – LAVRAÇÃO E DESMONTE DE TAIPAS	37,04	2,65	20,87
ITEM 03 – DISCAGEM	57,46	4,12	32,38
ITEM 04 – APLAINAMENTO	35,74	2,56	20,14
ITEM 05 – DRENAGEM	37,26	2,67	21,00
ITEM 06 - ADUBO DE BASE E COBERTURA	90,89	6,51	51,22
ITEM 07 – SEMENTE	67,07	4,80	37,79
ITEM 08 - ADUBAÇÃO DE BASE E SEMEADURA	29,87	2,14	16,83
ITEM 09 – ROLAGEM	2,31	0,17	1,30
ITEM 10 – IRRIGAÇÃO	178,44	12,78	100,56
ITEM 11 - CANAIS E CONDUTOS	33,08	2,37	18,64
ITEM 12 - TAIPAS E REMONTES	48,12	3,45	27,12
ITEM 13 – AGUADOR	28,92	2,07	16,30
ITEM 14 - ADUBAÇÃO DE COBERTURA	14,87	1,07	8,38
ITEM 15 - CONTROLE DE INVASORAS, PRAGAS E MOLÉSTIAS	121,08	8,67	68,23
ITEM 16 – COLHEITA	74,87	5,36	42,19
ITEM 17 – TRANSPORTES INTERNOS	42,71	3,06	24,07
ITEM 18 – FRETES	40,18	2,88	22,64
ITEM 19 – SECAGEM	76,13	5,45	42,90
ITEM 20 – ADMINISTRAÇÃO	39,08	2,80	22,02
ITEM 21 – ESTRADAS	3,77	0,27	2,12
ITEM 22 – CERCAS	9,72	0,70	5,48
ITEM 23 - INSTALAÇÕES AGRÍCOLAS	48,38	3,47	27,26
ITEM 24 - TAXAS (CDO, CLASSIFICAÇÃO, FUNRURAL)	59,24	4,24	33,38
ITEM 25 - JUROS DO FINANCIAMENTO DO CUSTEIO AGRÍCOLA	33,08	2,37	18,64
ITEM 26 - JUROS S/ CAPITAL PRÓPRIO DO CUSTEIO AGRÍC.	39,48	2,83	22,25
TOTAL	1.395,98	100,00	786,66
- Cotação do dólar comercial (valor médio-Fev/00, venda)	R\$/US\$	1,77	
- Preço comercial do arroz (sc 50 kg, seco, limpo), Fev/00	R\$/sc	13,20	

ELABORAÇÃO: DEPARTAMENTO COMERCIAL E INDUSTRIAL - EQUIPE DE POLÍTICA SETORIAL

FONTE: Adaptado de IRGA (2002)

Será adotado como custo para irrigar 1 (um) hectare de arroz por inundação (C_{prod}) o valor de U\$ 787,00 - com a cotação do dólar valendo R\$1,77, referente a cotação média do mês de Fevereiro de 2000.

O custo do cultivo do arroz irrigado pode variar bastante dependendo, entre outros fatores, do tipo de equipamento utilizado, das características físicas da área a ser irrigada e da maneira como a água é conduzida até a plantação (por gravidade, com utilização de energia elétrica ou a óleo diesel). IRGA (2002) utilizou as informações dos produtores gaúchos e calculou uma média ponderada dos produtores do Estado. Acredita-se que esse valor também é representativo para a média dos agricultores da região e por isso será utilizado esse valor.

4 - METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para a avaliação de critérios de outorga do uso da água em bacias com as características da bacia do rio Santa Maria prevê a simulação da propagação do escoamento, a análise das possíveis falhas de atendimento das demandas e o estabelecimento de uma base comum para comparação dos resultados dos diferentes critérios.

Pois bem, neste capítulo será feita uma breve descrição da metodologia empregada e no capítulo seguinte serão comentadas a aplicação do método e a forma de comparação dos resultados.

4.1 - Modelos, informações e procedimentos empregados

Este estudo busca analisar quais serão as conseqüências, sobretudo as econômicas, da adoção de diferentes tipos de critérios para a outorga do uso da água na bacia do rio Santa Maria. Para isso, o trabalho se apóia na utilização de diversos programas, entre eles o Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas - SAGBAH.

Para CHAVES e LANNA (1993), *o SAGBAH é um sistema computacional direcionado à simulação quantitativa do processo hidrológico em uma bacia hidrográfica submetida a alterações promovidas por infraestruturas de oferta e demanda de água*. Ele é constituído por vários módulos que: a) geram vazões em sub-bacias; b) contabilizam as contribuições a pontos característicos da rede de drenagem; c) regularizam e propagam vazões que atendem às demandas hídricas.

As informações hidrológicas e climatológicas disponíveis sobre a região de interesse são obtidas em diferentes formatos, sendo então necessário processá-las para que possam ser aproveitadas por outros programas. Para isso foi utilizado o módulo CHUVAZ (processador de dados hidroclimatológicos) do SAGBAH.

Em seguida optou-se pela utilização do módulo MODHAC do SAGBAH - cuja descrição sumária é apresentada no Anexo B - para a geração das séries de vazões em locais sem dados. Essas vazões posteriormente seriam propagadas numa planilha eletrônica (Excel[®]) para a verificação das falhas no atendimento das demandas.

Uma representação esquemática das atividades e programas utilizados no trabalho até a fase de avaliação propriamente dita dos critérios de outorga é apresentada na figura 4.1 a seguir. No capítulo 5 é descrito o restante da metodologia.

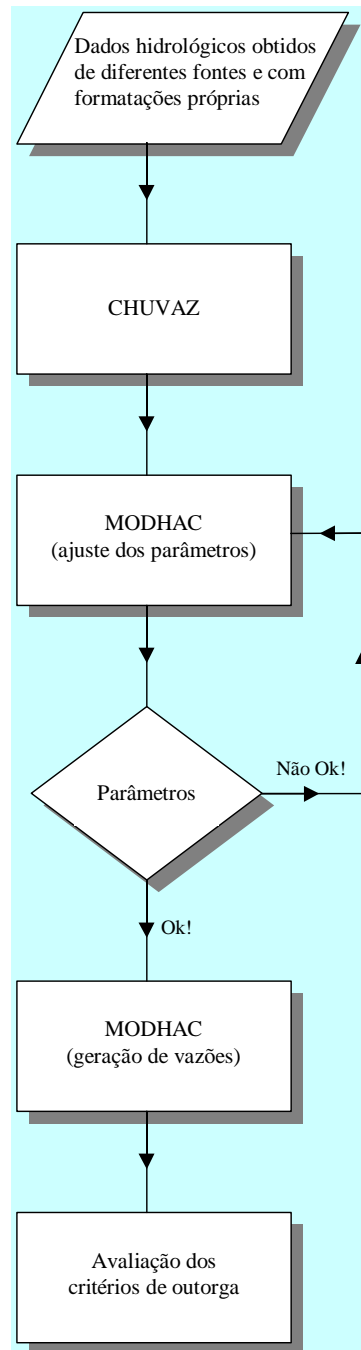


Figura 4.1 - Atividades realizadas até a fase de avaliação dos critérios de outorga

Principalmente na fase de avaliação da parcela das áreas das sub-bacias ocupadas pelos diferentes municípios (comentada no item 3.2), a utilização do programa AutoCad[®] se mostrou bastante eficiente.

Já na etapa de levantamento das áreas de contribuição dos açudes - descrita no item 4.3.1, mais adiante - além do AutoCad[®] foi utilizado o Idrisi[®] para auxiliar na delimitação das referidas áreas.

Inicialmente foi cogitada a possibilidade da realização da simulação da propagação do escoamento com o auxílio do módulo PROPAGAR do SAGBAH. Entretanto, devido ao grande número de reservatórios e a carência de informações a respeito dos mesmos (dimensões, regras de operação e localização) a representação da bacia ficaria simplificada de tal maneira que não justificaria o emprego desse modelo, bastando para o desempenho da atividade, a utilização de uma planilha eletrônica (Excel[®]).

Com as vazões geradas pelo MODHAC, foram calculadas, para cada sub-bacia, as respectivas curvas de permanência¹. A partir dessas curvas foram obtidas as vazões de permanência para 80, 90 e 95% do tempo e adotado como critérios de outorga a serem avaliados as frações de 90% dessas vazões de referência ($0,9*Q_{80}$, $0,9*Q_{90}$ e $0,9*Q_{95}$).

As informações obtidas da literatura que relacionam o déficit hídrico com a queda de produção do arroz (item 4.4) estão dispostas para intervalos de tempo semanais e por essa razão optou-se pela realização das simulações com esse intervalo de tempo. Com séries de chuvas de 22 anos foram gerados 1044 intervalos de vazões que produziram estimativas para 22 safras de arroz para cada uma das 9 (nove) sub-bacias. Supõe-se que essas 22 safras são igualmente prováveis de ocorrer e com isso estima-se (capítulo 5) qual é o rendimento líquido médio esperado (R_{Lm}) do critério a ser testado para um determinado preço do saco de arroz.

4.1.1- Critério da vazão referencial

Esta sistemática apresenta maior facilidade de implantação o que pode explicar a sua popularidade apesar das desvantagens em relação a outras alternativas.

O procedimento de outorga inicia de montante para jusante. Em cada sub-bacia i calculam-se as vazões afluentes, Q'_i , resultantes da soma das vazões remanescentes e dos retornos dos suprimentos realizados nas sub-bacias a montante, com a vazão de contribuição da bacia incremental da sub-bacia em análise.

¹ Curva que relaciona a vazão ou nível de um rio com a probabilidade de ser igualada ou superada por um determinado valor.

A vazão remanescente da sub-bacia m , após terem sido supridas as demandas prioritária e secundária é dada por R_m , igual à afluência subtraída das demandas mencionadas. Outros níveis de prioridade (terciário, etc.) poderão ser incorporados à análise, com a devida alteração na operacionalização.

Se esta vazão for não negativa, o balanço hídrico está fisicamente viabilizado até esta sub-bacia. Caso contrário, os suprimentos globais desta sub-bacia somados aos de montante estão além das disponibilidades hídricas. Para viabilizar o balanço, os suprimentos deverão ser reduzidos nesta sub-bacia e nas de montante. Uma vez viabilizado o balanço até a sub-bacia i , passa-se à seguinte, até que se atinja a foz do rio principal da bacia - quando relatórios de resultados deverão ser gerados e as outorgas implementadas.

Uma orientação simplificada tem sido adotada para outorga pelo critério da vazão referencial, em algumas bacias, como a do rio Grande no Oeste do estado da Bahia (Lanna, 1998). Em cada sub-bacia a vazão referencial é, portanto, a outorga a todas as demandas, deverá ser a vazão de contribuição da bacia incremental. A figura 4.2 ilustra a aplicação desta orientação e seus resultados. Suponha que a linha superior represente as vazões que ocorrem ao longo de um curso de água. Para efeito de análise, suponha que esta vazão é a referencial, eventualmente a Q_{80} e que, portanto, esta situação de estiagem ocorra simultaneamente ao longo de todo o trecho fluvial, sendo arbitrariamente proporcional à distância entre a seção fluvial dada, ou sub-bacia, e a nascente.

A vazão ecológica, dada por um percentual fixo da vazão referencial é também apresentada na figura, pela linha inferior. Numa sub-bacia a jusante, esta vazão é dada pela que provém da seção a montante, somada àquela formada na bacia incremental entre as sub-bacias.

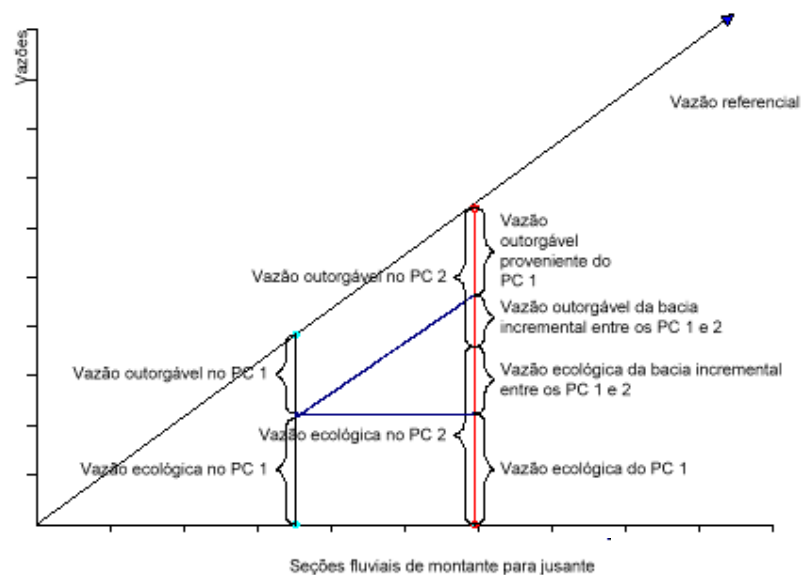


Figura 4.2 – Vazão referencial baseada na vazão incremental (Fonte: LANNA, 1998)

Na primeira seção, ou ponto característico 1 (PC 1), está marcada a vazão outorgável para os demais usos além da proteção à natureza, dada pela diferença entre a vazão referencial e a vazão ecológica. Na segunda seção fluvial, ou ponto característico 2 (PC 2), a vazão outorgável é resultado de duas parcelas: aquela proveniente do PC 1, caso não tenha sido utilizada, e a proveniente da bacia incremental entre os PC 1 e 2. Sendo assim, na medida em que nas seções a montante toda vazão outorgada seja utilizada e não ocorram retornos, a vazão disponível em uma seção a jusante será aquela resultante da bacia incremental. Portanto, esta orientação reserva a cada PC o uso das vazões geradas na sua própria bacia incremental. A vantagem está na simplicidade de operacionalização que não necessita a implantação de modelo de simulação hidrológica da bacia - a vazão da bacia incremental será a referência a ser adotada na outorga.

A desvantagem desta orientação é que ela poderá agravar ainda mais a crítica principal ao critério da vazão referencial. Como a vazão de uma bacia incremental somente poderá ser utilizada nela, usuários a jusante poderão ter carências de água ocasionadas pela não concessão de outorgas das águas que não forem utilizadas nas sub-bacias de montante.

4.1.2 - Conseqüências da adoção de diferentes níveis de outorga

A figura 4.3 esquematiza a evolução da produtividade de um determinado cultivo (em dada sub-bacia) quando o fornecimento de água sofre aumentos nos

volumes captados. É de se esperar que, quando o abastecimento for 100% garantido, a produtividade seja a máxima possível. Obviamente, eliminam-se os casos de surgimento de pragas, anomalias climáticas, manejo inadequado etc.. Na medida que surjam falhas e as mesmas se tornem mais freqüentes, esta influência será traduzida numa perda progressiva de produtividade.

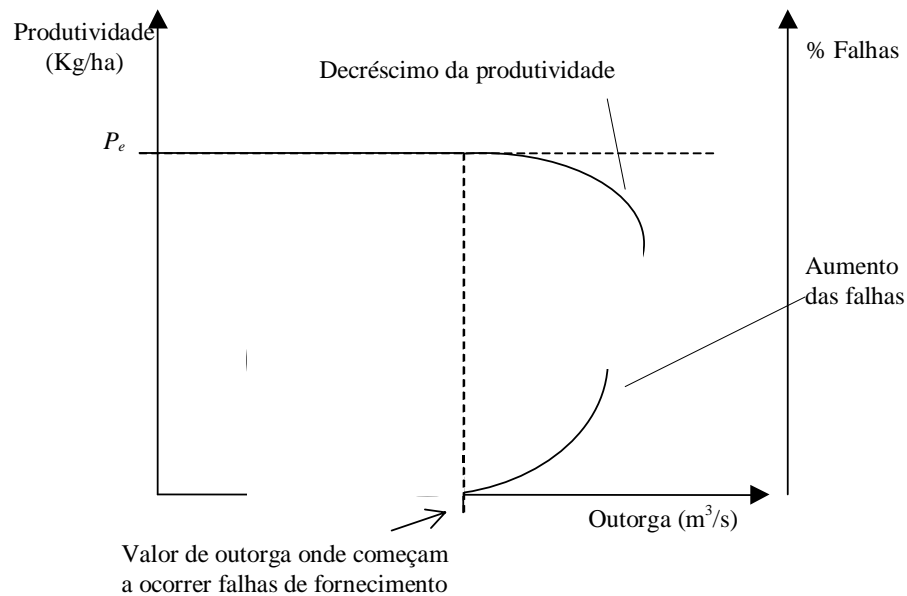


Figura 4.3 - Evolução da produtividade agrícola sujeita a aumentos de outorga

Admitindo que o aumento de outorgas resulta em aumento das áreas plantadas em cada sub-bacia sem, contudo, comprometer o abastecimento humano e a vazão ecológica. A partir de um determinado nível de outorga, as crescentes falhas no atendimento das demandas causam quedas de produtividade cada vez mais acentuadas.

Para efeito dos cálculos, é considerado que o consumo médio da irrigação do arroz vale 1,6 l/s/ha (quadro 3.23). Esse valor serve de base para determinar a área que pode ser irrigada a partir de determinada outorga. Por exemplo, uma outorga de 0,8 m^3/s para a irrigação é suficiente para irrigar uma área de 500 ha. Na figura 4.4 relaciona-se linearmente o nível de outorga concedido com a área possível de ser irrigada.

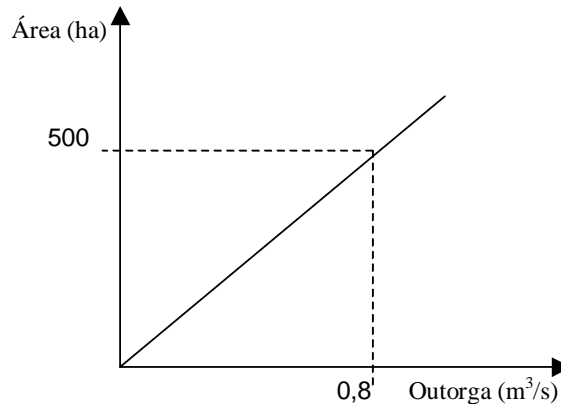


Figura 4.4 - Outorga versus área plantada

O produto gráfico de produtividade (figura 4.3) pelo gráfico da área plantada (figura 4.4) resulta num gráfico de **área plantada versus produção** (figura 4.5). A seguir tem-se um exemplo hipotético de como as sub-bacias devem ser trabalhadas a fim de maximizarem os seus benefícios.

Ampliando o nível da análise dos critérios de outorga, pode ser levado em consideração o valor de comercialização do saco de arroz. Como esse valor varia de ano para ano, serão feitas algumas hipóteses (capítulo 5) e a partir daí serão obtidas, para cada sub-bacia, uma série de R_L alternativos que permitem incorporar na definição do critério de outorga a probabilidade de obtenção de rendimentos líquidos não negativos ($P(R_L \geq 0)$).

No quadro 4.1 a seguir, é apresentada evolução (hipotética) da produção agrícola de uma determinada sub-bacia, sujeita a aumentos sucessivos de outorgas e, paralelamente, de áreas plantadas levando em consideração na análise o R_{Lm} e a $P(R_L \geq 0)$. No exemplo é admitido o plantio de arroz, cuja produtividade média (P'_{md}) atingida na região é de 5.100 Kg/ha.. Foi adotado o preço médio do saco de arroz (V_m) sendo US\$ 10,00 e o custo para irrigar 1 (um) hectare (C_{prod}) sendo US\$ 790,00.

A partir deste momento, a análise pode tomar diferentes rumos, dependendo do ponto de vista do tomador de decisão:

- i) se o objetivo é maximizar a produção do arroz, deve ser recomendado a outorga de $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (irrigando uma área de 470 ha);
- ii) caso o objetivo seja atingir o maior rendimento médio esperado, recomendar-se-ia outorgar $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ (possibilitando a irrigação de uma área de 280 ha);

- iii) caso o objetivo seja atingir o maior rendimento médio esperado juntamente com a menor possibilidade de obter rendimentos líquidos negativos, recomendar-se-ia outorgar 0,34 m³/s (possibilitando a irrigação de uma área de 210 ha).

Quadro 4.1- Evolução hipotética da produção agrícola e dos rendimentos líquidos (R_L) de uma determinada sub-bacia

Outorga (m ³ /s)	Produtividade (Kg/ha)	Área plantada (ha)	Produção (t)	Benefício (U\$)	Custo (U\$)	R_{Lm} (U\$)	$P(R_L \geq 0)$	$R_{Lm} * P(R_L \geq 0)$ (U\$)
0,1	5.100	63	319	63.750	49.375	14.375	0,99	14.231
0,2	5.100	125	638	127.500	98.750	28.750	0,99	28.463
0,3	5.100	188	956	191.250	148.125	43.125	0,96	41.400
0,4	4.900	250	1.225	245.000	197.500	47.500	0,87	41.325
0,5	4.700	313	1.469	293.750	246.875	46.875	0,80	37.500
0,6	4.500	375	1.688	337.500	296.250	41.250	0,60	24.750
0,7	4.100	438	1.794	358.750	345.625	13.125	0,20	2.625
0,8	3.600	500	1.800	360.000	395.000	-35.000	0,20	-7.000
0,9	3.000	563	1.688	337.500	444.375	-106.875	0,15	-16.031

A figura 4.5 apresentada a seguir ilustra o exemplo:

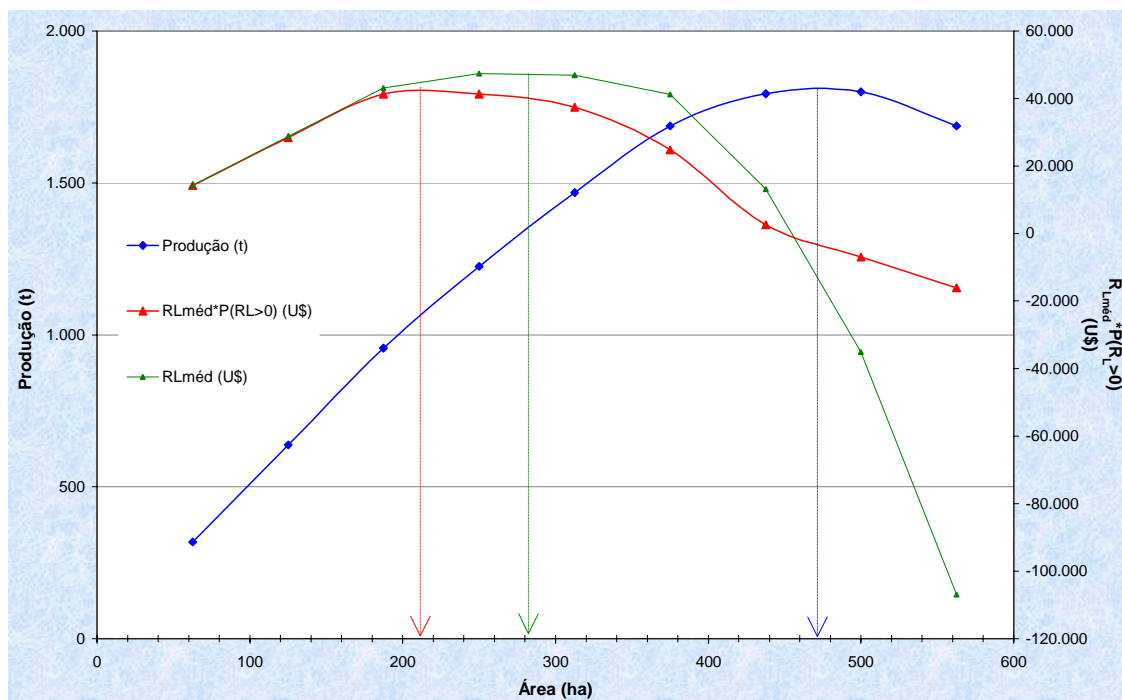


Figura 4.5 - Produção agrícola e $R_{Lm} * P(R_L \geq 0)$ em função da área plantada

Tendo em vista a aversão ao risco que normalmente ocorre em atividades agrícolas, uma das funções objetivo (FO_3 - apresentada com maiores detalhes no item 4.6) que este trabalho utilizará é o produto $R_{Lm} * P(R_L \geq 0)$ - o qual inclui em sua fórmula, além do rendimento líquido médio esperado, a probabilidade de obtenção de rendimentos líquidos não negativos. Para o caso do exemplo do quadro 4.19 a FO_3 apontaria como melhor resultado o valor US\$ 41.400 correspondente à outorga que libera 0,3 m³/s, ao passo que se fosse levado em consideração apenas o rendimento líquido médio o melhor resultado seria de US\$ 47.500 proveniente da $Q_{out} = 0,4$ m³/s.

4.2 - Determinação da série de vazões

A deficiência dos registros históricos de dados hidroclimatológicos, em geral, é fator limitante na elaboração de quaisquer estudos hidrológicos. Neste estudo, em particular, são necessárias séries de vazões nos locais de interesse para que se possa avaliar o atendimento às diversas demandas e o nível de possíveis falhas de seus respectivos atendimentos. Uma vez que não se possuem registros históricos de vazões nas seções de interesse, buscou-se uma metodologia que permitisse gerar uma série de vazões com base nos registros disponíveis em bacias próximas.

Em síntese, foi utilizado um modelo hidrológico determinista de transformação precipitação-vazão, ajustando-o em uma bacia que disponha de registros históricos de precipitações e vazões em um período comum, além de apresentar morfologia compatível com a bacia de interesse, e estar sujeita ao mesmo regime hidrológico. Em seguida, os parâmetros obtidos no ajuste foram transpostos para a bacia com deficiência de dados, admitindo-os como representativos do comportamento desta.

As bacias que dispunham de dados aproveitáveis são as bacias delimitadas pelas estações fluviométricas: Passo do Guterres (sub-bacia I), Rosário do Sul (sub-bacia II), Azevedo Sodré (sub-bacia III) e Cacequi (sub-bacia IV), já apresentadas no quadro 3.2. Com base nos registros históricos de vazões desses postos, mais os registros pluviométricos dos postos apresentados no quadro 3.3 e com os valores da evapotranspiração (item 3.1.3) é possível ajustar o referido modelo.

No quadro 4.2, apresentado à seguir, constam os postos que foram utilizados nas diferentes fases do estudo.

Quadro 4.2 – Postos Climatológicos utilizados para o cálculo da ETP nas diferentes fases do estudo

Posto	Calibração Sub-bacia				Geração Sub-bacia								
	I	II	III	IV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dom Pedrito	■	■			■	■		■					
Santana do Livramento									■				
São Gabriel			■	■			■			■	■	■	■

Obs.: campos sombreados representam os postos que foram utilizados pela sub-bacia

4.2.1 - Ajuste e verificação do MODHAC

As seções Passo do Guterres (sub-bacia I), Rosário do Sul (sub-bacia II), Azevedo Sodré (sub-bacia III) e Cacequi (sub-bacia IV) delimitam áreas de 577, 12.077, 1.220 e 1.826 Km², respectivamente. Considerando que as seções nas quais se quer gerar séries de vazões delimitam áreas que variam de 800 até 2.700 Km², optou-se por ajustar o modelo nas quatro seções e depois escolher o conjunto de parâmetros que fornecesse o melhor ajuste e que ao mesmo tempo fosse o mais representativo.

O ajuste do modelo foi realizado basicamente através da consideração dos seguintes critérios:

- 1º) Otimização da Função Objetivo (*F.O.*) incorporada ao modelo, minimizando seu valor pela maior correspondência possível entre vazões observadas (Q_{obs}) e calculadas (Q_{calc}), decorrentes estas últimas das sucessivas modificações dos parâmetros;
- 2º) Análise visual pela comparação entre as séries geradas e observadas ao longo do tempo;
- 3º) Consideração da maior ou menor correspondência entre volumes calculados e observados;
- 4º) Avaliação do coeficiente de determinação (R^2).

Os procedimentos de calibração foram iniciados com o ajuste de alguns parâmetros do MODHAC. Nas primeiras tentativas liberou-se para a calibração os parâmetros mais sensíveis, de acordo com o preconizado em LANNA e SCHWARZBACH (1989), mantendo-se fixo os demais. Em seguida foram agregados outros parâmetros à calibração, na busca do melhor conjunto capaz de retratar o comportamento da bacia. De posse dos resultados das várias tentativas de ajuste, foi escolhido o melhor conjunto de parâmetros, de acordo com os critérios enumerados anteriormente. O conjunto de parâmetros escolhidos foi o da simulação da sub-bacia II (Rosário do Sul) com Função Objetivo Logarítmica.

Em seqüência ao ajuste do modelo em Rosário do Sul, efetuou-se uma verificação com os parâmetros obtidos para as outras sub-bacias. A verificação permitiu avaliar o acerto do ajuste, resultando em uma boa aderência à série histórica disponível em Azevedo Sodré e Cacequi.

No quadro 4.3 tem-se as vazões mensais observadas e calculadas durante a calibração em Rosário do Sul. A *F.O.* utilizada para a calibração foi a função logarítmica. O intervalo de computação dos dados é diário e o intervalo de simulação é mensal (maiores detalhes sobre os intervalos de computação e de simulação estão na descrição do MODHAC, apresentada no Anexo B).

Quadro 4.3 - Vazões mensais observadas e calculadas durante a calibração em Rosário do Sul (m^3/s)

Mês	1978		1979		1980	
	Q_{obs}	Q_{calc}	Q_{obs}	Q_{calc}	Q_{obs}	Q_{calc}
Jan.	6,2	7,7	1,5	5,2	1,6	5,6
Fev.	10,0	7,3	1,1	1,3	4,5	3,6
Mar.	5,3	5,0	2,5	2,2	12,2	7,5
Abr.	5,2	3,0	3,9	4,7	134,3	147,6
Mai.	8,8	4,4	6,7	7,2	26,6	24,2
Jun.	13,7	7,1	3,4	11,5	89,0	131,2
Jul.	77,6	84,1	8,7	15,0	96,4	87,7
Ago.	77,2	55,6	79,4	93,5	44,9	54,2
Set.	18,8	15,7	30,4	81,5	7,9	17,5
Out.	20,8	33,8	136,9	152,2	141,4	181,4
Nov..	46,9	54,2	48,3	65,3	55,8	57,5
Dez.	23,5	31,9	19,2	15,7	32,4	37,5
Média	24,15	23,83	26,31	35,02	49,77	58,12

No quadro anterior observa-se que a diferença das médias das Q_{obs} e Q_{calc} são relativamente pequenas, da ordem de 10 a 20%, sendo que para o ano de 1978 a média das vazões calculadas pelo modelo ficou abaixo da média das vazões observadas e para os demais anos a situação se inverteu, fazendo com que a média das vazões calculadas ficasse acima da média das vazões observadas.

O resultado da calibração mensal é apresentado na figura 4.6 a seguir.

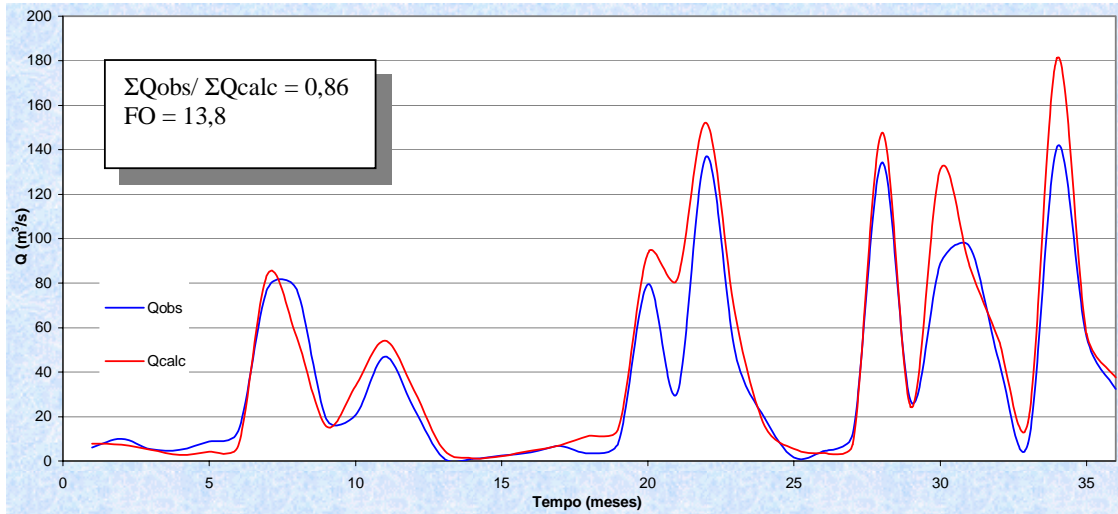


Figura 4.6- Calibração do MODHAC na sub-bacia II (Rosário do Sul)

Período: 01/1978 - 12/1980

A figura 4.7 apresenta um comparativo entre as curvas de permanência de vazões mensais observadas e calculadas para Rosário do Sul.

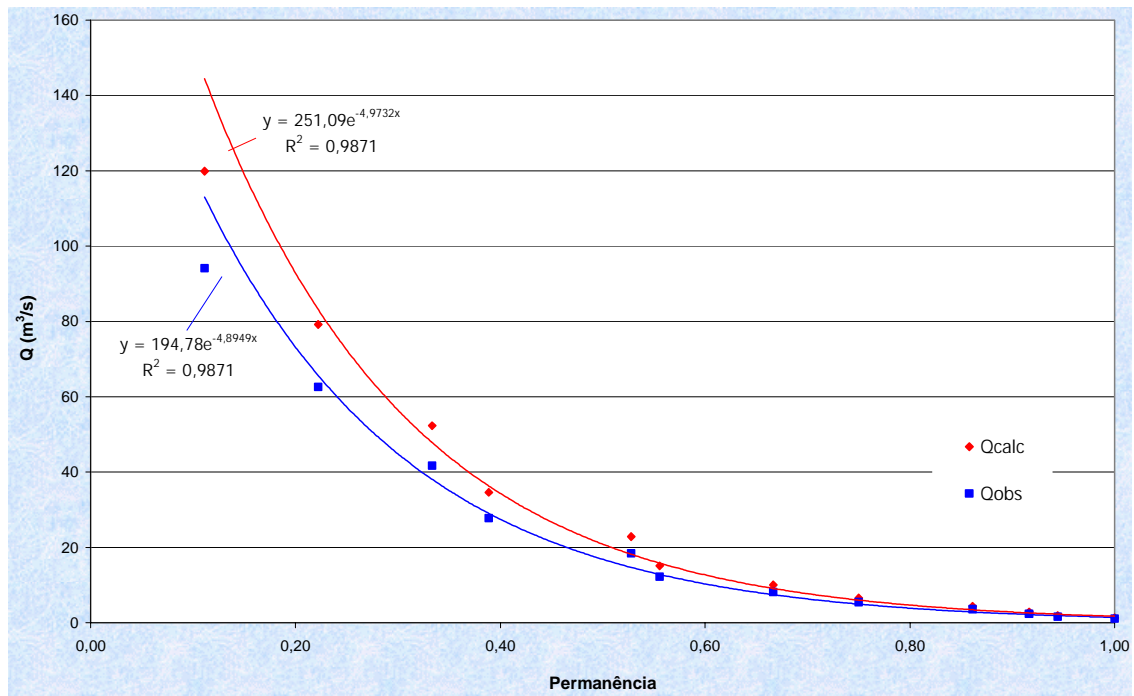


Figura 4.7 - Curvas de permanência de vazões mensais em Rosário do Sul

Período:

01/1978 - 12/1980

Conforme pode ser observado na figura anterior, as vazões calculadas pelo modelo se distanciam mais das vazões observadas à medida que as vazões aumentam. Como a faixa de vazões de interesse do estudo é para os menores valores, admitiu-se que o modelo retratou bem o comportamento do sistema, o que foi assegurado pela adoção da função-objetivo logarítmica..

No quadro 4.4 apresentado a seguir podem ser observados os resultados da verificação do ajuste para as sub-bacias I, III e IV.

Quadro 4.4 - Resultados da verificação dos parâmetros

Sub-bacia	F. O.	ΣQ_{obs}	ΣQ_{calc}	$\Sigma Q_{obs}/\Sigma Q_{calc}$
I	45,10	2.368	1.432	1,65
III	158,78	1.470	1.685	0,87
IV	89,05	2.025	1.951	1,04

Da análise do quadro anterior (4.4), observa-se que a maior diferença entre os somatórios das Q_{obs} e Q_{calc} ocorre na sub-bacia I (Passo do Guterres) que delimita a menor área dos postos utilizados - 577 Km². Para as demais sub-bacias, a relação entre Q_{obs} e Q_{calc} se manteve mais próxima, ora o somatório de Q_{calc} sendo maior que o somatório de Q_{obs} (sub-bacia III), ora invertendo a situação (sub-bacia IV).

Embora a prioridade fosse o ajuste das vazões mínimas, de um modo geral, o modelo também retratou convenientemente o comportamento da bacia para as vazões médias e máximas, assegurando assim a concordância entre os volumes totais escoados observados e calculados durante o ajuste do modelo. Somando-se a adequada representação das vazões mínimas, tem-se a garantia de um ajuste apropriado e da geração de séries consistentes.

Algumas discrepâncias, decorrentes da falta de pluviômetros, são normais e, para o fim ao qual se destina a série gerada, é perfeitamente admissível prescindir da sua verossimilhança em alguns eventos isolados. Embora oriunda de um mecanismo notadamente determinista, a série obtida é utilizada sob um enfoque probabilístico, bastando que se garanta a validade de suas características estatísticas. Em suma, considera-se a série gerada como apresentando qualidade e confiabilidade aceitáveis, sendo a melhor série possível de ser obtida com as informações disponíveis.

A seguir será descrito o procedimento para a determinação das áreas de contribuição dos numerosos açudes existentes na bacia, requisito necessário para executar o próximo passo do estudo - geração das séries de vazões.

Determinação da área de contribuição dos açudes

A bacia do rio Santa Maria é conhecida por ser uma grande produtora de arroz, sendo responsável por cerca de 10% do total da produção do Estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com UFSM (1998) a maior parte da produção de arroz da bacia (80%) é feita através de água acumulada em açudes e barragens, que são muito numerosas, em torno de 810, segundo cadastro feito pelo IRGA em 1996. Esses açudes acumulam água na maior parte do ano para liberarem durante o período da irrigação do arroz, que vai de novembro a fevereiro.

Para realizar a geração das séries de vazões, deve ser levada em conta a existência desses reservatórios. A área da sub-bacia que efetivamente contribui para a geração de escoamento ($A_{ef,i}$) não é a área total da bacia (A_i), e sim, a diferença entre a A_i e a área de contribuição dos açudes ($A_{aç,i}$). Sendo assim, torna-se necessária a determinação dessas $A_{aç}$ para a correta geração das vazões.

Inicialmente, tentou-se realizar essa tarefa de modo automático, mas os dados disponíveis não estavam suficientemente discretizados para que se obtivessem resultados confiáveis. A região possui áreas muito planas próximas ao leito dos rios, o que faz com que o algoritmo adotado não consiga determinar a direção do escoamento nessas áreas, comprometendo a realização do restante do processo de cálculo.

Devido a isso, usando-se o arquivo de localização dos açudes, as curvas de nível da região na escala 1:50.000 e, ainda, com o auxílio de imagens de satélite passou-se a realizar a delimitação das $A_{aç,i}$ manualmente através do programa AutoCad[®].

Feito isso, para cada sub-bacia i foi determinado um reservatório equivalente ($R_{eq,i}$) que drena uma área correspondente ao somatório das áreas de drenagem dos açudes que pertencem à sub-bacia ($A_{eq,i}$). A figura 4.8 abaixo representa a operação descrita.

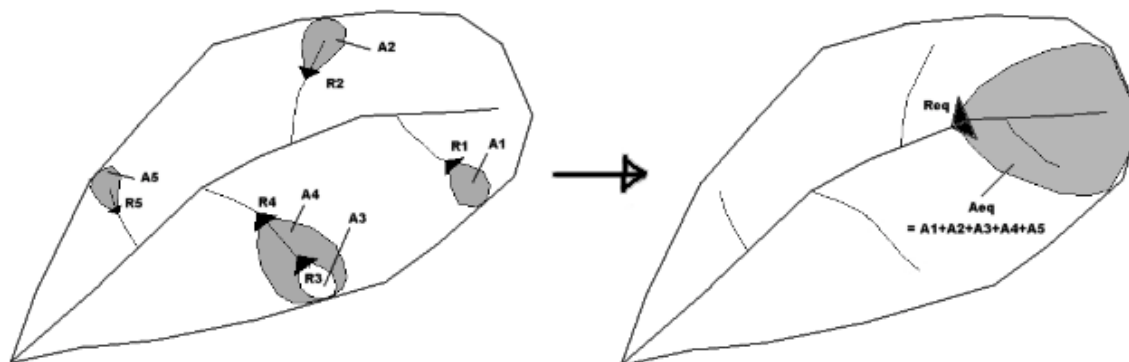


Figura 4.8- Representação dos reservatórios

Conforme pode ser observado na figura 4.8, optou-se por representar o $R_{eq,i}$ na porção mais de montante da bacia e esse procedimento exercerá influência no momento da simulação da propagação do escoamento (item 4.3).

O artifício da determinação de um $R_{eq,i}$ para cada sub-bacia i é uma abstração realizada tendo em vista a necessidade de representação do sistema e o nível de informações disponíveis. Uma representação mais fiel exigiria um investimento grande na aquisição de informações e demandaria um tempo que não se tem disponível para este trabalho.

Embora a utilização de um $R_{eq,i}$ seja uma simplificação, os resultados dos níveis de atendimento das demandas (objetivo da simulação da propagação do escoamento) não ficam comprometidos, uma vez que são trabalhados com os valores de demandas totais por sub-bacia.

No quadro 4.5, apresentado à seguir, constam as áreas totais, áreas que drenam para reservatórios e as áreas que, efetivamente, contribuem para a geração de escoamento em cada sub-bacia.

Quadro 4.5 - Áreas totais, áreas de contribuição para açudes e áreas efetivas por sub-bacia

Sub-bacia	A_i (Km ²)	$A_{eq,i}$ (Km ²)	Fração	$A_{ef,i}$ (Km ²)
1	2.323,0	611,2	26%	1.711,8
2	2.523,9	322,9	13%	2.201,0
3	1.200,9	380,4	32%	820,5
4	2.760,5	797,1	29%	1.963,4
5	1.744,2	154,5	9%	1.589,7
6	1.592,8	385,7	24%	1.207,1
7	1.044,2	194,6	19%	849,6
8	1.886,4	335,5	18%	1.550,9
9	800,7	112,3	14%	688,4
Total	15.877	3.294	21%	12.583

Ainda a respeito da representação dos R_{eq} , devem ser comentados alguns aspectos relativos à fração de retorno adotada para o volume de água utilizado pelo R_{eq} (f_{Req}). Será considerado neste estudo que:

- i) todo o volume armazenado (item 4.4.1) nos R_{eq} é destinado à irrigação do arroz, portanto, a f_{Req} está diretamente associada à f_{irr} ;
- ii) os R_{eq} armazenam água durante o ano inteiro, havendo liberação somente durante o período de cultivo do arroz, conforme o volume total armazenado (quadro 4.26 apresentado mais adiante) no reservatório;

A partir das demandas hídricas do cultivo do arroz (quadro 4.13), foi determinado o percentual do volume que é liberado a cada intervalo de tempo para a irrigação. Esse percentual multiplicado pelo volume armazenado no R_{eq} (V_i) resulta na quantidade de água que é liberada do reservatório para o cultivo do arroz.

No item 3.2.1 (sub-item: **Fração de retorno (f) e vazão ecológica**), ficou estabelecido que o valor adotado para f_{irr} é de 0,6. Para f_{Req} será adotado um valor um pouco menor ($f_{Req} = 0,5$) em virtude da disposição espacial dos açudes. Alguns açudes estão localizados à jusante de outros e acabariam fazendo uso da f_{Req} do açude de montante, diminuindo a quantidade de água que retornaria para o curso de água.

Com a f_{Req} e o percentual do V_i liberado por intervalo de tempo, calcula-se a vazão que retorna para o curso de água ($Q_{Req,i}$). No quadro 4.6 a seguir, é apresentado um exemplo hipotético do procedimento adotado para uma bacia i com $V_i = 10 \text{ Hm}^3$.

Quadro 4.6 - Vazão de retorno dos reservatórios equivalentes ($Q_{Req,i}$)

Δt	c (m^3/s)	% do total	V_{lib} (m^3)	$Q_{lib,i}$ (m^3/s)	$Q_{Req,i}$ (m^3/s)
1 a 7	0,0017	9	852.192	1,4	0,7
8 a 14	0,0012	6	596.534	1,0	0,5
15 a 21	0,0012	6	596.534	1,0	0,5
22 a 30	0,0009	5	463.971	0,6	0,3
31 a 37	0,0005	3	255.658	0,4	0,2
38 a 44	0,0005	3	255.658	0,4	0,2
45 a 51	0,0005	3	255.658	0,4	0,2
52 a 61	0,0008	4	417.574	0,5	0,2
62 a 68	0,0033	17	1.704.384	2,8	1,4
69 a 75	0,0033	17	1.704.384	2,8	1,4
76 a 82	0,0033	17	1.704.384	2,8	1,4
83 a 92	0,0023	12	1.193.069	1,4	0,7
Σ	0,0194	100	10.000.000	-	-

Cabe observar que essa Q_{Req} só estará disponível no ponto de jusante após 4 (quatro) intervalos de tempo, conforme já discutido na seção 3.2.1.

4.2.2 - Geração das séries de vazões

Uma vez calibrado o modelo matemático, e admitindo-se os parâmetros obtidos como representativos da bacia de interesse, é possível gerar séries de vazões nas seções com deficiência de dados, desde que se disponha de séries de precipitação e evapotranspiração igualmente representativas.

Conforme já referido, a série de evapotranspirações a ser utilizada pelo MODHAC foi obtida pelo método de Thornthwaite, com base nas temperaturas médias mensais registradas em Dom Pedrito, Santana do Livramento e São Gabriel. A evapotranspiração diária, para uso do modelo, foi considerada constante ao longo do mês.

O modelo foi calibrado para um período de simulação mensal e as séries de vazões geradas foram para intervalos de tempo semanais. Acredita-se que isso não represente maiores problemas, pois o período de computação (diário) foi o mesmo nas diferentes fases.

No quadro 4.7 a seguir, são apresentados os parâmetros do MODHAC com os valores originais da calibração mensal. No Anexo C, quadros C.1 a C.9, são apresentadas as séries mensais geradas para cada seção de interesse .

Quadro 4.7 - Parâmetros da calibração do MODHAC da sub-bacia 2 -F.O. logarítmica

Parâmetro	Sub-bacia 2
Capacidade Máx. do Reserv. Superficial. (RSPX)	185,3
Capacidade Máx. do Reserv. Sub-superficial. (RSSX)	111,1
Capacidade Máx. do Reserv. Subterrâneo (RSBX)	49,16
Permeabilidade do Solo (IMAX)	318,9
Infiltração Mínima (IMIN)	121,3
Exp. da Lei de Esvaziam. do Reserv. Superf. (ASP)	0,00328
Exp. da Lei de Esvaziam. do Reserv. Sub-superf. (ASS)	0,23
Exp. da Lei de Esvaziam. do Reserv. Subterr. (ASB)	0,00086
ΣQ_{obs}	1.303
ΣQ_{calc}	1.788
F.O.	13,82

Na figura 4.9, tem-se uma amostra do comportamento conjunto das seções estudadas com dados acumulados mensalmente.

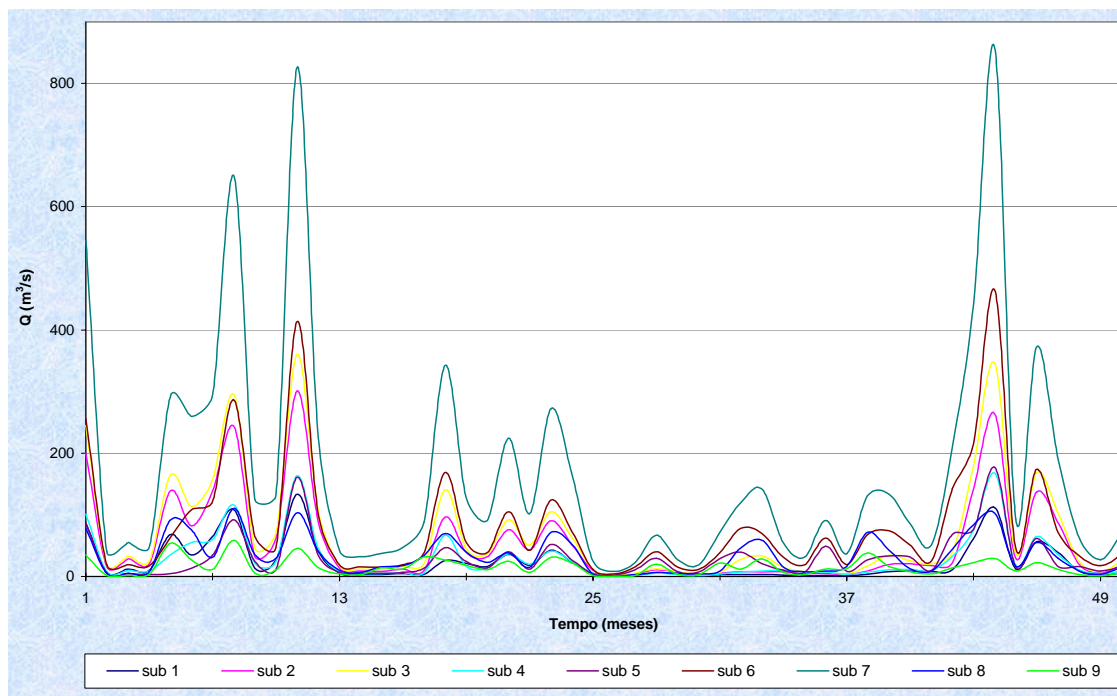


Figura 4.9 - Amostra do comportamento conjunto das seções estudadas

Convém ressaltar que as séries de vazões foram geradas a partir de dados de chuvas registrados de setembro de 1976 a maio de 1998. Destarte, a condição inicial dos reservatórios superficial, sub-superficial e subterrâneo adotada foi a de suas respectivas capacidades máximas, visto que o clima da região caracteriza-se pela ocorrência de estação chuvosa entre os meses de maio e agosto.

Conforme citado anteriormente, foram geradas séries semanais de vazões. Talvez a denominação semanal para o período de simulação não seja a mais apropriada, uma vez que para cada mês são gerados 4 (quatro) intervalos de vazão - sendo do dia 1º ao dia 7 correspondente ao 1º intervalo; do dia 8 ao dia 14 o 2º intervalo; do dia 15 ao 21 o 3º intervalo - e a duração do último intervalo depende do número de dias do mês. Em se tratando de um mês de 28 dias (fevereiro), o intervalo será de 7 (sete) dias; se o mês for de 30 dias, a duração do último intervalo será de 9 dias. Portanto, apesar de ser chamado semanal, em um período de simulação, poderão existir intervalos com duração diferente de 7 (sete) dias.

Para cada sub-bacia foram calculadas as suas curvas de permanência - através de procedimento descrito no Anexo D - e depois foram determinadas as vazões outorgáveis por sub-bacia incremental que seriam testadas.

4.3 - Propagação das vazões

Conforme já comentado anteriormente, a bacia do rio Santa Maria possui um grande número de pequenos reservatórios construídos com a finalidade de acumular água para a irrigação.

Para realizar a propagação do escoamento na bacia é necessário levar em conta a existência desses reservatórios, uma vez que durante os períodos de irrigação existe a contribuição da fração de retorno das áreas irrigadas pelos açudes (já comentada na seção 4.2.1). É, então, necessário estimar o volume de água armazenado nos açudes que retorna para os rios.

4.3.1 - Determinação do volume armazenado nos R_{eq}

BOURSCHEID (1996 a) estimou que o volume total de água armazenado em 1996 nos açudes da bacia representou um volume de 225 Hm³, sendo responsável pelo alagamento de uma área de 22.000 ha com uma profundidade média de 1,5 m.

Na falta de informações mais completas acerca do volume e localização dos açudes, foi utilizado o volume total acumulado nos açudes ($V_{tot} = 225 \text{ Hm}^3$) juntamente com as áreas de contribuição para os açudes ($A_{eq,i}$) - determinadas a partir do cadastro de usuários, curvas de nível e imagens de satélite e já apresentadas no quadro 4.5 - para a determinação dos volumes armazenados por sub-bacia através da relação de proporções:

$$V_i = \frac{A_{eq,i}}{A_{eq,tot}} * V_{tot} \quad (4.1)$$

onde:

V_i : volume armazenado no $R_{eq,i}$;

$A_{eq,i}$: área de contribuição dos açudes para o $R_{eq,i}$;

$$A_{eq,tot} = \sum_{i=1}^9 A_{eq,i} \quad (4.2)$$

No quadro 4.8 apresentado a seguir, constam os volumes armazenados nos R_{eq} das sub-bacias.

Quadro 4.8 - Volumes armazenados por R_{eq}

$R_{eq,i}$	$A_{eq i}$ (Km ²)	V_i (Hm ³)
1	611,2	41,7
2	322,9	22,1
3	380,4	26,0
4	797,1	54,4
5	154,5	10,6
6	385,7	26,3
7	194,6	13,3
8	335,5	22,9
9	112,3	7,7
Σ	3.294	225,0

No próximo item, será apresentado o procedimento adotado para a simulação da propagação do escoamento na bacia.

4.3.2 – Descrição do procedimento adotado

Depois de determinado o volume armazenado no R_{eq} , o próximo passo seria dividir esse volume durante as simulações. Foi adotado $f_{Req} = 0,5$ defasado de 4 (quatro) semanas (item 4.2.1), ou seja, metade da vazão requerida para a irrigação está disponível para consumo no ponto de jusante mais próximo 4 (quatro) semanas após ter sido liberada do reservatório. Vale lembrar que os R_{eq} das sub-bacias estão dispostos na porção mais a montante de suas respectivas sub-bacias. Um esquema da representação da rede adotada vem apresentado na figura 4.10 a seguir.

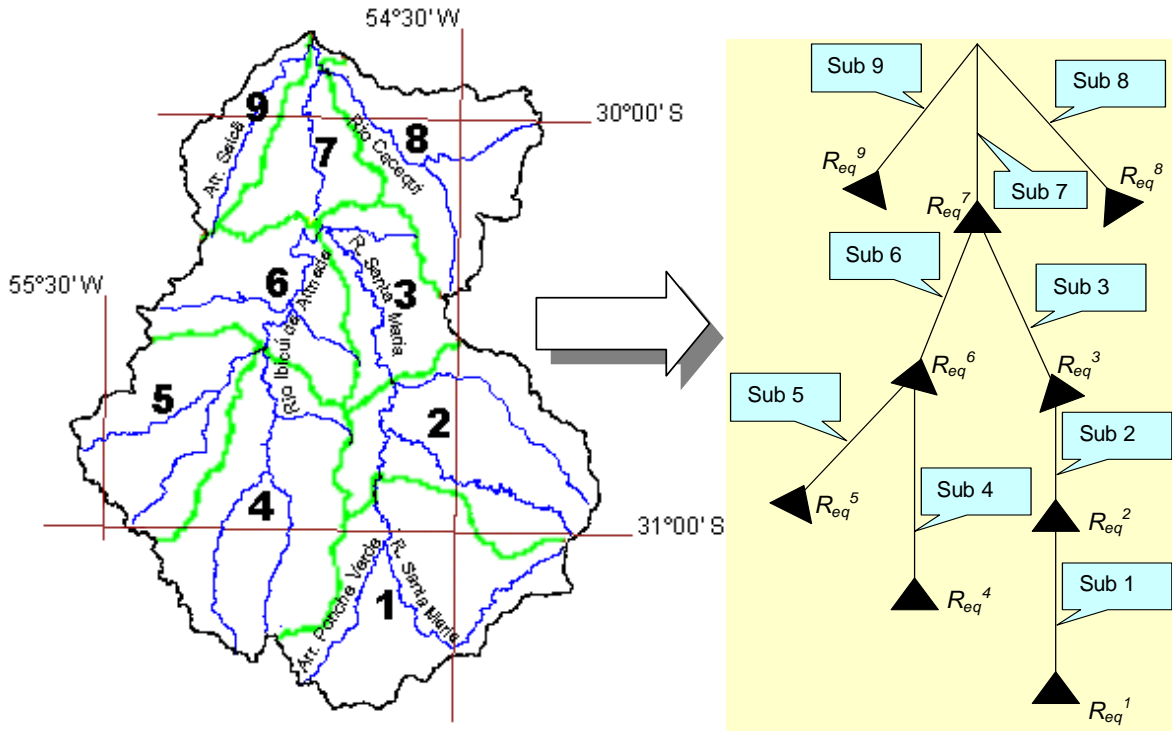


Figura 4.10 - Representação da rede da bacia do rio Santa Maria

A partir da vazão disponível para consumo na sub-bacia i (Q'_i), é verificado se essa vazão é suficiente para atender a D_{prim} . Se for suficiente, a D_{prim} é integralmente atendida (não há falhas) e a D_{prim} equivale a demanda primária atendida ($D_{prim at}$). Para os casos da Q'_i não ser suficiente para o atendimento da D_{prim} , a D_{prim} é suprida até haver o esgotamento da Q'_i , e então teremos $D_{prim at} < D_{prim}$ (ocorrendo falhas). A vazão disponível para irrigação numa dada sub-bacia i é a diferença entre a Q'_i e a $D_{prim at}$.

A propagação das vazões foi realizada da seguinte maneira:

$$Q'_i(t) = Q_i(t) + R_m(t) + Q_{Req,i}(t-4), \quad (4.3)$$

onde:

$$R_m(t) = Q'_m(t) - D_{prim at,m}(t) + f_{ch} * D_{prim at,m}(t) - D_{irr at}(t) + f_{irr} * D_{irr at,m}(t-4) \quad (4.4)$$

$Q'_i(t)$: Vazão disponível para consumo na bacia i , no instante t ;

$Q_i(t)$: Vazão gerada pelo MODHAC para a bacia i , no instante t ;

$R_m(t)$: Vazão que não é consumida na bacia de montante m no instante t ;

$Q_{Req,i}(t)$: Vazão de retorno do arroz das áreas irrigadas pelo $R_{eq,i}$;

$Q'_m(t)$: Vazão disponível para consumo na bacia de montante m , no instante t ;
$D_{prim\ at,m}(t)$: Demanda primária atendida na bacia de montante m , no instante t ;
f_{ch}	: Fração de retorno do consumo humano;
$D_{irr\ at,m}(t)$: Demanda de irrigação atendida para a bacia de montante m , no instante t ;
f_{irr}	: Fração de retorno da irrigação.

Foi considerado que a evaporação do reservatório é compensada pela chuva que cai sobre o mesmo, não entrando esses fatores no balanço hídrico. Já a precipitação que cai sobre as áreas que drenam para os reservatórios equivalentes (A_{eq}) servem apenas para abastecer os R_{eq} , e por isso também não aparecem de forma explícita na equação 4.3. Julgou-se que diante das aproximações metodológicas introduzidas é cabível a adoção dessas simplificações.

4.4 - Verificação e análise das falhas de atendimento às demandas

Uma vez realizada a propagação do escoamento na bacia a próxima etapa desenvolvida seria analisar as consequências das possíveis falhas de atendimento das demandas.

REES (1987) desenvolveu um estudo sobre os efeitos da falta de água na produção de arroz. O trabalho é baseado nos dados de uma estação experimental em Kaudulla, Sri Lanka (80°E, 08°N), coletados entre o período de 1978 e 1982. Algumas características do sistema de irrigação em Kaudulla serão destacados a seguir:

- Uma estação chuvosa bem definida por ano;
- Período de irrigação do arroz com duração de 13 (treze) semanas;
- Produtividade obtida quando não há restrições de água variando de 5,3 a 6,0 t/ha;
- Época mais favorável a irrigação do arroz coincidindo com a estação mais seca.

Os resultados apresentados por REES (1987) relacionam o número de semanas em que houve falta de suprimento de água de 100% e o período do ciclo de irrigação em que ocorreu a falha com a queda do rendimento da produção. No quadro 4.9, são apresentados os

fatores da redução da produtividade a partir do nível da falha e do período em que esta ocorreu. Na figura 4.11, são representadas num gráfico as informações do quadro 4.9.

Quadro 4.9 - Fatores de redução de produtividade (f_p)

Última semana da seqüência de falta d' água (semanas à partir do plantio)	Número de semanas em que houve falta de água				
	2	3	4	5	6
5	1,00	-	-	-	-
6	1,00	0,95	-	-	-
7	1,00	0,92	0,8	-	-
8	1,00	0,90	0,67	0,58	-
9	1,00	0,87	0,53	0,37	0,45
10	1,00	0,87	0,42	0,23	0,0
11	1,00	0,87	0,60	0,28	0,14
12	1,00	0,84	0,60	0,50	0,35
13	1,00	0,87	0,60	0,43	0,32

Fonte: adaptado de REES (1987)

A partir dos dados apresentados por REES (1987) foram realizadas algumas adaptações com a finalidade de viabilizar a conversão das falhas obtidas da propagação do escoamento em queda de produtividade da lavoura, quais sejam:

- 1) Falhas não são de 100% - durante os períodos de falhas aos quais o estudo de REES (1987) se refere, não houve qualquer liberação de água do reservatório que abastecia o perímetro irrigado. Neste estudo, para os casos em que o nível de falha não atinja os 100%, será feita uma interpolação linear a partir dos dois pontos conhecidos (o ponto em que não houve falhas e o ponto em que houve 100% de falta de abastecimento). Para um intervalo de quatro semanas com falhas no abastecimento, a figura 4.12 apresentada a seguir faz a interpolação para diferentes níveis de falhas;

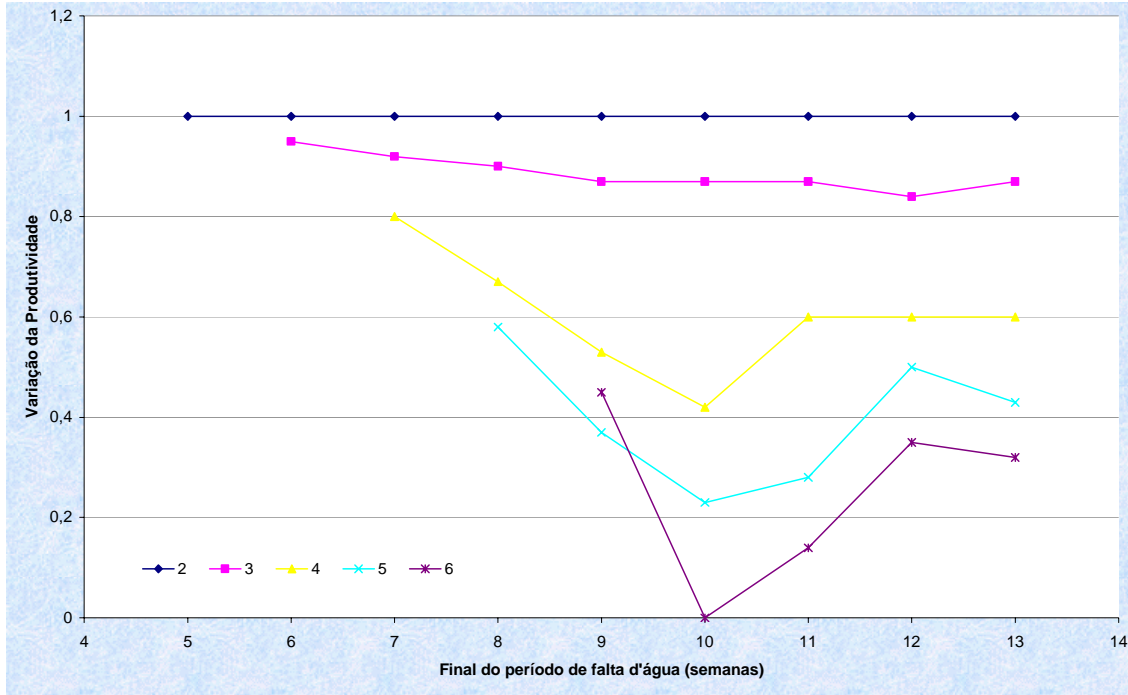


Figura 4.11 - Queda da produtividade *versus* período do ciclo em que ocorreu o déficit (adaptado de REES, 1987)

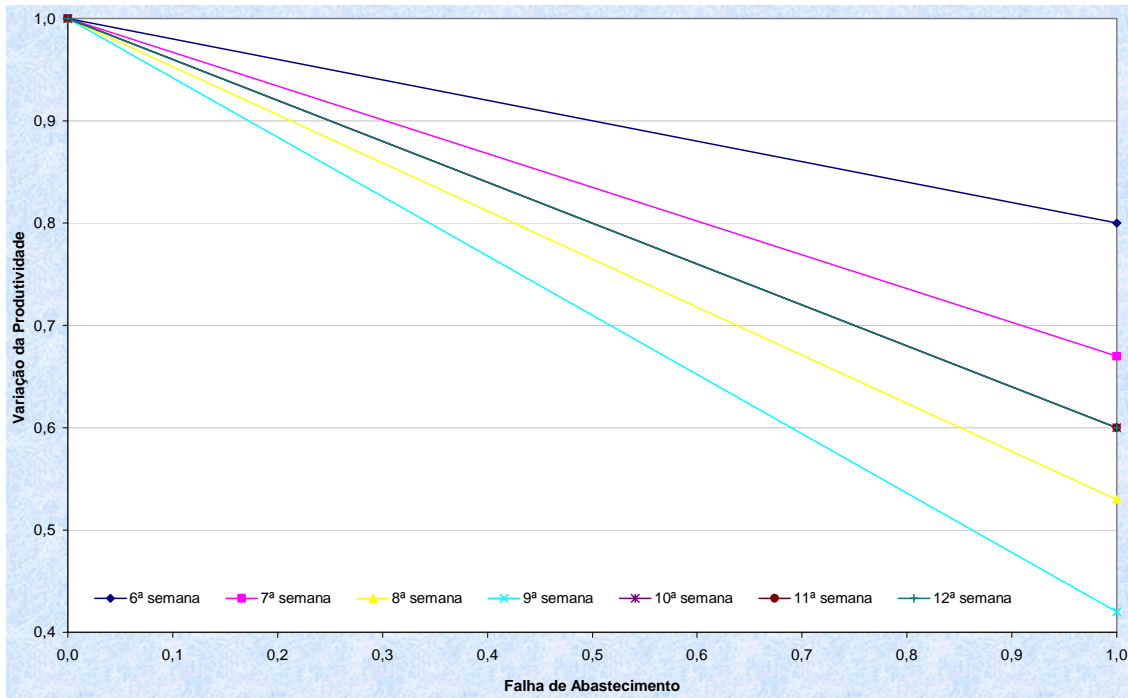


Figura 4.12 - Queda da produtividade *versus* diferentes níveis de falhas

- 2) Semanas com falhas de abastecimento não consecutivas - os dados disponíveis relacionam a queda da produtividade da lavoura com uma série de semanas consecutivas em que houve falta total de suprimento de água. Entretanto, pode ocorrer a situação de existir intervalos no meio do ciclo em que houve suprimento adequado. Para contornar esta situação, foi verificado, para cada conjunto de séries de semanas com falhas, o f_P (fator de redução de produtividade) e depois multiplicou-se esses fatores entre si para a obtenção do f_{Pe} equivalente;
- 3) Duração do cultivo e falhas nas duas primeiras semanas de cultivo - como o intervalo de simulação do estudo varia de 7 (sete) a 10 (dez) dias dependendo da duração do mês (conforme explicado no item 4.2.2), o número de intervalos de tempo em que é simulada a irrigação não coincide com a duração do período de irrigação de REES (1987). Portanto, foi necessário admitir que o intervalo de simulação Δt equivale ao intervalo $\Delta t+1$ no experimento de REES (1987). Exemplificando: se acontecer uma falha de 3 semanas de abastecimento ocorrendo do 6º ao 8º Δt do período de irrigação. Para verificarmos qual o fator de redução de produtividade (f_P), buscamos no quadro 4.9 o valor correspondente a 3 (três) semanas com falta de água e última semana em que ocorreu a falta de suprimento na 9ª semana, resultando num $f_P = 0,87$. Se ocorreu falha nos dois primeiros Δt 's da simulação, estas foram desprezadas em virtude de não haver dados para a sua conversão em queda de produtividade, uma vez que REES (1987) estabeleceu que, nas três primeiras semanas de cultivo, não ocorrem falhas.
- 4) Falhas maiores que 6 (seis) semanas consecutivas - Para os casos em que houve mais de 6 (seis) semanas de falhas consecutivas admitiu-se que ocorreu a perda total da produção.

A planilha desenvolvida no Excel para a simulação da propagação dos escoamentos apresenta o percentual da demanda que não foi atendida por intervalo de tempo para cada safra.

Depois de definidas as médias das falhas para cada safra e o período em que elas ocorreram, a planilha determina automaticamente qual o fator de redução de produção f_P .

5 - APLICAÇÃO

A avaliação propriamente dita dos critérios de outorga do uso de água - objetivo deste trabalho - pode ser representada através da figura 5.1 a seguir.

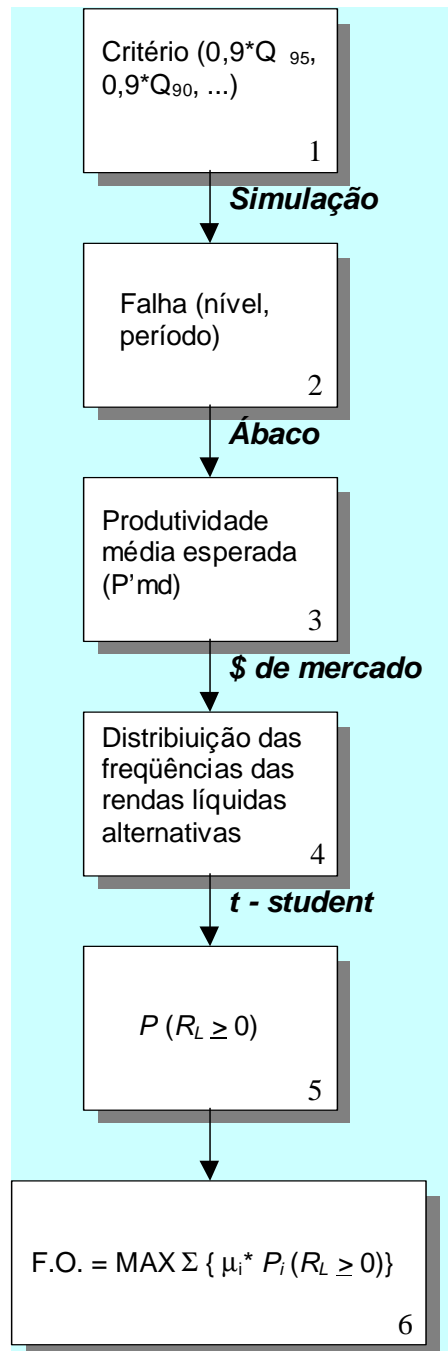


Figura 5.1 – Procedimento executado para a avaliação dos critérios de outorga

A definição dos critérios a serem testados foi realizada a partir de uma vazão referencial das sub-bacias incrementais, conforme já explicado anteriormente no item 4.1. Em seguida foi realizada a simulação da propagação dos escoamentos (comentada anteriormente, no item 4.3) considerando-se os diferentes níveis de outorga concedidos e, posteriormente, foram verificados os níveis de falhas de atendimento às demandas. Com isso obteve-se, para cada ano de simulação e para cada sub-bacia, a produtividade esperada daquela safra, que multiplicada pela área plantada ($A_{est,i,k}$) resulta na produção de arroz da sub-bacia i , no ano j adotando-se o critério k ($P_{i,j,k}$). Calculando-se a média dos 22 anos das safras esperadas da sub-bacia i teremos a produção média esperada dessa sub-bacia para o critério k ($P_{i,md,k}$).

Conforme comentado no item 4.1.2, a análise em questão pode levar a diferentes respostas dependendo do que tiver sido traçado como meta (maximizar a produção de grãos, maximizar o rendimento líquido da bacia inteira, minimizar a probabilidade de ocorrência de rendimentos líquidos negativos, etc.).

Pois bem, se a meta do estudo for a maximização da produção total de grãos, o estudo é encerrado no nível 3 da figura 5.1 ao fazer a comparação das somas das produções médias de todas as sub-bacias para os diferentes critérios k através do emprego da fórmula 5.1.

$$P_{T,md,k} = \sum_{i=1}^9 P_{i,md,k} \quad , k = 1, 2 \text{ ou } 3. \quad (5.1)$$

onde: $P_{T,md,k}$ é a produção média de toda a sub-bacia aplicando-se o critério k .

$$\text{Para } k = 1 \rightarrow Q_{out} = 0,9 * Q_{80};$$

$$k = 2 \rightarrow Q_{out} = 0,9 * Q_{90};$$

$$k = 3 \rightarrow Q_{out} = 0,9 * Q_{95}.$$

A função objetivo ($F.O._1$) neste caso é dada por:

$$F.O._1 = MAX [P_{T,md,k}] \quad (5.2)$$

A partir dos preços médios de mercado dos produtos, é possível transformar a curva de produção (figura 4.5) em receita bruta e com isso, abatê-la da curva de custos de produção. O problema é que, para que isso seja possível deve-se imaginar que o preço é constante ao longo do tempo, e isso não é verdade! No quadro 5.1, apresentado a seguir,

pode-se acompanhar a evolução histórica dos preços médios de mercado para o saco de 50 Kg de arroz praticados no Rio Grande do Sul.

Quadro 5.1 - Evolução do preço médio do saco de arroz

Ano	Preço (US\$)
1985	8,22
1986	8,98
1987	6,04
1988	7,36
1989	8,09
1990	10,51
1991	13,41
1992	8,65
1993	9,17
1994	11,24
1995	10,54
1996	10,88
1997	11,75
1998	14,02
1999	7,97
2000	6,45
2001	6,52

Adaptado de IRGA (2002)

Conforme pode ser observado, a variação dos preços de mercado do saco de arroz - que em 1987 custava US\$ 6,04 e em 1998 chegou a valer US\$ 14,02 – é de mais de 130%. Ou seja, uma variação bastante significativa que não pode ser desprezada.

Uma das possibilidades para contornar essa situação seria, a partir dos preços históricos do arroz, fazer uma nova simulação com os preços variando ao longo do tempo.

Outra possibilidade seria imaginar que o preço de mercado seria conhecido antes do início do plantio e, então, de posse deste valor - preço do saco de 50 Kg - seria determinado o volume máximo outorgável que traria maiores benefícios econômicos à bacia.

Neste caso, o preço de mercado seria conhecido antes do plantio, e dependendo dele, o órgão outorgante estabeleceria o valor de outorga que maximizaria o valor esperado da renda do agricultor. Essa renda seria estimada supondo a ocorrência de diversas situações hidrológicas, que seriam aquelas referentes aos dados hidrológicos. Sendo assim, não estaria sendo simulada a situação **ao longo dos anos**, mas as diversas situações alternativas **no mesmo ano** que poderiam ser geradas por diferentes séries hidrológicas equiprováveis.

Para o caso do objetivo da análise ser o de maximizar a obtenção dos rendimentos líquidos médios (R_{Lm}), o estudo é encerrado no nível 4 da figura 5.1, ao

somarmos as médias dos R_L de todas as sub-bacias para os diferentes critérios através da fórmula:

$$R_{Lm,T,k} = \sum_{i=1}^9 R_{Lm,i,k} \quad (5.3)$$

onde: $R_{Lm,T,k}$ é o rendimento líquido médio de toda a bacia aplicando-se o critério k .

A função objetivo ($F.O._2$) neste caso é assim calculada:

$$F.O._2 = MAX[R_{Lm,T,k}] \quad (5.4)$$

Como a incerteza é uma situação dada e comum na agricultura, a média dos valores observados geralmente não espelha a realidade. Para CONTINI *et all apud* FRANKE (1996) os fenômenos ficam melhor caracterizados através da análise de frequências. A seguir, será descrito o procedimento adotado para determinação da distribuição de frequências das rendas líquidas alternativas.

Distribuição de frequências dos rendimentos líquidos alternativos

A escolha da outorga que retorna os maiores benefícios globais passa por uma decisão subjetiva. Pode-se supor que o agente econômico (irrigante) tenha aversão ao risco, o que seria razoável admitir. Se o agente econômico adotar tal comportamento, o melhor valor de outorga pode ser aquele que não somente produz o fluxo com maior média, mas também com menor probabilidade de obtenção de rendimento líquido negativo.

Outorgas um pouco maiores que as escolhidas pelo critério anterior podem ter médias maiores, apesar de apresentarem anos com perdas parciais ou totais (prejuízos). Ou mesmo tendo média menor, apresentarem alguns anos com perdas totais, e ainda assim possuírem fluxos financeiros altos que compensem os déficits.

Trata-se, portanto, de uma questão que oferece margem à discussão, uma vez que, posturas diferentes podem ser tomadas por pessoas ou agentes diferentes. Além disso, a presença de uma agência financiadora, seguradora ou mesmo subsidiadora pode significar a continuidade da produção de determinado irrigante ante uma seqüência de anos de estiagem.

Como o que foi obtido das simulações são séries de rendimentos líquidos alternativos, poder-se-ia estabelecer para cada sub-bacia a sua distribuição de frequências. Se for desejável levar em consideração a probabilidade de ocorrência de rendimentos líquidos

negativos, a análise iria mais adiante na figura 5.1 e é então calculada para cada sub-bacia o produto:

$$P(R_{L(i,j,k)} \geq 0) * R_{Lm(i,j,k)}, \text{ quando } R_{Lm(i,j,k)} \geq 0 \quad (5.5)$$

ou

$$(1 - P(R_{L(i,j,k)} \geq 0)) * R_{Lm(i,j,k)}, \text{ quando } R_{Lm(i,j,k)} < 0 \quad (5.6)$$

onde: $P(R_{L(i,j,k)} \geq 0)$ é a probabilidade de obtenção de rendimento líquido não negativo da sub-bacia i , no ano j , aplicando-se o critério k .

A função objetivo ($F.O._3$) será então calculada por:

$$F.O._{3a} = \text{MAX} \left\{ \sum_{i=1}^9 [P(R_{L(i,j,k)} \geq 0) * R_{Lm(i,j,k)}] \right\}, \text{ quando } R_{Lm(i,j,k)} \geq 0 \quad (5.7)$$

ou

$$F.O._{3b} = \text{MAX} \left\{ \sum_{i=1}^9 [(1 - P(R_{L(i,j,k)} \geq 0)) * R_{Lm(i,j,k)}] \right\}, \text{ quando } R_{Lm(i,j,k)} < 0 \quad (5.8)$$

No quadro 5.2 apresentado a seguir observa-se a distribuição dos rendimentos líquidos alternativos para a sub-bacia 1, utilizando como vazão máxima outorgável $0,9 * Q_{80}$ e preço médio de mercado U\$ 8,74 (correspondente a média do período de 1998 a 2001 praticados no Rio Grande do Sul).

Pode ser observado também que a coluna dos custos é constante para cada um dos anos da amostra de 22 elementos. Isso se justifica porque o custo de produção – apresentado no item 3.2.2 - foi elaborado como função apenas da área plantada. Sendo a $A_{est,i}$ constante para cada ano de simulação do mesmo critério, o custo também o será. Mais adiante será demonstrado o cálculo dos benefícios e dos custos da produção do arroz irrigado para as sub-bacias.

Quadro 5.2 - Rendas líquidas alternativas para a sub-bacia 1, $Q_{out} = 0,9*Q_{80}$ e $V_m = \text{US\$ } 8,74$

n	Produção (t)	Benefício (US\$)	Custo (US\$)	R _L (US\$)
1	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
2	7.340	1.283.200	1.144.352	138.848
3	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
4	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
5	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
6	7.079	1.237.474	1.144.352	93.122
7	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
8	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
9	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
10	7.059	1.234.023	1.144.352	89.671
11	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
12	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
13	6.954	1.215.762	1.144.352	71.410
14	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
15	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
16	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
17	7.273	1.271.492	1.144.352	127.140
18	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
19	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045
20	7.243	1.266.233	1.144.352	121.881
21	6.782	1.185.566	1.144.352	41.214
22	7.416	1.296.397	1.144.352	152.045

A função densidade de probabilidade $f_i(x)$, baseada em GOMIDE (1976), para a distribuição t-student é apresentada na fórmula 5.9 a seguir.

$$f_i(x) = \frac{\Gamma\left[\frac{(\nu+1)}{2}\right]}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} * \frac{1}{\sqrt{\nu * \pi}} * \frac{1}{\left(1 + \frac{x^2}{\nu}\right)^{\frac{\nu+1}{2}}} \quad -\infty < x < \infty \quad \nu = 1, 2, \dots \quad (5.9)$$

onde n : tamanho da amostra;

ν : número de graus de liberdade = $(n-1)$

Aplicando-se a fórmula 5.10 e fazendo-se uso da distribuição t-student temos a probabilidade de obtenção de rendimentos líquidos não negativos $P(R_L \geq 0)$.

$$t_{(n-1)} = \frac{\bar{x}}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (5.10)$$

onde \bar{x} : média amostral da série dos $R_{L(i,j,k)}$;

s : desvio padrão amostral dos $R_{L(i,j,k)}$.

Tratamento dos fluxos econômicos

Uma análise preliminar demonstrou que os fluxos financeiros guardavam grande dependência do preço médio do saco de arroz e que a variação do preço dos últimos anos conduzia a resultados diferentes. Desse modo foi decidido avaliar os critérios para preços de mercado variando de US\$ 7,00 a US\$ 10,00 abrangendo a faixa de variação da média dos últimos anos.

Sabendo-se qual a vazão a ser outorgada e a demanda primária a ser atendida, tem-se condições de determinar qual a vazão destinada à irrigação através da fórmula 3.8. Conhecendo-se esta vazão e o consumo médio da cultura por hectare (c_{med}), determina-se qual a área que pode ser irrigada ($A_{est,i,k}$) utilizando-se a fórmula 3.9.

O custo de irrigação ($C_{i,j,k}$) é então calculado para cada sub-bacia i no ano j critério k , multiplicando-se o custo de irrigação por hectare ($C_{prod} = US\$ 787,00$, apresentado no item 3.2.2) pela área da sub-bacia que pode ser irrigada ($A_{est,i,k}$), conforme a fórmula 5.11 apresentada a seguir:

$$C_{i,j,k} = C_{prod} * A_{est,i,k} \quad (5.11)$$

Os benefícios da produção ($B_{i,j,k}$) foram avaliados a partir da produtividade média esperada ($P'_{md} = 5.100 \text{ Kg/ha}$), do fator de correção da produtividade (f_p) e do preço médio de mercado do saco de 50 Kg de arroz (V_m).

$$B_{i,j,k} = P'_{md} * A_{est,i,k} * f_p * V_m / 50 \quad (5.12)$$

Assim, temos, para cada ano e para cada sub-bacia, o rendimento líquido gerado pela comercialização da produção do arroz. Para realizar a comparação dos diferentes critérios, foi calculada a função objetivo ($F.O._2$ e $F.O._3$) para os V_m variando de US\$ 7,00 a US\$ 10,00.

No quadro 5.3, são apresentados os rendimentos líquidos médios ($R_{Lm,i,k}$) por sub-bacia utilizando-se diferentes critérios de outorga para um preço médio de mercado de US\$ 8,74 (equivalente a média dos últimos 4 anos).

Quadro 5.3 - Rendimentos líquidos médios esperados (US\$) por sub-bacia, $V_m = US\$ 8,74$

k	Sub-bacia									$R_{Lm,T,k}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	134.725	166.028	79.491	165.764	146.760	130.308	104.581	152.600	66.478	1.146.735
2	83.380	116.213	51.008	117.333	107.748	84.446	69.760	115.010	47.347	792.247
3	62.083	90.233	38.862	90.805	89.330	65.010	54.150	93.305	39.843	623.624

Se a função objetivo escolhida for a $F.O.2$, então o critério $k = 1$ ($Q_{out} = 0,9*Q_{80}$) é o que apresenta o melhor resultado – $R_{Lm,T,1} = \text{US\$ } 1.146.735$.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados obtidos da análise dos diferentes critérios de outorga do uso da água para diferentes V_m .

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as falhas no atendimento da D_{prim} , verifica-se que, nas simulações executadas, tais falhas não ocorreram. Entretanto, é sabido que nos meses de verão, as comunidades de Dom Pedrito e Rosário do Sul sofrem problemas de racionamento de água. Esta aparente contradição pode ser explicada através da forma como foi representado o sistema. A bacia está representada de forma que, do total de água disponível num determinado ponto, primeiramente seja atendido o valor total da demanda para consumo humano, e, só num segundo momento, ocorra então o atendimento da demanda para irrigação. Ou seja, provavelmente as falhas de atendimento às demandas primárias verificadas nessas cidades durante os períodos de verão, ocorrem pela não obediência dessa condição.

Das simulações realizadas, a produção média de arroz obtida por sub-bacias para os diferentes critérios, é apresentada no quadro 6.1. É oportuno lembrar que, neste estudo, supõe-se que a produção não depende do valor de mercado, ou seja, para uma determinada Q_{out} a quantidade de área que será plantada é aquela que faz o uso integral da porção de água ofertada (conforme discutido no item 3.2), independentemente do valor em que está sendo cotado o saco de arroz.

Quadro 6.1 – Produção média de arroz (t) obtida das simulações por sub-bacia

Sub-bacia	Critério		
	$0,9*Q_{80}$	$0,9*Q_{90}$	$0,9*Q_{95}$
1	7.317	4.103	3.028
2	9.834	5.784	4.401
3	4.199	2.488	1.895
4	9.631	5.772	4.429
5	9.205	5.600	4.357
6	6.854	4.119	3.171
7	5.582	3.402	2.641
8	9.650	5.969	4.665
9	4.192	2.521	1.957
Σ	66.465	39.758	30.544

Do quadro 6.1 observa-se que as sub-bacias que apresentam maiores produções de arroz são as sub-bacias 2, 4 e 8 e que o critério que gerou maior produção total foi para $k = 1$ ($Q_{out} = 0,9*Q_{90}$).

A seguir são apresentados, nas figuras 6.1 e 6.2, os gráficos da produção média de arroz (obtidas das simulações) por sub-bacia e da produção de arroz total média da bacia inteira, respectivamente, para os três critérios de outorga simulados.

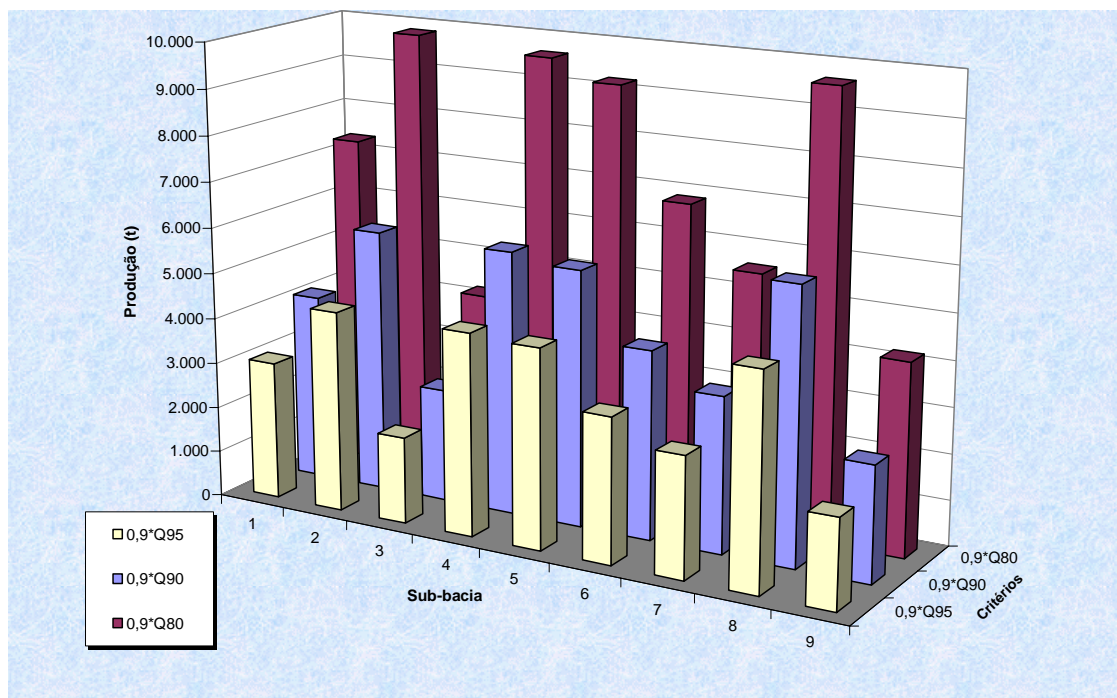


Figura 6.1 - Produção média de arroz, obtidas das simulações, por sub-bacias

Observando a figura 6.1 constata-se que o critério que gerou uma maior produção em todas as sub-bacias foi o que utiliza como vazão referencial a Q_{80} . É de fundamental importância comentar que, embora essa conclusão possa parecer trivial, não seria de todo surpresa se o resultado apontasse, como critério de maior produção de arroz, um outro critério que não fosse o que mais outorga água - isso por conta das possíveis quedas de produtividade ocasionada pela maior propensão a falhas (a que estão sujeitos conforme já discutido na seção 4.1.2).

A produção de arroz dos municípios que compõem a bacia, no ano de 1997, é apresentada no quadro 6.2, a seguir.

Quadro 6.2 - Produção dos municípios que compõem a bacia em 1997

Município	Produção (t)
Cacequi	54.000
Dom Pedrito	160.000
Lavras do Sul	6.894
Rosário do Sul	67.500
Santana do Livramento	39.591
São Gabriel	123.500

Fonte: TABELAS (1998)

Com a parcela que cada município ocupa dentro de cada sub-bacia (quadro 3.16) e a produção de arroz por municípios (quadro 6.2) e admitindo que 20% da produção da bacia é proveniente de áreas irrigadas com captação de água superficial, temos condições de estimar qual a produção por sub-bacias para o ano de 1997 (quadro 6.3, a seguir).

Quadro 6.3 - Produção estimada por sub-bacias para o ano de 1997

Sub-bacia	Produção (t)
1	14.310
2	7.801
3	4.577
4	10.683
5	1.983
6	4.587
7	3.836
8	7.826
9	3.190
Σ	58.794

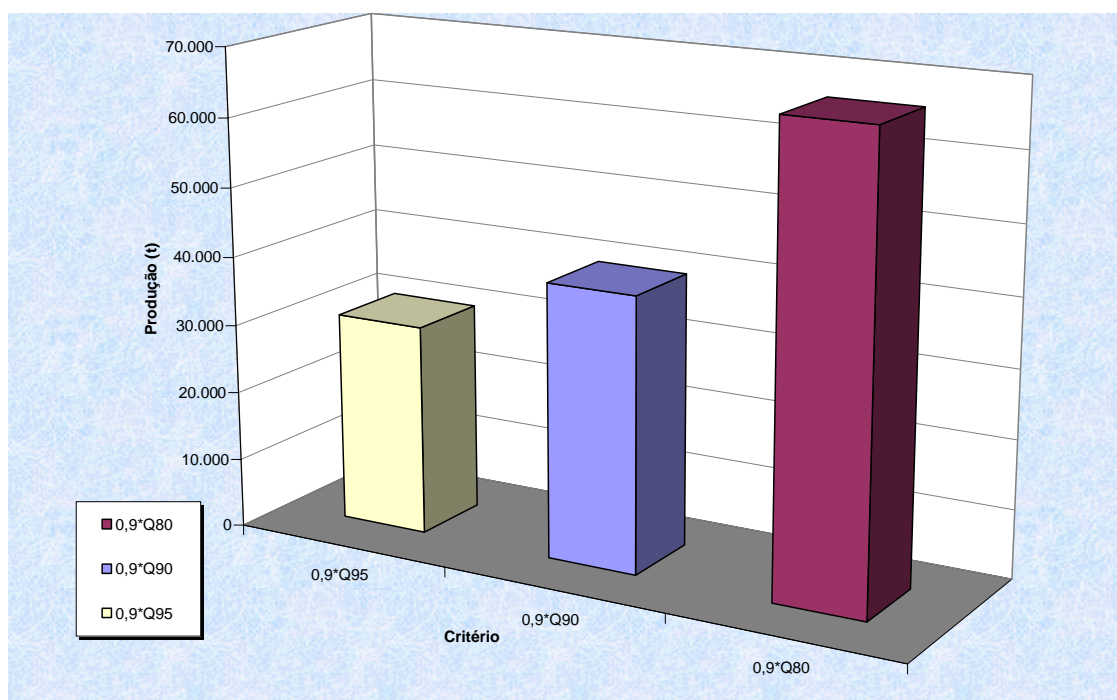


Figura 6.2 - Produção de arroz total média na bacia inteira

Comparando esses valores com os valores obtidos das simulações dos diferentes critérios (quadro 6.1), verifica-se que a produção total da bacia no ano de 1997 situa-se num valor intermediário entre a produção total média obtida das simulações dos critérios $k = 1$ e $k = 2$.

As maiores diferenças entre as produções estimadas para o ano de 1997 e as produções médias obtidas das simulações ocorreram para a sub-bacia 1, onde a produção média das simulações para o critério $Q_{out} = 0,9*Q_{90}$ é de 7.317 t e a produção calculada para o ano de 1997 foi de 14.310 t e para a sub-bacia 5 onde produção média das simulações para o critério $Q_{out} = 0,9*Q_{90}$ é de 9.205 t e a produção calculada para o ano de 1997 foi de 1.983 t.

As causas dessas diferenças envolvem diversos fatores como por exemplo diferentes aptidões agrícolas de sub-bacia para sub-bacia não consideradas no momento de simulação (foi considerado na simulação que toda a água disponível para a irrigação era efetivamente utilizada para este fim) e ausência de limitações ao uso da água (assim o usuário mais de montante poderia utilizar a água o quanto desejasse mesmo que isso viesse a comprometer a produção do usuário de jusante).

No quadro 6.4, consta o resumo das simulações realizadas para $Q_{out} = 0,9*Q_{80}$.

Quadro 6.4 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m , por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9 * Q_{80}$

Sub-bacia	Estatística	Preço Mercado (US\$/sc)						
		7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
1	R_{Lm}	-120.017	-46.850	26.317	99.483	172.650	245.817	318.984
	s	25.477	27.296	29.116	30.936	32.756	34.576	36.395
	t_{n-1}	-22,1	-8,1	4,2	15,1	24,7	33,3	41,1
	$P(R_L \geq 0)$	2,5E-16	3,7E-08	9,998E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-120.017,0	-46.850,2	26.311,7	99.483,3	172.650,1	245.816,9	318.983,7
2	R_{Lm}	-176.373	-78.029	20.315	118.659	217.003	315.347	413.691
	s	59.277	63.511	67.745	71.979	76.213	80.447	84.682
	t_{n-1}	-14,0	-5,8	1,4	7,7	13,4	18,4	22,9
	$P(R_L \geq 0)$	2,1E-12	5,1E-06	9,129E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-176.372,6	-78.028,2	18.546,0	118.659,3	217.003,3	315.347,2	413.691,2
3	R_{Lm}	-66.687	-24.702	17.284	59.269	101.254	143.239	185.224
	s	11.376	12.189	13.001	13.814	14.627	15.439	16.252
	t_{n-1}	-27,5	-9,5	6,2	20,1	32,5	43,5	53,5
	$P(R_L \geq 0)$	3,0E-18	2,3E-09	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-66.686,6	-24.701,5	17.283,5	59.268,6	101.253,7	143.238,8	185.223,9
4	R_{Lm}	-169.572	-73.257	23.057	119.372	215.687	312.002	408.317
	s	51.055	54.702	58.349	61.995	65.642	69.289	72.936
	t_{n-1}	-15,6	-6,3	1,9	9,0	15,4	21,1	26,3
	$P(R_L \geq 0)$	2,6E-13	1,6E-06	9,610E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-169.572,3	-73.257,3	22.159,1	119.372,2	215.687,1	312.001,9	408.316,7
5	R_{Lm}	-173.722	-81.674	10.375	102.423	194.472	286.520	378.569
	s	76.129	81.567	87.005	92.443	97.881	103.319	108.756
	t_{n-1}	-10,7	-4,7	0,6	5,2	9,3	13,0	16,3
	$P(R_L \geq 0)$	2,9E-10	6,2E-05	7,091E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-173.722,3	-81.668,7	7.356,4	102.421,4	194.471,9	286.520,4	378.569,0
6	R_{Lm}	-108.340	-39.796	28.748	97.293	165.837	234.381	302.926
	s	20.382	21.838	23.294	24.750	26.205	27.661	29.117
	t_{n-1}	-24,9	-8,5	5,8	18,4	29,7	39,7	48,8
	$P(R_L \geq 0)$	2,2E-17	1,4E-08	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-108.340,3	-39.796,0	28.748,2	97.292,7	165.837,0	234.381,4	302.925,7
7	R_{Lm}	-89.770	-33.949	21.872	77.694	133.515	189.336	245.157
	s	20.177	21.618	23.059	24.500	25.941	27.383	28.824
	t_{n-1}	-20,9	-7,4	4,4	14,9	24,1	32,4	39,9
	$P(R_L \geq 0)$	8,0E-16	1,5E-07	9,999E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-89.770,2	-33.948,9	21.870,0	77.693,7	133.514,9	189.336,2	245.157,5
8	R_{Lm}	-183.387	-86.886	9.616	106.118	202.620	299.122	395.623
	s	84.766	90.821	96.876	102.931	108.985	115.040	121.095
	t_{n-1}	-10,1	-4,5	0,5	4,8	8,7	12,2	15,3
	$P(R_L \geq 0)$	7,5E-10	1,0E-04	6,768E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-183.387,4	-86.876,8	6.508,7	106.113,3	202.619,8	299.121,7	395.623,5
9	R_{Lm}	-79.480	-37.558	4.364	46.286	88.208	130.130	172.052
	s	42.162	45.174	48.185	51.197	54.209	57.220	60.232
	t_{n-1}	-8,8	-3,9	0,4	4,2	7,6	10,7	13,4
	$P(R_L \geq 0)$	8,0E-09	4,1E-04	6,623E-01	0,9998	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-79.480,5	-37.542,8	2.890,3	46.277,5	88.208,1	130.130,3	172.052,5
$\Sigma P(R_L \geq 0) * R_{Lm}$		-1.167.349,2	-502.670,5	151.674	826.582	1.491.246	2.155.895	2.820.544

⁽¹⁾ Para $V_m = \text{US\$ } 7$ e $V_m = \text{US\$ } 7,5$ a fórmula utilizada é : $(1 - P(R_L \geq 0)) * R_{Lm}$

Onde: R_{Lm}	: rendimento líquido médio;
s	: desvio padrão amostral dos $R_{L(i,j,k)}$;
t_{n-1}	: parâmetro da distribuição t-student;
$P(R_L \geq 0)$: probabilidade de obtenção de rendimento líquido não negativo.

Analisando o quadro anterior, verifica-se R_{Lm} negativos para todas as sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 7,00$ e $V_m = \text{US\$ } 7,50$. A partir de $V_m = \text{US\$ } 8,00$ os R_{Lm} são positivos e crescentes chegando a $\text{US\$ } 2.820.544$ para a bacia inteira quando $V_m = \text{US\$ } 10$.

No quadro 6.5 é apresentado um resumo das simulações realizadas para $Q_{out} = 0,9 * Q_{90}$.

Da análise do quadro 6.5, pode-se observar que para o critério $Q_{out} = 0,9 * Q_{90}$ os desvios padrões amostrais (s) em geral diminuíram, conforme era de se esperar, porque o critério utilizado é mais conservador, garantindo um menor número de falhas de atendimento às demandas. Da mesma forma que o critério anteriormente apresentado ($Q_{out} = 0,9 * Q_{80}$), os R_{Lm} deixam de ser negativos quando o V_m é maior que $\text{US\$ } 8,00$, atingindo para a bacia inteira $R_{Lm} = \text{US\$ } 1.793.478$ quando $V_m = \text{US\$ } 10,00$.

No quadro 6.6 é apresentado um resumo das simulações realizadas para $Q_{out} = 0,9 * Q_{95}$. Observa-se que para o critério $Q_{out} = 0,9 * Q_{95}$, os s são ainda menores.

Da mesma forma que o critério anteriormente apresentado ($Q_{out} = 0,9 * Q_{80}$), os R_{Lm} deixam de ser negativos quando o V_m é maior que $\text{US\$ } 8,00$, atingindo para a bacia inteira $R_{Lm} = \text{US\$ } 1.392.828$ quando $V_m = \text{US\$ } 10,00$.

De uma forma geral, para um determinado V_m os resultados obtidos utilizando-se R_{Lm} e utilizando-se $P(R_L \geq 0) * R_{Lm}$ são muito semelhantes. A seguir, as figuras 6.3 e 6.4 ilustram o caso apresentado.

Quadro 6.5 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9 * Q_{90}$

Sub-bacia	Estatística	Preço Mercado (US\$/sc)						
		7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
1	R_{Lm}	-59.457	-18.431	22.594	63.620	104.645	145.671	186.696
	s	3.123	3.346	3.569	3.792	4.015	4.238	4.462
	T_{n-1}	-89,3	-25,8	29,7	78,7	122,2	161,2	196,3
	$P(R_L \geq 0)$	6,9E-29	1,1E-17	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-59.456,6	-18.431,2	22.594,3	63.619,7	104.645,1	145.670,6	186.696,0
2	R_{Lm}	-85.150	-27.315	30.521	88.356	146.191	204.026	261.862
	s	10.069	10.788	11.507	12.227	12.946	13.665	14.384
	t_{n-1}	-39,7	-11,9	12,4	33,9	53,0	70,0	85,4
	$P(R_L \geq 0)$	1,6E-21	4,4E-11	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-85.150,0	-27.314,7	30.520,5	88.355,8	146.191,0	204.026,3	261.861,5
3	R_{Lm}	-35.610	-10.732	14.146	39.025	63.903	88.781	113.659
	s	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-167.025,8	-50.336,6	66.352,7	183.042,0	299.731,3	416.420,6	533.109,9
	$P(R_L \geq 0)$	1,4E-97	1,2E-86	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-35.610,0	-10.731,8	14.146,4	39.024,7	63.902,9	88.781,2	113.659,4
4	R_{Lm}	-83.645	-25.920	31.804	89.529	147.253	204.978	262.702
	s	4.338	4.648	4.958	5.267	5.577	5.887	6.197
	t_{n-1}	-90,4	-26,2	30,1	79,7	123,8	163,3	198,8
	$P(R_L \geq 0)$	5,3E-29	8,2E-18	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-83.644,7	-25.920,2	31.804,3	89.528,8	147.253,3	204.977,8	262.702,3
5	R_{Lm}	-87.214	-31.218	24.779	80.776	136.773	192.769	248.766
	s	16.010	17.153	18.297	19.440	20.584	21.727	22.871
	t_{n-1}	-25,6	-8,5	6,4	19,5	31,2	41,6	51,0
	$P(R_L \geq 0)$	1,3E-17	1,4E-08	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-87.214,5	-31.217,7	24.779,0	80.775,9	136.772,6	192.769,4	248.766,2
6	R_{Lm}	-58.954	-17.767	23.420	64.608	105.795	146.982	188.170
	s	1 ⁽²⁾	3,7E-04	1 ⁽²⁾	2,1E-03	1 ⁽²⁾	4,5E-03	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-276.520,8	-225.775.416	109.850,7	145.133.934	496.222,3	152.843.501	882.593,9
	$P(R_L \geq 0)$	3,5E-102	2,5E-163	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-58.954,4	-17.767,1	23.420,3	64.607,6	105.795,0	146.982,3	188.169,6
7	R_{Lm}	-48.701	-14.677	19.347	53.371	87.395	121.420	155.444
	s	6,0E-04	1 ⁽²⁾	2,1E-04	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	4,8E-03	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-378.979.653	-68.841,6	425.829.775	250.333,2	409.920,6	118.106.673	729.095,4
	$P(R_L \geq 0)$	4,6E-168	1,7E-89	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-48.701,2	-14.677,1	19.347,1	53.371,2	87.395,4	121.419,5	155.443,7
8	R_{Lm}	-92.821	-33.128	26.565	86.258	145.951	205.644	265.337
	s	16.353	17.521	18.689	19.857	21.025	22.193	23.361
	T_{n-1}	-26,6	-8,9	6,7	20,4	32,6	43,5	53,3
	$P(R_L \geq 0)$	5,8E-18	7,6E-09	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-92.820,5	-33.127,7	26.565,2	86.258,0	145.950,9	205.643,7	265.336,6
9	R_{Lm}	-40.437	-15.223	9.990	35.203	60.416	85.629	110.842
	s	10.657	11.418	12.179	12.941	13.702	14.463	15.224
	T_{n-1}	-17,8	-6,3	3,8	12,8	20,7	27,8	34,1
	$P(R_L \geq 0)$	1,9E-14	1,7E-06	9,995E-01	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-40.436,5	-15.223,4	9.985,0	35.202,8	60.416,0	85.629,1	110.842,2
$\Sigma P(R_L \geq 0) * R_{Lm}$		-591.988,5	-194.410,8	203.162	600.745	998.322	1.395.900	1.793.478

⁽¹⁾ Para $V_m = US\$ 7$ e $V_m = US\$ 7,5$ a fórmula utilizada é: $(1 - P(R_L \geq 0)) * R_{Lm}$

⁽²⁾ Nos casos em que o s efetivamente foi igual a ZERO foi adotado (para fins de cálculo) $s = 1$, o que pouco influenciou nos resultados

Quadro 6.6 - Resumo dos resultados obtidos das simulações para diferentes V_m por sub-bacia, utilizando $Q_{out} = 0,9 * Q_{95}$

Sub-bacia	Estatística	Preço Mercado (US\$/sc)						
		7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
1	R_{Lm}	-43.342	-13.062	17.218	47.498	77.778	108.058	138.338
	s	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	2,1E-04	8,5E-04	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-203.291	-61.266	378.968.878	261.357.847	364.810	506.836	648.861
	$P(R_L \geq 0)$	2,2E-99	1,9E-88	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-43.341,9	-13.061,9	17.218,0	47.497,9	77.777,8	108.057,8	138.337,7
	R_{Lm}	-62.994	-18.985	25.025	69.035	113.045	157.055	201.064
	s	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	2,3E-03	1 ⁽²⁾	3,4E-03	3,4E-03
	t_{n-1}	-295.470	-89.046	117.379	143.575.769	530.227	216.048.662	276.589.770
3	$P(R_L \geq 0)$	8,7E-103	7,5E-92	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-62.994,4	-18.984,6	25.025,2	69.035,0	113.044,8	157.054,6	201.064,4
	R_{Lm}	-27.131	-8.176	10.778	29.732	48.687	67.641	86.596
	s	6,7E-04	1,1E-04	2,1E-04	4,3E-04	1 ⁽²⁾	1,2E-03	3,0E-03
4	t_{n-1}	-188.835.529	-359.926.253	237.224.121	327.205.684	228.361	263.182.645	137.551.761
	$P(R_L \geq 0)$	1,0E-161	1,4E-167	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-27.130,8	-8.176,4	10.778,0	29.732,4	48.686,8	67.641,2	86.595,6
	R_{Lm}	-63.394	-19.105	25.184	69.473	113.762	158.051	202.340
5	s	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1,7E-03	3,0E-03	4,5E-03	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-297.344	-89.611	118.123	191.137.799	180.703.791	164.353.502	949.058
	$P(R_L \geq 0)$	7,6E-103	6,6E-92	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-63.394,0	-19.105,1	25.183,9	69.472,9	113.761,9	158.050,9	202.339,9
6	R_{Lm}	-62.364	-18.795	24.775	68.344	111.914	155.483	199.053
	s	1 ⁽²⁾	3,7E-04	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	3,4E-03	4,2E-03	5,4E-03
	t_{n-1}	-292.514	-238.833.782	116.204	320.564	153.951.887	174.638.293	173.180.758
	$P(R_L \geq 0)$	1,1E-102	7,5E-164	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
7	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-62.364,2	-18.794,7	24.774,8	68.344,4	111.913,9	155.483,4	199.053,0
	R_{Lm}	-45.386	-13.678	18.030	49.738	81.445	113.153	144.861
	s	1 ⁽²⁾	2,1E-04	3,7E-04	1,2E-03	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
	t_{n-1}	-212.877	-301.050.186	229.115.035	193.522.389	382.013	530.735	679.458
8	$P(R_L \geq 0)$	8,5E-100	5,8E-166	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-45.385,6	-13.677,9	18.029,9	49.737,7	81.445,4	113.153,2	144.860,9
	R_{Lm}	-37.804	-11.393	15.018	41.429	67.840	94.251	120.662
	s	7,4E-04	1 ⁽²⁾	3,7E-04	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	2,4E-03	1 ⁽²⁾
9	t_{n-1}	-240.196.233	-53.438	190.840.842	194.319	318.197	183.358.209	565.953
	$P(R_L \geq 0)$	6,7E-164	3,4E-87	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-37.803,8	-11.392,9	15.018,0	41.428,9	67.839,8	94.250,7	120.661,6
	R_{Lm}	-69.125	-22.472	24.181	70.834	117.487	164.140	210.793
10	s	6.933	7.428	7.923	8.418	8.914	9.409	9.904
	t_{n-1}	-46,8	-14,2	14,3	39,5	61,8	81,8	99,8
	$P(R_L \geq 0)$	5,1E-23	1,6E-12	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-69.125,2	-22.472,1	24.181,0	70.834,1	117.487,2	164.140,3	210.793,4
11	R_{Lm}	-28.284	-8.717	10.851	30.418	49.986	69.554	89.121
	s	1.174	1.258	1.342	1.426	1.510	1.594	1.677
	t_{n-1}	-113,0	-32,5	37,9	100,1	155,3	204,7	249,2
	$P(R_L \geq 0)$	5,0E-31	9,6E-20	1,000E+00	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
12	$P(R_L \geq 0) * R_{Lm}^{(1)}$	-28.284,5	-8.716,9	10.850,7	30.418,3	49.985,9	69.553,5	89.121,1
	$\Sigma P(R_L \geq 0) * R_{Lm}$	-439.824,4	-134.382,4	171.060	476.502	781.944	1.087.386	1.392.828

⁽¹⁾ Para $V_m = US\$ 7$ e $V_m = US\$ 7,5$ a fórmula utilizada é: $(1 - P(R_L \geq 0)) * R_{Lm}$

⁽²⁾ Nos casos em que o s efetivamente foi igual a ZERO foi adotado (para fins de cálculo) s = 1, o que pouco influenciou nos resultados

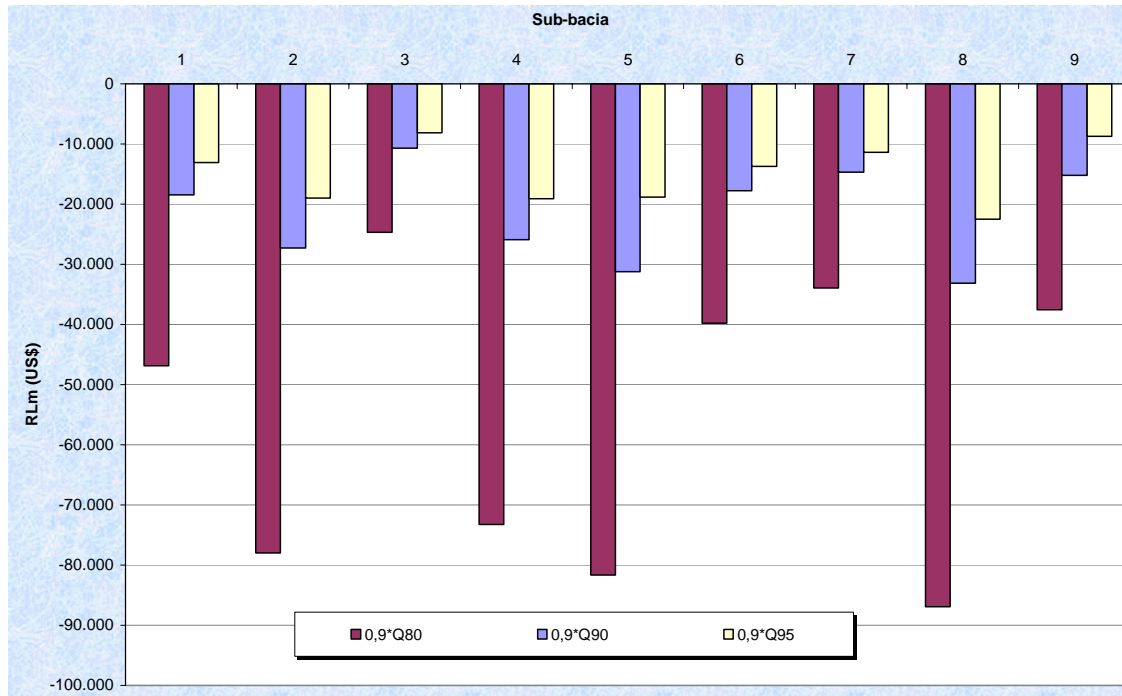


Figura 6.3 - R_{Lm} esperado por sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 7,50$

Tomando a sub-bacia 4 como exemplo, verifica-se que, para o critério que outorga $0,9 \cdot Q_{95}$ o R_{Lm} da sub-bacia é de US\$ -19.105. Para os critérios $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{90}$ e $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{80}$, os R_{Lm} são respectivamente US -25.920 e US\$ -73.257. Na figura seguinte, é apresentada a mesma situação, porém sendo analisada através da $F.O._{3b}$:

$$F.O._{3b} = \text{MAX} \{ (1 - P(R_L \geq 0)) \cdot R_{Lm} \} \quad (6.1)$$

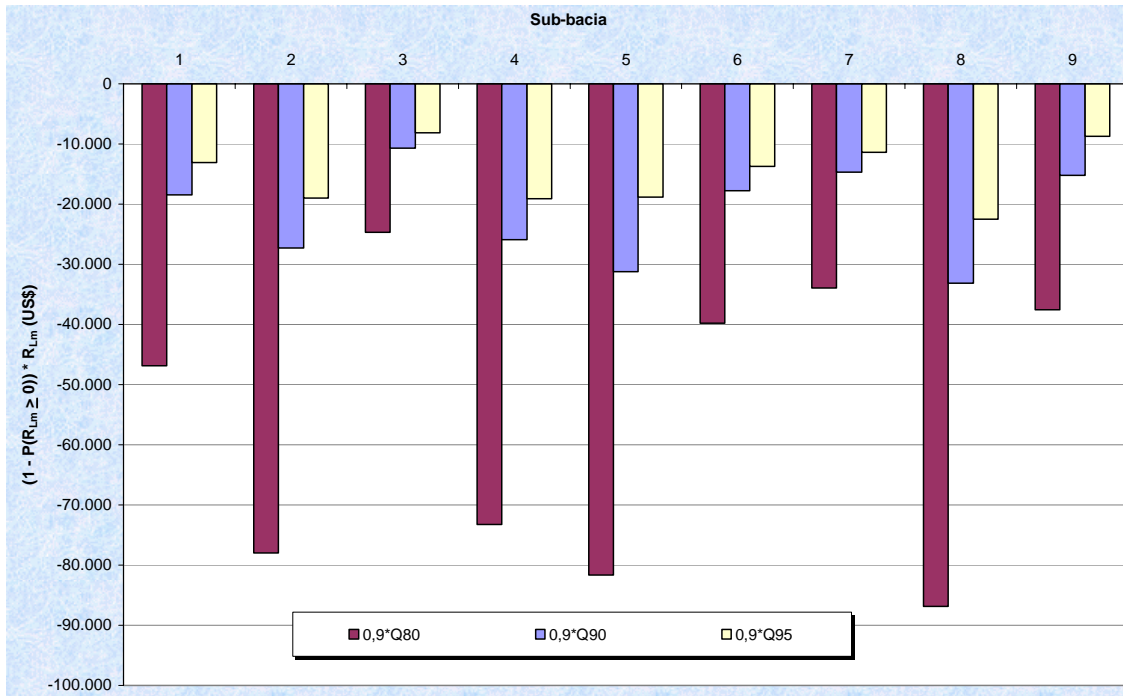


Figura 6.4 - $(1 - P(R_L > 0)) * R_{Lm}$ por sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 7,50$

Neste caso, a sub-bacia 4 apresenta $R_{Lm} = \text{US\$ } -19.105$, $\text{US\$ } -25.920$ e $\text{US\$ } -73.257$, para os critérios que outorgam $0,9*Q_{95}$, $0,9*Q_{90}$ e $0,9*Q_{80}$, respectivamente.

Sendo $V_m = \text{US\$ } 7,50$ um valor muito baixo para recuperar o investimento realizado, por maior que seja a produtividade, ela não é suficientemente grande para compensar o baixo valor de mercado. Por consequência, a série de rendimentos líquidos possui somente valores negativos, resultando numa $P(R_L \geq 0)$ muito pequena, fazendo com que o produto $(1 - P(R_L \geq 0)) * R_{Lm}$ seja bastante semelhante ao próprio valor de R_{Lm} .

Essa tendência de aproximação do valor de R_{Lm} ao valor de $P(R_L \geq 0) * R_{Lm}$ (para $R_{Lm} \geq 0$) ou de $(1 - P(R_L \geq 0)) * R_{Lm}$ (para $R_{Lm} < 0$) foi verificada para todos os valores de mercado estudados, com exceção ao $V_m = \text{US\$ } 8,00$, que para algumas bacias produziu resultados diferentes - mas que não chegaram a alterar a ordem do critério de outorga mais eficiente. Na figura 6.5, é apresentado o R_{Lm} por sub-bacias quando $V_m = \text{US\$ } 8,00$.

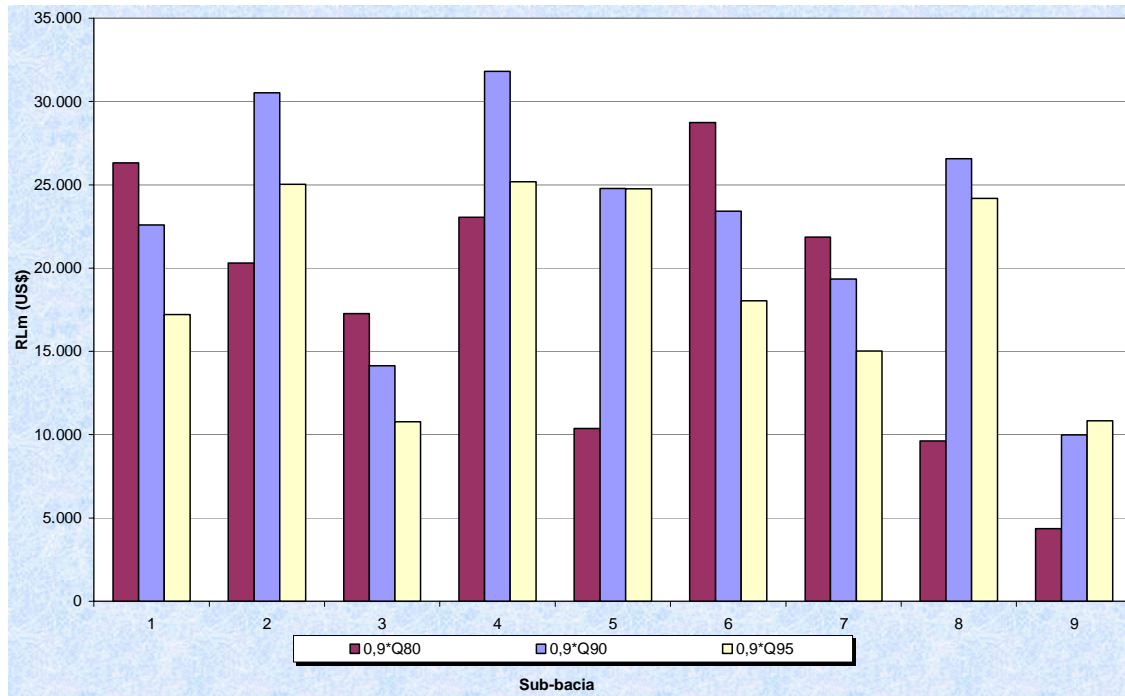


Figura 6.5 - R_{Lm} esperado por sub-bacias quando o $V_m = \text{US\$ } 8,00$

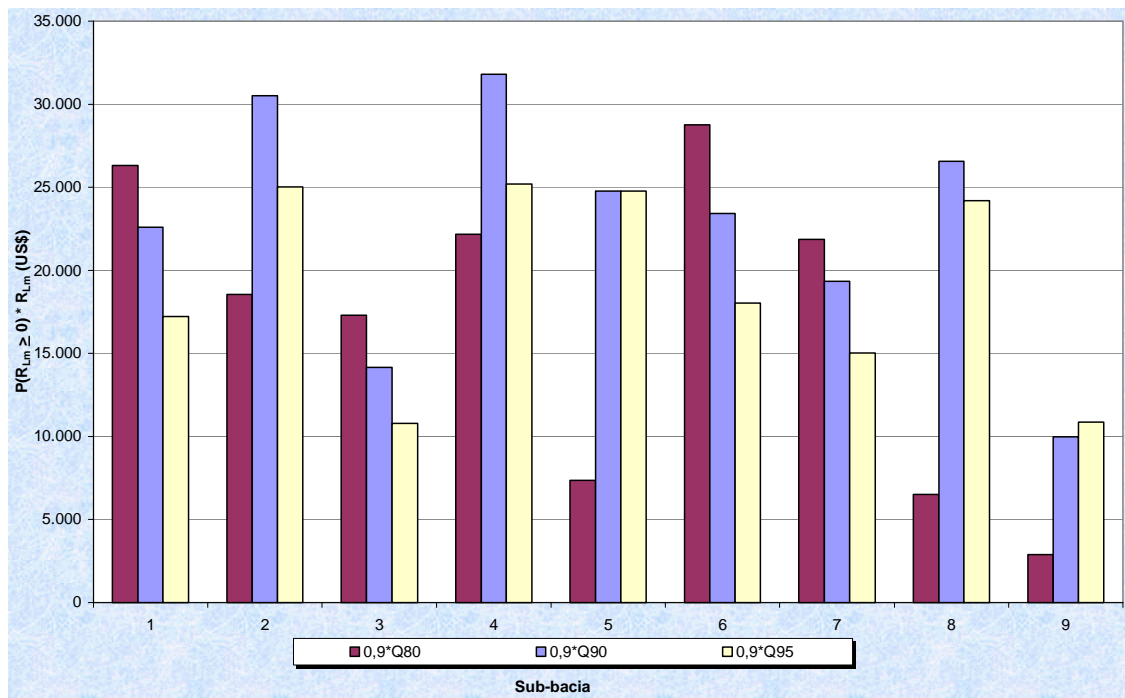


Figura 6.6 - $P(R_L > 0) * R_{Lm}$ por sub-bacias quando o $V_m = \text{US\$ } 8,00$

Tomando mais uma vez a sub-bacia 4 como exemplo, temos na figura 6.5 para $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{80}$ um $R_{Lm} = \text{US\$ } 23.057$. Já na figura 6.6, levando em conta a probabilidade de ocorrência de rendimentos líquidos não negativos, o R_{Lm} é de $\text{US\$ } 22.159$. Para os critérios $0,9 \cdot Q_{90}$ e $0,9 \cdot Q_{95}$ os resultados das figuras 6.5 e 6.6 são bastante semelhantes.

Para este mesmo V_m ($\text{US\$ } 8,00$) será apresentado a seguir o gráfico de $P(R_L \geq 0) \cdot R_{Lm}$ para a bacia inteira do rio Santa Maria.

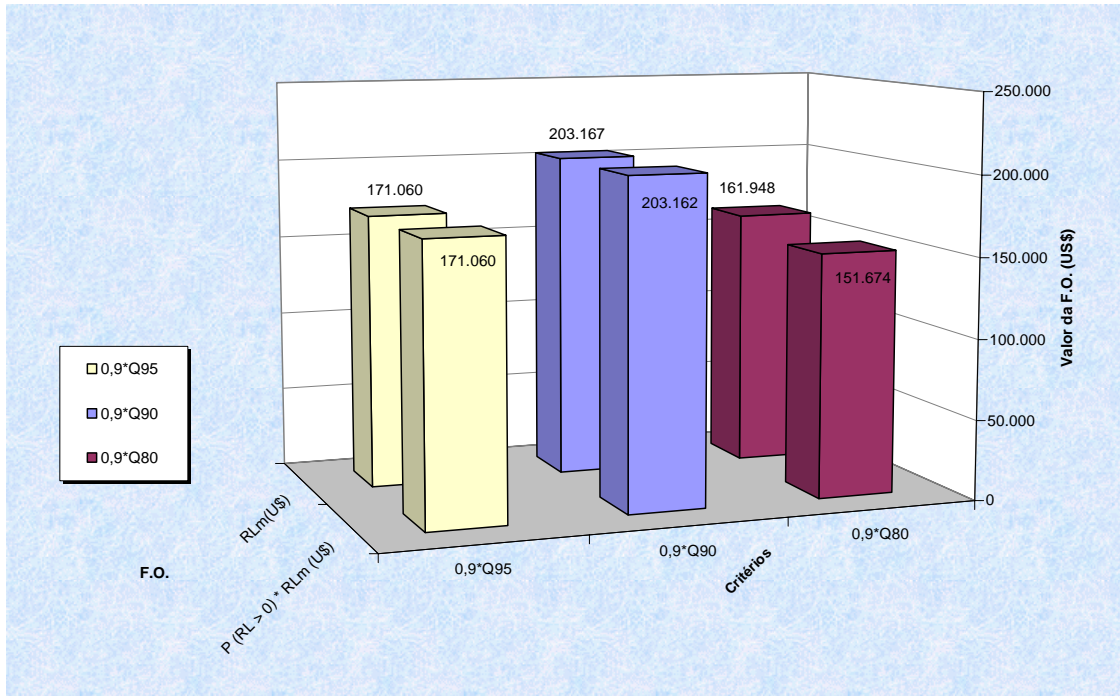


Figura 6.7 - Valor da F.O. para os diferentes critérios de outorga quando o $V_m = 8,00$, para a bacia inteira

Conforme pode ser observado na figura 6.7, o critério $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{90}$ produz os melhores resultados do ponto de vista econômico, tanto avaliando pelo R_{Lm} quanto pela $P(R_L > 0) \cdot R_{Lm}$. A escolha da F.O. não altera a conclusão quanto ao critério mais eficiente do ponto de vista econômico. Sendo a diferença mais favorável para a o critério $k = 2$ quando utiliza-se a F.O. que leva em conta a probabilidade de ocorrência de R_L não negativos (F.O._{3a}).

Em seguida, será apresentada a evolução dos rendimentos líquidos médios condicionados à probabilidade de obtenção de rendimentos líquidos não negativos. Serão apresentados os resultados para os diferentes critérios de outorga para a bacia inteira.

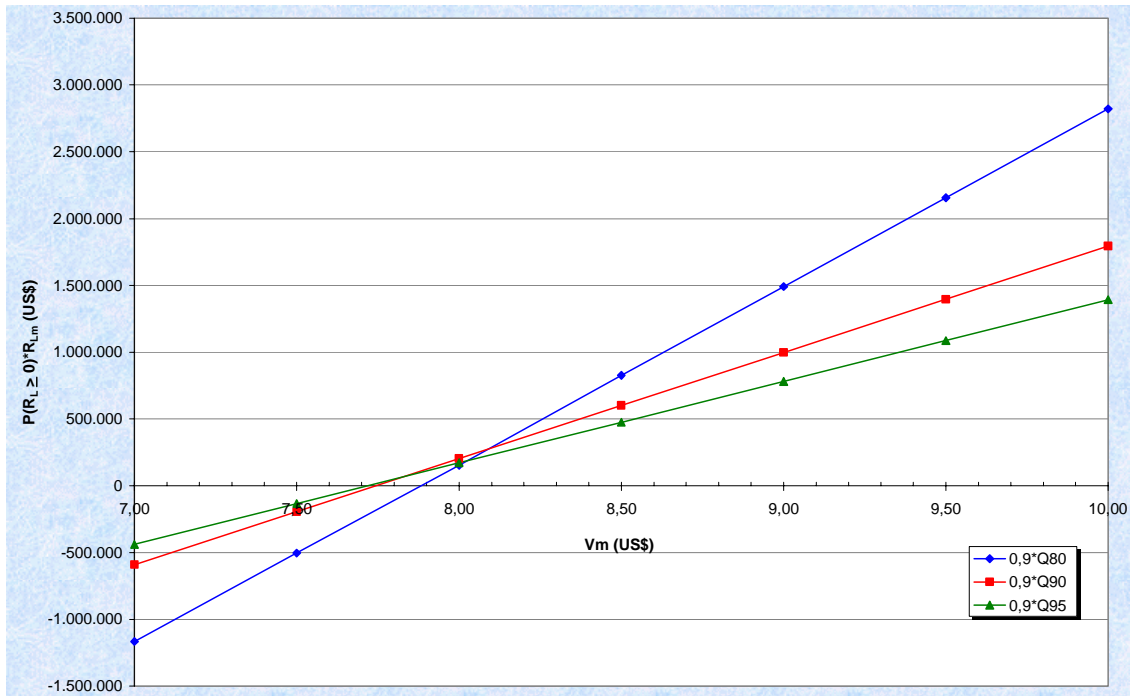


Figura 6.8 - Evolução da $F.O.3$ conforme a variação dos V_m

Observa-se que, para V_m abaixo de US\$ 7,50, o critério que gera menores prejuízos para a bacia é $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{95}$, em seguida vem o critério $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{90}$ e por último $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{80}$. Esse é um resultado que tende a se acentuar com a diminuição do V_m . Para $V_m > US\$ 8,50$ a situação se inverte e o critério mais eficiente é o $Q_{out} = 0,9 \cdot Q_{80}$, seguido de $0,9 \cdot Q_{90}$ e depois por $0,9 \cdot Q_{95}$. Essa diferença em favor do $0,9 \cdot Q_{80}$ tende a se acentuar com a elevação do V_m . Portanto a zona mais movimentada da análise é a faixa em que o V_m varia de US\$ 7,50 a US\$ 8,50, faixa essa que será estudada com maior atenção a seguir.

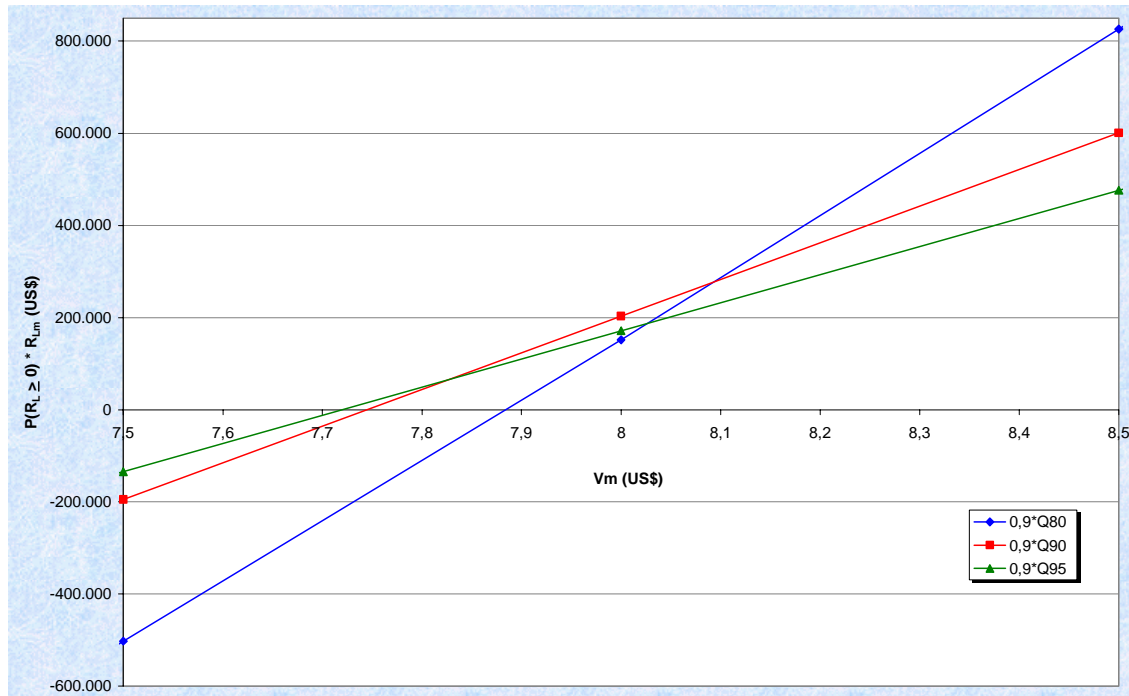


Figura 6.9 - Evolução da $F.O.3$ conforme a variação dos V_m

Os critérios $k = 1$, $k = 2$ e $k = 3$ apresentam valores negativos para o produto $P(R_L > 0) * R_{Lm}$ quando V_m é mais baixo que US\$ 7,70, US\$ 7,75 e US\$ 7,85 respectivamente.

Para $V_m < \text{US\$ } 7,80$, utilizando a $F.O.3$, o critério que apresenta os melhores resultados é o critério que outorga $0,9*Q_{95}$. Quando V_m varia de US\$ 7,80 a US\$ 8,10, o critério $Q_{out} = 0,9*Q_{90}$ é o que gera os melhores resultados. Já para V_m maiores que US\$ 8,10 o critério $Q_{out} = 0,9*Q_{80}$ é o que apresenta os melhores índices de rendimento associado à probabilidade de obtenção de rendimentos líquidos não negativos.

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Uma gestão equilibrada do uso da água envolve tanto os processos de oferta - construção de barragens e canais, por exemplo - quanto os mecanismos que influem no gerenciamento da demanda - regulação pelo preço, imposição de limites de utilização, entre outros. Este trabalho procurou dar um enfoque maior a esta última forma de intervenção e, com isso foi possível chegar a algumas conclusões interessantes que serão comentadas a seguir.

A outorga do uso da água deve ser entendida como parte de um sistema (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) que interage com as demais partes do mesmo. Na realidade, todas as suas atribuições essenciais não podem ser exercidas sem a participação específica das outras partes do sistema. Seria ilusório ver na outorga o instrumento único do gerenciamento dos recursos hídricos.

Entretanto, além da articulação de instrumentos, é necessário que as preocupações ambientais em geral, e mais especificamente a questão dos recursos hídricos, deixem de ser um assunto apenas técnico e de ambientalistas esclarecidos e sejam incorporadas nas dinâmicas sócio-econômicas do país. Isso permitiria um novo enfoque econômico, jurídico, político e administrativo para a questão, numa abordagem que privilegia o planejamento em termos mais amplos.

Os resultados obtidos deixam claro que a utilização de um sistema de outorgas de uso da água conduz a um melhor aproveitamento do recurso. A utilização racional da água, que é um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, além de assegurar a água em qualidade e quantidade para as futuras gerações, promove, de imediato, a obtenção de melhores rendimentos na produção.

A adoção de um critério único para a outorga do uso da água só pode ser justificada pela facilidade de determinação e fiscalização (as cotas hídricas outorgadas seriam únicas ao longo do tempo), uma vez que esse tipo de critério não leva em consideração as variações das disponibilidades hídricas de cada sub-bacia.

A consideração da probabilidade de ocorrência de rendimentos líquidos não negativos na avaliação dos critérios de outorga é uma boa alternativa ao uso de outros métodos de avaliação que utilizam apenas a produção ou o rendimento líquido esperado.

O sistema desenvolvido no Excel[®] mostrou-se muito versátil e eficiente. Possui a vantagem de permitir aos usuários todas as facilidades já reconhecidas destes *softwares*, além de tornar o sistema flexível para testar novas alternativas.

A rentabilidade financeira dos irrigantes de arroz está fortemente relacionada com a variabilidade do preço médio de mercado do produto. Analisando os rendimentos dos agricultores para os diferentes valores do preço médio do saco de arroz verificados nos últimos anos, obtém-se uma variação expressiva das taxas de retorno deste investimento, gerando desde prejuízos significativos até lucros raramente verificados por outros investimentos.

É razoável e lícito afirmar ter-se cumprido, ao final deste trabalho, o principal objetivo que foi o de propor um método simples para a avaliação de critérios de outorga do uso da água com base nas vazões referenciais para uma bacia com poucos dados hidrológicos como a bacia do rio Santa Maria.

Recomendações

A opção de outorgar direitos de uso da água com base na vazão referencial das sub-bacias incrementais resultou, de uma maneira geral, em sub-utilização da água para as bacias mais de jusante, comprovado pelo baixo número de falhas obtido nestas sub-bacias. Sugere-se testar outorgas com níveis superiores aos níveis utilizados neste estudo ($1,1*Q_{90}$, $1,2*Q_{90}$, $1,3*Q_{90}, \dots$).

Embora saiba-se que na gestão dos recursos hídricos os aspectos quantitativos não devam ser dissociados dos aspectos qualitativos, neste estudo procurou-se dar uma maior ênfase a estes últimos e isto pode ser justificado porque atualmente - na bacia do rio Santa Maria - os problemas quantitativos são mais críticos que os problemas de natureza qualitativa. Todavia, fica sugerido a realização de um estudo mais detalhado sobre o efeito da qualidade da água de retorno da irrigação no abastecimento público (maior custo de tratamento) e na própria agricultura (perda de produtividade, *arroz vermelho*).

Recomenda-se certa cautela no que tange à aceitação dos valores monetários expostos. Os resultados encontrados podem não ser exatamente compatíveis com a realidade, em vista das flutuações do câmbio do dólar e do preço de mercado do saco de arroz, mas certamente guardam proporcionalidade entre si. No entanto, isso não compromete os valores de outorga e de áreas simulados.

As fontes de incerteza no processo - avaliação das demandas e efeito do rendimento do arroz mediante a falta de água entre outras - e as simplificações adotadas - representação do sistema, utilização da série histórica de vazões como uma série de valores que se repetirá com a mesma probabilidade de ocorrência - não podem deixar de serem mencionadas e, na medida do possível, devem ser minimizadas através da aquisição de informações mais detalhadas. (como por exemplo: custo de irrigação, dimensões e localização dos reservatórios e efeito da água no rendimento do arroz).

Dada as características da bacia, fica a sugestão de que os açudes existentes passem por um processo de licenciamento para a operação semelhante ao processo de outorga convencional. Embora os açudes possuam caráter privado e tenham sido construídos com recursos próprios, a água que eles armazenam é pública e por isso deve ser tratada como tal. Se o comitê da bacia entender que cabe algum tipo de ressarcimento aos agricultores que investiram neste tipo de obra, o pagamento poderá ser feito com os recursos provenientes da cobrança pelo uso da água (instrumento de gestão também previsto nas legislações).

Recomenda-se verificar a possibilidade de implementação de permissões para o uso da água comercializáveis. Dessa maneira seria fixada a quantidade máxima de água que poderia ser retirada em determinado trecho de rio e, se algum usuário quiser aumentar seu consumo de água, ele poderá adquirir cotas de água de outros usuários. O objetivo dessa medida seria produzir uma solução de mínimo custo, buscando conciliar desenvolvimento econômico com proteção ambiental.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA, S.R.H. 1998. **Manual de outorga de direito de uso da água**. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. Salvador, 1998. 170p.;
- BARTH, F.T. 1999. Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos. In: **Águas doces no Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras. p. 565-599;
- BRASIL. Leis, etc. 1934. Decreto No. 24.643, de 10 de julho de 1934. In: **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. M.M.A., IBAMA. Brasília, DF. 1994;
- BRASIL 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico. 292p.;
- BRASIL. Leis, etc. 1997. **Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Lei Federal No. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 64p;
- BOURSCHEID Engenharia, 1996a. **2ª Etapa do Plano de utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria- RS**. Relatório No. 1- Cenário Atual- Volume 1. 251p.;
- BOURSCHEID Engenharia, 1996b. **2ª Etapa do Plano de utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria- RS**. Relatório No. 1- Cenário Atual- Volume 2;
- BOURSCHEID Engenharia, 1996c. **2ª Etapa do Plano de utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria- RS**. Relatório No. 2- Cenário Futuro;
- CHAVES, E.M.; LANNA, A.E.L. 1993. SAGBAH – Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas: Apresentação. In: SIMPÓSIO

- BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10., 1993, Gramado. **Anais**. Gramado: ABRH. v.1, p.413-421;
- CONEJO, J.G.L. 1993. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista da Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.27, n.2, p. 28-62;
- DEWES, R. 2000. O Sistema estadual de recursos hídricos no Rio Grande do Sul. In: **Projeto rio Santa Maria: a cobrança como instrumento de gestão das águas**. Porto Alegre: EPECÊ. p. 81-91;
- DOORENBOS, J. 1994. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB. 306p;
- FERRAZ, A.R.G.; BRAGA JR., B.P.F. 1996. **Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no estado de São Paulo**. São Paulo: Epusp. 19p.;
- FREITAS, N.N. 1997. **Um diagnóstico da utilização dos conceitos de sistema de apoio a decisão para gerenciar recursos hídricos**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 110f. Dissertação (Mestrado);
- FRANKE, A.E. 1996. **Avaliação econômica da irrigação, sob condições de risco, nas condições edafoclimáticas do planalto médio e missões, RS**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 115f. Tese (Doutorado);
- GOMIDE, F.L.S. 1976. Noções de estatística e probabilidades. In: **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher. Anexo;
- IPAGRO, 1989. **Atlas Agroclimatológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Instituto de Pesquisas Agronômicas – Seção de Ecologia Agrícola. Porto Alegre: Palloti. 326p;

-
- INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ. 2002. **Série histórica do preço do arroz irrigado [e] custo de produção ponderado**. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>;
 - KELMAN, J. 1997. Gerenciamento de recursos hídricos parte I: outorga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. **Anais**. São Paulo: ABRH. v.1, p. 123-128;
 - KEMPER, K.; CESTTI, R. 1995. **Initial allocation of water rights in the United States, Australia, and Chile**. The World Bank, Water and Sanitation Division. 5p.;
 - KETTELHUT, J.T.S. *et all* 1999. Cobrança e outorga pelo uso da água. In: **O estado da águas no Brasil-1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília. p. 37-44;
 - KOCH, E. 1996. A watershed for apartheid. **New Scientist**, 13 April, p.12-13. Porto Alegre. Disponível em: <<http://archive.newscientist.com/archive.jsp?id=20252100>>;
 - LANNA, A.E.; SCHWARZBACH, M. 1989. **MODHAC: Modelo Hidrológico Auto-Calibrável**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 55f. (Recursos Hídricos. Publicação n.21);
 - LANNA, A.E. 1997. **MODHAC: Modelo Hidrológico Auto-Calibrável**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 55f.;
 - LANNA, A.E. 1998. **Introdução à gestão dos recursos hídricos**. disciplina HIDP ???. [Porto Alegre]: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 212p.;
 - LEAL, M.S. 1998. **Gestão ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM. 176 p.;
 - LOUZADA, J.A.S. 2002. **Consumo de água na irrigação do arroz irrigado pôr inundação**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Depoimento pessoal;

-
- LUZ, L.D. 1994. **Análise de critérios simplificados para outorga dos direitos de uso da água na bacia do Rio Grande, Bahia: uma análise multiobjetivo.** Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 124f. Dissertação (Mestrado);
 - NETTO, O.M.C.; BALTAR, A.M. e PIMENTEL, C.E.B. 2000. Critérios para outorga de uso da água para irrigação: o caso da bacia do Rio Preto no Distrito Federal- Brasil. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 1., 2000, Brasília. **Anais.** Brasília: ABRH. 1CD;
 - PELISSARI, V. B.; SARMENTO, R. 1999. Determinação da vazão residual dos rios: estado-da-arte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte: ABRH. 1CD;
 - PEREIRA, J.S. 1996. **Análise de critérios de outorga e cobrança pelo uso da água na bacia do Rio dos Sinos, RS.** Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 109f. Dissertação (Mestrado);
 - PEREIRA, J.S.; LANNA, A.E.L. 1996. Análise de critérios de outorga dos direitos de uso da água. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 3., 1996, Salvador. **Anais.** Salvador: ABRH. p. 335-342;
 - PIGRAM, J.J. 1993. Property rights and markets in Australia: an evolutionary process toward institutional reform. **Water Resources Research**, v.29, n.4. p. 1313-1319;
 - PIRES, C.L.F. 1996. A outorga de uso na gestão de recursos hídricos. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 3., 1996, Salvador. **Anais.** Salvador: ABRH. p. 319-325;
 - REES, D.H. 1987. Tactical operation of rice irrigation systems during water shortages. IRRIGATION AND WATER ALLOCATION, 1987, Vancouver. **Proceedings of Vancouver Symposium.** Vancouver: IAHS. p. 141-152;

-
- RIBEIRO, M.M.R. 2000. **Alternativas para a Outorga e Cobrança pelo Uso da Água: Simulação de um Caso**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.. 200f. Tese (Doutorado);
 - RIBEIRO, M.M.R.; PAIVA, A.E.D.B. 2000. Outorga dos Direitos de Uso da Água na Bacia do Rio Gramame- PB. V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 5., 2000, Natal. **Anais**. Natal: ABRH. p. 371-377;
 - RIGUES, A.A. 2000. Água – sustentabilidade, uso e disponibilidade para irrigação. **Ciência & Ambiente**. Santa Maria: UFSM. v.1, n.1., p. 91-102;
 - RIO GRANDE DO SUL. Leis, etc. 1994. Política Estadual de Recursos Hídricos. Lei No. 10.350 de 30 de dezembro de 1994. In: LANNA, A.E. **Planejamento de Recursos Hídricos**: disciplina IPH 02007. [Porto Alegre]: UFRGS- Curso de Graduação em Engenharia Civil, ênfase em Recursos Hídricos, 1998. Anexo 1;
 - SANCHEZ, O.J.E. 1986. **Fundamentos de hidrologia**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 355 p.
 - SCHVARTZMAN, A.S. *et all* 1999. Avaliação Preliminar do Critério de Outorga Adotado no Estado de Minas Gerais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: ABRH. 1CD;
 - SILVA, L.M.C. 1997. **Análise de Critérios para Outorga dos Direitos de Uso da Água na Bacia do Rio Branco-BA**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 142f. Dissertação (Mestrado);
 - SILVA, L.M.C.; LANNA, A.E.L. 1997. Critérios de outorga de uso da água com base em modelagem agro-hidrológica: metodologia e aplicação (bacia do Rio Branco- BA). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. , 12., 1997, Vitória. **Anais**. Vitória: ABRH. v.1, p. 137-144;

-
- SILVEIRA, G.L. *et all*, 1998. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre: ABRH. v.3, n.3, p. 5-16;
 - SOUZA FILHO, F.A.; CAMPOS, J.N.B. 1996. A outorga como instrumento de gestão: estudo de caso. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 3., 1996, Salvador. **Anais**. Salvador: ABRH. p. 327-333;
 - SOUZA, S.M.T.; PINHEIRO, M.C. 1989. Procedimentos de outorga para utilização de recursos hídricos: embasamento doutrinário, conceitual e normativo para a fixação de critérios. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1989, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: ABRH. p. 233-44;
 - TABELAS de população urbana e rural, de efetivos dos principais rebanhos e de características das principais lavouras por municípios. 1998. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v.30. 1CD;
 - TARLOCK, A.D. 1991. New water transfer restrictions: the west returns to riparianism. **Water Resources Research**, v.27, n.6, p. 987-994;
 - TUCCI, C.E.M. 2000. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - ANEEL. 151 p.;
 - UFSM, 1998. **Programa de recuperação e desenvolvimento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria**. Santa Maria: UFSM. 97 p.;
 - VIEGAS F.º, J. S. 2000. **O paradigma da modelagem orientada a objetos : aplicado a sistemas de apoio à decisão em sistemas de recursos hídricos**. Porto Alegre: UFRGS- Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 2 v.. Tese (Doutorado);
 - WOLLMUTH J.C.; EHEART J.W. 2000. Surface water withdrawal allocation and trading systems for traditionally riparian areas. **Journal of the American Water Resources Association**. v.36, n.2. p. 293-303;

- WURBS, R.A.; WALLS, W.B. 1989. Water rights modeling and analysis. **Journal of Water Resources Planning and Management.** v.115, n.4, p. 416-430;
- WURBS, R.A. 1995. Water rights in Texas. **Journal of Water Resources Planning and Management.** v.121, n.6, p. 447-454.

ANEXO A - PRECIPITAÇÕES MENSAS ACUMULADAS PARA AS SUB-BACIAS DE INTERESSE

Quadro A.1 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 1 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	93,4	26,4	193,1	103,3	95,5	72,1	112,5	132,9	78,2	79,5	167,0	93,0
1977	138,0	109,0	132,1	157,7	78,2	108,1	358,8	59,7	52,7	125,5	138,3	39,8
1978	117,1	93,5	82,7	40,0	93,8	127,7	164,4	48,4	55,7	103,1	125,9	55,8
1979	4,5	32,2	35,7	46,0	46,3	37,0	64,1	134,2	162,1	136,8	109,2	85,7
1980	23,2	117,6	169,9	148,4	45,7	222,9	69,7	38,2	35,1	292,3	119,0	104,5
1981	109,2	209,3	32,9	108,8	123,6	69,6	39,7	43,5	131,4	24,0	78,7	82,1
1982	53,9	300,0	46,6	43,7	167,5	108,9	141,2	140,9	166,1	167,2	164,1	74,7
1983	170,1	211,4	87,6	67,2	188,9	85,9	204,4	62,5	72,2	70,6	116,1	69,8
1984	260,9	147,8	39,9	181,3	280,8	192,2	139,3	62,8	105,2	106,5	108,9	101,8
1985	107,3	50,1	241,2	235,3	143,5	152,7	82,6	130,1	178,1	80,8	0,4	30,3
1986	180,7	78,7	241,9	290,9	252,1	97,3	59,8	161,7	87,2	92,7	338,0	15,6
1987	139,0	50,2	171,0	275,2	138,4	60,8	186,7	196,8	134,6	96,3	117,8	67,4
1988	339,5	58,2	73,2	27,1	26,3	74,7	40,0	77,9	200,9	85,1	96,5	16,6
1989	142,9	6,7	76,0	116,1	10,6	22,5	43,8	129,7	63,8	68,0	113,0	87,6
1990	32,1	267,6	235,3	134,8	89,0	39,5	48,1	26,8	87,3	120,5	172,9	168,2
1991	61,0	23,7	64,0	513,7	74,0	84,0	168,6	3,9	63,9	163,3	47,6	144,9
1992	75,1	136,5	109,8	471,8	205,0	196,9	113,6	81,0	85,5	59,5	39,9	91,5
1993	297,4	44,2	20,7	118,4	302,6	177,0	80,4	37,2	19,5	213,5	240,2	258,7
1994	34,0	207,5	77,1	80,6	63,1	83,8	177,4	82,9	73,5	157,0	55,7	59,9
1995	40,0	165,3	140,4	63,5	110,4	99,8	317,6	23,3	84,5	96,1	48,1	61,3
1996	232,5	79,7	90,5	213,4	1,6	52,9	9,0	148,2	64,0	82,6	54,3	60,1
1997	73,7	370,8	20,0	85,2	177,2	177,8	100,0	107,9	41,9	257,7	176,9	513,9
1998	280,2	231,2	133,9	160,5	165,6	-	-	-	-	-	-	-
Média	130,7	131,2	109,4	160,1	125,2	106,5	123,7	87,8	92,9	121,8	119,5	103,8
Máxima	339,5	370,8	241,9	513,7	302,6	222,9	358,8	196,8	200,9	292,3	338,0	513,9
Mínima	4,5	6,7	20,0	27,1	1,6	22,5	9,0	3,9	19,5	24,0	0,4	15,6

Quadro A.2 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 2 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	93,4	26,4	193,1	103,3	95,5	72,8	121,7	123,0	81,9	98,3	137,9	86,4
1977	135,3	106,6	126,1	153,5	84,5	110,4	341,6	66,3	67,5	128,0	136,7	35,5
1978	129,9	112,4	58,6	34,5	92,1	137,4	138,2	47,2	41,0	76,6	106,3	41,7
1979	2,1	40,8	31,6	81,0	69,3	31,7	78,6	102,1	160,7	155,7	103,5	64,5
1980	20,6	124,1	177,0	159,3	41,8	232,7	68,8	43,5	35,2	309,8	110,6	103,8
1981	118,2	200,5	29,1	93,6	94,2	72,7	51,2	42,2	139,1	31,3	68,1	81,0
1982	55,2	280,8	47,0	38,4	183,0	121,5	165,6	133,9	176,5	170,2	172,0	67,0
1983	182,3	256,5	80,3	92,4	172,9	101,2	214,6	59,0	73,6	93,5	97,7	66,4
1984	263,1	108,9	45,1	168,7	308,1	203,8	150,5	68,7	103,8	94,3	109,9	87,5
1985	110,8	51,0	256,8	226,3	151,0	138,8	89,4	133,2	194,2	80,3	3,1	26,1
1986	157,7	80,7	227,0	289,4	255,4	113,3	57,2	143,9	86,2	105,9	317,5	21,4
1987	107,0	46,3	165,3	329,7	121,2	59,9	234,4	185,0	129,1	83,2	100,0	59,3
1988	292,9	60,2	61,8	31,4	25,9	83,5	34,6	82,8	211,1	90,4	99,3	12,2
1989	151,0	5,7	78,5	105,0	8,6	25,2	40,4	140,2	89,8	74,9	107,6	81,7
1990	43,2	262,9	248,8	156,7	92,3	26,5	58,1	26,2	104,0	140,6	191,3	180,6

(continua na página seguinte)

Quadro A.2 (continuação) - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 2 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1991	58,9	36,9	63,9	477,5	76,1	96,8	148,9	2,3	81,3	141,6	53,7	143,6
1992	88,8	153,3	102,8	438,8	198,5	170,1	148,6	69,0	103,5	72,6	36,8	99,6
1993	242,8	36,7	24,5	95,1	288,5	144,7	102,2	23,9	19,0	201,0	243,3	227,1
1994	41,0	212,5	78,3	92,6	85,6	83,6	196,7	73,3	83,6	180,9	59,7	48,5
1995	51,8	175,8	150,6	57,9	105,3	98,8	286,5	30,4	104,7	91,5	38,6	56,3
1996	252,8	95,5	89,8	192,4	0,8	60,6	6,8	133,0	60,7	84,4	30,6	58,6
1997	74,7	349,1	21,3	88,5	160,8	169,6	113,7	72,8	34,4	274,0	166,2	479,1
1998	269,9	294,5	118,4	215,5	149,0	-	-	-	-	-	-	-
Média	128,0	135,6	107,6	161,8	124,4	107,1	129,5	81,9	99,1	126,3	113,2	96,7
Máxima	292,9	349,1	256,8	477,5	308,1	232,7	341,6	185,0	211,1	309,8	317,5	479,1
Mínima	2,1	5,7	21,3	31,4	0,8	25,2	6,8	2,3	19,0	31,3	3,1	12,2

Quadro A.3 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 3 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	149,7	52,0	186,7	61,7	86,5	7,6	127,9	119,7	81,1	144,2	97,5	71,3
1977	157,7	151,7	80,0	167,2	100,3	98,3	327,7	79,4	103,9	126,4	153,0	50,5
1978	154,5	130,0	48,7	30,1	93,7	143,3	117,0	55,3	31,2	87,9	91,3	41,7
1979	2,8	74,4	86,8	162,6	153,2	9,8	110,9	92,4	192,1	190,8	98,8	49,4
1980	26,2	176,2	177,7	253,1	34,1	237,0	86,0	58,7	42,3	327,3	111,0	113,3
1981	139,9	160,3	22,0	96,1	88,2	88,9	86,7	34,9	145,7	51,0	67,9	86,9
1982	66,1	268,3	28,6	32,0	219,9	138,4	229,3	127,6	201,8	167,1	212,3	57,0
1983	174,2	294,8	90,9	151,3	168,2	93,9	212,2	45,3	101,1	198,9	72,3	43,1
1984	211,6	80,7	82,2	165,3	338,1	221,1	156,3	83,4	135,7	71,3	93,0	48,9
1985	76,5	85,6	277,6	176,5	164,7	102,3	105,3	138,1	229,0	89,8	8,9	26,2
1986	106,0	83,0	178,5	261,2	247,8	116,4	58,7	77,5	89,0	116,3	378,4	53,2
1987	83,3	41,7	165,8	434,2	105,2	33,5	323,5	175,3	98,7	90,3	74,2	59,5
1988	239,2	70,8	31,4	49,6	29,0	106,2	21,4	83,9	204,2	77,4	134,0	30,5
1989	126,2	3,6	60,2	112,5	10,2	25,7	38,3	144,5	154,3	84,5	85,4	88,2
1990	85,5	196,0	217,0	280,4	71,7	19,1	84,9	22,4	162,0	184,7	246,7	216,4
1991	72,0	47,1	123,1	340,0	124,6	205,8	161,9	2,8	94,9	110,4	62,4	178,1
1992	86,4	186,6	182,6	278,1	198,9	158,8	181,3	44,4	135,3	111,6	46,3	80,3
1993	227,1	47,8	53,7	42,8	239,9	131,0	113,5	6,8	38,2	173,5	184,6	150,8
1994	48,2	210,7	74,4	123,4	141,0	103,1	158,4	96,9	126,8	251,2	73,4	48,0
1995	93,1	184,1	131,8	75,7	67,2	73,9	195,7	41,6	150,9	97,0	19,8	29,6
1996	292,0	119,0	84,7	176,1	1,4	84,3	2,0	77,9	62,4	78,9	23,4	83,3
1997	90,7	327,7	34,0	111,2	117,4	135,5	140,7	48,5	53,7	290,1	164,0	400,6
1998	243,4	377,5	121,6	324,9	100,3	-	-	-	-	-	-	-
Média	128,3	146,5	110,4	169,8	126,1	106,1	138,2	75,3	119,7	141,8	113,6	91,2
Máxima	292,0	377,5	277,6	434,2	338,1	237,0	327,7	175,3	229,0	327,3	378,4	400,6
Mínima	2,8	3,6	22,0	30,1	1,4	7,6	2,0	2,8	31,2	51,0	8,9	26,2

Quadro A.4 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 4 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	93,4	26,4	193,1	103,3	95,5	73,0	124,0	129,6	79,8	104,0	111,4	74,3
1977	127,3	135,9	93,5	157,0	89,1	97,3	366,0	67,0	77,4	119,4	137,1	45,1
1978	131,9	108,4	58,1	37,5	88,5	135,8	131,6	50,3	46,0	103,3	113,7	46,2
1979	4,9	49,3	62,4	103,5	78,9	24,4	80,2	116,4	168,9	155,4	98,9	74,5
1980	22,9	138,1	173,8	211,9	40,9	214,9	79,1	58,0	59,5	289,9	115,6	124,7
1981	117,7	201,6	30,9	107,4	103,1	77,4	56,7	45,2	146,1	31,9	66,1	82,1
1982	66,9	283,5	39,1	38,7	180,2	120,8	169,0	140,8	178,3	160,0	165,6	65,0
1983	159,9	222,2	89,6	93,5	174,7	89,0	196,4	51,8	75,1	111,8	86,4	43,0
1984	235,4	117,2	66,1	181,4	288,4	201,9	144,0	72,5	110,2	96,5	101,1	80,3
1985	100,0	70,8	269,3	197,6	153,8	124,8	85,1	129,5	194,5	83,2	4,6	27,3
1986	156,2	70,9	199,7	275,9	249,3	99,9	52,5	114,4	89,1	109,7	338,1	21,3
1987	107,4	43,4	190,6	334,1	128,6	46,9	237,0	185,7	130,0	85,4	94,4	67,8
1988	282,9	62,1	58,9	28,4	26,9	84,0	31,9	81,3	194,2	90,0	104,8	23,1
1989	131,0	9,7	74,1	109,2	11,0	23,9	42,9	131,7	95,9	81,5	102,5	91,9
1990	52,6	233,3	221,3	179,3	90,6	25,7	53,2	22,9	117,6	145,5	212,0	185,4
1991	58,2	31,0	83,2	440,5	78,9	89,8	147,0	8,3	81,9	142,1	67,0	149,0
1992	84,5	164,4	127,6	391,7	197,4	174,1	141,0	66,0	104,0	73,2	45,8	83,7
1993	258,4	48,6	35,4	86,0	286,9	142,5	91,2	22,0	24,3	199,9	213,1	208,4
1994	39,8	218,0	78,2	94,6	100,8	92,3	161,0	99,6	101,3	183,8	61,7	58,3
1995	59,5	177,2	135,0	68,6	89,3	86,7	253,1	28,4	114,0	102,6	35,3	48,9
1996	265,6	101,8	80,5	209,9	2,1	68,1	7,8	118,3	67,2	81,5	44,1	66,4
1997	77,9	367,8	38,2	89,2	143,1	157,0	127,5	88,9	51,5	278,3	192,6	458,0
1998	271,9	293,9	119,4	215,9	145,3	-	-	-	-	-	-	-
Média	126,4	138,1	109,5	163,3	123,6	102,3	126,3	83,1	104,9	128,6	114,2	96,6
Máxima	282,9	367,8	269,3	440,5	288,4	214,9	366,0	185,7	194,5	289,9	338,1	458,0
Mínima	4,9	9,7	30,9	28,4	2,1	23,9	7,8	8,3	24,3	31,9	4,6	21,3

Quadro A.5 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 5 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	149,7	52,0	186,7	61,7	86,5	9,8	110,2	135,5	75,8	86,8	69,1	51,7
1977	87,7	164,6	40,4	176,3	96,3	76,2	414,1	72,0	90,9	112,6	146,9	61,0
1978	137,7	70,5	80,7	57,5	79,7	127,4	186,2	48,0	75,7	183,8	181,7	65,9
1979	16,7	76,9	80,7	103,4	79,7	17,8	88,2	229,1	190,4	149,1	110,2	126,2
1980	24,3	175,8	183,4	283,6	52,7	191,4	118,9	89,8	141,1	203,9	123,5	170,4
1981	111,9	254,4	36,1	123,3	134,3	83,1	67,7	49,7	177,5	32,7	69,1	90,7
1982	93,0	315,3	31,7	37,1	163,5	126,5	162,3	167,3	213,1	188,5	146,9	67,4
1983	120,1	97,9	123,5	90,0	205,6	74,1	170,0	46,8	63,5	140,7	74,3	18,8
1984	244,0	139,3	117,9	212,3	252,4	211,9	133,5	75,9	121,9	114,2	88,7	83,3
1985	92,5	103,8	279,8	173,3	153,6	129,6	83,7	129,7	200,0	78,3	4,8	30,3
1986	166,2	61,2	169,9	270,0	242,9	67,4	49,6	84,0	99,0	127,5	370,0	15,5
1987	194,0	38,7	262,4	333,3	133,1	42,0	259,5	192,3	145,9	92,3	98,3	83,3
1988	290,5	63,8	74,0	20,8	29,8	98,4	33,7	80,8	198,8	87,5	101,9	45,6
1989	116,1	26,8	71,0	122,1	15,3	24,3	54,7	126,0	82,2	99,3	103,9	112,0
1990	75,9	194,4	232,3	209,2	82,8	25,2	45,5	19,1	121,3	139,4	262,6	209,0

(continua na página seguinte)

Quadro A.5 (continuação) - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 5 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1991	53,4	17,8	109,5	465,6	81,6	83,8	126,6	33,2	93,1	145,0	89,5	188,7
1992	79,4	173,3	162,0	394,5	191,6	235,7	65,3	65,8	105,3	67,9	65,1	70,9
1993	255,2	52,7	52,9	77,7	349,4	148,9	82,4	22,6	42,7	245,7	178,9	193,6
1994	52,7	277,8	79,6	108,4	116,3	98,9	125,7	138,0	125,4	167,4	67,5	70,0
1995	76,7	181,4	86,6	112,9	63,9	74,7	244,7	26,7	137,8	141,1	30,8	44,5
1996	312,2	117,3	85,5	261,7	4,0	69,0	17,6	128,9	87,0	105,8	71,8	51,4
1997	74,9	430,2	85,6	64,3	143,5	146,0	158,4	113,0	84,1	314,6	266,7	436,3
1998	289,8	262,7	119,5	168,6	175,8							
Média	135,4	145,6	119,6	170,8	127,6	98,3	127,2	94,3	121,5	137,5	123,7	103,9
Máxima	312,2	430,2	279,8	465,6	349,4	235,7	414,1	229,1	213,1	314,6	370,0	436,3
Mínima	16,7	17,8	31,7	20,8	4,0	9,8	17,6	19,1	42,7	32,7	4,8	15,5

Quadro A.6 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 6 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	149,7	52,0	186,7	61,7	86,5	8,5	120,3	120,2	79,6	124,8	99,5	69,7
1977	144,8	145,3	70,4	177,4	101,7	92,6	323,5	83,0	101,6	114,0	163,9	55,1
1978	156,8	109,5	72,9	41,3	93,2	136,7	158,1	54,9	45,5	124,6	129,5	50,2
1979	7,0	87,4	77,2	134,1	160,2	10,8	110,7	154,6	202,1	188,3	109,8	71,2
1980	26,2	198,4	180,6	257,9	38,7	228,2	98,9	63,9	69,7	297,9	109,0	118,9
1981	128,1	184,5	22,2	96,0	101,5	89,3	89,8	32,0	151,2	51,6	69,6	91,7
1982	68,8	300,2	31,7	32,1	211,1	142,9	223,4	133,7	220,7	187,6	211,2	59,9
1983	166,3	229,8	108,6	154,0	188,4	83,9	210,9	47,0	94,8	217,0	83,5	46,5
1984	221,2	85,6	93,2	173,3	323,1	226,5	153,1	83,4	142,7	81,6	93,9	59,5
1985	73,9	95,4	267,4	192,1	161,8	119,5	106,8	135,3	231,6	83,5	8,1	26,9
1986	109,4	86,7	187,0	267,5	247,5	104,6	64,1	78,2	89,3	109,8	402,9	53,2
1987	99,1	44,5	180,5	436,2	99,9	35,1	338,6	171,3	98,8	99,1	78,7	62,0
1988	261,2	75,6	40,1	50,2	31,0	115,7	20,7	84,1	215,3	68,9	133,4	40,8
1989	121,9	9,6	58,2	121,5	11,0	25,4	43,1	146,3	144,7	89,5	85,0	97,1
1990	99,8	182,1	237,9	299,0	59,8	23,8	88,3	22,1	158,2	177,7	257,4	226,6
1991	75,1	39,9	131,6	379,1	138,4	238,7	164,2	11,8	98,5	105,2	56,3	210,7
1992	78,7	176,1	202,7	304,6	198,5	195,9	168,8	43,5	133,9	108,1	51,9	77,1
1993	230,8	41,3	59,0	47,3	264,0	145,3	109,2	6,2	47,5	197,4	182,6	152,4
1994	55,1	239,2	72,7	129,5	137,9	101,5	152,4	102,1	129,6	247,7	73,4	47,3
1995	100,2	175,7	124,9	78,8	67,3	69,6	202,8	41,8	160,0	109,6	21,5	30,3
1996	302,8	108,5	91,2	189,0	1,3	78,2	6,7	90,3	69,4	94,4	34,4	67,8
1997	85,4	337,9	47,2	97,0	123,5	131,9	141,7	51,3	60,7	301,3	179,3	405,1
1998	257,4	358,7	122,6	295,7	110,4	-	-	-	-	-	-	-
Média	131,3	146,3	115,9	174,6	128,6	109,3	140,7	79,9	124,8	144,5	119,8	96,4
Máxima	302,8	358,7	267,4	436,2	323,1	238,7	338,6	171,3	231,6	301,3	402,9	405,1
Mínima	7,0	9,6	22,2	32,1	1,3	8,5	6,7	6,2	45,5	51,6	8,1	26,9

Quadro A.7 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 7 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	139,5	74,2	198,9	63,0	105,5	34,6	111,6	119,5	61,7	93,4	153,8	113,6
1977	243,7	141,2	80,8	210,5	105,4	118,3	278,8	130,5	78,0	152,3	197,2	99,0
1978	156,5	81,3	156,7	53,7	105,0	126,7	299,1	45,1	60,9	136,7	183,6	93,4
1979	20,9	90,1	89,1	90,0	200,5	12,6	122,2	201,0	253,4	206,5	131,8	112,6
1980	23,5	165,9	170,6	154,9	69,5	192,9	96,1	46,6	38,5	313,9	92,3	65,5
1981	146,8	137,9	34,7	66,1	107,4	95,7	95,2	22,7	132,9	43,0	82,4	98,3
1982	50,5	311,9	38,8	33,1	237,5	175,2	231,3	145,7	206,6	216,6	281,0	58,7
1983	169,4	218,9	141,7	184,3	264,4	55,4	215,1	41,3	95,4	208,5	86,0	61,2
1984	194,1	73,7	128,5	184,6	372,8	230,2	146,5	107,3	195,2	80,8	100,3	71,1
1985	35,9	99,2	193,2	215,6	140,4	141,6	150,0	136,9	252,1	75,0	25,8	23,3
1986	98,9	126,6	217,2	271,1	255,2	116,0	88,5	115,8	133,1	117,8	460,3	56,6
1987	159,7	74,5	208,6	390,2	90,2	54,4	378,7	175,2	104,0	126,2	93,9	84,2
1988	279,3	99,8	32,4	81,2	29,7	130,3	20,7	68,1	237,9	75,0	137,7	50,5
1989	105,7	3,6	55,3	154,1	11,6	30,2	56,1	144,7	153,9	88,6	102,1	133,3
1990	129,4	160,5	222,4	358,4	56,1	38,4	88,6	24,2	197,2	190,1	233,0	220,4
1991	70,8	38,3	127,0	364,8	135,0	268,5	143,3	8,3	101,1	74,2	38,4	205,5
1992	89,5	131,3	230,9	376,3	250,5	171,6	140,7	40,4	155,5	112,1	56,8	71,9
1993	236,7	42,9	74,3	50,5	207,7	187,7	116,2	2,3	69,9	221,7	209,2	122,9
1994	52,9	222,9	63,6	161,8	124,0	110,8	141,4	105,1	139,1	226,7	75,4	59,1
1995	126,2	124,5	138,3	88,6	51,6	64,8	192,6	63,5	180,1	100,8	19,7	32,7
1996	310,4	61,8	116,1	168,9	7,7	70,1	14,9	82,5	73,5	124,5	66,1	110,7
1997	96,9	281,7	51,5	103,1	111,2	120,7	90,7	40,7	75,4	333,3	173,6	338,8
1998	229,6	320,0	186,6	330,6	90,8	-	-	-	-	-	-	-
Média	137,7	134,0	128,6	180,7	136,1	115,7	146,3	84,9	136,2	150,8	136,4	103,8
Máxima	310,4	320,0	230,9	390,2	372,8	268,5	378,7	201,0	253,4	333,3	460,3	338,8
Mínima	20,9	3,6	32,4	33,1	7,7	12,6	14,9	2,3	38,5	43,0	19,7	23,3

Quadro A.8 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 8 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	134,5	85,3	204,9	63,6	115,1	43,5	119,2	118,9	64,5	103,8	119,3	110,3
1977	221,6	162,4	76,0	189,7	119,2	124,7	304,6	133,0	75,6	173,4	166,2	76,5
1978	138,9	105,6	131,8	42,1	96,5	131,6	277,2	44,3	46,6	117,4	137,8	70,5
1979	18,8	72,4	91,9	119,6	173,1	12,4	125,9	143,2	234,1	207,4	122,3	103,0
1980	26,1	149,2	194,5	172,9	64,8	188,8	105,4	54,7	41,2	323,5	97,9	80,5
1981	163,9	150,4	34,7	75,0	89,2	96,0	89,6	34,4	140,6	42,1	75,6	99,7
1982	60,3	280,6	36,0	29,1	226,3	166,0	230,5	150,3	195,4	194,0	258,8	61,2
1983	163,6	252,5	118,3	164,5	230,5	73,7	216,3	41,8	85,4	195,7	74,2	55,0
1984	222,8	84,3	98,7	195,4	361,8	229,0	141,3	102,3	163,5	75,2	100,7	64,0
1985	49,0	92,3	228,8	196,9	154,8	135,0	142,8	143,8	253,7	83,7	24,5	24,7
1986	95,9	130,0	213,8	267,7	255,1	124,0	72,6	108,1	128,8	99,4	419,3	43,4
1987	118,9	74,6	165,9	433,1	98,0	44,7	356,2	188,5	103,5	121,0	92,0	92,0
1988	246,4	87,2	28,1	64,5	35,0	133,0	24,5	75,8	222,8	84,2	134,7	40,1
1989	114,4	4,1	60,3	147,3	10,9	31,0	57,2	138,5	155,3	92,2	106,4	116,3
1990	113,9	193,9	209,5	322,5	66,5	29,6	85,2	23,7	200,2	180,9	236,4	215,3

(continua na página seguinte)

Quadro A.8 (continuação) - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 8 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1991	68,3	47,5	112,9	329,7	109,1	229,9	144,7	5,1	108,7	89,1	49,9	172,7
1992	70,5	151,6	206,1	330,6	227,5	150,3	169,4	41,3	147,7	104,9	56,9	80,5
1993	236,5	47,9	63,9	48,2	225,5	163,7	121,8	3,9	52,6	203,2	208,5	153,3
1994	41,6	226,0	68,9	150,4	134,9	106,8	147,1	101,6	129,5	222,9	82,4	54,6
1995	110,0	140,8	142,9	87,0	42,9	55,9	203,8	57,4	171,2	92,5	22,0	31,0
1996	313,4	84,4	97,9	165,6	7,6	73,0	10,9	81,2	62,8	105,3	41,9	103,1
1997	104,2	289,6	51,0	103,7	108,6	132,8	100,3	47,0	68,7	322,4	160,8	324,3
1998	220,3	333,8	150,4	354,7	92,8	-	-	-	-	-	-	-
Média	132,8	141,1	121,2	176,2	132,4	112,5	147,6	83,6	129,6	147,0	126,8	98,7
Máxima	313,4	333,8	228,8	433,1	361,8	229,9	356,2	188,5	253,7	323,5	419,3	324,3
Mínima	18,8	4,1	28,1	29,1	7,6	12,4	10,9	3,9	41,2	42,1	22,0	24,7

Quadro A.9 - Precipitações mensais utilizadas na sub-bacia 9 (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	124,3	107,5	217,1	64,9	134,1	71,9	113,6	117,2	42,3	90,8	159,2	109,4
1977	263,6	124,2	84,1	219,5	83,1	114,8	292,2	124,7	83,8	148,7	220,3	128,2
1978	174,0	66,7	143,4	59,9	107,6	132,6	273,5	37,4	66,5	114,3	211,9	114,3
1979	23,0	88,9	92,2	91,2	184,9	14,9	111,3	203,4	255,6	197,7	123,2	114,2
1980	13,5	125,9	137,6	118,3	80,5	188,7	68,4	46,2	34,7	300,5	85,1	61,5
1981	137,6	119,0	44,1	50,9	102,2	91,5	87,9	22,5	135,9	31,6	77,5	85,1
1982	46,0	295,7	43,0	38,2	247,8	185,0	213,0	148,2	187,5	221,1	278,1	47,6
1983	172,1	224,6	151,3	182,6	285,9	52,1	196,3	34,4	93,2	141,3	60,0	44,3
1984	156,0	46,8	176,7	171,8	393,7	221,1	155,4	117,2	214,4	86,1	100,1	74,1
1985	39,7	94,1	170,7	204,0	120,4	122,1	151,6	128,8	235,3	65,1	30,8	16,5
1986	122,3	102,9	202,9	277,0	260,0	116,5	91,7	126,8	151,4	184,1	426,0	47,8
1987	189,1	66,4	307,5	279,4	95,0	77,7	369,0	165,6	141,3	100,2	89,0	78,4
1988	269,2	105,9	40,1	88,9	16,3	103,6	22,1	56,9	243,0	100,9	115,8	44,5
1989	105,6	3,5	67,5	138,8	11,7	32,5	53,2	145,9	140,8	88,4	111,1	152,8
1990	118,8	147,0	217,1	320,8	87,3	32,4	60,6	23,2	186,7	203,9	219,2	201,6
1991	46,0	33,4	103,2	394,3	97,2	144,9	78,3	10,8	97,6	66,2	60,3	169,5
1992	150,3	123,5	181,9	469,1	281,2	131,7	126,4	47,5	165,7	105,7	52,3	71,2
1993	189,9	45,3	77,1	52,8	185,0	171,2	118,3	0,0	74,4	237,2	230,0	77,5
1994	61,5	199,9	64,6	164,5	110,1	115,2	149,1	114,2	150,8	187,6	62,2	73,5
1995	129,5	92,0	152,2	82,4	61,6	91,6	170,9	70,1	178,3	106,8	12,7	44,7
1996	310,8	58,9	129,7	181,4	10,0	72,6	20,4	82,2	85,3	141,9	90,5	140,7
1997	82,4	282,0	50,0	102,8	110,9	120,4	79,6	37,1	78,1	353,7	205,6	359,2
1998	233,1	312,1	226,4	297,3	103,7	-	-	-	-	-	-	-
Média	137,3	124,6	133,9	176,1	137,8	109,3	136,5	84,6	138,3	148,8	137,3	102,6
Máxima	310,8	312,1	307,5	469,1	393,7	221,1	369,0	203,4	255,6	353,7	426,0	359,2
Mínima	13,5	3,5	40,1	38,2	10,0	14,9	20,4	0,0	34,7	31,6	12,7	16,5

ANEXO B - MODELO DE TRANSFORMAÇÃO PRECIPITAÇÃO – VAZÃO

O MODHAC (Modelo Hidrológico Auto-Calibrável), desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por LANNA e SCHWARZBACK (1989) e aperfeiçoado por VIEGAS F.º (2001), foi o modelo escolhido para este estudo. Segundo os autores, esse modelo é um aperfeiçoamento do MOHTSAR (Modelo Hidrológico para o Trópico Semi-Árido), apresentado por Marwell e Lanna para as bacias hidrográficas do semi-árido do nordeste do Brasil. O MODHAC, entretanto foi desenvolvido para bacias do semi-árido nordestino e também para o clima temperado úmido do sul do Brasil. Por isso ele pode ser ajustado por uma gama bastante ampla de bacias, não importando os aspectos climatológicos, pedológicos, topográficos, geológicos e de cobertura vegetal existentes. É, portanto, um dos raros modelos que foram desenvolvidos tendo em consideração as condições climáticas e fisiográficas das bacias hidrográficas brasileiras. Isso contribui, por exemplo, para que fosse selecionado entre vários outros, para utilização nos estudos hidrológicos que foram realizados para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

O MODHAC, no jargão hidrológico, trata-se do que é chamado de “modelo globalizado”, tendo como mais notável característica a possibilidade de ter seus parâmetros calibrados automaticamente de forma a aprimorar um índice de aderência entre as vazões observadas e calculadas. O MODHAC é esquematicamente apresentado na figura B.1 adiante.

A chuva precipitada passa inicialmente por um filtro de ajuste que tem por finalidade a correção de erros de observação originados na baixa densidade de pluviômetros na bacia. O volume corrigido de chuva alimenta inicialmente a evapotranspiração potencial, até ser anulado ou saciá-la. No caso da chuva ser anulada pela evapotranspiração, a bacia se encontra no estágio de ressecamento. Na outra situação, o estágio é de umedecimento (Lanna, 1997).

No estágio de ressecamento, a água restante do reservatório superficial é inicialmente usada para suprir a evapotranspiração potencial remanescente. Em seguida é executada a percolação da água do reservatório superficial para o sub-superficial. Caso a evapotranspiração potencial não estiver inteiramente suprida, a água armazenada no reservatório sub-superficial passará a ser apropriada para tal.

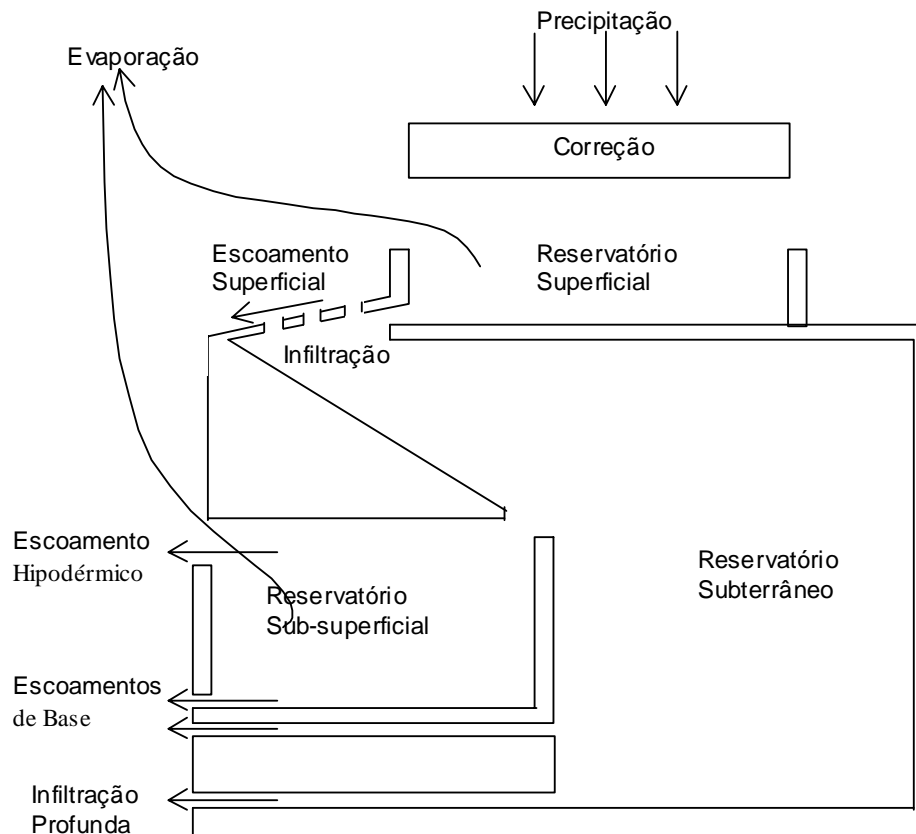


Figura B.1 – Esquema de funcionamento do MODHAC (adaptado de Lanna, 1997)

Em seqüência haverá a percolação da água armazenada nos reservatórios sub-superficial e subterrâneo para a superfície, dando origem ao escoamento subterrâneo ou de base. Por último, haverá a fuga de água por infiltração profunda a partir do reservatório subterrâneo.

No estágio de umedecimento, a chuva remanescente, após a evapotranspiração potencial ter sido totalmente suprida, é interceptada pelo reservatório superficial até enchê-lo. O extravasamento desse reservatório passa então por um processo superficial de separação, que o dividirá entre uma parcela que formará o escoamento superficial direto e outra que será infiltrada.

A água infiltrada soma-se à percolação do reservatório superficial. O volume resultante passa por um processo de separação sub-superficial que o distribuirá entre o reservatório sub-superficial e o subterrâneo. Na eventualidade do reservatório sub-superficial encher, seu extravasamento dará lugar à “recusa à infiltração” que formará o escoamento hipodérmico suplementando o escoamento superficial direto. Como na fase de

ressecamento, a seqüência final será a percolação dos reservatórios sub-superficial e subterrâneo formando o escoamento subterrâneo (ou de base) e a infiltração profunda (Lanna,1997).

Basicamente, dois aspectos distinguem o MODHAC da maioria dos modelos matemáticos de transformação precipitação-vazão. O primeiro aspecto é a calibração automática dos parâmetros através de uma função objetivo que retrata a maior ou menor correlação entre vazões observadas e calculadas. O segundo aspecto é a forma pela qual o modelo é discretizado com a adoção de dois intervalos distintos, ditos de computação e de simulação. Exemplificando: os escoamentos computados diariamente são acumulados em intervalos mensais de simulação, servindo estes escoamentos mensais calculados à otimização da função objetivo, pela comparação com os escoamentos mensais observados.

O primeiro aspecto enunciado permite um ganho considerável de tempo, já que a calibração automática dispensa o exaustivo processo de modificação do valor dos parâmetros por tentativas.

O segundo aspecto permite considerar satisfatoriamente a distribuição temporal da precipitação, computando as respostas da bacia a pequenos intervalos (diário), ao passo que propicia a simplificação da propagação dos escoamentos na bacia, já que a avaliação do ajuste é consubstanciada nos intervalos de simulação, em geral, mais largos.

Esta flexibilidade, apresentada pelo MODHAC, é relevante no presente estudo. A disponibilidade de precipitações e vazões diárias para calibração e precipitações diárias para a geração, permite a obtenção de vazões para quaisquer intervalos de acordo com as necessidades de projeto.

Diante do exposto, justifica-se o uso do MODHAC por sua adaptabilidade às diferentes situações de projeto, tanto no que se refere ao melhor aproveitamento dos dados disponíveis, quanto com relação à confiabilidade dos resultados obtidos.

A descrição detalhada de cada um dos algoritmos que compõem o MODHAC pode ser encontrada em SCHWARZBACK (1988), ou em LANNA e SCHWARZBACK (1989).

ANEXO C - QUADROS DO ITEM 4.3.2 – GERAÇÃO DAS SÉRIES DE VAZÕES

Quadro C.1 – Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	81,7	3,8	5,1	8,6	15,3	2,2	23,5	3,5	5,3	1,8
	8 a 14	-	50,8	4,0	4,7	7,6	12,5	2,6	29,6	30,4	5,7	2,6
	15 a 21	-	105,0	3,4	3,8	8,0	74,5	3,2	14,5	121,9	6,4	3,4
	22 a 31	-	34,4	3,3	2,7	8,0	57,1	3,0	80,9	38,7	9,5	5,5
Fev	1 a 7	-	13,9	7,3	2,6	6,8	149,0	2,4	99,6	97,9	10,0	6,9
	8 a 14	-	28,7	17,3	2,2	8,1	165,8	44,6	28,7	73,8	9,7	7,2
	15 a 21	-	39,0	58,8	2,0	10,3	183,8	204,7	94,8	55,4	9,9	9,3
	22 a 28 ¹	-	58,1	21,7	1,6	18,6	48,1	123,8	294,5	69,0	11,5	10,3
Mar	1 a 7	-	93,3	13,2	2,0	38,7	29,4	33,7	113,9	96,5	11,6	16,5
	8 a 14	-	69,3	11,1	2,5	80,1	15,8	15,8	56,3	28,9	53,9	195,7
	15 a 21	-	31,4	10,5	3,3	26,9	12,1	11,4	117,3	15,2	84,7	277,0
	22 a 31	-	66,9	51,5	3,4	100,9	11,1	10,8	40,5	11,4	212,0	71,1
Abr	1 a 7	-	56,3	27,8	2,8	104,9	9,3	14,6	51,3	87,4	209,3	19,0
	8 a 14	-	69,5	15,0	3,0	153,3	9,3	13,5	31,7	29,3	73,4	497,8
	15 a 21	-	240,1	11,9	2,9	127,3	10,0	33,3	15,2	44,6	160,4	170,1
	22 a 30	-	66,9	10,9	3,8	63,0	41,7	15,1	11,2	168,4	94,4	38,8
Mai	1 a 7	-	19,1	10,6	3,4	19,0	52,4	10,5	150,3	61,4	139,1	16,1
	8 a 14	-	12,8	10,3	3,1	11,2	57,0	68,5	123,9	42,8	99,7	11,9
	15 a 21	-	11,8	96,4	2,2	9,6	59,9	171,8	34,1	23,8	52,8	116,8
	22 a 31	-	10,1	27,1	2,6	9,4	65,0	59,6	26,4	295,2	63,5	207,0
Jun	1 a 7	-	10,9	13,1	2,6	9,6	40,8	16,2	18,0	221,7	74,0	136,6
	8 a 14	-	10,7	9,9	2,5	85,4	18,2	10,8	12,0	154,0	26,8	60,1
	15 a 21	-	21,2	12,6	2,8	78,0	11,6	49,3	10,1	45,2	26,9	26,9
	22 a 30	-	63,2	36,5	2,2	53,9	10,3	37,7	42,3	56,7	33,4	13,6
Jul	1 a 7	-	66,6	37,8	1,4	102,3	10,4	14,4	30,4	118,8	91,9	11,5
	8 a 14	-	156,3	16,5	1,3	29,3	9,0	10,9	48,3	72,5	35,0	10,7
	15 a 21	-	102,0	19,2	1,2	14,5	8,1	11,9	188,6	32,8	15,3	8,3
	22 a 31	-	210,4	97,6	1,1	10,8	7,8	61,1	41,9	16,2	9,7	9,6
Ago	1 a 7	-	111,8	57,6	1,2	10,0	6,3	17,8	14,6	11,1	10,3	35,6
	8 a 14	-	30,6	19,5	1,9	10,3	5,5	110,8	10,3	9,8	89,0	31,7
	15 a 21	-	13,3	10,8	2,5	9,1	4,6	30,9	9,6	8,5	31,7	15,1
	22 a 31	-	9,1	7,2	2,1	6,2	2,8	12,5	7,7	7,0	12,3	11,1
Set	1 a 7	258,9	7,7	6,3	1,8	4,3	1,9	8,9	6,4	5,9	8,2	9,7
	8 a 14	60,4	5,6	4,8	1,9	2,9	1,9	7,1	5,0	4,1	6,4	9,5
	15 a 21	19,8	4,7	4,2	1,1	1,7	2,3	7,1	3,4	2,5	11,0	7,6
	22 a 30	9,8	4,2	3,1	0,9	1,0	2,4	8,8	1,6	2,6	13,9	7,4
Out	1 a 7	7,6	2,7	1,8	2,0	2,7	1,7	10,0	2,8	3,2	10,3	6,4
	8 a 14	7,3	2,0	1,3	4,1	6,4	1,2	9,2	2,3	3,6	9,0	6,1
	15 a 21	5,9	3,8	0,9	4,3	7,7	0,9	12,7	2,1	3,3	7,1	6,0
	22 a 31	6,0	4,5	1,2	4,7	8,3	0,8	88,6	2,3	2,6	8,0	5,4
Nov	1 a 7	14,9	3,3	2,4	6,8	10,7	1,1	151,9	1,4	4,6	7,6	5,5
	8 a 14	14,4	2,8	2,2	8,1	10,8	3,1	61,7	1,0	6,7	6,5	9,3
	15 a 21	10,6	3,1	1,8	8,7	10,0	2,8	20,4	2,7	6,6	5,1	10,1
	22 a 30	8,3	2,9	2,9	8,8	12,5	1,6	11,4	4,7	4,9	3,6	195,4
Dez	1 a 7	8,6	5,0	4,8	7,5	25,4	1,0	10,2	4,1	3,5	2,2	109,2
	8 a 14	8,9	5,5	6,3	7,8	15,4	2,3	10,7	4,4	4,1	1,3	30,3
	15 a 21	9,9	4,8	6,5	10,3	76,4	1,9	10,1	4,4	3,4	1,5	12,8
	22 a 31	11,2	3,6	6,0	10,2	42,1	2,0	10,7	4,2	2,9	1,4	9,6

Quadro C.1 – (continuação) Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	8,3	9,1	2,4	5,1	11,0	7,0	87,0	84,5	4,1	2,7	1,5	419,8
	8 a 14	57,8	9,3	2,2	5,3	9,7	7,6	78,9	31,8	4,1	3,6	1,2	196,4
	15 a 21	75,7	280,7	2,0	3,7	9,1	7,5	25,1	15,9	3,9	3,7	1,7	48,2
	22 a 31	21,3	226,7	2,7	4,3	9,0	5,9	85,4	11,5	4,3	56,9	3,7	64,6
Fev	1 a 7	11,8	107,5	6,8	4,7	10,6	7,6	32,3	9,8	3,7	61,5	76,4	270,6
	8 a 14	11,6	30,6	7,4	78,9	9,8	9,3	15,5	52,6	4,0	27,2	265,2	274,4
	15 a 21	11,7	14,4	7,7	140,8	10,0	20,2	11,9	212,6	6,5	15,1	97,5	75,9
	22 a 28 ¹	11,1	34,4	6,0	72,0	9,6	85,7	24,1	129,0	8,2	58,9	107,0	63,6
Mar	1 a 7	16,4	23,6	5,8	63,6	9,1	76,9	14,0	43,6	75,6	43,0	42,5	82,9
	8 a 14	61,7	14,0	6,9	173,8	10,5	61,0	11,6	18,1	128,8	17,7	17,6	82,5
	15 a 21	24,9	11,6	6,5	180,9	13,4	21,6	11,4	11,3	35,4	12,5	12,6	89,8
	22 a 31	147,6	27,8	7,2	84,2	12,6	59,0	11,4	43,9	45,1	64,7	11,0	58,5
Abr	1 a 7	260,8	64,7	8,2	138,5	21,3	80,1	10,2	40,2	51,7	233,3	10,6	27,0
	8 a 14	95,2	22,3	48,0	45,7	133,8	751,9	10,9	17,4	24,0	159,0	10,3	106,5
	15 a 21	230,1	13,1	25,5	18,2	958,4	213,3	44,1	14,2	13,4	74,4	15,3	153,7
	22 a 30	124,8	10,2	13,5	134,5	153,6	126,8	60,9	24,8	10,9	74,8	34,8	45,1
Mai	1 a 7	43,9	10,7	11,4	47,6	35,7	54,9	31,1	87,1	161,1	31,4	18,7	16,7
	8 a 14	25,3	10,5	11,3	56,0	15,7	163,4	344,2	52,2	90,0	14,7	12,6	12,2
	15 a 21	84,2	9,9	10,4	26,7	10,5	210,2	102,8	21,1	26,9	9,8	132,9	79,4
	22 a 31	99,4	9,6	9,8	12,8	38,0	50,4	81,7	12,1	13,4	8,7	151,9	139,5
Jun	1 a 7	35,7	8,2	8,2	66,8	14,4	162,6	214,9	10,7	9,6	8,1	28,8	-
	8 a 14	20,7	6,5	8,2	22,8	10,7	147,3	155,7	9,6	7,9	7,2	37,5	-
	15 a 21	12,9	6,9	7,3	13,0	32,8	38,7	124,0	7,9	8,3	5,4	117,9	-
	22 a 30	10,4	7,9	5,5	10,2	26,6	30,5	42,9	10,3	10,2	6,2	103,7	-
Jul	1 a 7	8,5	7,6	5,0	7,3	12,6	21,9	14,8	10,5	140,9	6,3	25,6	-
	8 a 14	9,8	7,9	5,6	6,3	10,1	33,9	9,9	10,6	66,0	4,5	13,1	-
	15 a 21	10,6	7,7	4,5	6,7	8,3	52,4	9,2	10,5	246,2	4,3	64,9	-
	22 a 31	50,5	5,6	3,0	6,3	40,1	26,4	7,7	36,7	78,6	3,1	26,9	-
Ago	1 a 7	58,5	4,8	2,4	4,9	72,9	12,3	7,8	107,2	38,3	1,6	11,2	-
	8 a 14	20,3	5,3	2,4	3,3	22,1	9,2	7,6	64,6	15,8	1,6	10,0	-
	15 a 21	89,0	4,2	2,5	1,7	11,1	7,8	5,9	27,2	10,4	2,4	9,0	-
	22 a 31	56,5	3,4	2,6	1,1	6,8	7,0	4,0	11,4	8,0	1,9	9,5	-
Set	1 a 7	50,4	2,0	2,3	1,1	3,8	6,0	2,4	7,4	5,7	2,1	7,7	-
	8 a 14	17,6	1,7	1,8	1,0	2,6	5,0	1,5	5,9	3,4	2,1	6,5	-
	15 a 21	14,1	2,4	1,2	1,2	1,9	4,5	0,9	6,0	3,5	1,5	5,4	-
	22 a 30	10,5	2,8	1,1	1,3	2,2	3,9	0,9	5,0	2,7	1,2	4,2	-
Out	1 a 7	9,9	6,2	0,9	1,0	1,2	4,2	1,3	3,9	1,9	1,0	3,1	-
	8 a 14	9,7	7,1	0,8	1,9	1,9	3,0	1,6	2,7	1,6	0,9	4,3	-
	15 a 21	29,3	5,7	0,8	3,5	3,0	2,3	1,7	3,3	1,2	0,8	7,6	-
	22 a 31	13,2	3,6	1,3	2,9	4,1	2,2	4,9	5,5	1,3	1,7	8,3	-
Nov	1 a 7	9,3	3,9	2,8	2,7	4,4	1,3	6,7	6,1	3,0	1,6	9,7	-
	8 a 14	8,8	3,5	2,4	5,2	3,6	0,9	7,2	6,4	2,3	1,6	62,0	-
	15 a 21	11,1	3,6	3,3	6,4	2,5	1,3	183,6	5,3	2,3	1,9	82,7	-
	22 a 30	11,5	4,7	3,6	7,5	1,8	1,0	65,5	4,7	2,1	1,1	37,9	-
Dez	1 a 7	9,9	5,1	4,0	6,5	1,8	1,0	111,2	4,3	1,1	0,8	22,8	-
	8 a 14	9,3	4,2	3,5	89,7	2,4	2,0	91,1	5,1	0,9	1,0	12,8	-
	15 a 21	9,6	3,7	3,4	41,1	2,7	1,9	58,7	4,0	0,8	1,2	11,0	-
	22 a 31	9,4	3,0	4,3	15,5	5,6	2,5	113,9	4,6	1,8	1,4	732,5	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.2 – Série de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	46,3	5,4	4,0	10,4	18,3	2,5	53,2	3,6	5,5	2,0
	8 a 14	-	60,2	5,6	3,4	8,9	15,6	2,9	69,6	7,1	6,1	2,4
	15 a 21	-	134,2	5,4	2,5	9,4	81,8	3,3	25,1	143,4	6,9	3,7
	22 a 31	-	43,2	6,9	1,6	9,1	91,0	2,8	100,3	47,8	10,5	5,6
Fev	1 a 7	-	17,5	12,2	1,1	7,8	184,2	2,8	116,5	120,6	11,7	7,4
	8 a 14	-	69,0	74,4	1,2	10,6	210,9	44,5	35,0	76,6	12,1	8,5
	15 a 21	-	51,1	152,4	1,2	13,5	224,7	225,8	259,9	39,7	12,1	11,6
	22 a 28 ¹	-	51,8	43,6	1,1	15,1	60,3	143,1	396,1	49,0	13,7	12,2
Mar	1 a 7	-	108,1	20,1	1,9	39,9	42,7	40,4	152,2	99,4	13,8	12,9
	8 a 14	-	67,9	14,9	2,4	98,7	21,7	19,5	67,0	32,1	30,9	123,9
	15 a 21	-	34,1	12,2	3,0	34,7	15,4	14,1	137,3	18,0	112,1	347,5
	22 a 31	-	84,6	22,3	2,4	147,5	14,0	13,8	48,5	14,2	277,7	95,6
Abr	1 a 7	-	73,5	19,1	2,4	139,7	11,7	16,7	91,7	110,9	344,6	61,6
	8 a 14	-	83,1	15,8	4,8	172,8	11,7	16,1	54,5	37,7	120,8	587,5
	15 a 21	-	298,2	14,6	5,1	179,6	11,5	31,8	22,1	46,9	174,4	235,6
	22 a 30	-	85,8	13,6	6,2	116,2	29,0	18,1	15,0	199,0	91,9	59,0
Mai	1 a 7	-	25,9	13,1	5,4	29,1	33,0	13,3	210,8	85,4	143,2	23,7
	8 a 14	-	20,9	13,0	4,9	15,9	27,1	124,8	172,8	68,7	98,0	15,4
	15 a 21	-	16,3	104,5	3,7	13,0	42,9	240,8	46,4	40,4	63,6	156,8
	22 a 31	-	15,4	29,7	4,9	12,1	67,5	75,6	19,5	430,6	99,3	268,6
Jun	1 a 7	-	16,8	16,2	5,6	12,5	50,7	20,6	14,7	286,3	104,2	192,0
	8 a 14	-	14,8	12,6	5,4	122,5	22,6	27,3	13,7	205,4	35,7	95,9
	15 a 21	-	12,7	12,7	5,9	110,4	14,9	81,1	12,8	59,7	19,4	37,6
	22 a 30	-	96,6	60,3	5,1	76,8	13,4	58,3	81,6	85,4	39,0	17,9
Jul	1 a 7	-	101,5	65,8	3,0	124,0	13,5	20,2	32,6	167,2	119,7	15,3
	8 a 14	-	196,1	24,4	3,1	36,4	11,6	15,2	61,9	113,7	44,7	14,4
	15 a 21	-	126,7	15,8	3,2	18,8	11,1	60,9	260,0	49,9	19,5	11,4
	22 a 31	-	245,5	84,4	4,0	14,1	10,9	107,6	56,6	20,6	12,4	12,8
Ago	1 a 7	-	129,4	65,6	3,1	12,6	9,2	26,2	19,7	17,5	26,1	40,4
	8 a 14	-	36,6	23,2	3,1	12,5	7,6	133,2	13,9	13,9	145,0	36,5
	15 a 21	-	16,0	13,6	3,1	10,7	6,2	37,8	12,7	11,7	47,7	18,0
	22 a 31	-	12,0	8,9	2,2	8,5	3,9	15,8	10,2	9,6	16,8	13,2
Set	1 a 7	333,4	10,5	7,4	1,8	6,0	2,9	11,3	8,6	8,1	10,4	11,6
	8 a 14	80,1	7,8	5,4	1,7	4,1	3,1	8,9	6,8	5,7	7,9	11,0
	15 a 21	26,4	7,0	4,7	1,2	2,5	4,9	8,6	4,7	3,5	10,0	8,3
	22 a 30	12,2	6,9	3,1	1,2	1,3	4,8	11,0	2,4	3,4	13,3	8,5
Out	1 a 7	9,9	5,0	1,6	2,9	3,0	3,2	13,3	3,5	4,3	13,4	7,4
	8 a 14	9,9	3,9	1,2	5,4	8,6	2,9	12,5	2,5	5,0	12,2	6,9
	15 a 21	7,9	6,7	1,1	5,8	10,0	1,7	36,5	3,0	4,6	10,8	6,4
	22 a 31	8,6	7,1	1,3	7,5	24,7	1,2	121,4	3,7	3,8	11,9	5,2
Nov	1 a 7	21,8	5,6	2,4	10,6	39,1	1,5	183,0	2,8	5,6	10,5	6,1
	8 a 14	19,9	4,9	2,1	11,2	19,2	3,4	88,1	1,9	8,1	8,7	11,2
	15 a 21	13,9	5,4	1,4	12,1	14,3	2,8	32,4	3,3	8,2	7,1	12,3
	22 a 30	10,9	4,9	2,4	12,3	13,6	1,5	16,6	5,1	6,0	5,3	207,6
Dez	1 a 7	10,0	7,6	4,1	10,7	40,0	1,2	13,6	4,4	4,0	3,9	138,4
	8 a 14	10,7	8,4	5,4	11,0	20,9	2,8	13,7	4,7	4,6	2,6	39,0
	15 a 21	11,3	8,0	5,7	12,9	93,5	2,2	13,3	4,6	3,9	2,6	16,5
	22 a 31	13,0	6,4	5,1	12,4	46,2	2,3	13,7	4,3	3,2	2,2	12,4

Quadro C.2 – (continuação) Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso médio superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	10,8	9,8	4,0	5,6	15,6	9,1	4,9	87,2	7,3	3,3	1,8	496,0
	8 a 14	45,1	10,2	3,6	6,0	13,6	10,5	14,5	37,0	6,9	4,4	1,3	266,2
	15 a 21	54,9	182,8	3,0	4,5	12,2	10,2	31,4	19,7	6,5	4,4	1,9	65,0
	22 a 31	20,7	246,2	4,8	5,0	10,7	8,1	111,3	14,5	6,9	101,0	4,1	74,3
Fev	1 a 7	14,1	120,8	10,8	6,2	13,2	10,7	42,6	13,0	7,4	112,3	78,8	360,1
	8 a 14	14,1	35,9	11,4	125,2	12,8	13,0	20,4	91,5	9,4	97,2	241,2	440,3
	15 a 21	14,2	18,2	10,8	175,0	13,3	44,2	15,4	293,3	13,1	37,0	101,0	115,6
	22 a 28 ¹	14,2	65,7	9,6	83,4	13,0	157,2	18,8	167,0	60,2	59,5	176,8	118,9
Mar	1 a 7	14,1	31,3	9,7	71,2	13,5	97,0	15,6	56,5	165,8	40,5	68,9	173,4
	8 a 14	49,8	18,1	10,7	242,1	46,0	49,4	15,1	22,7	170,6	20,1	25,2	95,2
	15 a 21	24,6	13,8	10,0	225,7	32,9	22,0	15,5	23,8	46,6	15,5	17,3	123,2
	22 a 31	195,7	20,0	10,7	113,8	18,7	93,5	15,2	63,7	92,0	69,7	14,7	48,2
Abr	1 a 7	350,4	51,8	12,3	170,2	21,7	112,5	13,4	41,8	57,4	273,3	13,7	20,7
	8 a 14	205,0	22,3	75,8	55,4	149,7	896,9	14,2	24,8	24,1	212,2	13,3	243,3
	15 a 21	365,3	15,6	41,7	22,6	1.143,4	272,6	30,1	18,4	16,2	82,0	26,1	251,1
	22 a 30	173,3	12,8	18,6	236,5	184,8	144,0	55,3	48,1	14,4	79,4	51,0	68,7
Mai	1 a 7	38,3	13,7	15,0	76,5	42,9	67,9	32,3	109,3	198,6	35,2	24,8	33,7
	8 a 14	21,0	13,7	14,7	57,4	19,6	151,2	385,6	69,1	112,7	18,2	16,3	22,8
	15 a 21	93,5	13,3	13,2	28,6	13,9	258,7	133,0	27,9	33,9	12,6	150,0	121,5
	22 a 31	118,2	12,7	12,4	29,8	55,0	79,4	105,7	20,5	16,6	11,4	168,7	138,7
Jun	1 a 7	36,9	11,0	10,2	78,2	19,3	169,8	264,4	16,3	11,9	10,5	43,2	-
	8 a 14	22,4	8,9	10,2	27,7	14,0	199,9	142,2	14,4	10,5	9,2	79,7	-
	15 a 21	16,1	9,5	8,4	16,3	49,9	53,3	126,0	25,6	11,7	6,3	130,6	-
	22 a 30	13,7	10,9	6,4	13,0	39,4	20,1	46,3	52,3	13,4	8,2	102,9	-
Jul	1 a 7	11,4	10,7	6,5	9,5	17,9	63,2	17,4	20,0	154,2	8,1	27,8	-
	8 a 14	46,6	11,0	6,9	8,4	13,4	68,7	13,3	15,0	63,4	6,5	16,5	-
	15 a 21	38,5	10,3	5,7	8,8	11,3	63,4	13,1	13,9	227,6	6,0	116,7	-
	22 a 31	111,3	7,6	3,7	8,7	37,3	29,8	11,0	73,5	112,3	4,3	43,6	-
Ago	1 a 7	121,2	7,2	3,0	7,0	70,8	15,8	11,6	172,9	68,2	2,3	15,4	-
	8 a 14	34,2	7,5	3,0	5,2	24,2	12,0	10,8	45,5	24,0	1,8	11,8	-
	15 a 21	74,4	6,3	2,9	2,8	13,5	10,2	8,3	19,6	14,4	2,6	9,9	-
	22 a 31	65,1	5,6	3,2	1,5	8,5	8,8	5,5	12,2	10,7	2,0	9,7	-
Set	1 a 7	65,6	3,5	3,2	1,3	5,3	8,2	3,1	9,3	7,6	2,4	7,0	-
	8 a 14	22,9	2,3	2,6	1,3	3,3	6,7	2,3	8,4	4,8	2,4	5,6	-
	15 a 21	13,8	2,7	2,3	1,7	2,8	6,5	1,3	8,3	5,5	1,7	3,9	-
	22 a 30	11,5	3,8	2,3	2,3	3,7	6,4	1,1	7,1	4,8	1,3	2,1	-
Out	1 a 7	12,6	8,8	1,7	1,8	2,3	6,6	1,5	6,1	4,1	1,2	1,8	-
	8 a 14	12,1	9,9	1,2	2,5	2,6	5,6	1,8	4,7	4,4	1,1	4,1	-
	15 a 21	13,8	8,3	1,1	4,7	3,5	4,7	2,1	5,9	3,1	1,1	8,8	-
	22 a 31	12,7	4,7	1,8	4,0	3,9	4,4	5,8	10,5	2,1	2,4	10,3	-
Nov	1 a 7	11,0	6,1	3,2	4,1	4,3	3,6	8,7	11,2	3,6	2,6	12,1	-
	8 a 14	10,5	5,4	2,5	9,5	3,2	2,6	8,9	10,9	2,7	1,9	76,2	-
	15 a 21	11,7	5,5	3,7	12,5	1,9	2,1	224,9	9,6	2,3	1,6	101,7	-
	22 a 30	12,1	7,7	4,0	12,8	1,5	1,4	80,7	9,2	1,8	1,1	28,9	-
Dez	1 a 7	10,8	8,1	4,8	12,3	2,3	1,2	96,8	8,4	1,2	1,0	17,0	-
	8 a 14	10,2	6,6	4,1	216,9	2,9	2,4	90,1	9,6	1,1	1,5	13,5	-
	15 a 21	10,7	5,8	3,6	87,1	3,3	2,1	85,9	8,6	1,0	1,9	13,4	-
	22 a 31	10,4	5,2	4,3	25,6	6,6	3,2	120,0	8,7	2,3	2,1	858,6	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.3 – Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso médio (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	5,1	3,5	1,1	3,7	6,4	1,0	15,9	2,4	1,0	0,8
	8 a 14	-	38,8	3,9	0,9	3,2	5,4	0,9	21,5	3,3	1,2	0,7
	15 a 21	-	45,4	4,0	0,7	3,5	27,1	1,0	8,6	71,4	1,5	1,3
	22 a 31	-	14,6	34,0	0,4	3,2	43,3	0,7	20,4	18,0	1,8	1,8
Fev	1 a 7	-	6,5	39,9	0,4	2,8	46,2	1,1	34,3	23,9	1,9	2,2
	8 a 14	-	64,2	49,2	0,5	21,3	58,6	24,4	24,4	15,0	2,4	2,4
	15 a 21	-	34,0	69,0	0,8	14,5	75,9	84,9	138,7	13,9	3,0	4,1
	22 a 28 ¹	-	22,0	19,0	0,9	27,9	23,1	47,8	134,6	12,9	3,2	3,6
Mar	1 a 7	-	33,2	8,1	1,2	36,7	8,9	14,2	64,0	29,4	3,5	3,7
	8 a 14	-	11,6	5,8	2,0	40,5	6,2	7,1	45,3	10,5	3,2	3,6
	15 a 21	-	6,9	4,8	3,3	15,0	5,5	4,9	50,5	6,2	4,3	59,5
	22 a 31	-	20,7	5,3	2,6	58,8	5,4	4,9	16,4	17,2	111,3	35,5
Abr	1 a 7	-	18,7	5,7	21,0	41,2	4,8	4,9	50,6	44,8	197,6	48,3
	8 a 14	-	21,0	5,5	29,5	43,9	4,2	4,9	29,3	15,6	52,6	120,7
	15 a 21	-	128,7	5,0	21,7	172,6	4,1	5,0	10,1	40,8	28,0	91,9
	22 a 30	-	36,9	4,6	8,4	68,8	11,1	5,1	16,6	68,1	9,2	38,4
Mai	1 a 7	-	16,8	4,6	5,7	14,7	13,1	4,8	120,9	39,2	5,8	16,5
	8 a 14	-	17,2	4,7	4,9	6,7	12,0	58,3	64,7	45,2	5,3	7,4
	15 a 21	-	8,0	41,7	19,4	5,1	17,4	106,4	17,4	24,8	17,2	57,7
	22 a 31	-	7,2	11,4	73,1	4,8	20,1	27,8	7,3	160,8	44,1	99,8
Jun	1 a 7	-	7,6	5,9	13,9	4,9	13,2	7,6	5,2	93,5	43,3	63,9
	8 a 14	-	5,6	4,4	6,3	43,0	9,6	25,4	4,9	80,9	13,5	32,9
	15 a 21	-	4,6	3,7	4,8	45,2	6,1	32,6	4,6	33,0	6,3	13,8
	22 a 30	-	18,1	16,7	4,1	31,3	6,1	21,8	13,2	41,6	8,1	7,1
Jul	1 a 7	-	33,4	28,1	3,3	37,7	5,5	27,6	9,4	63,5	30,6	10,6
	8 a 14	-	70,2	9,7	3,5	11,9	4,8	20,3	21,0	41,3	10,5	6,4
	15 a 21	-	50,5	5,6	3,3	6,7	4,9	51,9	88,2	19,8	6,0	4,5
	22 a 31	-	83,6	16,2	3,8	5,2	5,2	55,1	19,0	10,6	4,4	4,6
Ago	1 a 7	-	44,6	27,9	3,5	5,0	4,7	17,5	7,6	16,2	31,2	4,3
	8 a 14	-	13,0	9,5	3,5	5,1	3,9	35,3	5,3	7,9	65,3	4,4
	15 a 21	-	6,0	5,2	3,3	4,6	3,5	11,2	4,7	5,1	17,9	4,0
	22 a 31	-	4,7	3,5	2,5	4,0	2,4	5,5	3,8	3,8	6,2	3,1
Set	1 a 7	131,1	4,3	2,6	2,2	3,0	1,8	4,1	2,9	3,1	3,6	2,7
	8 a 14	33,2	3,5	1,9	1,6	2,3	2,2	3,3	2,3	2,2	2,7	2,3
	15 a 21	10,5	3,1	1,5	1,3	1,6	3,6	3,2	1,5	1,5	3,4	1,5
	22 a 30	4,6	3,7	0,9	1,2	0,9	3,2	16,8	0,8	1,9	7,4	1,7
Out	1 a 7	3,5	3,1	0,5	3,1	1,3	2,5	13,8	1,7	2,5	14,7	1,5
	8 a 14	3,5	2,7	0,5	4,0	3,9	2,5	6,5	1,7	2,5	6,8	1,0
	15 a 21	2,8	4,0	0,4	4,1	4,2	1,9	5,1	3,1	2,3	4,8	0,9
	22 a 31	3,2	3,9	0,5	19,8	19,4	1,1	49,7	4,4	2,0	5,2	0,6
Nov	1 a 7	4,0	3,5	1,0	16,9	23,1	0,7	55,5	4,4	2,1	4,5	1,8
	8 a 14	4,9	3,4	1,0	7,2	8,6	1,2	82,9	4,1	2,9	3,9	22,8
	15 a 21	4,4	3,5	0,6	23,6	5,6	1,0	36,9	4,7	3,0	3,3	9,0
	22 a 30	3,6	3,4	0,7	13,5	6,6	0,5	10,5	4,6	2,2	2,6	93,1
Dez	1 a 7	3,6	4,4	1,4	5,7	22,2	0,5	5,2	3,8	1,5	2,1	64,7
	8 a 14	4,1	4,7	1,8	4,8	21,4	1,0	4,5	3,8	1,7	1,5	17,2
	15 a 21	4,1	4,3	1,7	4,7	33,7	0,9	4,3	3,4	1,4	1,5	7,4
	22 a 31	4,3	3,7	1,5	4,4	16,6	0,8	4,5	3,2	1,1	1,3	5,6

Quadro C.3 – (continuação) Série de vazões médias semanais no rio Santa Maria - curso médio (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	4,9	2,4	2,4	1,6	6,0	4,0	1,4	6,4	3,6	0,8	1,3	133,5
	8 a 14	21,7	2,5	2,3	1,7	5,0	5,0	2,6	5,2	3,4	1,1	1,0	95,0
	15 a 21	18,0	13,8	2,2	1,2	4,5	5,0	4,4	5,2	3,5	1,1	1,3	29,9
	22 a 31	7,4	49,8	3,5	2,0	3,7	3,8	31,4	4,8	3,9	48,9	2,0	33,1
Fev	1 a 7	5,1	29,2	4,5	2,9	4,9	4,7	24,0	5,1	4,9	62,7	23,2	108,8
	8 a 14	5,1	12,9	4,3	32,3	5,3	16,8	9,4	65,9	50,6	59,7	58,7	231,8
	15 a 21	5,3	16,5	4,0	63,3	5,4	19,5	15,7	98,6	35,8	20,5	45,0	43,1
	22 a 28 ¹	5,4	24,5	3,9	18,9	5,4	98,0	11,9	47,5	34,6	16,2	97,2	71,7
Mar	1 a 7	5,1	11,8	3,6	8,2	9,8	58,4	14,9	15,5	72,0	9,6	36,0	86,3
	8 a 14	5,2	6,8	3,9	49,9	56,8	23,0	21,3	7,3	51,0	6,4	16,8	36,9
	15 a 21	5,5	5,2	3,7	85,8	32,7	27,5	17,4	9,0	14,8	5,5	11,2	58,0
	22 a 31	79,0	4,9	3,7	42,2	22,3	71,0	7,5	19,9	31,6	19,3	6,4	20,4
Abr	1 a 7	135,4	5,0	4,2	89,1	10,6	59,9	5,3	15,9	18,2	96,7	5,3	7,8
	8 a 14	118,0	5,2	15,1	43,9	45,4	170,2	5,0	11,2	8,0	68,2	5,0	224,7
	15 a 21	184,6	4,9	11,1	13,0	235,4	91,4	4,5	10,7	6,4	26,5	24,3	99,1
	22 a 30	101,6	4,4	6,2	116,8	92,7	41,2	5,1	39,5	13,1	28,0	33,7	29,4
Mai	1 a 7	19,5	5,1	5,6	76,5	18,8	13,0	4,8	38,5	52,2	12,7	11,4	15,7
	8 a 14	8,1	5,3	5,4	20,9	8,0	91,4	117,2	35,4	27,6	6,7	6,5	9,7
	15 a 21	19,1	5,1	5,1	8,8	5,4	56,0	59,9	13,3	9,7	4,7	35,6	47,7
	22 a 31	37,5	5,0	4,9	8,3	43,0	29,7	20,3	37,2	5,7	4,3	37,4	15,5
Jun	1 a 7	9,1	4,5	3,9	9,0	23,4	72,7	41,0	28,0	4,4	3,9	21,0	-
	8 a 14	5,7	3,7	3,9	6,2	9,2	86,7	33,1	9,7	3,9	3,4	42,7	-
	15 a 21	5,1	3,8	3,0	5,4	76,2	22,8	46,5	30,9	4,1	2,5	23,1	-
	22 a 30	4,5	4,2	2,4	4,5	58,7	7,7	14,8	25,9	4,5	3,5	13,8	-
Jul	1 a 7	14,0	4,7	2,3	3,8	24,8	42,4	10,3	8,1	4,6	3,6	6,3	-
	8 a 14	46,5	4,5	2,6	3,3	9,1	19,3	11,2	5,7	5,0	3,2	10,1	-
	15 a 21	35,6	4,2	2,2	3,8	34,4	7,8	6,6	5,1	5,1	2,8	62,2	-
	22 a 31	51,0	3,3	1,4	4,0	36,5	5,0	4,6	15,4	30,8	2,0	17,7	-
Ago	1 a 7	54,1	2,9	1,1	3,5	9,2	5,0	4,4	28,3	28,1	1,2	5,8	-
	8 a 14	14,7	2,8	1,2	2,7	5,6	4,9	4,0	9,7	9,6	0,8	4,5	-
	15 a 21	7,0	2,6	1,1	1,7	4,2	4,1	3,1	6,0	5,8	0,7	3,5	-
	22 a 31	21,8	2,3	1,4	1,0	3,1	3,2	2,0	4,6	4,3	0,5	3,0	-
Set	1 a 7	33,2	1,5	1,4	0,5	2,0	2,7	0,9	4,1	3,1	0,5	1,9	-
	8 a 14	10,3	0,9	1,3	0,7	1,3	1,9	0,5	4,1	2,3	0,5	1,6	-
	15 a 21	5,2	0,8	1,6	0,9	1,1	2,2	0,4	4,3	3,4	0,4	1,0	-
	22 a 30	4,0	1,6	2,0	1,6	1,6	2,6	0,5	3,9	3,2	0,4	0,5	-
Out	1 a 7	4,2	3,3	2,0	1,8	1,0	2,9	0,5	3,9	3,0	0,4	0,8	-
	8 a 14	4,1	3,6	1,5	2,3	1,1	2,7	0,5	3,6	3,1	0,4	1,8	-
	15 a 21	4,1	3,0	1,0	4,0	1,0	2,5	1,0	68,0	2,6	0,4	3,9	-
	22 a 31	3,7	1,7	0,9	4,0	1,1	2,5	1,6	44,4	1,9	0,7	7,6	-
Nov	1 a 7	3,3	2,0	1,3	66,3	0,7	2,6	2,4	10,2	2,5	0,8	8,6	-
	8 a 14	3,0	1,8	1,1	52,3	0,4	2,3	2,5	6,0	2,1	0,5	52,1	-
	15 a 21	3,0	2,1	1,3	28,2	0,5	2,0	28,2	5,0	1,6	0,4	50,6	-
	22 a 30	3,0	3,5	1,3	9,2	0,5	1,5	12,8	4,6	1,1	0,4	12,8	-
Dez	1 a 7	2,7	3,6	1,2	32,4	0,9	1,1	5,6	4,2	0,6	0,4	6,1	-
	8 a 14	2,4	2,9	0,9	122,1	0,9	1,4	10,1	4,8	0,4	0,6	4,7	-
	15 a 21	2,4	2,6	0,8	41,5	1,7	1,2	46,8	4,4	0,4	1,0	4,5	-
	22 a 31	2,5	2,6	1,1	11,1	2,8	1,3	13,3	4,3	0,6	1,5	235,9	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.4 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	10,9	5,4	4,3	10,5	25,1	2,8	41,5	2,2	4,8	1,6
	8 a 14	-	31,0	6,1	4,1	9,6	23,8	2,6	53,9	3,7	5,2	1,9
	15 a 21	-	73,1	6,0	3,5	10,0	87,9	3,4	21,1	59,0	5,7	3,0
	22 a 31	-	26,6	7,4	2,5	9,7	75,6	2,9	66,8	23,5	8,3	5,2
Fev	1 a 7	-	14,3	12,0	2,1	8,5	145,8	3,3	80,6	69,9	9,1	6,7
	8 a 14	-	77,6	73,9	1,7	37,7	175,4	58,5	41,1	56,1	9,6	7,5
	15 a 21	-	53,2	142,3	1,8	40,3	224,5	229,6	182,3	41,6	10,6	10,7
	22 a 28 ¹	-	75,5	40,1	2,0	44,0	63,4	129,1	292,2	57,2	12,4	10,6
Mar	1 a 7	-	112,8	18,3	2,5	46,5	29,9	36,3	129,8	109,6	12,6	10,9
	8 a 14	-	50,3	13,5	3,8	87,1	17,8	17,5	65,0	32,8	16,1	62,8
	15 a 21	-	24,3	11,3	5,5	30,8	14,0	12,4	104,6	16,9	84,8	245,5
	22 a 31	-	52,8	21,5	4,6	134,7	13,4	12,1	37,3	24,5	293,6	76,6
Abr	1 a 7	-	43,6	18,0	4,7	112,9	11,2	12,6	106,7	111,0	331,9	63,8
	8 a 14	-	59,5	14,1	7,2	159,6	10,8	12,9	62,0	36,6	112,0	435,6
	15 a 21	-	283,8	12,9	7,3	235,3	11,0	13,0	22,5	82,5	127,5	218,6
	22 a 30	-	78,1	12,1	9,5	164,7	50,0	13,0	14,2	191,5	58,5	69,6
Mai	1 a 7	-	29,0	11,8	9,5	35,1	54,2	11,6	199,1	82,0	80,7	27,1
	8 a 14	-	25,5	11,7	8,7	16,1	42,1	106,1	154,8	79,0	86,0	14,9
	15 a 21	-	15,9	97,3	7,6	12,3	61,5	211,6	41,8	36,2	63,6	118,7
	22 a 31	-	14,4	26,9	10,1	11,3	59,2	67,0	17,7	328,6	85,9	242,7
Jun	1 a 7	-	15,5	14,4	10,5	11,6	44,0	18,3	12,9	233,6	98,3	163,1
	8 a 14	-	13,0	11,1	10,1	93,5	20,6	22,4	12,1	179,5	33,2	78,1
	15 a 21	-	11,4	10,1	9,8	97,1	13,8	70,2	11,2	52,7	15,3	26,8
	22 a 30	-	57,8	44,3	8,6	58,1	12,1	52,1	43,9	81,8	26,1	14,6
Jul	1 a 7	-	81,5	61,3	7,0	85,5	12,4	18,2	28,0	149,3	76,6	13,0
	8 a 14	-	201,4	22,2	7,3	27,1	10,8	14,0	46,1	87,2	32,7	12,0
	15 a 21	-	136,8	14,1	6,6	15,4	10,6	74,2	198,4	38,7	16,0	10,0
	22 a 31	-	234,9	66,6	7,1	12,2	10,5	90,4	43,8	19,4	10,9	10,6
Ago	1 a 7	-	123,2	56,2	6,6	11,8	8,8	25,4	16,8	19,1	23,7	10,0
	8 a 14	-	34,2	20,5	8,2	11,8	7,8	129,0	11,7	13,5	129,6	11,2
	15 a 21	-	14,7	11,9	7,8	10,2	6,6	35,9	11,1	11,0	40,9	10,7
	22 a 31	-	10,8	8,3	5,8	9,2	4,4	14,4	8,7	8,6	14,8	9,4
Set	1 a 7	300,2	9,1	6,7	5,1	6,7	3,2	9,9	7,0	7,3	8,6	8,5
	8 a 14	72,0	7,0	4,9	4,3	5,5	3,7	7,9	5,6	5,3	6,4	8,1
	15 a 21	23,5	6,4	4,0	3,4	4,2	6,3	8,0	3,5	3,6	8,3	5,9
	22 a 30	11,1	6,5	2,9	2,4	2,9	5,8	11,3	1,7	3,2	11,2	6,3
Out	1 a 7	8,9	5,0	1,7	5,8	4,3	4,2	12,9	3,0	4,3	11,4	5,5
	8 a 14	8,3	4,3	1,2	7,7	9,4	4,0	11,3	2,3	4,7	10,5	4,3
	15 a 21	7,6	6,7	1,0	7,3	9,4	2,7	15,9	3,0	4,4	9,3	4,1
	22 a 31	7,7	6,7	1,2	8,0	13,8	1,3	105,7	4,3	3,4	10,6	3,4
Nov	1 a 7	8,6	5,4	2,5	10,4	19,5	1,1	142,8	3,3	5,3	9,3	4,9
	8 a 14	11,1	4,8	2,9	10,8	14,3	2,6	72,0	2,3	7,5	7,7	10,4
	15 a 21	10,0	5,0	2,3	11,3	12,4	2,1	27,8	4,0	7,5	6,3	11,6
	22 a 30	8,4	4,7	2,5	11,8	19,6	1,2	15,1	5,0	5,6	4,5	204,3
Dez	1 a 7	8,2	6,9	4,5	10,4	48,2	1,1	12,0	4,1	4,1	3,3	125,2
	8 a 14	8,7	7,5	6,1	10,7	22,4	2,5	12,0	4,1	4,8	2,2	34,3
	15 a 21	9,0	7,0	5,9	12,5	99,7	2,2	11,9	3,3	4,1	2,3	14,9
	22 a 31	9,8	5,5	5,3	12,3	50,3	2,1	12,4	2,8	3,6	2,0	11,6

Quadro C.4 – (continuação) Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	10,3	9,1	3,5	5,7	13,7	9,2	4,1	55,6	8,8	2,8	2,0	417,2
	8 a 14	35,1	9,6	3,2	6,0	11,6	10,2	9,4	21,4	8,8	3,7	1,6	237,5
	15 a 21	41,3	167,3	2,8	4,2	10,9	9,7	42,4	15,2	8,3	3,6	2,5	57,9
	22 a 31	17,5	214,4	4,9	5,4	10,3	8,9	100,4	12,6	8,8	97,6	4,2	78,8
Fev	1 a 7	12,6	98,7	8,9	6,5	12,2	10,8	40,9	11,8	9,6	121,5	80,0	282,9
	8 a 14	12,7	30,2	9,1	124,1	11,8	11,7	19,2	116,3	17,6	98,6	252,3	388,6
	15 a 21	12,9	16,1	8,6	149,3	12,1	50,6	33,4	238,0	52,1	37,2	114,8	102,8
	22 a 28 ¹	12,7	50,2	7,5	57,4	11,5	159,2	32,6	161,4	96,3	48,3	172,4	127,3
Mar	1 a 7	15,2	26,8	7,5	42,4	11,7	118,9	17,3	51,6	174,4	35,4	64,4	131,4
	8 a 14	57,3	15,9	8,7	188,9	48,6	54,9	24,8	20,1	143,8	17,5	32,2	89,7
	15 a 21	25,3	12,9	8,3	181,7	58,4	32,0	27,6	15,9	39,9	13,9	22,6	111,8
	22 a 31	200,3	20,3	8,3	83,7	26,0	101,7	15,8	51,5	67,9	44,0	14,7	60,1
Abr	1 a 7	306,8	44,8	9,8	169,3	18,6	108,7	12,3	45,0	60,0	262,0	12,6	19,4
	8 a 14	201,9	20,0	33,9	58,5	139,2	666,2	12,5	22,6	27,2	188,6	12,5	241,1
	15 a 21	363,2	14,3	25,0	22,2	867,8	238,4	35,1	18,9	15,5	86,6	35,1	224,7
	22 a 30	155,7	11,0	15,7	222,8	176,1	132,6	34,7	55,6	15,1	84,1	53,4	56,2
Mai	1 a 7	34,2	12,0	15,2	80,3	42,2	52,4	27,1	89,5	160,5	35,4	22,2	23,2
	8 a 14	25,7	12,3	13,5	55,6	18,3	190,5	394,0	65,4	81,8	16,7	14,9	17,5
	15 a 21	83,1	12,1	12,0	27,1	12,8	189,3	148,5	26,2	26,4	10,9	119,8	146,2
	22 a 31	111,4	11,5	11,3	22,5	49,7	57,0	73,1	37,8	14,2	10,0	132,8	101,2
Jun	1 a 7	24,9	10,3	9,8	61,3	17,5	174,9	177,9	25,6	10,3	9,4	43,4	-
	8 a 14	14,9	7,2	9,4	22,9	12,9	209,2	132,8	14,9	9,3	8,3	81,6	-
	15 a 21	12,7	8,1	7,3	14,3	33,8	54,1	100,2	28,5	10,3	6,2	94,2	-
	22 a 30	11,4	9,5	5,9	11,5	27,7	19,0	37,2	54,0	11,4	8,0	67,2	-
Jul	1 a 7	10,2	9,6	6,2	8,3	14,8	44,3	14,9	19,0	51,1	8,1	21,0	-
	8 a 14	57,0	9,7	6,4	7,5	12,6	30,6	12,0	15,2	39,6	6,6	14,2	-
	15 a 21	44,5	9,1	5,3	7,6	11,5	37,9	12,1	13,0	169,8	6,1	140,2	-
	22 a 31	80,8	6,9	3,4	7,5	35,1	17,6	9,6	42,6	84,5	4,5	44,6	-
Ago	1 a 7	95,6	5,9	2,9	5,9	63,4	12,9	9,8	96,7	55,2	2,7	14,2	-
	8 a 14	28,9	6,3	2,9	3,7	21,6	11,9	9,3	54,6	20,6	2,1	11,5	-
	15 a 21	62,9	5,3	2,7	2,2	12,1	9,9	7,2	25,4	12,9	2,4	9,6	-
	22 a 31	59,9	4,4	3,0	1,2	8,0	7,7	4,6	12,7	9,7	1,6	9,9	-
Set	1 a 7	59,8	2,8	2,8	1,1	4,9	6,8	2,6	9,7	7,0	1,8	7,1	-
	8 a 14	20,6	1,8	2,2	1,2	3,8	5,5	1,5	8,8	4,2	1,6	6,1	-
	15 a 21	13,1	1,9	2,2	1,5	2,8	5,6	1,0	9,2	5,8	1,2	4,7	-
	22 a 30	11,1	2,9	2,1	2,2	3,5	5,9	1,0	7,8	4,8	1,1	3,2	-
Out	1 a 7	11,3	6,9	1,6	1,9	2,2	5,7	1,1	7,3	4,5	1,0	2,7	-
	8 a 14	11,3	7,8	1,1	2,5	2,9	4,7	1,4	6,3	4,4	1,0	5,2	-
	15 a 21	12,2	6,3	1,0	5,3	3,1	3,9	2,4	7,8	3,3	0,9	9,4	-
	22 a 31	11,1	3,6	1,7	4,3	3,6	3,6	3,6	11,8	2,3	1,5	10,4	-
Nov	1 a 7	9,9	4,3	3,2	4,3	3,7	3,1	6,7	12,3	4,1	1,6	12,3	-
	8 a 14	9,4	3,8	2,8	10,5	2,7	2,3	7,4	11,9	3,0	1,5	136,6	-
	15 a 21	10,1	4,2	3,5	41,5	1,7	1,9	140,9	10,4	2,8	1,7	140,2	-
	22 a 30	10,6	6,1	3,6	19,1	1,5	1,2	53,1	10,2	2,3	1,0	37,4	-
Dez	1 a 7	9,4	6,5	3,9	18,0	2,0	1,4	57,9	9,6	1,2	0,9	18,5	-
	8 a 14	8,7	4,9	3,4	229,6	2,5	2,4	65,3	10,7	1,0	1,2	12,7	-
	15 a 21	9,4	4,5	3,4	80,9	3,4	1,8	109,2	10,0	0,9	1,6	12,1	-
	22 a 31	9,5	3,9	4,4	23,6	7,3	2,2	83,1	10,0	1,8	1,8	732,2	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.5 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Cruz (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	4,0	6,2	8,6	10,7	63,3	3,4	21,1	1,2	4,9	1,6
	8 a 14	-	4,6	7,3	8,6	9,8	33,1	3,1	24,4	1,9	4,9	1,6
	15 a 21	-	5,5	7,2	8,1	9,6	59,2	4,4	13,8	76,5	5,2	2,8
	22 a 31	-	6,1	31,9	6,9	9,3	47,0	4,1	30,2	24,8	6,6	5,0
Fev	1 a 7	-	5,9	60,5	7,0	9,1	112,8	29,6	58,4	23,1	7,8	6,2
	8 a 14	-	5,5	35,7	6,3	124,3	165,7	137,2	32,2	26,8	8,8	6,5
	15 a 21	-	7,4	64,7	6,9	89,1	274,4	236,0	18,0	52,0	46,8	9,0
	22 a 28 ¹	-	34,0	25,9	8,1	51,7	81,6	121,1	84,8	70,6	42,4	9,1
Mar	1 a 7	-	79,5	13,7	29,8	79,7	24,8	32,8	106,8	142,2	17,4	9,2
	8 a 14	-	33,4	10,9	55,5	87,0	13,5	15,1	34,9	37,4	36,9	42,6
	15 a 21	-	15,3	21,7	20,4	35,8	16,9	11,0	29,6	16,0	39,2	143,0
	22 a 31	-	11,1	51,9	12,2	103,8	12,1	10,3	70,3	64,4	291,1	60,3
Abr	1 a 7	-	10,7	19,3	10,2	71,1	10,1	9,5	125,8	102,1	289,0	69,6
	8 a 14	-	12,3	12,5	9,9	147,2	9,1	9,8	63,6	33,5	108,8	278,7
	15 a 21	-	272,3	11,1	109,6	356,0	9,9	9,8	21,1	144,5	86,9	192,3
	22 a 30	-	72,5	12,2	27,7	133,6	73,3	10,0	12,4	170,9	30,8	81,2
Mai	1 a 7	-	33,6	16,1	12,9	28,5	66,5	9,3	173,7	63,3	32,4	30,2
	8 a 14	-	36,1	11,6	10,2	13,3	72,3	53,4	137,2	89,2	64,3	14,2
	15 a 21	-	16,0	107,1	21,1	10,3	79,2	147,9	40,2	30,9	60,6	78,9
	22 a 31	-	11,2	26,1	39,2	10,3	57,6	54,8	26,3	195,4	69,0	207,7
Jun	1 a 7	-	11,4	12,1	13,8	23,4	44,7	15,4	17,0	178,5	111,0	110,7
	8 a 14	-	10,2	9,0	10,3	92,2	19,8	25,2	11,2	155,8	35,7	44,1
	15 a 21	-	9,0	8,0	9,2	96,9	11,9	57,9	10,1	45,2	14,3	18,1
	22 a 30	-	15,3	19,6	7,9	36,3	10,2	47,9	15,9	70,9	12,3	10,8
Jul	1 a 7	-	67,4	44,9	6,6	22,7	10,5	20,9	32,6	118,1	41,2	9,4
	8 a 14	-	211,6	16,9	6,6	12,7	9,5	20,1	25,4	55,6	30,3	8,5
	15 a 21	-	163,8	29,8	6,0	10,6	9,3	49,3	115,3	23,3	13,7	6,8
	22 a 31	-	201,9	117,3	6,8	20,3	9,5	49,0	26,4	15,8	8,8	7,4
Ago	1 a 7	-	90,6	67,4	55,1	32,2	8,1	23,7	12,1	23,2	9,5	6,6
	8 a 14	-	26,0	21,1	100,1	14,6	7,5	130,5	9,0	13,2	90,3	6,8
	15 a 21	-	12,0	10,7	29,4	9,6	6,8	34,6	8,7	9,5	28,3	6,1
	22 a 31	-	9,0	7,0	11,6	9,6	4,8	13,3	6,6	7,0	11,5	4,8
Set	1 a 7	255,9	7,7	5,4	8,4	9,2	3,5	9,2	5,1	5,9	6,8	4,1
	8 a 14	64,2	6,0	4,0	6,5	9,3	4,2	7,3	4,0	4,2	5,2	3,9
	15 a 21	19,9	6,0	3,6	5,7	9,1	7,4	8,5	2,3	3,0	7,0	2,6
	22 a 30	9,0	6,0	3,2	12,5	9,5	7,7	66,8	1,2	3,4	9,4	2,8
Out	1 a 7	6,7	5,0	2,6	38,8	9,2	6,1	53,8	1,9	3,9	9,5	2,4
	8 a 14	6,2	4,5	2,4	33,3	19,6	5,8	17,8	1,7	4,0	9,0	1,7
	15 a 21	5,5	6,0	2,5	14,3	11,8	4,8	9,4	2,9	4,0	7,5	1,7
	22 a 31	5,2	6,0	2,5	24,2	29,4	3,0	131,4	4,5	3,8	8,7	1,4
Nov	1 a 7	5,0	5,9	5,3	21,1	49,2	1,7	119,5	3,8	5,3	7,5	3,1
	8 a 14	5,6	5,2	6,8	29,1	67,3	2,5	45,0	2,8	7,1	6,9	13,9
	15 a 21	4,5	5,2	6,8	55,3	26,9	2,1	17,9	3,8	7,0	5,5	26,0
	22 a 30	3,3	5,3	24,7	29,5	15,4	1,5	12,5	4,3	5,6	3,9	199,8
Dez	1 a 7	3,0	7,1	58,5	11,8	30,9	0,9	9,9	3,4	5,0	2,8	108,0
	8 a 14	3,2	6,9	35,6	29,4	18,9	2,2	9,7	3,0	5,6	1,9	29,2
	15 a 21	3,1	6,6	15,2	67,0	82,5	2,3	9,3	2,3	5,2	2,0	12,8
	22 a 31	3,2	5,5	10,2	19,4	84,6	2,8	10,4	1,5	4,6	1,9	9,2

Quadro C.5 – (continuação) Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Cruz (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	8,7	8,4	4,4	6,8	12,0	72,9	3,0	22,1	8,4	2,4	1,4	388,8
	8 a 14	89,0	8,7	3,7	7,1	10,0	23,1	6,4	14,5	8,3	2,8	1,5	162,7
	15 a 21	121,7	187,6	3,5	5,6	9,4	12,6	16,3	11,8	7,9	2,8	2,7	41,0
	22 a 31	28,3	200,1	5,1	6,9	9,0	10,2	90,9	15,1	8,7	133,9	3,7	76,3
Fev	1 a 7	40,9	85,9	7,9	8,3	10,3	10,4	49,0	68,2	9,9	128,1	120,3	188,7
	8 a 14	23,2	26,8	8,6	155,0	9,7	36,9	27,2	162,2	70,1	87,6	291,7	268,0
	15 a 21	13,5	16,7	9,2	130,6	9,9	73,9	38,6	160,9	57,3	34,8	130,8	83,3
	22 a 28 ¹	10,5	38,7	7,9	52,1	9,6	134,1	26,2	213,4	97,3	73,8	131,6	108,6
Mar	1 a 7	67,2	30,2	7,5	34,0	9,1	147,8	13,8	58,7	191,6	41,9	95,2	70,7
	8 a 14	71,7	14,6	8,5	132,6	63,7	83,0	36,6	20,0	128,4	22,0	56,8	73,6
	15 a 21	25,3	11,3	8,2	180,5	69,7	34,1	35,6	11,5	34,7	19,2	20,1	82,8
	22 a 31	200,6	32,5	8,2	63,3	28,1	93,4	15,0	37,2	14,4	37,0	25,7	62,1
Abr	1 a 7	246,8	49,5	9,9	180,8	21,5	96,0	10,8	45,0	58,5	265,4	12,8	17,4
	8 a 14	166,7	18,8	96,0	61,3	152,9	544,3	9,8	17,7	28,5	182,2	10,8	139,5
	15 a 21	370,9	12,1	45,5	40,7	612,1	184,9	48,1	17,8	13,9	90,6	10,2	156,6
	22 a 30	109,8	8,9	18,6	183,2	208,9	106,9	24,5	71,3	15,6	89,4	12,9	41,2
Mai	1 a 7	39,1	9,9	15,0	89,9	54,8	50,4	36,0	82,5	117,6	35,3	20,5	14,9
	8 a 14	20,4	10,1	11,7	46,1	19,0	214,6	463,1	75,8	35,2	15,1	12,8	10,9
	15 a 21	53,7	9,8	9,8	24,3	11,1	93,1	147,1	27,8	15,2	9,7	111,1	210,5
	22 a 31	99,3	9,3	9,5	12,2	45,9	34,6	78,6	32,4	10,7	8,3	114,4	66,0
Jun	1 a 7	21,3	8,3	8,2	31,0	15,2	194,6	105,3	30,9	8,5	7,8	27,1	-
	8 a 14	12,0	6,1	8,0	15,2	10,9	254,6	92,3	14,2	7,1	7,0	36,7	-
	15 a 21	10,1	7,0	6,9	10,9	10,1	64,3	84,6	64,0	7,3	5,4	92,5	-
	22 a 30	9,0	8,2	5,7	9,2	12,4	18,9	29,7	32,9	8,5	6,7	48,3	-
Jul	1 a 7	8,1	8,6	5,2	7,1	21,8	11,0	12,2	13,3	8,8	7,0	16,6	-
	8 a 14	117,6	8,6	5,6	6,0	14,2	9,2	9,5	11,1	9,9	5,7	19,5	-
	15 a 21	69,5	8,4	4,9	6,0	10,3	9,1	9,7	10,3	119,8	5,6	177,7	-
	22 a 31	46,3	6,5	3,4	5,9	50,1	9,2	7,8	11,7	64,4	4,4	43,0	-
Ago	1 a 7	56,2	5,5	3,0	4,6	18,4	8,0	7,5	29,1	52,9	2,9	12,9	-
	8 a 14	25,4	5,9	2,7	2,7	10,4	7,2	7,3	85,3	18,4	2,7	9,9	-
	15 a 21	57,3	4,9	2,4	1,5	7,7	5,7	5,7	36,7	10,8	3,1	7,8	-
	22 a 31	54,9	4,1	3,3	0,9	5,5	3,9	3,9	13,4	7,9	2,3	8,9	-
Set	1 a 7	51,7	2,9	2,9	0,8	3,9	3,5	2,1	8,8	5,6	2,2	7,5	-
	8 a 14	17,6	2,1	2,4	1,3	3,6	2,3	1,1	7,9	3,6	2,0	6,1	-
	15 a 21	32,5	2,7	2,0	1,8	2,7	2,1	0,9	8,5	5,3	1,6	5,4	-
	22 a 30	13,2	3,6	1,6	2,3	3,8	2,2	0,9	7,5	4,7	1,1	4,6	-
Out	1 a 7	10,0	6,6	1,2	1,9	2,8	2,7	1,2	7,6	4,5	1,1	4,7	-
	8 a 14	9,8	7,4	0,9	2,6	3,7	1,8	1,6	6,7	4,4	0,9	29,1	-
	15 a 21	10,0	6,1	0,8	5,0	3,6	1,1	2,9	14,2	3,8	0,9	93,1	-
	22 a 31	9,1	4,2	1,5	4,3	3,9	1,2	4,0	17,0	3,3	1,4	59,2	-
Nov	1 a 7	8,4	4,1	3,9	61,2	4,0	1,2	6,6	11,1	6,2	1,8	30,4	-
	8 a 14	7,8	3,9	4,1	69,4	3,2	1,0	7,7	10,2	5,1	2,3	273,2	-
	15 a 21	8,4	4,6	4,2	33,1	2,4	0,9	126,2	8,8	5,1	3,2	132,4	-
	22 a 30	9,2	5,4	4,1	15,1	2,6	0,8	37,4	8,4	4,4	2,3	53,9	-
Dez	1 a 7	8,3	5,6	4,4	22,1	3,3	1,9	36,3	8,3	3,1	1,2	18,9	-
	8 a 14	7,6	4,5	3,9	209,1	4,2	3,2	54,2	9,4	2,6	0,9	11,5	-
	15 a 21	8,3	4,6	4,5	82,7	6,5	2,9	142,0	9,1	1,9	1,0	16,1	-
	22 a 31	8,5	4,3	6,0	22,9	26,9	2,4	45,0	9,2	1,8	1,1	590,5	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.6 – Série de vazões médias semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	5,9	5,4	3,8	6,1	10,2	1,6	25,8	4,3	2,2	1,0
	8 a 14	-	18,5	6,0	3,7	5,8	14,2	1,5	30,0	5,9	2,4	0,8
	15 a 21	-	49,0	6,2	3,3	5,9	50,5	1,9	12,4	144,3	2,7	1,6
	22 a 31	-	20,0	58,7	2,6	5,5	55,4	1,5	28,6	33,3	3,2	2,4
Fev	1 a 7	-	9,3	58,5	2,4	5,3	72,1	2,2	53,0	32,4	3,5	3,0
	8 a 14	-	73,1	58,3	2,1	64,6	100,2	60,3	31,9	22,6	4,3	3,6
	15 a 21	-	41,6	79,7	2,4	38,7	133,7	157,3	148,3	28,5	5,2	5,5
	22 a 28 ¹	-	37,2	25,4	2,8	59,0	39,7	86,1	154,6	19,9	5,8	5,1
Mar	1 a 7	-	54,1	11,5	3,6	80,7	14,2	24,0	81,6	53,4	6,3	5,4
	8 a 14	-	23,1	8,4	5,2	71,3	9,2	11,1	66,8	17,5	6,1	6,0
	15 a 21	-	11,3	8,4	6,8	27,5	8,1	7,4	65,9	9,5	7,6	96,1
	22 a 31	-	22,1	30,6	6,3	76,3	8,0	7,3	21,7	32,6	183,7	58,9
Abr	1 a 7	-	20,5	19,2	23,7	51,3	6,7	7,4	98,8	68,6	301,3	75,0
	8 a 14	-	29,0	9,9	31,6	68,5	6,3	7,3	56,2	23,6	78,2	181,8
	15 a 21	-	206,1	8,0	56,5	257,6	6,1	7,4	17,4	77,0	52,4	134,2
	22 a 30	-	56,4	7,4	16,5	101,2	16,5	7,6	24,5	100,1	15,5	61,6
Mai	1 a 7	-	28,6	7,3	9,0	21,6	22,6	7,2	195,2	54,9	8,9	27,2
	8 a 14	-	29,3	7,5	7,4	9,9	23,0	80,8	95,1	70,3	7,9	11,5
	15 a 21	-	12,5	77,8	26,1	7,6	37,0	147,7	25,7	37,3	31,3	89,2
	22 a 31	-	8,8	19,3	119,1	7,3	33,9	42,2	11,0	217,7	68,1	148,0
Jun	1 a 7	-	9,0	9,0	21,9	7,4	21,1	11,4	8,1	136,8	78,0	81,2
	8 a 14	-	7,8	6,5	9,6	66,8	16,8	38,1	7,6	123,9	24,3	37,0
	15 a 21	-	6,7	5,6	6,9	69,7	9,5	49,3	7,2	50,3	10,1	16,6
	22 a 30	-	20,2	21,3	5,9	43,4	10,9	35,8	19,1	60,4	12,6	9,6
Jul	1 a 7	-	45,7	33,9	4,9	47,6	8,4	40,8	20,5	90,6	52,3	10,6
	8 a 14	-	113,0	12,8	5,3	15,8	7,2	33,9	30,7	57,8	19,0	8,2
	15 a 21	-	84,6	13,5	4,9	9,4	7,2	59,1	123,1	27,8	9,5	6,5
	22 a 31	-	114,1	62,8	5,7	7,5	7,7	75,9	27,0	16,6	6,6	6,9
Ago	1 a 7	-	53,1	58,2	5,6	7,6	6,8	21,1	11,1	28,7	36,3	6,6
	8 a 14	-	16,7	17,4	7,2	7,6	6,0	59,4	7,8	12,9	92,7	6,8
	15 a 21	-	8,3	8,3	7,4	6,7	5,3	18,1	7,0	7,7	25,5	6,3
	22 a 31	-	7,0	5,2	6,3	6,3	3,7	8,6	5,6	5,5	9,1	4,9
Set	1 a 7	196,1	6,2	3,8	5,9	4,9	2,7	6,4	4,4	4,5	5,2	4,2
	8 a 14	50,4	5,0	2,8	4,7	4,3	3,1	5,3	3,5	3,1	4,0	3,8
	15 a 21	15,7	4,8	2,3	4,4	3,5	5,2	5,2	2,2	2,2	5,4	2,6
	22 a 30	6,8	5,4	1,6	14,0	2,7	4,8	49,1	1,2	2,9	14,2	3,0
Out	1 a 7	5,1	4,7	0,9	38,2	3,5	3,7	38,4	2,3	3,9	24,2	2,5
	8 a 14	4,6	4,1	0,8	30,4	6,4	3,8	13,1	2,6	3,9	10,5	1,8
	15 a 21	4,0	5,6	0,6	12,1	6,3	3,0	7,4	14,1	3,6	7,0	1,6
	22 a 31	4,3	5,3	0,8	52,2	26,2	1,7	98,3	9,6	3,2	7,4	1,1
Nov	1 a 7	4,9	4,7	2,0	32,1	36,3	1,1	88,0	7,1	3,6	6,4	4,3
	8 a 14	6,2	4,8	2,7	12,2	13,6	1,9	108,6	6,4	5,0	5,4	35,0
	15 a 21	5,3	5,2	2,2	47,6	8,7	1,5	51,5	7,5	5,0	4,5	15,0
	22 a 30	4,3	4,9	2,3	25,6	17,6	0,9	15,4	7,5	3,8	3,4	156,8
Dez	1 a 7	4,5	6,5	4,1	9,2	22,3	0,7	8,1	6,4	2,8	2,7	95,5
	8 a 14	5,1	6,9	4,9	7,4	20,9	1,5	7,0	6,4	3,1	1,9	25,4
	15 a 21	5,2	6,3	4,9	7,5	40,7	1,4	6,7	5,8	2,6	2,0	11,2
	22 a 31	5,5	5,3	4,6	7,0	23,6	1,3	7,0	5,4	2,2	1,7	8,4

Quadro C.6 – (continuação) Série de vazões médias mensais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	7,4	3,9	4,2	2,8	9,0	20,0	2,6	9,4	4,9	1,2	1,2	212,7
	8 a 14	44,2	4,0	3,9	2,9	7,4	13,1	4,5	7,5	4,8	1,5	0,9	146,1
	15 a 21	38,4	40,7	3,8	2,1	6,5	8,7	6,5	7,5	5,2	1,5	1,6	37,6
	22 a 31	12,9	97,5	5,4	3,6	5,2	7,1	48,3	7,1	6,0	81,4	2,5	53,7
Fev	1 a 7	7,8	54,1	7,1	5,1	7,3	16,7	38,1	31,2	7,4	87,9	29,3	162,9
	8 a 14	7,9	21,9	6,8	45,7	7,7	23,5	14,3	113,4	75,5	74,8	81,1	337,2
	15 a 21	8,1	24,1	6,7	100,6	7,8	31,5	15,3	138,0	43,7	27,8	68,4	63,4
	22 a 28 ¹	7,8	42,3	6,3	31,0	7,8	127,2	15,3	94,6	52,2	30,1	135,2	90,6
Mar	1 a 7	7,7	19,9	6,0	13,5	8,2	97,3	13,2	28,9	114,9	16,2	53,5	101,2
	8 a 14	18,4	10,5	6,3	67,7	82,8	50,7	38,7	11,8	75,9	9,6	31,2	57,8
	15 a 21	11,9	7,7	6,1	153,2	45,2	42,9	31,6	8,3	22,0	8,3	20,4	86,4
	22 a 31	124,4	7,2	6,0	68,5	41,8	111,4	12,0	28,1	34,8	31,8	10,0	29,2
Abr	1 a 7	208,0	7,7	6,9	161,3	19,2	96,7	7,9	26,1	22,1	160,8	7,6	14,0
	8 a 14	161,3	8,0	48,8	79,3	75,6	281,1	7,4	14,8	10,8	105,7	7,7	281,3
	15 a 21	283,6	7,6	30,2	22,1	383,2	139,2	6,8	16,3	9,7	40,8	26,0	149,5
	22 a 30	153,4	6,9	11,4	175,1	150,8	60,5	7,6	62,9	20,3	45,8	36,4	37,8
Mai	1 a 7	29,3	11,1	8,5	117,9	31,8	24,4	9,7	63,1	74,1	20,2	13,9	15,3
	8 a 14	12,0	9,9	8,0	29,7	12,4	130,2	202,3	62,0	42,8	10,2	9,3	10,1
	15 a 21	25,7	8,3	7,3	12,3	8,2	78,6	97,3	22,2	14,8	6,7	64,7	88,0
	22 a 31	50,0	7,7	7,2	8,2	80,8	44,2	40,7	42,7	8,5	6,2	63,9	25,9
Jun	1 a 7	12,7	6,9	5,6	8,0	45,8	131,6	68,1	41,5	6,5	5,8	22,8	-
	8 a 14	8,3	5,4	5,6	7,9	16,4	153,2	46,4	14,3	5,8	5,0	36,8	-
	15 a 21	7,5	6,0	4,2	7,6	137,8	39,1	86,3	48,8	6,0	3,6	44,7	-
	22 a 30	6,7	6,9	3,6	6,7	105,8	12,6	26,0	35,2	6,5	5,0	28,5	-
Jul	1 a 7	22,1	7,6	3,9	5,3	46,4	53,7	12,7	11,4	6,7	5,1	10,6	-
	8 a 14	94,9	7,3	4,0	5,1	15,1	26,1	12,8	8,3	7,2	4,4	20,9	-
	15 a 21	71,7	6,8	3,4	5,8	52,9	11,0	9,3	7,4	7,9	4,0	92,3	-
	22 a 31	68,8	5,3	2,2	6,0	56,3	7,6	6,8	18,6	48,0	2,9	25,7	-
Ago	1 a 7	75,9	4,7	1,7	5,3	14,1	8,8	6,5	35,0	43,8	1,7	8,5	-
	8 a 14	20,8	4,9	1,8	3,9	8,3	7,6	5,9	12,9	14,6	1,3	6,6	-
	15 a 21	10,1	4,4	1,7	2,6	6,2	6,3	4,3	8,9	8,6	1,1	5,1	-
	22 a 31	28,8	4,0	2,1	1,6	4,4	4,6	2,8	7,0	6,4	0,7	4,5	-
Set	1 a 7	46,4	2,7	2,2	0,8	2,9	4,0	1,3	6,4	4,6	0,9	2,8	-
	8 a 14	14,5	1,7	2,0	1,0	2,0	3,0	0,8	6,5	3,4	0,8	2,4	-
	15 a 21	7,9	2,1	2,4	1,3	1,8	3,4	0,6	6,8	5,2	0,7	1,8	-
	22 a 30	6,2	3,3	3,0	1,9	2,5	4,0	0,8	6,2	4,7	0,6	0,9	-
Out	1 a 7	6,5	5,9	2,9	2,5	1,7	4,3	0,7	6,1	4,9	0,6	1,4	-
	8 a 14	6,4	6,2	2,0	3,1	1,9	4,0	0,7	5,7	5,1	0,6	3,0	-
	15 a 21	6,4	5,3	1,3	5,6	1,8	3,5	1,6	110,5	4,2	0,6	6,5	-
	22 a 31	5,7	3,1	1,3	5,4	1,6	3,4	3,0	65,9	3,3	1,0	19,9	-
Nov	1 a 7	5,2	3,6	2,1	86,1	1,1	3,8	4,6	14,9	4,5	1,1	22,3	-
	8 a 14	4,7	3,3	1,9	83,4	0,7	3,5	4,9	8,6	3,8	0,9	90,4	-
	15 a 21	4,8	4,0	2,2	36,7	0,6	3,0	61,8	7,1	3,0	0,7	79,1	-
	22 a 30	5,0	5,6	1,9	12,9	0,7	2,2	24,3	6,6	2,4	0,6	19,9	-
Dez	1 a 7	4,3	5,6	1,8	38,9	1,1	1,8	9,3	6,1	1,7	0,6	9,5	-
	8 a 14	3,9	4,4	1,4	204,0	1,2	2,5	18,8	6,7	1,1	0,8	7,2	-
	15 a 21	4,1	4,2	1,4	77,2	2,6	2,0	79,6	6,1	0,7	1,2	7,0	-
	22 a 31	4,0	4,5	2,0	18,8	4,7	2,2	21,2	6,2	0,9	1,5	370,2	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.7 – Série de vazões médias mensais no rio Santa Maria - curso inferior (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	52,6	19,4	5,2	5,2	4,9	1,3	4,6	3,7	3,3	0,8
	8 a 14	-	70,6	8,5	4,8	5,1	5,0	1,4	5,0	4,6	3,4	0,6
	15 a 21	-	104,5	18,9	4,5	5,1	25,7	1,6	5,3	84,2	3,6	1,3
	22 a 31	-	30,5	69,0	3,6	4,9	43,3	1,3	33,7	20,8	3,5	1,5
Fev	1 a 7	-	8,8	58,6	3,9	4,4	43,3	1,4	46,0	22,0	3,4	1,7
	8 a 14	-	69,3	27,0	3,3	43,6	45,9	30,9	13,9	16,4	4,1	2,8
	15 a 21	-	51,7	32,2	3,7	25,9	66,2	109,1	82,0	18,8	4,5	4,5
	22 a 28 ¹	-	18,3	13,4	4,4	39,0	25,8	65,6	123,1	10,9	5,0	4,9
Mar	1 a 7	-	18,9	7,2	10,7	57,1	19,2	17,9	53,4	17,8	5,3	5,1
	8 a 14	-	11,1	5,7	62,5	61,3	10,1	8,0	70,7	8,5	5,1	16,4
	15 a 21	-	6,7	13,2	22,6	24,3	6,6	5,5	84,6	6,1	9,9	118,1
	22 a 31	-	23,9	80,1	8,1	37,6	5,7	5,3	24,1	54,8	85,3	54,1
Abr	1 a 7	-	20,1	35,0	5,4	28,4	4,9	5,4	55,9	63,6	212,0	90,2
	8 a 14	-	29,7	11,3	5,0	27,7	4,4	5,2	32,5	19,1	61,6	131,0
	15 a 21	-	185,4	6,5	34,1	68,8	4,4	5,2	11,8	70,8	48,8	81,6
	22 a 30	-	39,3	5,5	11,9	63,7	4,4	5,3	29,9	69,8	13,1	31,7
Mai	1 a 7	-	19,0	5,4	6,2	13,9	5,3	5,2	215,2	41,2	6,5	15,7
	8 a 14	-	22,5	5,6	5,3	7,3	9,6	75,1	67,0	64,1	5,5	14,4
	15 a 21	-	9,2	81,1	21,0	5,9	21,6	124,8	20,3	49,3	20,3	56,0
	22 a 31	-	7,5	17,7	121,0	10,5	24,3	34,9	29,5	178,2	40,8	110,3
Jun	1 a 7	-	7,9	6,8	17,5	8,1	13,6	8,8	19,1	76,7	43,6	50,8
	8 a 14	-	5,9	4,7	7,3	40,8	13,5	31,7	8,0	90,2	14,4	22,1
	15 a 21	-	15,6	3,9	5,2	42,7	7,2	52,9	5,5	44,8	6,7	14,5
	22 a 30	-	32,1	17,7	4,1	29,0	15,5	34,0	5,1	47,5	13,0	11,2
Jul	1 a 7	-	10,6	10,0	3,5	41,7	7,4	40,8	5,1	43,6	56,7	23,1
	8 a 14	-	67,4	6,4	4,4	12,6	5,3	34,1	23,4	48,0	22,8	9,0
	15 a 21	-	57,4	51,8	4,3	6,6	5,1	34,2	71,2	20,3	8,6	7,2
	22 a 31	-	70,3	105,2	4,4	4,9	5,5	58,5	23,7	13,1	9,8	10,3
Ago	1 a 7	-	32,4	86,4	16,7	5,0	4,9	12,7	10,7	27,8	47,5	17,7
	8 a 14	-	11,9	21,2	43,8	5,4	4,2	31,2	6,1	10,6	61,4	15,1
	15 a 21	-	6,3	7,8	14,8	4,5	3,7	19,9	5,1	5,7	18,3	7,3
	22 a 31	-	24,8	4,0	6,4	3,6	2,9	7,4	3,8	4,3	6,7	5,0
Set	1 a 7	129,5	9,2	2,7	5,0	2,8	1,8	4,9	2,8	3,7	4,2	4,2
	8 a 14	31,1	5,0	1,8	4,1	1,9	1,6	4,2	2,1	2,7	3,5	3,9
	15 a 21	10,2	3,7	1,9	3,9	1,3	2,7	4,0	1,3	2,2	28,7	3,8
	22 a 30	4,7	3,9	1,6	39,5	0,7	2,5	34,1	0,8	4,0	31,1	4,3
Out	1 a 7	3,4	3,1	0,9	92,5	1,1	1,9	27,0	1,6	5,0	22,9	3,9
	8 a 14	3,2	2,9	0,6	59,5	3,1	1,7	9,2	2,0	4,6	8,6	3,8
	15 a 21	2,2	4,4	0,5	16,0	5,3	1,2	5,5	5,8	4,5	4,8	3,7
	22 a 31	2,0	4,3	0,7	17,9	20,5	0,6	94,1	5,5	4,1	4,7	3,5
Nov	1 a 7	2,4	4,4	1,7	14,2	9,8	0,6	109,5	4,7	4,6	4,2	77,0
	8 a 14	3,5	4,6	2,4	7,0	6,2	1,4	115,2	4,3	5,5	3,7	81,9
	15 a 21	3,1	5,6	2,3	51,3	5,4	1,2	53,3	5,3	5,6	3,2	22,9
	22 a 30	2,6	28,8	3,5	26,1	5,3	0,7	14,3	5,2	4,8	2,6	133,9
Dez	1 a 7	3,6	21,6	12,7	7,8	5,3	0,5	6,3	4,3	3,5	2,1	67,2
	8 a 14	4,8	9,0	16,4	13,8	5,2	1,1	5,1	4,3	3,8	1,5	17,9
	15 a 21	6,8	5,9	21,3	8,1	5,0	1,0	4,7	3,8	3,3	1,3	7,9
	22 a 31	5,7	8,1	7,8	5,9	5,3	1,1	4,9	3,7	3,1	1,1	6,0

Quadro C.7 – (continuação) Série de vazões médias mensais no rio Santa Maria - curso inferior (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	5,1	4,3	3,8	3,7	6,1	8,4	2,8	6,3	3,6	0,9	2,6	130,7
	8 a 14	61,3	4,3	3,5	3,8	4,4	6,7	4,6	4,8	4,3	1,0	1,8	90,5
	15 a 21	41,2	80,3	3,6	3,4	4,3	5,8	23,7	5,0	4,8	1,1	2,0	22,7
	22 a 31	13,7	99,2	4,4	26,8	3,5	7,6	38,9	4,4	8,2	64,5	3,5	38,4
Fev	1 a 7	19,4	47,0	5,3	11,8	5,0	12,0	32,0	22,2	27,4	45,9	32,0	113,5
	8 a 14	34,7	15,5	5,0	52,9	5,0	13,9	11,1	75,4	42,7	23,2	55,5	226,4
	15 a 21	13,4	12,2	4,9	85,3	4,9	9,8	8,9	88,0	33,6	11,0	52,5	44,6
	22 a 28 ¹	12,3	56,3	4,9	27,8	4,9	66,5	12,7	51,8	19,7	14,7	92,6	46,3
Mar	1 a 7	7,5	23,3	4,1	19,4	5,3	48,2	12,6	16,5	75,4	9,5	39,0	65,1
	8 a 14	19,4	9,2	4,3	19,3	34,3	46,6	41,0	7,8	58,2	6,5	29,2	76,4
	15 a 21	10,9	6,0	4,3	139,1	29,3	39,5	23,1	5,7	16,4	5,9	16,7	91,8
	22 a 31	78,5	5,0	4,1	46,7	31,6	92,6	8,6	14,7	11,1	34,6	7,3	27,4
Abr	1 a 7	193,9	5,1	11,5	126,0	16,8	86,8	5,4	22,2	25,7	135,5	5,5	19,4
	8 a 14	78,5	5,3	62,1	74,2	42,6	285,5	5,4	22,0	9,9	59,4	5,3	225,1
	15 a 21	189,7	5,3	29,0	28,1	250,5	100,6	5,2	19,9	11,6	23,2	20,8	106,0
	22 a 30	105,1	11,8	9,9	134,3	112,8	37,4	5,5	54,3	15,4	24,6	31,5	37,6
Mai	1 a 7	20,3	32,0	6,6	83,0	23,3	14,1	11,7	45,8	36,6	11,8	11,6	13,3
	8 a 14	10,3	12,1	5,7	20,9	8,9	95,1	86,5	45,4	24,7	6,7	6,7	10,7
	15 a 21	17,2	6,7	5,2	8,6	5,7	65,6	68,1	16,2	9,4	5,0	33,7	44,6
	22 a 31	26,9	5,4	4,9	5,7	52,8	64,9	15,7	19,7	6,0	4,6	32,8	12,6
Jun	1 a 7	8,0	4,7	4,1	5,4	29,9	104,8	84,0	23,7	5,0	4,2	8,9	-
	8 a 14	5,9	3,9	3,9	5,5	10,9	80,0	46,8	9,1	4,0	3,7	6,1	-
	15 a 21	5,4	4,3	3,4	5,3	120,5	21,2	52,1	39,6	3,4	2,6	34,9	-
	22 a 30	4,9	5,4	2,6	4,7	83,0	7,6	15,9	25,1	3,9	3,2	24,8	-
Jul	1 a 7	48,2	6,5	3,0	4,2	39,5	6,9	12,4	10,5	4,4	3,6	8,2	-
	8 a 14	73,4	5,7	3,5	3,9	11,9	7,5	30,1	12,1	4,8	3,1	15,2	-
	15 a 21	48,8	5,1	3,1	4,3	25,0	5,7	11,3	6,7	4,8	2,8	17,7	-
	22 a 31	70,6	4,0	2,1	4,5	27,2	6,0	5,8	10,5	25,4	2,1	7,9	-
Ago	1 a 7	64,4	3,4	1,7	4,1	8,3	8,9	4,6	16,2	25,1	1,4	4,7	-
	8 a 14	16,8	3,0	1,7	3,2	5,5	5,8	4,1	7,4	12,0	0,9	4,7	-
	15 a 21	7,4	2,7	1,7	2,1	4,5	4,9	3,1	5,9	8,2	0,8	3,7	-
	22 a 31	22,5	2,5	2,1	1,4	3,3	3,9	2,0	5,0	5,2	0,5	2,9	-
Set	1 a 7	34,7	1,7	2,1	0,8	2,0	3,1	1,0	4,4	3,8	0,7	1,8	-
	8 a 14	10,7	1,4	1,7	0,7	1,3	2,2	0,5	4,5	2,9	0,6	1,7	-
	15 a 21	6,0	2,0	1,9	0,7	1,1	2,2	0,5	5,2	4,2	0,5	1,4	-
	22 a 30	4,7	2,6	2,6	1,9	1,7	2,9	0,8	4,8	4,0	0,5	0,7	-
Out	1 a 7	4,6	4,4	2,8	2,8	1,2	3,5	0,6	4,7	4,5	0,5	0,8	-
	8 a 14	4,6	4,8	2,0	2,9	1,1	3,2	0,5	4,6	4,8	0,5	1,9	-
	15 a 21	5,0	4,0	1,5	4,4	1,0	3,3	1,2	92,0	4,3	0,5	24,6	-
	22 a 31	4,7	2,7	1,4	4,3	0,9	2,9	2,9	35,7	3,4	1,0	20,4	-
Nov	1 a 7	4,6	3,2	2,0	63,3	0,5	3,3	4,1	8,9	3,9	1,1	26,8	-
	8 a 14	4,9	3,1	2,0	70,8	0,4	3,1	4,5	5,8	3,3	0,9	70,5	-
	15 a 21	5,1	3,6	2,2	29,0	0,4	2,8	93,3	5,2	2,5	0,9	37,0	-
	22 a 30	5,0	4,5	2,1	9,6	0,5	2,4	27,0	4,7	2,1	0,5	11,4	-
Dez	1 a 7	4,4	4,6	2,1	44,7	0,6	1,8	8,4	4,1	1,8	0,5	6,3	-
	8 a 14	4,3	4,0	2,1	140,0	0,6	2,1	14,9	4,5	1,3	0,9	5,1	-
	15 a 21	4,0	3,7	2,6	54,3	1,5	2,2	48,7	4,1	0,9	1,3	9,1	-
	22 a 31	3,8	3,8	3,2	13,3	2,9	2,4	13,2	4,1	0,7	2,5	184,8	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.8 – Série de vazões médias mensais no rio Cacequi (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	57,7	8,9	6,1	9,4	10,9	2,5	8,4	5,4	4,5	1,8
	8 a 14	-	104,3	10,0	6,0	9,2	10,0	2,4	9,9	7,4	4,5	1,5
	15 a 21	-	156,7	9,9	5,5	9,1	63,3	3,1	10,1	156,1	4,9	2,5
	22 a 31	-	48,9	108,2	4,3	8,6	108,0	2,5	59,6	36,2	5,0	3,3
Fev	1 a 7	-	17,5	86,6	4,5	8,2	80,4	2,5	74,3	45,6	5,0	3,6
	8 a 14	-	134,7	57,3	3,6	76,9	84,6	38,5	38,1	31,6	5,9	5,8
	15 a 21	-	106,7	101,5	4,1	46,1	137,6	181,4	192,1	35,3	6,9	9,3
	22 a 28 ¹	-	42,5	34,3	4,8	46,6	58,1	109,1	245,0	24,2	7,9	9,3
Mar	1 a 7	-	50,5	15,0	6,2	84,8	35,9	30,6	104,5	39,1	8,4	9,7
	8 a 14	-	21,4	10,9	10,2	110,0	18,4	14,2	105,6	16,8	8,1	48,4
	15 a 21	-	12,7	16,8	11,2	45,7	12,0	9,6	127,6	11,2	9,7	222,9
	22 a 31	-	40,5	116,3	9,7	94,4	10,4	9,7	38,7	62,3	169,4	92,7
Abr	1 a 7	-	35,1	53,0	36,0	73,0	8,7	9,7	103,6	93,4	376,3	133,5
	8 a 14	-	62,0	18,5	46,6	62,9	8,2	9,4	60,3	31,2	107,8	243,7
	15 a 21	-	274,3	11,3	80,8	147,2	8,1	9,6	20,0	105,9	79,6	157,6
	22 a 30	-	71,8	9,6	24,6	127,0	8,3	9,8	38,9	163,1	22,6	62,1
Mai	1 a 7	-	48,5	9,4	11,8	27,3	10,1	9,3	309,0	90,5	11,8	28,4
	8 a 14	-	56,6	9,6	9,8	15,3	18,2	110,4	122,3	117,9	10,0	13,5
	15 a 21	-	19,8	108,3	44,3	11,6	38,3	216,8	34,3	68,0	38,0	100,1
	22 a 31	-	15,1	26,1	170,0	10,8	32,1	58,8	41,3	308,1	82,1	201,4
Jun	1 a 7	-	15,4	11,7	30,0	11,2	22,8	15,2	24,9	160,6	98,3	117,1
	8 a 14	-	10,7	8,4	13,0	81,1	26,5	45,9	12,7	153,3	30,8	55,9
	15 a 21	-	23,6	7,1	9,4	83,1	13,3	93,1	9,7	79,2	13,0	27,7
	22 a 30	-	68,9	33,8	7,5	46,2	22,8	53,7	14,5	88,0	21,5	20,4
Jul	1 a 7	-	40,7	30,2	6,3	74,5	12,5	75,9	15,4	79,1	93,0	42,0
	8 a 14	-	117,3	14,6	8,0	22,7	9,3	61,7	57,4	70,9	38,3	16,4
	15 a 21	-	100,2	73,6	7,8	12,3	9,2	76,5	158,9	36,7	15,0	9,4
	22 a 31	-	155,1	168,0	8,3	9,4	9,9	96,2	35,4	25,6	15,8	9,6
Ago	1 a 7	-	77,1	150,1	7,9	9,5	8,7	28,6	14,3	38,9	94,5	16,5
	8 a 14	-	24,5	37,1	9,7	10,0	7,6	82,1	10,0	17,1	120,0	15,7
	15 a 21	-	12,2	13,9	9,8	8,8	6,9	30,0	9,1	10,1	34,3	10,6
	22 a 31	-	52,4	7,3	8,5	7,5	5,0	12,4	7,0	7,9	12,4	8,2
Set	1 a 7	233,1	17,0	5,0	8,3	5,6	3,6	8,7	5,4	6,7	7,6	7,2
	8 a 14	54,9	9,2	3,7	7,0	4,1	3,9	7,3	4,0	4,9	6,0	6,7
	15 a 21	18,3	6,8	3,1	6,6	3,1	6,1	7,2	2,6	3,6	37,1	5,8
	22 a 30	8,5	7,0	2,3	42,9	1,7	5,6	45,2	1,5	5,8	53,6	7,2
Out	1 a 7	6,3	5,6	1,2	122,4	2,3	4,2	36,1	2,6	7,3	43,6	6,7
	8 a 14	5,7	5,0	1,0	87,3	6,3	4,0	14,3	2,9	7,0	15,9	6,4
	15 a 21	4,0	8,3	0,8	25,3	6,9	2,9	9,4	5,6	6,4	9,5	6,1
	22 a 31	4,1	8,3	1,1	52,1	41,3	1,4	135,1	7,8	5,8	9,7	5,5
Nov	1 a 7	5,2	8,3	2,5	33,9	31,2	1,0	170,7	7,4	6,4	8,6	64,4
	8 a 14	6,8	8,4	3,1	14,2	14,0	2,3	193,9	6,7	8,2	7,5	117,2
	15 a 21	5,9	9,8	2,6	80,9	10,3	1,9	90,2	8,0	8,4	6,4	35,9
	22 a 30	4,9	36,6	3,4	41,8	9,7	1,1	23,4	7,8	6,7	5,1	196,6
Dez	1 a 7	5,9	31,4	5,2	13,2	10,2	0,9	10,9	6,3	5,1	4,3	122,4
	8 a 14	7,9	19,2	6,5	10,7	10,2	1,9	9,1	6,3	5,5	3,1	32,5
	15 a 21	8,2	11,7	7,4	16,8	29,9	1,6	8,5	5,4	4,9	2,9	13,8
	22 a 31	8,7	9,1	6,9	11,1	22,7	1,8	8,8	5,5	4,5	2,5	10,4

Quadro C.8 – (continuação) Série de vazões médias mensais no rio Cacequi (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	8,7	8,2	6,4	6,6	11,2	6,4	5,5	12,4	6,6	1,6	3,6	228,7
	8 a 14	71,8	8,5	6,0	6,4	8,7	8,6	8,4	9,8	7,0	1,9	2,6	163,2
	15 a 21	57,8	107,7	6,2	5,5	8,1	8,7	56,1	9,8	7,7	1,9	3,2	40,9
	22 a 31	18,5	160,8	8,1	8,7	6,7	6,8	64,5	8,7	8,5	122,3	5,5	62,5
Fev	1 a 7	10,5	76,2	9,8	10,9	9,2	8,1	55,8	19,1	27,9	101,8	50,8	186,4
	8 a 14	16,3	27,6	9,2	177,8	9,3	8,7	19,8	134,6	88,7	66,9	110,3	422,4
	15 a 21	16,9	28,0	8,9	167,7	9,5	9,8	23,5	167,9	67,8	26,8	91,4	81,5
	22 a 28 ¹	30,1	75,5	8,6	48,8	9,8	118,7	22,6	108,0	40,8	30,7	166,5	99,7
Mar	1 a 7	15,9	34,6	7,8	27,7	10,3	85,4	22,2	34,0	152,8	18,8	74,5	149,1
	8 a 14	38,3	15,2	8,2	60,2	78,9	48,8	60,3	15,2	112,6	12,2	51,2	84,2
	15 a 21	21,4	10,2	8,0	216,4	51,5	73,6	34,0	16,1	31,3	10,7	27,2	134,2
	22 a 31	135,0	9,1	7,6	75,8	44,2	153,6	14,4	34,2	35,5	45,8	13,0	42,8
Abr	1 a 7	326,9	9,6	21,7	195,0	20,2	146,0	9,6	34,6	38,0	213,6	10,2	23,6
	8 a 14	172,4	9,7	97,7	110,3	71,2	410,0	9,7	35,7	15,8	125,6	9,5	482,4
	15 a 21	364,4	9,6	48,9	37,9	406,3	185,2	9,5	30,4	12,8	40,4	36,2	199,9
	22 a 30	182,8	8,9	21,9	226,5	187,1	75,2	10,2	96,3	26,2	39,8	58,7	61,4
Mai	1 a 7	35,9	35,4	20,6	151,4	39,3	26,5	17,4	75,5	64,0	19,9	21,3	26,2
	8 a 14	18,6	17,7	12,3	38,1	15,7	176,5	199,8	74,0	30,9	11,8	12,3	18,3
	15 a 21	36,1	11,5	9,9	15,7	10,5	107,7	114,0	26,9	14,2	8,5	54,3	82,9
	22 a 31	60,9	9,9	9,3	10,6	63,3	91,2	31,0	49,7	10,2	8,1	60,2	23,9
Jun	1 a 7	15,9	8,7	7,1	11,0	38,5	155,0	135,9	57,6	8,2	7,7	21,7	-
	8 a 14	10,9	7,3	7,0	10,5	16,1	139,6	77,0	19,3	7,3	6,8	29,3	-
	15 a 21	9,9	7,8	5,8	10,0	161,0	38,3	75,0	55,8	7,4	4,7	65,5	-
	22 a 30	8,9	13,4	4,8	8,7	132,1	13,6	24,7	49,6	7,7	6,4	44,9	-
Jul	1 a 7	71,6	17,2	5,7	7,5	60,8	30,5	27,5	17,5	7,8	6,7	15,1	-
	8 a 14	105,3	11,4	6,2	7,2	19,5	29,5	44,8	13,8	8,7	5,8	21,7	-
	15 a 21	68,6	9,6	5,5	7,8	43,3	13,3	19,3	10,5	8,6	5,1	53,0	-
	22 a 31	118,4	7,5	3,7	8,2	54,7	13,1	10,0	24,9	49,2	3,8	19,1	-
Ago	1 a 7	114,9	6,6	3,1	7,2	15,7	25,4	8,8	39,6	48,0	2,4	9,3	-
	8 a 14	30,1	6,0	3,4	5,7	10,1	12,3	7,8	15,6	18,1	1,8	8,5	-
	15 a 21	13,5	5,4	3,2	3,8	8,0	8,6	6,0	11,1	11,6	1,5	6,8	-
	22 a 31	53,2	5,2	3,5	2,6	5,9	6,5	4,0	9,0	9,0	0,9	5,7	-
Set	1 a 7	76,6	3,6	3,3	1,4	3,9	5,4	1,9	8,2	6,7	1,0	3,6	-
	8 a 14	22,1	2,7	3,0	1,2	2,4	3,9	1,1	8,1	5,1	1,0	3,3	-
	15 a 21	10,6	3,5	3,7	1,6	2,2	4,2	0,8	8,8	7,4	0,8	2,5	-
	22 a 30	8,0	5,0	4,8	3,8	3,2	5,4	1,2	8,1	7,2	0,8	1,3	-
Out	1 a 7	8,3	8,2	4,7	5,0	2,5	6,1	0,9	7,9	7,5	0,8	1,6	-
	8 a 14	8,2	8,8	3,5	5,6	2,4	5,9	0,8	7,8	8,0	0,8	3,8	-
	15 a 21	8,8	7,3	2,6	9,0	2,2	5,4	1,8	128,6	7,0	1,0	32,3	-
	22 a 31	8,3	4,9	2,4	8,3	2,0	4,9	4,3	66,2	5,4	1,6	35,6	-
Nov	1 a 7	8,1	5,8	3,5	134,9	1,2	5,2	6,6	16,6	6,2	1,9	36,8	-
	8 a 14	8,5	5,5	3,2	114,3	0,8	4,7	7,2	10,8	5,1	1,4	109,9	-
	15 a 21	8,9	6,5	4,0	47,2	0,8	4,3	135,5	9,8	4,2	1,1	81,6	-
	22 a 30	8,7	8,6	4,0	16,5	0,9	3,5	44,5	8,9	3,4	0,8	22,0	-
Dez	1 a 7	7,6	8,5	4,2	69,9	1,4	2,6	14,1	7,8	2,5	0,8	11,4	-
	8 a 14	7,2	7,1	4,0	248,0	1,4	3,1	30,2	8,7	1,6	1,4	8,8	-
	15 a 21	7,3	6,4	4,6	86,9	2,8	3,2	109,0	8,0	1,0	2,5	8,8	-
	22 a 31	7,4	6,6	5,6	22,2	4,5	3,8	27,8	7,6	1,2	3,8	310,0	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

Quadro C.9 – Série de vazões médias mensais no arroio Saicã (m³/s)

Mês	Dias	Ano										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1 a 7	-	40,6	34,8	4,5	4,2	3,9	0,9	3,3	0,8	2,6	0,4
	8 a 14	-	59,3	10,7	4,0	4,1	3,6	1,0	3,4	1,1	2,7	0,4
	15 a 21	-	91,7	27,4	3,7	4,1	4,2	1,0	4,1	1,7	3,0	1,2
	22 a 31	-	25,0	54,2	3,0	4,0	24,3	0,7	27,9	3,3	3,1	1,4
Fev	1 a 7	-	7,1	59,0	3,2	3,4	36,3	1,1	27,2	3,5	3,0	1,7
	8 a 14	-	54,3	23,3	2,8	21,2	30,9	14,5	9,3	4,0	3,7	2,5
	15 a 21	-	34,4	16,5	2,9	21,2	46,5	70,8	69,9	3,7	4,0	3,7
	22 a 28 ¹	-	12,4	8,0	3,4	9,6	17,1	44,6	101,0	3,9	4,5	4,0
Mar	1 a 7	-	14,5	5,2	8,9	12,6	20,5	12,8	44,2	4,0	4,5	4,1
	8 a 14	-	6,7	4,5	52,1	35,0	10,3	6,1	56,2	4,2	4,2	11,7
	15 a 21	-	4,8	9,2	20,5	14,0	5,7	4,5	77,3	4,1	4,5	84,4
	22 a 31	-	19,6	54,4	7,0	28,3	4,7	4,4	21,7	56,5	62,7	36,5
Abr	1 a 7	-	16,3	25,4	4,4	23,0	4,0	4,4	36,9	63,5	151,4	91,1
	8 a 14	-	18,0	8,6	4,0	17,9	3,6	4,3	21,7	16,9	46,9	117,8
	15 a 21	-	169,5	5,2	29,6	39,9	3,6	4,4	12,8	65,4	41,0	67,2
	22 a 30	-	31,4	5,0	9,8	37,1	3,4	4,5	28,1	38,9	11,0	16,1
Mai	1 a 7	-	8,1	6,4	5,1	9,1	3,9	4,5	195,3	25,5	5,2	6,7
	8 a 14	-	5,2	5,0	4,4	6,5	3,8	73,3	54,3	54,3	4,2	9,8
	15 a 21	-	4,7	72,5	21,7	8,3	4,3	106,4	17,0	51,1	18,3	37,0
	22 a 31	-	4,5	15,4	83,3	13,5	17,1	30,2	25,2	158,5	20,9	94,8
Jun	1 a 7	-	5,0	5,6	14,2	5,7	9,6	7,5	19,0	51,9	13,1	46,1
	8 a 14	-	4,5	3,8	6,0	28,4	6,4	34,2	7,2	73,3	6,3	22,4
	15 a 21	-	11,3	3,1	4,3	30,5	5,0	43,6	4,5	31,6	4,5	8,9
	22 a 30	-	23,4	15,3	3,4	24,6	14,6	30,5	4,1	36,5	9,7	8,4
Jul	1 a 7	-	8,2	11,3	2,9	28,2	6,4	27,2	4,0	39,2	34,9	17,9
	8 a 14	-	66,3	5,8	3,3	9,1	4,4	22,8	12,1	44,9	15,5	7,1
	15 a 21	-	53,6	33,7	3,2	5,1	4,2	24,1	38,2	18,9	6,5	13,3
	22 a 31	-	55,0	74,2	3,3	3,7	4,6	46,7	22,0	10,2	10,8	14,2
Ago	1 a 7	-	26,6	62,7	7,5	3,6	4,0	10,2	10,5	28,9	35,6	12,9
	8 a 14	-	9,7	15,7	24,3	3,9	3,2	17,2	5,2	8,9	45,8	10,6
	15 a 21	-	5,2	6,1	10,9	3,2	2,8	15,2	4,1	4,6	14,7	5,5
	22 a 31	-	16,1	3,2	5,1	2,6	2,1	5,9	3,1	3,5	5,5	4,1
Set	1 a 7	103,4	6,6	2,2	4,1	1,9	1,3	4,1	2,2	3,1	3,6	3,5
	8 a 14	24,0	3,9	1,4	3,5	1,2	1,1	3,5	1,4	2,3	3,1	3,4
	15 a 21	7,7	3,2	1,4	3,3	0,7	2,0	3,1	0,8	2,0	32,6	3,6
	22 a 30	3,6	3,5	1,3	39,3	0,4	2,0	19,5	0,6	11,0	18,7	4,1
Out	1 a 7	2,3	2,8	0,8	82,1	1,0	1,5	16,4	1,3	9,3	7,3	3,7
	8 a 14	2,2	2,5	0,5	48,3	2,3	1,3	6,5	1,2	5,0	4,7	3,6
	15 a 21	1,6	3,7	0,4	12,9	5,7	0,8	4,4	1,9	4,1	3,5	3,5
	22 a 31	1,5	3,6	0,6	9,3	11,7	0,4	79,4	2,5	3,6	3,6	6,0
Nov	1 a 7	1,6	3,9	1,2	7,7	5,4	0,4	109,8	2,1	6,5	3,2	109,2
	8 a 14	2,5	8,6	1,8	5,0	4,5	1,0	76,9	1,9	12,1	2,7	72,2
	15 a 21	2,1	9,4	1,8	35,2	4,3	0,8	38,1	2,1	7,3	2,3	18,0
	22 a 30	1,9	33,6	3,1	18,3	4,1	0,5	13,0	2,0	4,5	2,0	122,0
Dez	1 a 7	2,3	24,0	20,8	5,9	4,0	0,5	5,1	1,5	3,2	1,6	44,0
	8 a 14	3,6	8,3	24,3	14,3	3,8	1,0	4,0	1,1	3,1	1,1	12,1
	15 a 21	4,0	4,9	28,1	7,3	3,6	0,8	3,6	0,8	2,6	0,9	5,4
	22 a 31	4,0	10,7	8,0	4,8	4,1	0,9	3,6	0,5	2,5	0,7	4,3

Quadro C.9 – (continuação) Série de vazões médias mensais no arroio Saicã (m³/s)

Mês	Dias	Ano											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jan	1 a 7	3,7	3,4	2,9	3,3	4,8	4,5	1,5	4,5	3,1	1,0	3,2	118,5
	8 a 14	36,4	3,4	2,8	3,6	3,7	4,8	2,5	3,8	4,0	1,2	2,7	70,3
	15 a 21	21,7	67,1	2,5	3,1	3,7	4,6	2,9	3,9	4,4	1,3	2,6	17,7
	22 a 31	22,0	72,6	3,2	28,6	3,2	31,7	10,6	3,4	6,7	57,3	3,9	32,5
Fev	1 a 7	39,9	33,3	4,1	11,5	3,8	15,5	9,7	11,9	17,5	43,1	42,5	97,6
	8 a 14	29,7	10,4	4,0	50,7	3,6	9,7	5,8	53,1	27,5	22,0	57,4	155,0
	15 a 21	10,4	5,6	3,8	51,0	3,6	6,3	6,6	70,5	31,0	9,8	41,0	35,9
	22 a 28 ¹	7,8	54,8	3,8	18,7	3,4	52,6	10,8	36,1	10,0	6,2	77,9	43,7
Mar	1 a 7	5,4	20,2	3,1	21,0	3,6	27,2	14,7	11,8	33,5	5,3	30,1	53,7
	8 a 14	23,6	7,7	3,5	32,4	4,0	33,7	37,8	6,0	39,3	4,8	24,1	97,0
	15 a 21	10,2	4,9	3,5	104,1	31,8	26,3	14,9	4,5	11,7	4,7	13,7	88,2
	22 a 31	123,8	4,1	3,2	30,1	13,9	60,1	6,4	14,1	17,0	37,5	6,0	25,3
Abr	1 a 7	106,0	4,1	7,0	78,0	18,3	60,8	4,3	23,1	32,6	121,3	4,5	14,8
	8 a 14	61,4	4,3	54,8	45,7	35,5	346,4	4,3	23,6	10,4	48,8	4,3	144,7
	15 a 21	146,6	4,3	22,8	26,5	239,0	72,4	4,1	19,8	12,2	25,5	19,6	73,3
	22 a 30	52,3	12,4	7,6	115,2	72,2	29,4	4,4	40,3	13,5	19,4	24,3	39,6
Mai	1 a 7	11,6	28,0	4,6	46,1	16,7	10,8	6,5	32,4	34,5	9,2	8,8	13,0
	8 a 14	10,2	9,3	4,3	14,4	6,8	83,1	49,6	30,8	23,9	5,3	5,3	13,7
	15 a 21	20,0	5,4	3,9	7,0	4,7	54,3	62,7	11,4	8,3	4,0	30,2	42,1
	22 a 31	18,2	4,3	3,7	10,8	28,0	66,8	13,6	20,5	4,9	3,8	23,6	10,7
Jun	1 a 7	6,1	3,8	3,3	17,4	7,6	76,9	79,2	9,0	4,0	3,5	6,9	-
	8 a 14	4,8	3,1	3,0	8,4	5,0	57,9	43,9	5,3	3,4	3,1	4,9	-
	15 a 21	4,5	3,4	2,5	5,0	25,1	15,3	12,2	36,1	3,1	2,2	35,1	-
	22 a 30	4,1	3,6	1,9	4,1	28,1	6,0	5,8	17,7	3,2	2,7	19,7	-
Jul	1 a 7	54,7	3,8	2,2	3,4	16,2	4,1	10,0	14,3	3,7	3,1	6,6	-
	8 a 14	48,1	3,8	2,6	3,1	6,5	4,4	25,7	15,7	3,9	2,7	10,0	-
	15 a 21	26,5	3,4	2,3	3,1	4,1	4,3	9,2	6,5	3,9	2,5	5,6	-
	22 a 31	69,7	2,7	1,6	3,1	3,8	4,0	4,6	7,4	22,9	2,0	4,5	-
Ago	1 a 7	58,4	2,2	1,3	2,6	3,7	4,0	3,7	10,7	21,2	1,3	3,5	-
	8 a 14	14,9	1,8	1,2	1,9	3,3	3,8	3,2	5,6	11,8	0,9	3,7	-
	15 a 21	6,5	1,5	1,1	1,1	2,8	3,7	2,5	4,7	7,9	0,7	2,9	-
	22 a 31	19,0	1,3	1,6	0,6	2,0	2,9	1,6	4,1	4,4	0,5	2,2	-
Set	1 a 7	19,3	0,6	1,5	0,4	1,1	2,1	0,7	3,7	3,1	0,6	1,3	-
	8 a 14	7,0	0,8	1,1	0,5	0,6	1,5	0,4	4,9	2,4	0,7	1,3	-
	15 a 21	4,8	1,3	1,2	0,5	0,7	1,4	0,4	8,1	3,3	0,5	1,0	-
	22 a 30	4,1	1,9	1,6	1,9	1,3	2,0	0,7	4,8	3,0	0,4	0,5	-
Out	1 a 7	4,0	3,4	1,8	2,4	1,0	2,8	0,6	4,2	3,6	0,4	0,7	-
	8 a 14	3,9	3,7	1,3	2,2	0,8	2,3	0,4	3,9	4,0	0,5	1,7	-
	15 a 21	4,3	3,0	1,0	3,1	0,6	2,4	0,9	63,6	3,5	0,4	33,5	-
	22 a 31	4,1	2,1	0,9	2,9	0,6	2,1	2,4	21,7	2,9	1,1	24,3	-
Nov	1 a 7	4,0	2,7	1,5	52,1	0,4	2,4	3,2	6,1	3,3	1,2	34,6	-
	8 a 14	4,3	2,5	1,4	65,9	0,3	2,2	3,7	4,2	2,8	1,0	76,1	-
	15 a 21	4,2	3,0	1,4	16,9	0,4	2,2	94,7	4,0	2,1	1,2	32,7	-
	22 a 30	4,1	3,6	1,5	6,7	0,4	2,0	25,5	3,7	1,6	0,8	9,4	-
Dez	1 a 7	3,8	3,6	1,8	59,8	0,7	1,5	7,6	3,0	1,3	0,7	5,4	-
	8 a 14	3,6	3,2	1,9	81,5	0,7	1,5	9,8	3,3	1,0	1,0	5,2	-
	15 a 21	3,2	3,1	2,3	25,5	1,5	1,4	20,0	3,1	0,6	1,8	22,0	-
	22 a 31	3,1	2,8	2,9	8,0	2,5	1,4	7,0	3,3	0,7	3,1	152,2	-

¹ Os anos 1, 5, 9, 13, 17 e 21 foram calculados como bissextos e portanto, o intervalo assinalado foi até o dia 29.

ANEXO D - CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES

A curva de permanência relata a relação entre a vazão do rio e a porcentagem do tempo em que a referida vazão é maior ou igual ao valor especificado. Embora com limitações, a curva de permanência pode servir à estimativa preliminar dos volumes de reservação necessários para regularizar uma determinada vazão.

Para construir essa curva de permanência, agrupam-se os dados em intervalos de classe que, em geral, devem apresentar amplitude variável, já que o padrão de variabilidade das vazões não permite estabelecer intervalos de classe constantes. Neste estudo, em particular, optou-se por calcular em escala logarítmica, com intervalos constantes, retornando-se em seguida à escala original.

Segundo TUCCI (2000) a amplitude de cada intervalo pode ser determinada por:

$$\Delta x = \frac{(\ln Q_{mx} - \ln Q_{mi})}{N} \quad (C.1)$$

onde Q_{mx} : vazão máxima da série;

Q_{mi} : vazão mínima da série;

N : número de intervalos escolhido.

Os limites dos intervalos são calculados a partir de Q_{mi} , adicionando o intervalo calculado em (C.1), resultando para a vazão do limite superior do intervalo i o seguinte:

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta x] \quad (C.2)$$

onde Q_{i+1} : limite superior do intervalo i .

Para este estudo foi adotado $N = 20$.

Nos quadros C.1 a C.9 são apresentados os resultados do cálculo da curva de permanência de vazões semanais para cada seção de interesse. Os gráficos das curvas de permanência encontram-se nas figuras C.1 a C.9.

Quadro D.1 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso superior

Q_i	Q_{i+1}	Nq_i	n_{acum}	Prob
0,8	1,1	32	1044	100,00
1,1	1,6	35	1012	96,93
1,6	2,3	57	977	93,58
2,3	3,3	71	920	88,12
3,3	4,7	80	849	81,32
4,7	6,7	84	769	73,66
6,7	9,6	111	685	65,61
9,6	13,6	168	574	54,98
13,6	19,4	57	406	38,89
19,4	27,7	43	349	33,43
27,7	39,5	54	306	29,31
39,5	56,3	46	252	24,14
56,3	80,2	72	206	19,73
80,2	114,3	53	134	12,84
114,3	162,9	38	81	7,76
162,9	232,2	25	43	4,12
232,2	331,0	12	18	1,72
331,0	471,7	2	6	0,57
471,7	672,4	1	4	0,38
672,4	958,4	3	3	0,29

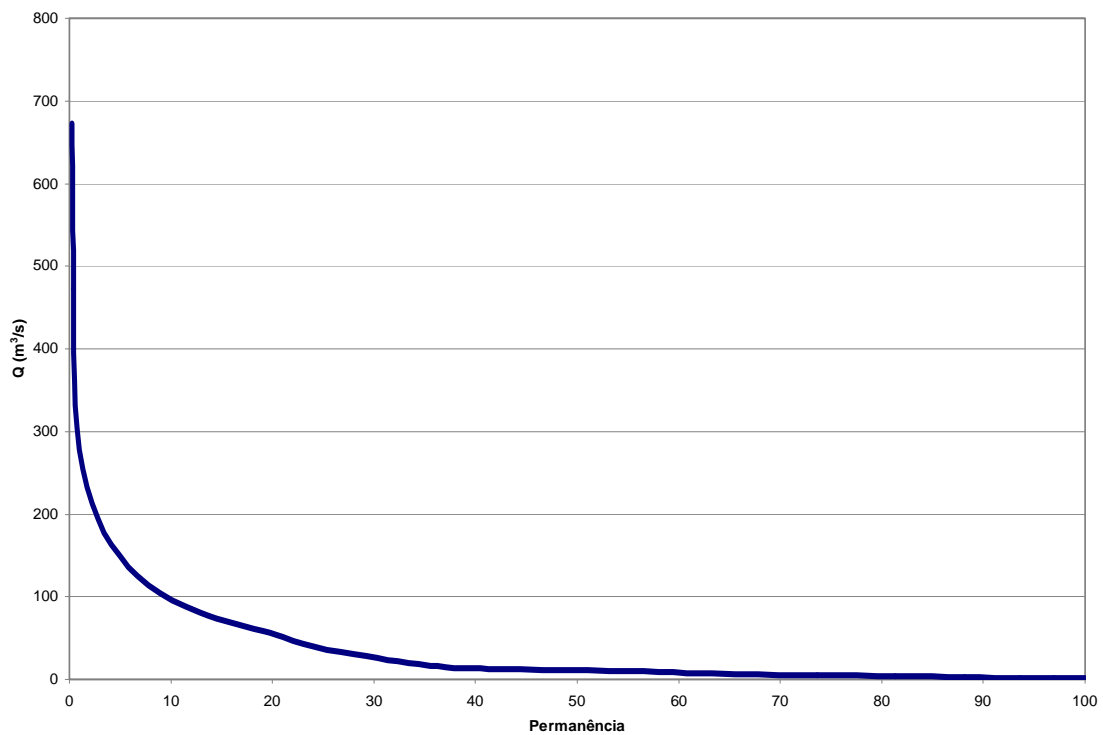


Figura D.1 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso superior

Quadro D.2 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
1,0	1,4	30	1044	100,00
1,4	2,0	31	1014	97,13
2,0	2,9	59	983	94,16
2,9	4,1	68	924	88,51
4,1	5,9	74	856	81,99
5,9	8,3	72	782	74,90
8,3	11,8	126	710	68,01
11,8	16,8	166	584	55,94
16,8	23,9	62	418	40,04
23,9	34,0	42	356	34,10
34,0	48,3	58	314	30,08
48,3	68,6	50	256	24,52
68,6	97,6	59	206	19,73
97,6	138,7	57	147	14,08
138,7	197,1	39	90	8,62
197,1	280,2	33	51	4,89
280,2	398,2	11	18	1,72
398,2	566,0	3	7	0,67
566,0	804,4	1	4	0,38
804,4	1.143,4	3	3	0,29

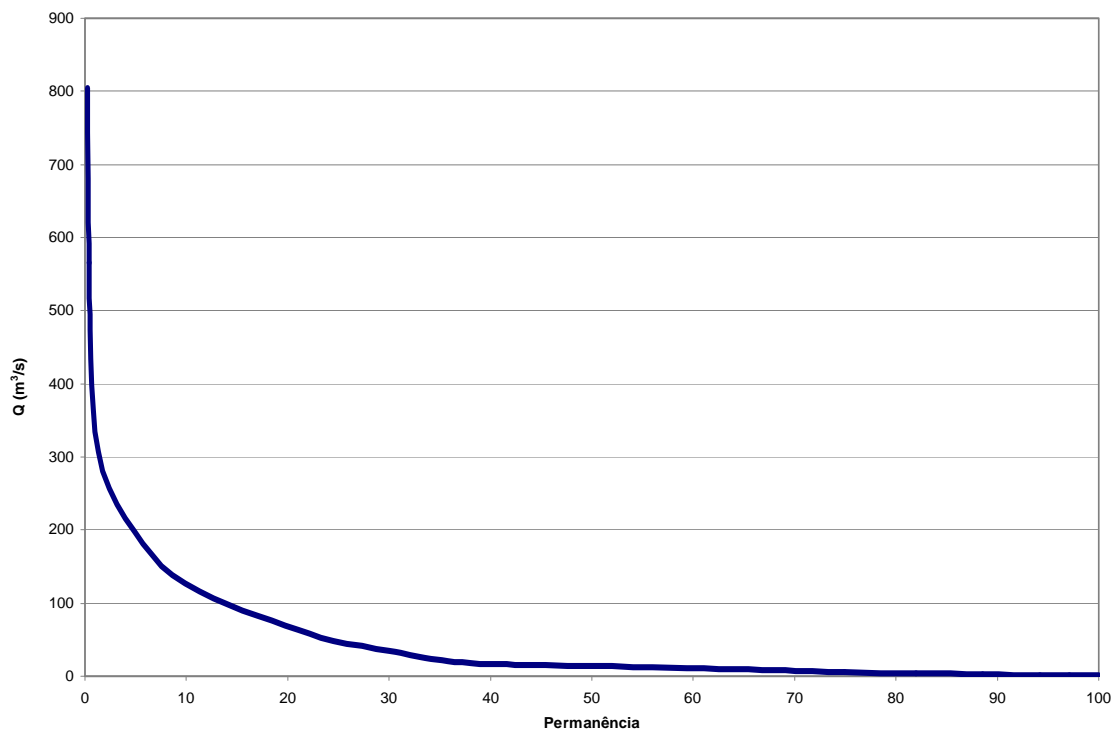


Figura D.2 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio superior

Quadro D.3 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,4	0,5	25	1044	100,00
0,5	0,7	19	1019	97,61
0,7	1,0	30	1000	95,79
1,0	1,3	49	970	92,91
1,3	1,9	48	921	88,22
1,9	2,6	65	873	83,62
2,6	3,5	94	808	77,39
3,5	4,9	162	714	68,39
4,9	6,8	121	552	52,87
6,8	9,3	46	431	41,28
9,3	12,9	44	385	36,88
12,9	17,8	62	341	32,66
17,8	24,6	58	279	26,72
24,6	34,0	48	221	21,17
34,0	46,9	60	173	16,57
46,9	64,8	47	113	10,82
64,8	89,5	28	66	6,32
89,5	123,7	23	38	3,64
123,7	170,8	8	15	1,44
170,8	235,9	7	7	0,67

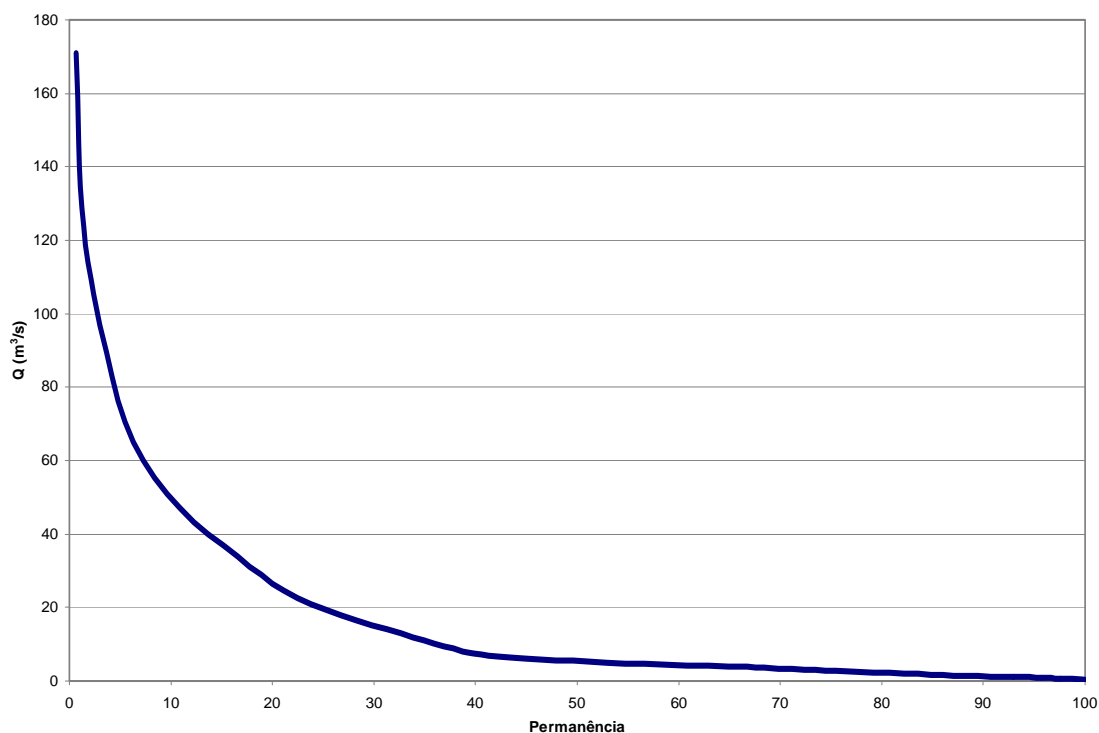


Figura D.3 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso médio

Quadro D.4 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,9	1,3	27	1044	100,00
1,3	1,8	26	1017	97,41
1,8	2,6	42	991	94,92
2,6	3,7	62	949	90,90
3,7	5,1	68	887	84,96
5,1	7,2	78	819	78,45
7,2	10,2	131	741	70,98
10,2	14,3	167	610	58,43
14,3	20,2	67	443	42,43
20,2	28,4	55	376	36,02
28,4	40,0	42	321	30,75
40,0	56,3	63	279	26,72
56,3	79,2	57	216	20,69
79,2	111,5	54	159	15,23
111,5	157,0	40	105	10,06
157,0	221,0	33	65	6,23
221,0	311,1	22	32	3,07
311,1	438,0	7	10	0,96
438,0	616,5	0	3	0,29
616,5	867,8	3	3	0,29

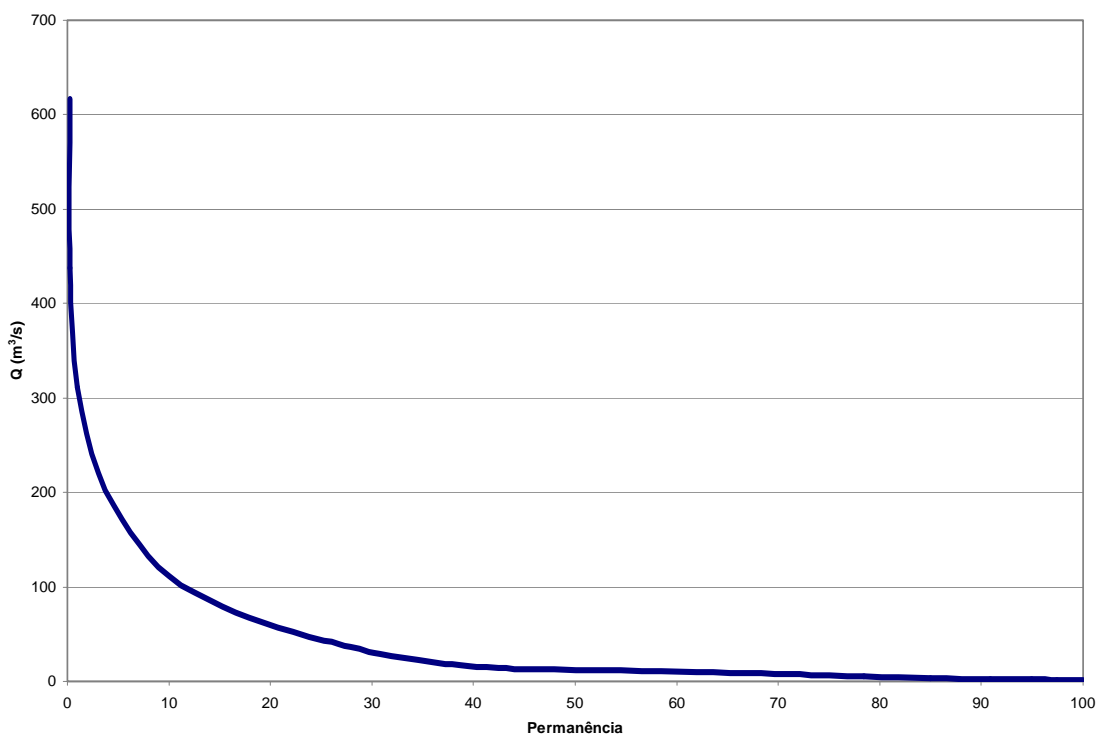
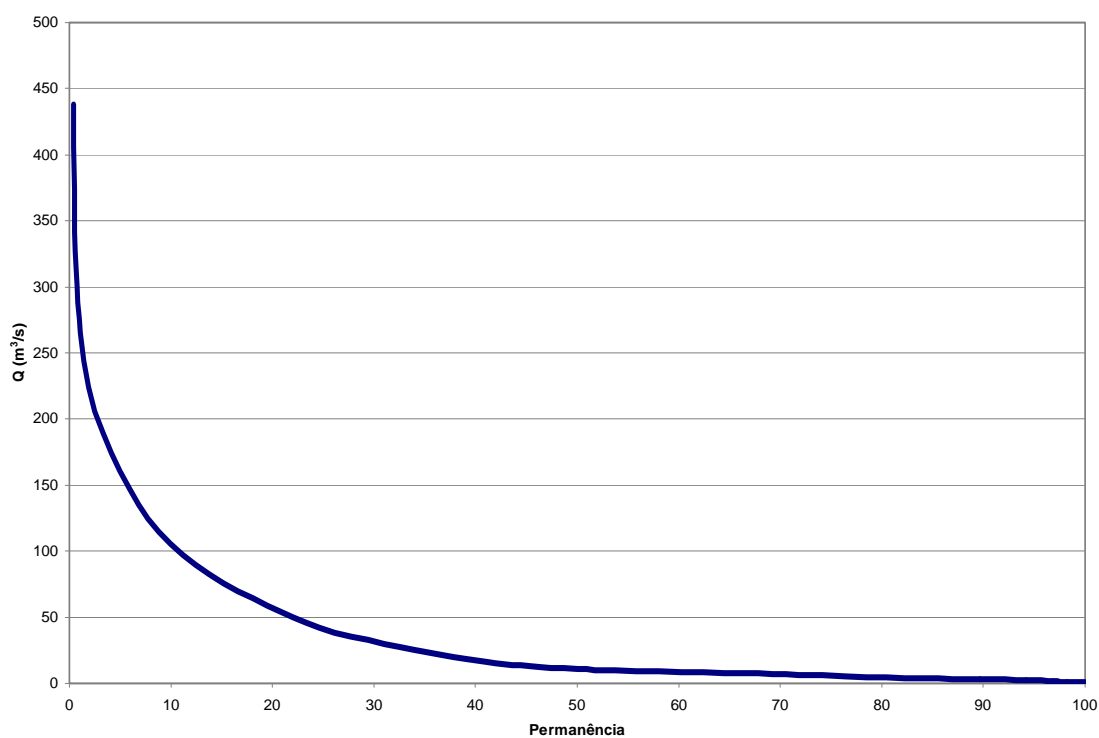


Figura D.4 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso superior

Quadro D.5 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Cruz

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,8	1,1	18	1044	100,00
1,1	1,5	15	1026	98,28
1,5	2,1	28	1011	96,84
2,1	2,9	47	983	94,16
2,9	4,0	59	936	89,66
4,0	5,7	80	877	84,00
5,7	7,9	105	797	76,34
7,9	11,0	169	692	66,28
11,0	15,4	85	523	50,10
15,4	21,6	55	438	41,95
21,6	30,1	59	383	36,69
30,1	42,1	67	324	31,03
42,1	58,8	54	257	24,62
58,8	82,2	59	203	19,44
82,2	114,9	52	144	13,79
114,9	160,5	40	92	8,81
160,5	224,3	32	52	4,98
224,3	313,5	13	20	1,92
313,5	438,0	3	7	0,67
438,0	612,0	4	4	0,38

**Figura D.5 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Cruz**

Quadro D.6 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,6	0,8	24	1044	100,00
0,8	1,1	15	1020	97,70
1,1	1,5	21	1005	96,26
1,5	2,1	45	984	94,25
2,1	2,9	51	939	89,94
2,9	4,0	67	888	85,06
4,0	5,6	115	821	78,64
5,6	7,7	178	706	67,62
7,7	10,7	88	528	50,57
10,7	14,8	53	440	42,15
14,8	20,5	46	387	37,07
20,5	28,3	58	341	32,66
28,3	39,2	61	283	27,11
39,2	54,3	57	222	21,26
54,3	75,3	50	165	15,80
75,3	104,2	55	115	11,02
104,2	144,3	25	60	5,75
144,3	199,8	21	35	3,35
199,8	276,7	7	14	1,34
276,7	383,2	7	7	0,67

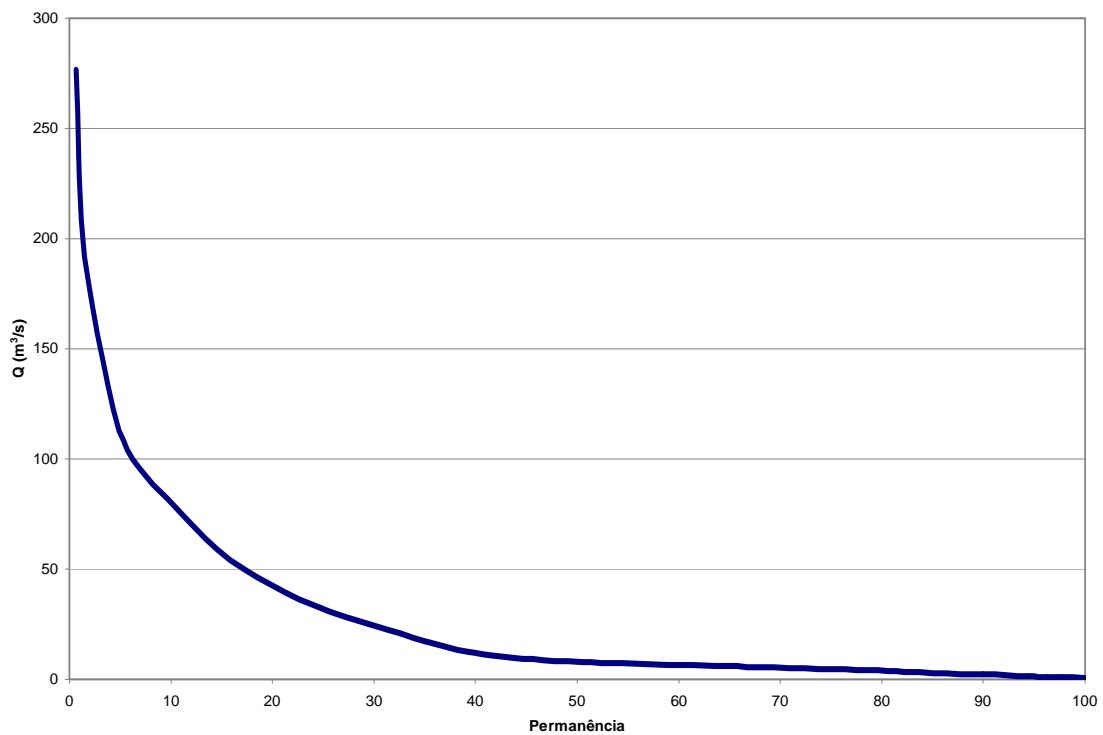


Figura D.6 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Ibicuí da Armada - curso inferior

Quadro D.7 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso inferior

Q_i	Q_{i+1}	Nq_i	n_{acum}	Prob
0,4	0,6	18	1044	100,00
0,6	0,8	18	1026	98,28
0,8	1,1	17	1008	96,55
1,1	1,5	31	991	94,92
1,5	2,1	42	960	91,95
2,1	2,9	51	918	87,93
2,9	4,1	100	867	83,05
4,1	5,6	209	767	73,47
5,6	7,8	77	558	53,45
7,8	10,8	62	481	46,07
10,8	15,0	61	419	40,13
15,0	20,8	58	358	34,29
20,8	28,9	64	300	28,74
28,9	40,1	57	236	22,61
40,1	55,6	57	179	17,15
55,6	77,1	53	122	11,69
77,1	107,0	38	69	6,61
107,0	148,4	20	31	2,97
148,4	205,8	5	11	1,05
205,8	285,5	6	6	0,57

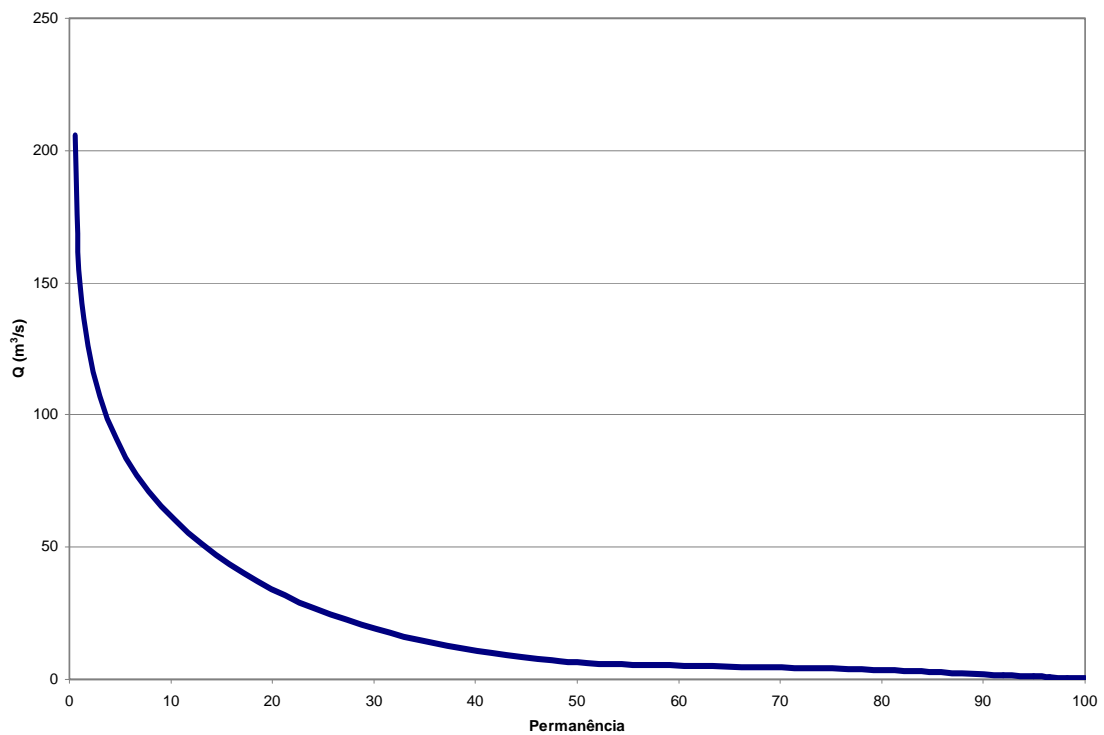
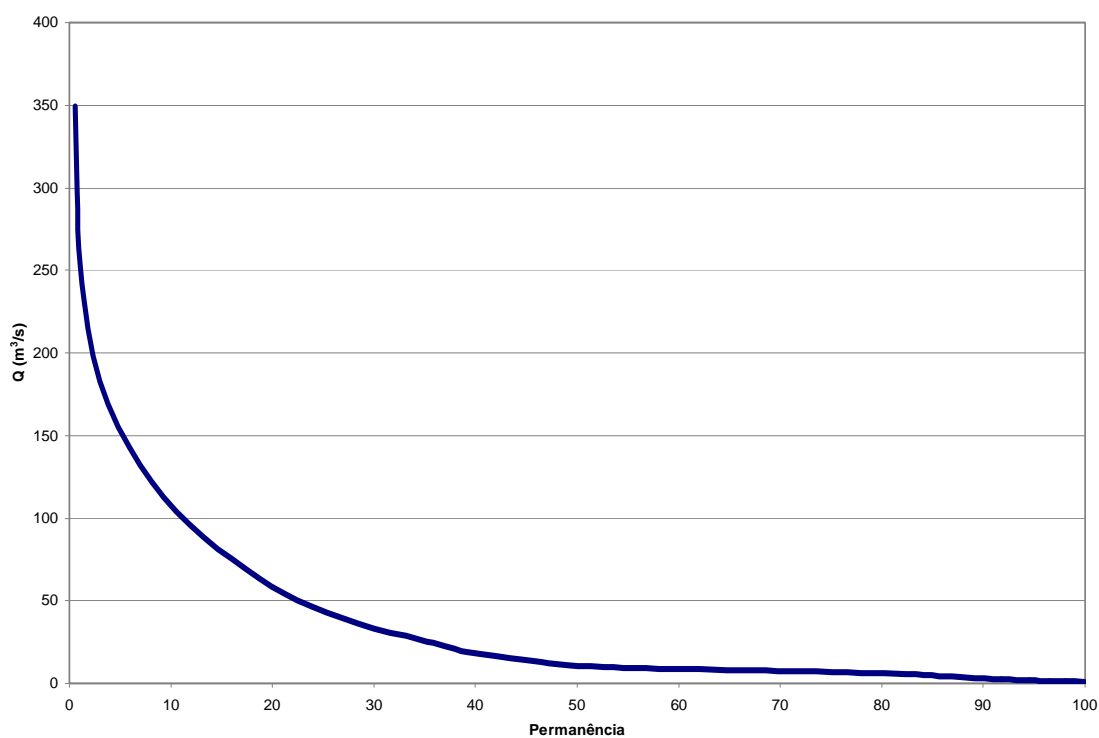


Figura D.7 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Santa Maria - curso inferior

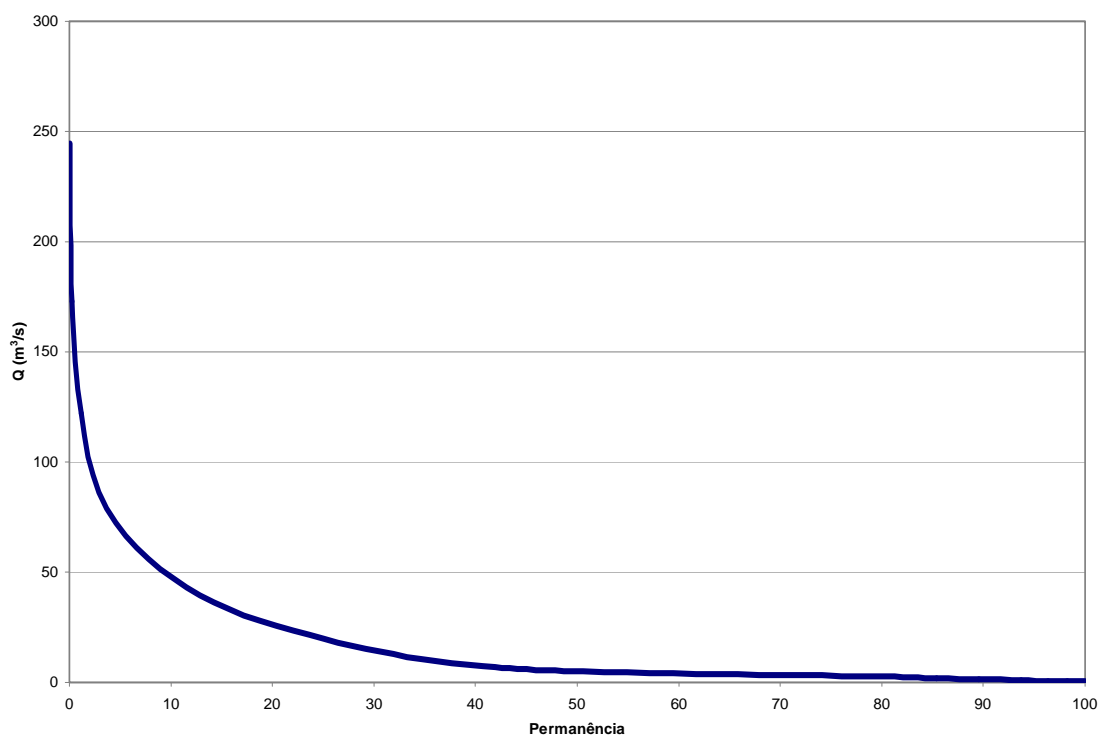
Quadro D.8 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no rio Cacequi

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,8	1,0	20	1044	100,00
1,0	1,4	16	1024	98,08
1,4	2,0	21	1008	96,55
2,0	2,7	29	987	94,54
2,7	3,8	39	958	91,76
3,8	5,2	59	919	88,03
5,2	7,2	110	860	82,38
7,2	10,0	200	750	71,84
10,0	13,8	81	550	52,68
13,8	19,0	60	469	44,92
19,0	26,3	48	409	39,18
26,3	36,3	64	361	34,58
36,3	50,2	62	297	28,45
50,2	69,3	53	235	22,51
69,3	95,8	58	182	17,43
95,8	132,3	51	124	11,88
132,3	182,9	42	73	6,99
182,9	252,7	20	31	2,97
252,7	349,1	5	11	1,05
349,1	482,4	6	6	0,57

**Figura D.8 – Curva de permanência de vazões semanais no rio Cacequi**

Quadro D.9 – Determinação da curva de permanência de vazões semanais no arroio Saicã

Q_i	Q_{i+1}	nq_i	n_{acum}	Prob
0,3	0,5	18	1044	100,00
0,5	0,7	20	1026	98,28
0,7	0,9	28	1006	96,36
0,9	1,3	43	978	93,68
1,3	1,9	43	935	89,56
1,9	2,7	65	892	85,44
2,7	3,8	161	827	79,21
3,8	5,3	174	666	63,79
5,3	7,6	67	492	47,13
7,6	10,7	63	425	40,71
10,7	15,1	57	362	34,67
15,1	21,4	58	305	29,21
21,4	30,4	68	247	23,66
30,4	43,0	59	179	17,15
43,0	60,9	51	120	11,49
60,9	86,2	39	69	6,61
86,2	122,0	18	30	2,87
122,0	172,8	9	12	1,15
172,8	244,7	2	3	0,29
244,7	346,4	1	1	0,10

**Figura D.9 – Curva de permanência de vazões semanais no arroio Saicã**