

DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES PARA
IMPLANTAÇÃO DE OUTORGA NA BACIA DO RIO
SANTA MARIA
RELATÓRIO FINAL

**DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES PARA IMPLANTAÇÃO DE OUTORGA
NA BACIA DO RIO SANTA MARIA
RELATÓRIO SÍNTESE**

1	INFORMAÇÕES GERAIS.....	4
1.1	APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS DO CONVÊNIO.....	4
1.1.1	Objetivo geral.....	4
1.1.2	Objetivos específicos.....	4
1.2	ESTRUTURAÇÃO DO CONVÊNIO.....	4
1.3	OBJETIVOS DESTE RELATÓRIO.....	5
1.4	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	5
1.5	COORDENAÇÃO GERAL E EQUIPE TÉCNICA.....	5
1.6	ANTECEDENTES 8	
1.7	ESCOPO METODOLÓGICO.....	12
1.7.1	Caracterização da área de estudo.....	12
1.7.2	Seções hidrológicas de referência (SHRs).....	14
1.7.3	Síntese de vazões.....	15
1.7.4	Caracterização da disponibilidade hídrica superficial.....	18
1.7.5	Análise da qualidade da água.....	19
1.7.6	Vazões ecológicas.....	20
1.7.7	Caracterização da demanda.....	21
1.7.8	Disponibilidade Marco Zero.....	23
1.7.9	Balanco hídrico para outorga.....	24
1.7.10	Avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos.....	27
1.7.11	Usos das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.....	28
1.7.12	Fases, fluxos operacionais e documentos para outorga.....	28
2	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	29
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
2.2	DEFINIÇÃO DOS TRECHOS DE GERENCIAMENTO.....	36
2.2.1	Critérios para definição das SHRs.....	36
2.2.2	Medições de vazão e coletas de amostras.....	40
2.2.3	Rede de monitoramento.....	42
2.3	GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE VAZÕES.....	44
2.4	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	45
2.4.1	Interpretação dos resultados de qualidade da água na bacia do rio Santa Maria.....	47
2.4.2	Considerações da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria.....	50
2.5	AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA MARCO ZERO.....	50
2.6	AVALIAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA.....	55
2.6.1	Critério hidrológico com base nas vazões da curva de permanência.....	55
2.6.2	Critério baseado na qualidade da água.....	56
2.7	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA.....	57
2.8	BALANÇO HÍDRICO.....	62
2.8.1	Balanco hídrico com base no critério 1 de vazão ecológica.....	62

2.8.2	Balanço hídrico com base no critério 2 de vazão ecológica.....	67
2.9	AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS	67
2.10	USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA	69
3	OUTORGA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO SANTA MARIA.....	75
3.1	INTRODUÇÃO	75
3.2	A BASE LEGAL PARA A OUTORGA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	75
3.3	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA.....	78
3.4	DIRETRIZES GERAIS PARA A OUTORGA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA	80
3.4.1	Diretrizes para cada situação-tipo.....	80
3.4.2	Instrumentos.....	82
3.5	PROPOSIÇÃO DE ROTINAS DE OUTORGA DE USO DA ÁGUA.....	82
3.5.1	Considerações iniciais.....	82
3.5.2	Fases para a implantação do processo de outorga.....	83
3.5.3	Fluxograma Operacional.....	84
3.5.4	Formulários.....	86
3.5.5	Cálculos.....	87
4	PLANO DE TREINAMENTO DA EQUIPE TÉCNICA DA SEMA.....	91
4.1	MÓDULO 1 – ASPECTOS TÉCNICOS - 1º DIA.....	91
4.1.1	Professores mediadores.....	91
4.1.2	Objetivos do módulo	91
4.1.3	Competências:.....	91
4.1.4	Bases tecnológicas:.....	91
4.1.5	Habilidades:	91
4.1.6	Caracterização da metodologia de ensino:	92
4.2	MÓDULO 2 – O FLUXO DAS DECISÕES - 2º DIA	92
4.2.1	Professores mediadores.....	92
4.2.2	Objetivos do módulo 2.....	92
4.2.3	Competências:.....	93
4.2.4	Bases tecnológicas:.....	93
4.2.5	Habilidades:	93
4.2.6	Caracterização da metodologia de ensino:	93
5	PRODUTOS GERADOS PELO CONVÊNIO.....	94
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
7	LISTA DE FIGURAS	97
8	LISTA DE TABELAS.....	98

1 INFORMAÇÕES GERAIS

1.1 Apresentação e objetivos do convênio

Este **Relatório Final** apresenta a descrição sintética de todos os estudos técnicos desenvolvidos e previstos no Plano de Trabalho, constante do Convênio SEMA-FRH/RS-UFSM-RS nº 002/01, celebrado entre o Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Secretaria do Meio Ambiente, com a interveniência do Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e do Fundo de Investimentos em Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, e a Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, visando a conjugação de esforços para o desenvolvimento de ações voltadas à implantação dos instrumentos de Gerenciamento de Recursos Hídricos, nos termos da Lei Estadual nº 10.350/94.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo do Convênio SEMA-FRH/RS-UFSM-RS nº 002/01 é a conjugação de esforços técnicos, econômicos, financeiros, administrativos e de pesquisa no sentido da realização de ações de apoio necessárias à implantação da outorga de uso da água na bacia do rio Santa Maria, nos termos definidos na Lei nº 10.350/94 e no Decreto nº 37.033/96 que regulamentou a outorga do direito de uso da água.

1.1.2 Objetivos específicos

Para dar suporte ao processo de implantação da outorga, o convênio prevê, através do Plano de Trabalho, o apoio técnico e operacional da UFSM ao DRH/SEMA, visando os objetivos especificados a seguir:

- i) modulação da rede de drenagem da bacia com o estabelecimento de trechos de gerenciamento, definidos por seções hidrológicas de referência (SHR);
- ii) estimativa de disponibilidades hídricas nas SHRs;
- iii) estimativas de volumes outorgáveis por trecho de gerenciamento e por usuários;
- iv) estimativa de vazões para preservação ambiental;
- v) balanço hídrico para distribuição do volume outorgável entre os usuários de cada trecho – instrução do processo de outorga;
- vi) definição, em conjunto com a SEMA, de rotinas, documentos e formulários a serem empregadas pelos usuários e pelo DRH no processo de encaminhamento, análise e emissão de uma outorga de uso da água.

1.2 Estruturação do convênio

O Convênio SEMA-FRH/RS-UFSM-RS nº 002/01 foi celebrado entre o Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente, com a interveniência do Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e do Fundo de Investimentos em Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, e a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

A origem dos recursos financeiros, destinados ao atendimento do estabelecido nos Planos de Trabalho, a serem repassados pela SEMA-DRH-FRH/RS à favor da UFSM, no valor global de R\$ 300.000,00 (trezentos mil reais), tem origem na Unidade Orçamentária 05.01 - Projeto/Atividade 2925 - Elemento de Despesa 132 Recurso-001 – SRO 9690.

O convênio está estruturado em duas fases principais de desenvolvimento e no encaminhamento de três relatórios técnicos:

FASE I - Sistematização de dados e desenvolvimento de metodologias

A Fase I, dividida em duas etapas, constitui-se de levantamento de dados e informações (Etapa 1) e de estudos técnicos, com a sistematização das informações, determinação das disponibilidades hídricas da bacia e realização de balanço hídrico (Etapa 2).

FASE II - Implantação e operacionalização da outorga de uso da água na bacia.

A Fase II se constitui no processo de implantação da outorga de uso da água na Bacia do rio Santa Maria. As ações integrantes desta Fase serão desenvolvidas em duas etapas, as quais serão detalhadas de forma conjunta, entre o DRH, a FEPAM e a UFSM, antes do início da mesma, em conjunto com o DRH, FEPAM e consultoria contratada.

RELATÓRIOS TÉCNICOS

Conforme o Plano de Trabalho adequado ao Primeiro Termo Aditivo ao Convênio o convênio prevê 3 relatórios técnicos que consolidam o conjunto das tarefas realizadas ao longo do projeto.

RELATÓRIO FINAL

O relatório final deverá conter um resumo de todas as atividades e produtos resultantes do Projeto.

1.3 Objetivos deste relatório

O Relatório Final tem por objetivo cumprir o disposto no item 8 – Apresentação dos Resultados - do Plano de Trabalho - reformulado de outubro de 2003, que orienta o desenvolvimento das ações de apoio necessárias à implantação da outorga de uso das águas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria. O Relatório Final deve conter um resumo de todas as atividades e produtos resultantes do projeto, conforme definida no Plano de Trabalho.

1.4 Localização da área em estudo

A área em estudo está situada na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul, abrangendo os municípios de Santana do Livramento, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Cacequi e São Gabriel. Orientada em sentido sul-norte, a bacia hidrográfica do rio Santa Maria apresenta a aparência aproximada de um “y” invertido, sendo os braços do “y”, respectivamente à leste e oeste, os rios Santa Maria e Ibicuí-da-Armada, que se encontram junto à cidade de Rosário do Sul. A partir desta confluência, o rio Santa Maria segue ao norte até encontrar o rio Ibicuí-Mirim para formar o rio Ibicuí, recebendo neste trajeto as águas do rio Cacequi, na sua margem direita e do arroio Saicã na sua margem esquerda, já próximo ao exutório da bacia. A bacia hidrográfica apresenta uma forma que lembra o corpo de um violão, apresentando um estreitamento por volta da latitude 30° 30’ S. A Figura 1-1 apresenta a localização da bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

A área em estudo caracteriza-se especialmente pela atividade agropecuária, apresentando paisagens típicas da fronteira gaúcha, onde a pecuária extensiva tradicional se mescla com a orizicultura moderna, em campos entremeados com várzeas ocupadas por rotação de pastagem natural e lavoura de arroz. Esta paisagem apresenta um eixo de mudanças leste-oeste, que reflete as transições do Escudo riograndense, Depressão Central e Planalto da Campanha, configurando os padrões que caracterizam as diferenças observadas entre as sub-bacias referentes aos braços Santa Maria e Ibicuí-da-Armada, que possuem suas cabeceiras nas margens opostas deste gradiente.

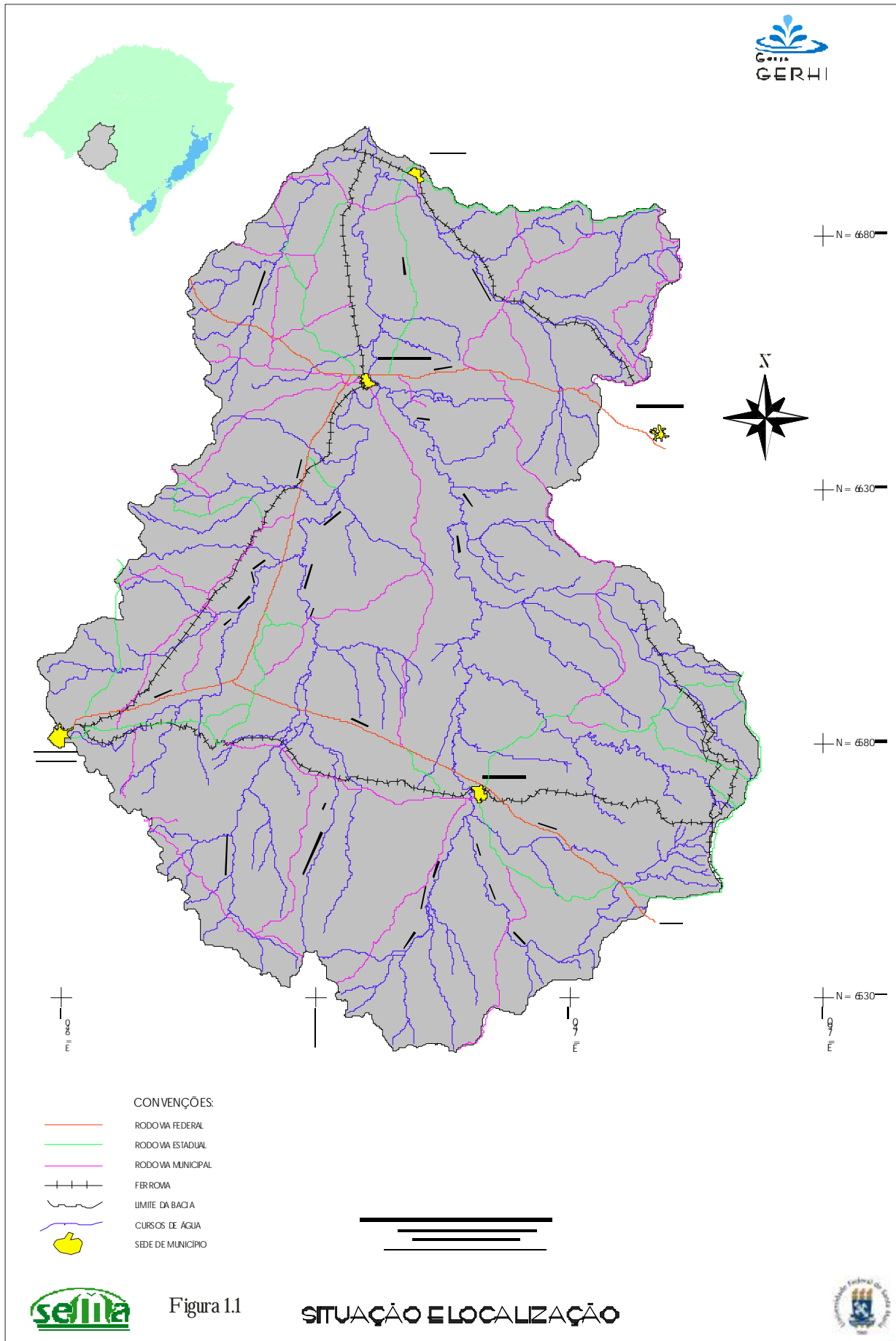
1.5 Coordenação geral e equipe técnica

Tabela 1-1 Equipe técnica da SEMA

Função	Nome	Formação
Coordenação geral - SEMA	Rejane Beatriz de Abreu e Silva	Eng. Civil
Representante da FEPAM	Ana Lúcia Mastrascusa Rodrigues	Eng. Químico
Consultor	Antônio Eduardo Leão Lanna	Eng. Civil, Dr.

Tabela 1-2 Equipe técnica da UFSM

Função	Nome	Situação funcional	Formação
Coordenação geral - UFSM	Geraldo Lopes da Silveira	Prof. UFSM	Eng. Civil, Dr.
Hidrólogo especialista em estudos de avaliação quali-quantitativa de recursos hídricos	Jussara Cabral Cruz Carlos Alberto Oliveira Irion	Prof. UFSM Prof. UFSM	Eng. Civil, Dr. Eng. Civil, Msc.
Engenheiro químico especialista em qualidade da água	Carlos Ernando da Silva	Prof. UFSM	Eng. Químico, Dr.
Hidrólogo especialista em análises estatísticas	Jussara Cabral Cruz	Prof. UFSM	Eng. Civil, Dr.
Hidrogeólogo	José Luiz Silvério da Silva Carlos Maciel Leite Filho	Prof. UFSM Prof. UFSM	Geólogo, Dr. Geólogo, Dr.
Analista de sistemas	Geraldo Lopes da Silveira	Prof. UFSM	Administração-Ênfase análise de sistemas de informação
Engenheiro agrônomo especialista em irrigação	Oswaldo König	Prof. UFSM	Eng. Agrônomo, Dr.
Hidrólogo especialista em modelos matemáticos	André Luiz Lopes da Silveira	Consultor externo	Eng. Civil, Dr.
Ecólogo especialista em gestão ambiental e geoprocessamento	Rafael Cabral Cruz	Consultor externo	Oceanólogo, Msc.
Engenheiro agrônomo especialista em irrigação	Lawson Beltrame	Consultor Externo	Eng. Agrônomo, Msc.
Apoio Administrativo	Eliomar Papis de Moraes	Funcionário da UFSM	Secretário
Engenheiro Civil	Maria da Graça Brizola Mayer	Funcionária da UFSM	Eng. Civil
Técnico em informática	Alessandro S. do Rosário	Assessor externo	Técnico
Técnico em informática	Cirângelo E. Böck	Assessor externo	Técnico
Técnico em CAD e geoprocessamento	Celso Pinheiro Rodrigues	Assessor externo	Técnico
Técnico em CAD	Henrique Barcos	Assessor externo	Técnico
Estudante de graduação	Rodrigo Aristides Corrêa	UFSM	Acad. Eng. Civil
Estudante de graduação	Mateus Rorato Marchiori	UFSM	Acad. Eng. Civil
Estudante de graduação	Fernando Sperotto Brum	UFSM	Acad. Eng. Civil
Estudante de graduação	Marcelo Ferreira Germani	UFSM	Acad. Eng. Civil
Estudante de graduação	André Ivalber da Cunha	UFSM	Acad. Eng. Civil
Estudante de graduação	Diego Elias Ritter	UFSM	Acad. Eng. Química
Estudante de graduação	Carlos Eduardo G. de Marco	UFSM	Eng. Civil
Estudante de graduação	Rafael Rosado Urquhart	UFSM	Eng. Civil
Estudante de pós-graduação	Sandro Pedrotti Acosta	UFSM	Eng. Agrícola
Estudante de pós-graduação	Emilene Fehn Reetz	UFSM	Bacharel Geografia
Estudante de pós-graduação	Tiago Zavacki de Moraes	UFSM	Eng. Civil
Estudante de pós-graduação	Francisco Rossarolla Forgiarini	UFSM	Eng. Civil



1.6 Antecedentes

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria, cuja economia está fundamentalmente vinculada ao binômio agricultura/pecuária, tem sido objeto de um significativo número de estudos e projetos com vistas a equacionar os recorrentes problemas vinculados à disponibilidade hídrica.

As características físicas (topografia, solos, hidrografia), a estrutura fundiária, os aspectos históricos de ocupação do território e os condicionantes sócio-culturais, favoreceram a implantação da pecuária de corte praticada de forma extensiva, voltada principalmente para a produção de charque para o abastecimento dos mercados consumidores do centro do País.

A partir do final da década de 40 e início dos anos 50 do século passado, devido ao esgotamento das áreas disponíveis para a produção de arroz na região da Depressão Central (Bacia do rio Jacuí), iniciou-se um processo de expansão das áreas de cultivo de arroz em direção às Fronteiras Oeste e Sudoeste do Estado. Agricultores migrantes, oriundos da Depressão Central, passaram a ocupar (mediante arrendamentos e parcerias) as extensas várzeas existentes ao longo dos cursos de água daquelas regiões.

Esta expansão deveu-se, basicamente, a quatro fatores:

- disponibilidade de terras em qualidade e quantidade, aptas ao cultivo do arroz;
- disponibilidade de recursos hídricos;
- mercado de consumo de arroz 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 era um processo ainda então não iniciado), atuou como limitante da expansão das áreas cultivadas. Esta limitação foi ocasionada, em parte, pela redução da capacidade natural de reserva da bacia, provocada pelas drenagens dos banhados efetuadas para permitir a rotação e para ampliar as áreas de cultivo. A construção de estruturas de reserva de água (barragens e açudes), levadas a efeito por iniciativas individuais dos lavoureiros, supriu parcialmente o decréscimo da capacidade de reserva 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, ao mesmo tempo em que se reduzia a oferta natural de água, aumentava-se a demanda pressionada pela necessidade de suprir um crescente mercado consumidor de arroz.

Esta alteração do equilíbrio natural entre oferta e demanda, apresentou reflexos negativos não somente na irrigação, mas também nos demais usuários da água, notadamente os ecossistemas aquáticos e o abastecimento público dos municípios situados ao longo do rio Santa Maria (Dom Pedrito e Rosário do Sul).

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

Já em 1956, foram iniciados estudos na bacia do rio Santa Maria visando o conhecimento da topografia e da hidrologia da região. O estudo denominado "Relatório Preliminar sobre Reserva e Controle de Água na bacia do rio Santa Maria", publicado em outubro de 1967, por ocasião de realização da 1ª Semana de Dom Pedrito, apresentou um levantamento preliminar da disponibilidade de água na bacia, indicando inclusive, possíveis locais para construção de barramentos de acumulação de água.

Em 1987, o projeto "Inventário dos possíveis locais de barramento na bacia do rio Santa Maria - Estado do Rio Grande do Sul", retomou os estudos realizados até então, identificando e aprofundando o

conhecimento sobre as possibilidades de implantar barragens naquela bacia. Neste projeto foram inventariados 91 possíveis locais, tendo sido realizados projetos básicos de 29 barramentos, distribuídos em toda a bacia.

Em julho de 1992 foi realizado um estudo comparativo entre os projetos das barragens do arroio Lajeado e do arroio Taquarembó-Chico. Este estudo concluiu pela viabilidade técnica e econômica do barramento proposto no arroio Taquarembó-Chico, posto que o projeto do barramento do arroio Lajeado, se mostrou com uma relação custo-benefício menos favorável.

Em janeiro de 1993 foi concluído um estudo contratado pelo Conselho de Recursos Hídricos junto à Universidade Federal de Santa Maria, denominado "Sistema de Avaliação de Disponibilidades Hídricas Fluviais para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos na bacia hidrográfica do rio Santa Maria". Este estudo consistiu na subdivisão da bacia em trechos de gerenciamento, com estimativas de vazões para diferentes períodos de duração e retorno em cada um dos trechos identificados.

No período de 1995 a 1996, a bacia do rio Santa Maria foi objeto de estudos abrangentes, considerando todos os aspectos condicionantes da utilização dos recursos hídricos. Estes estudos foram divididos em duas etapas denominadas 1ª e 2ª Etapas do Plano de Utilização dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Santa Maria. Tiveram como objetivo realizar estudos, levantamentos e análises necessários à implantação de uma estrutura de gerenciamento e planejamento do aproveitamento sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria. Especial ênfase foi dada à definição de aspectos condicionantes da emissão de autorizações para o uso da água (outorga), instrumento fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos. Esta definição foi baseada na quantificação das disponibilidades de água na bacia e no cadastramento dos atuais usuários, principalmente os irrigantes. Também foi objetivo a proposição de intervenções de caráter estrutural e não estrutural que visam por um lado, o aumento da oferta de água e, por outro, a preservação dos recursos hídricos da bacia. As intervenções foram propostas ao Comitê da Bacia para discussão e aprovação, tendo como marco legal a Lei nº 10.350/94.

Os estudos foram apresentados em 4 (quatro) relatórios, com os conteúdos descritos a seguir.

Relatório I - CENÁRIO ATUAL

Este relatório teve como objetivo levantar e avaliar as condições presentes dos recursos hídricos da bacia e dos elementos e fatores a eles vinculados, bem como analisar o seu histórico e as causas da atual situação. Especial destaque foi dado aos estudos de avaliação da oferta e da demanda de água ocorrentes na bacia, sua variação temporal e espacial e seus fatores condicionantes. O cadastramento dos usuários da água, um dos principais instrumentos do gerenciamento dos recursos hídricos, foi efetuado de forma a quantificar as demandas de água existentes, principalmente para a irrigação.

Relatório II - CENÁRIO FUTURO

A evolução da situação dos recursos hídricos e dos aspectos condicionantes, detectados e avaliados nas condições atuais, compõe um cenário futuro que descreve, com base em projeções e tendências passíveis de mensuração, a situação prevista dos recursos hídricos e dos fatores nele intervenientes, considerando a não realização de intervenções específicas e dirigidas. A montagem do cenário futuro nestas condições, permitiu a mensuração dos benefícios advindos da implantação de medidas de caráter estrutural e não estrutural, que tenham como objetivo final a administração dos recursos hídricos de forma compartilhada entre o Estado, detentor de seu domínio, e a sociedade, principal interessada no adequado uso e preservação deste recurso natural.

Relatório III - CENÁRIO ALTERNATIVO

A análise da atual situação dos recursos hídricos e dos fatores intervenientes (CENÁRIO ATUAL), juntamente com a projeção da sua evolução (CENÁRIO FUTURO), permitiu a proposição de medidas de intervenção que visam conduzir os recursos hídricos da bacia, em termos de disponibilidade, demanda e manejo, as realidades futuras diferentes das projetadas. Juntamente com os aspectos meramente técnicos de avaliação e decisão, o cenário alternativo incorporou as tendências evolutivas culturais e sócio-econômicas e as aspirações e decisões da comunidade da bacia. Esta incorporação é materializada na participação do Comitê da Bacia do rio Santa Maria no processo de discussão e decisão

do rol de intervenções de caráter estrutural e não-estrutural proposto, integrando-se desta forma ao gerenciamento dos recursos hídricos, que tem como objetivo final a melhoria das condições atuais.

Relatório IV - RELATÓRIO FINAL

O Relatório Final objetivou efetuar o fechamento dos estudos, consolidando as conclusões efetivadas com base nos dados, análises e levantamentos desenvolvidos ao longo do plano, bem como as medidas de intervenção propostas.

A 1ª e a 2ª Etapas do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Santa Maria, levaram à estruturação de um programa de intervenções que teve como objetivos a recuperação das condições naturais da bacia, com ênfase nos recursos hídricos, e o estabelecimento de bases de sustentação para o desenvolvimento econômico da região, tendo como diretriz a adequada utilização dos recursos naturais. Este programa de intervenções, denominado “Programa de Recuperação e Desenvolvimento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria”, consolida os estudos já realizados no âmbito da bacia do rio Santa Maria e, a partir dos mesmos, constitui-se em diretrizes para a implementação de ações estratégicas visando o desenvolvimento baseado no uso racional e ambientalmente sustentado dos recursos hídricos da bacia.

O Programa Santa Maria é composto por 5 (cinco) subprogramas:

1. Apoio Gerencial e Planejamento;
2. Gerenciamento de Recursos Hídricos;
3. Ativação da Economia Regional;
4. Saneamento Básico;
5. Desenvolvimento (Infraestrutura de Irrigação).

A proposta do Programa foi apresentada no I Fórum de Gerenciamento de Recursos Hídricos, realizado pela Secretaria das Obras Públicas, Saneamento e Habitação, através do Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, pelo Conselho de Recursos Hídricos e pelo Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. O I Fórum foi realizado na cidade de Santana do Livramento, em agosto de 1996, e contou com a participação da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Secretaria do Planejamento do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, da União Pedritense de Proteção ao Ambiente Natural (UPAN - Dom Pedrito), do Sindicato Rural e da Associação Comercial e Industrial de Dom Pedrito, da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e das Prefeituras Municipais integrantes da bacia (Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Santana do Livramento e São Gabriel).

Atualmente, o Programa Santa Maria está sendo objeto de estudos de viabilidade dos seus vários subprogramas. Este estudo está sendo realizado por um consórcio de empresas espanholas (Consórcio Euroestudios/Novotecní), financiado com recursos do governo espanhol (Fondo de Estudios de Viabilidad – FEV), com a coordenação da Secretaria das Obras Públicas e Saneamento do Governo do Estado do Rio Grande do Sul.

Durante o ano de 1998, a então Secretaria das Obras Públicas, Saneamento e Habitação, através do seu Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, realizou o projeto denominado “Levantamento, identificação e demarcação de áreas de banhado e de matas ciliares, bem como a aplicação de medidas estruturais e não estruturais visando a conservação dos recursos hídricos da bacia do rio Santa Maria”. Este projeto consistiu em levantamentos e análises para o mapeamento e caracterização das áreas de banhado e matas ciliares remanescentes na bacia com importância na manutenção do equilíbrio hídrico. Foram identificadas áreas de banhados que deveriam ser objeto de criação de unidades de conservação e, no caso de matas ciliares, áreas que deveriam ser recuperadas, definindo inclusive recomendações de reflorestamento ecológico de matas ciliares com base em levantamentos fitossociológicos das matas ciliares remanescentes na região.

Ainda durante o ano de 1998, foi elaborado o projeto de uma rede de monitoramento hidrometeorológico complementar para a Metade Sul do Estado, região na qual a bacia do rio Santa Maria

está inserida. Neste projeto, com base em critérios específicos de localização de pontos de monitoramento, foi proposta uma rede de monitoramento composta por estações fluviométricas, pluviométricas, piezométricas e climatológicas, incluindo estações de monitoramento específicas para áreas de banhados. Na bacia do rio Santa Maria, foram definidas 8 (oito) estações piezométricas (Pz), 8 (oito) estações pluviométricas (P), 22 (vinte e duas) estações fluviográficas com medição de descarga (FrD) e 5 (cinco) estações pluvio-fluviográficas com medição de descargas (PFRD). Nesta rede estão incorporadas as estações hidrometeorológicas já existentes na bacia, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

No âmbito da implantação de medidas de caráter estrutural, o Governo do Estado contratou a elaboração dos projetos de engenharia de 4 (quatro) barragens destinadas à acumulação de água. Os projetos das barragens dos arroios Salso, Silva, Jaguari e Taquarém têm como objetivo garantir o atendimento das atuais demandas de água para a irrigação de arroz, a ampliação das áreas irrigadas, a regularização das vazões dos arroios e, por extensão, a regularização das vazões do próprio rio Santa Maria, com reflexos no abastecimento público e na manutenção dos ecossistemas aquáticos. Estes projetos, concluídos no ano de 2001, foram financiados pelo Governo do Estado, através da Secretaria das Obras Públicas e Saneamento, e pelo Governo Federal.

Com o apoio financeiro do Governo Federal, através do Ministério da Integração Nacional, a Secretaria das Obras Públicas e Saneamento assinou convênio de cooperação técnica com a Pontifícia Universidade Católica do RS (PUC-RS) para o desenvolvimento de um modelo de tarifação pelo uso da água aplicável à bacia do rio Santa Maria. Este modelo, denominado STÁgua – Sistema de Tarifação da Água, utiliza percentuais (quotas) distribuindo os custos das intervenções na bacia entre os seus usuários de água, sob a forma de participações proporcionais, calculadas com base em variáveis incluídas no modelo. As variáveis podem ser definidas por medidas que sirvam como referência para o rateio dos custos dos investimentos e de manutenção do sistema de gestão de recursos hídricos que sejam passíveis de mensuração e aceitas pelo Comitê da Bacia.

Os estudos descritos acima, principalmente aqueles realizados a partir do início da década de 90, desenvolveram-se paralelamente ao processo de estruturação do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, cuja regulamentação legal iniciou com a promulgação da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul em 1989. No final do ano de 1994, foi sancionada a Lei nº 10.350 que regulamentou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, previsto no Art. 171 da Constituição.

Este ambiente criou um momento favorável à organização da comunidade em torno de um fórum único de discussões e deliberações, no qual fosse praticada a gestão compartilhada (Estado-Sociedade) dos recursos hídricos. A consequência imediata foi a criação do Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

O Comitê de Gerenciamento da Bacia do rio Santa Maria, integrante do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, se constituiu, juntamente com o Comitê da Bacia do rio dos Sinos e o Comitê da Bacia do rio Gravataí, em uma das primeiras experiências, no Estado, de aplicação de mecanismos de gestão compartilhada dos recursos hídricos, envolvendo os usuários, a sociedade e o Poder Público, detentor do domínio das águas.

O processo de formação e institucionalização do Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria desenvolveu-se concomitantemente com a elaboração do projeto que resultou na Lei nº 10.350/94 que regulamentou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Culminou com a edição do Decreto Estadual nº 35.103, em maio de 1994, criando o Comitê de Gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. A composição do Comitê foi definida no Decreto nº 35.672 de 1º de fevereiro de 1994 e alterado pelo Decreto nº 39.641 de 28 de julho de 1999.

O Comitê é composto por 40 membros, sendo 16 (dezesseis) representantes dos usuários da água ((2) abastecimento público; (6) setores de esgotamento sanitário e drenagem urbana (1) setor industrial e (1) setor de mineração), 16 (dezesseis) representantes da comunidade da bacia ((4) dos legislativos municipais, (2) instituições de ensino superior, (3) de associações de moradores, (3) de associações de ambientalistas e (4) de associações técnico-científicas) e 8 (oito) representantes da Administração Direta Federal (1) e Estadual (7) indicados por órgãos públicos atuantes na região.

Os estudos e projetos desenvolvidos na bacia do rio Santa Maria também se constituíram em insumo para a definição do enquadramento dos seus cursos de água em classes de uso, nos termos definidos pela Resolução CONAMA nº 20/86. A definição do enquadramento resultou de um intenso processo de negociação e participação realizado no âmbito do Comitê da Bacia. Este instrumento de gestão se constitui em um dos condicionantes da emissão de outorgas de uso da água, haja vista que a administração da disponibilidade deve ser efetuada nos limites da manutenção das classes preconizadas no enquadramento.

1.7 Escopo metodológico

1.7.1 Caracterização da área de estudo

A caracterização da bacia hidrográfica depende de dois tipos de dados. Os dados cadastrais referem-se às informações constantes de bancos de dados, referenciadas a pontos de coleta, como no caso das séries históricas de vazões e de chuvas, como de variáveis apresentadas em mapas, como o mapa geológico da bacia hidrográfica. Entre os mapas, alguns referem-se a informações definidas em feições discretas, como rios, estradas e caminhos, mapa geológico, de solos e de cobertura e uso dos solos. Outros referem-se a variáveis que apresentam variação contínua no espaço, como o mapa altimétrico (Assad e Sano, 1998). Informações cadastrais podem ser transformadas em mapas apresentando variação contínua, através da utilização de métodos de interpolação, como a krigagem e a interpolação através de médias ponderadas por uma exponencial (Davis, 1986). Outros, ainda, são produtos derivados do processamento destes mapas em ambiente de sistema de informações geográficas, como o mapa de declividades, obtido a partir do processamento do mapa contínuo de altimetria (modelo numérico de terreno) (Silva, 1999).

Para possibilitar o cruzamento de informações, a base cartográfica foi padronizada. Adotou-se como padrão o sistema cartográfico brasileiro, com datum SAD 69. A base cartográfica foi vetorizada em mesa digitalizadora, sendo extraída das cartas da DSG em escala 1:50.000.

Como a base cartográfica é datada de 1975, foi requerida uma conferência e atualização de temas, para as quais utilizam-se fotografias aéreas do levantamento de fronteiras em escala 1:60.000 da DSG e imagem do satélite Landsat TM7 de outubro de 2001.

Com a finalidade de dar suporte aos estudos, vários mapas foram idealizados e são listados a seguir.

O mapa altimétrico foi obtido por interpolação através de um modelo de triangulação a partir das curvas de nível e pontos cotados das cartas da DSG 1:50.000 e projetados sobre uma grade com células de 50m. O produto resultante deve ser filtrado para média e submetido a uma rotina de remoção de bacias isoladas.

A partir dessas informações, corrige-se, então, a hidrografia da bacia hidrográfica e verifica-se a existência de acessos para pontos de monitoramento.

O mapa geológico da bacia foi vetorizado a partir das cartas da CPRM em escala 1:100.000, editadas em 1986.

O mapa de solos da bacia foi obtido por vetorização da carta de solos do projeto RADAMBRASIL.

O mapa de cobertura e uso dos solos foi obtido por classificação supervisionada por máxima verossimilhança da imagem do satélite Landsat TM7 de outubro de 2001.

Com base na cartografia básica e nas Seções Hidrológicas de Referência (SHR), cuja definição tem sua metodologia descrita no item seguinte, são extraídas informações que são úteis na modelagem da disponibilidade hídrica. Estas informações referem-se à bacia de contribuição de cada SHR e do trecho do rio principal. A bacia de contribuição de cada SHR é definida como a área total de contribuição àquela seção, desde a nascente, incluindo, quando o caso, as SHRs situadas à montante. Da mesma forma define-se o critério para o rio principal.

A definição de rio principal segue o critério do trecho mais longo. Para este trecho devem ser obtidas as seguintes informações:

- Declividade média. É obtida através da multiplicação do mapa de declividades e expressas em porcentagem pelo mapa apresentando o rio principal em modo booleano (rio = 1, fundo = 0). Deste modo, obtém-se um mapa onde todas as células com valor diferente de zero apresentam declividades por onde passa o rio. A média e desvio padrão destas células são obtidos em SIG.
- Comprimento do rio principal. O comprimento é obtido diretamente no arquivo vetorial apresentando o trecho de rio principal.
- Corda. Obtém-se através da união dos dois pontos extremos do trecho de rio principal por uma linha reta em ambiente vetorial. O comprimento da reta exprime a corda.

Para as bacias de contribuição às SHRs devem ser obtidas as seguintes informações:

- Área, diretamente em modo vetorial.
- Perímetro, diretamente em modo vetorial.
- Declividade média, através da multiplicação do mapa de declividades, expressas em porcentagem pelo mapa apresentando a bacia de contribuição em modo booleano (bacia = 1, fundo = 0). Deste modo obtém-se um mapa onde todas as células com valor diferente de zero apresentam declividades dentro da bacia de contribuição. A média e desvio padrão destas células são obtidos em SIG.
- Altitudes máxima e mínima. Extraídas a partir da descrição estatística da altimetria expressa no mapa resultante do cruzamento booleano do mapa de altimetria (MNT) com o mapa da bacia de contribuição (bacia = 1, fundo = 0).

Para avaliação das áreas de recarga de aquíferos profundos são necessários os seguintes mapas:

- Mapa de tipos de aquíferos da bacia hidrográfica. Pode ser obtido a partir da reclassificação do mapa geológico.
- Mapa da evapotranspiração potencial anual. Este mapa pode ser obtido a partir da soma dos mapas decendiais obtidos por interpolação por triangulação das curvas de nível apresentadas em BELTRAME *et al.* (1994).
- Mapa de precipitação anual. Este pode ser obtido a partir da interpolação por krigagem das chuvas médias anuais para os postos pluviométricos situados dentro e no entorno da bacia hidrográfica do rio Santa Maria.
- Mapa de fragilidades dos aquíferos. Pode ser obtido a partir de uma avaliação de critérios múltiplos com os seguintes fatores: declividades, aquíferos, classes de textura de solos, cobertura e uso dos solos.
- Mapas de evapotranspiração potencial mensais para os braços Ibicuí-da-Armada e Santa Maria (respectivamente SHR 15 e SHR 16 – SHR 15). Podem ser obtidos por cruzamento booleano dos mapas mensais de evapotranspiração com as respectivas bacias de contribuição.
- Mapas de precipitações mensais para os braços Ibicuí-da-Armada e Santa Maria (respectivamente SHR 15 e SHR 16 – SHR 15). Esses mapas podem ser obtidos através de interpolação das chuvas médias mensais para os postos pluviométricos na bacia e arredores e cortados para as respectivas bacias de contribuição através de cruzamento booleano.
- Mapa de capacidade de água disponível. Este mapa pode ser obtido a partir da reclassificação do mapa de cobertura e uso dos solos conforme apresentado na Tabela 1-3. A CAD pode ser estimada a partir de uma combinação de critérios apresentados em PEREIRA *et al.* (2002), EMBRAPA (2002) e BOURSCHEID ENGENHARIA LTDA (1998).

Tabela 1-3 Capacidade de Água Disponível (CAD) para as classes de cobertura e uso do solo da bacia do rio Santa Maria, RS.

Classe de cobertura e uso dos solos	Capacidade de Água Disponível (CAD) em mm
Solo descoberto (cultura anual)	125
Campo	80
Vegetação arbórea	225
Lâmina de água rasa	225
Espelho de água	225
Áreas úmidas	80
Área urbana	50

1.7.2 Seções hidrológicas de referência (SHRs)

O processo de implantação da outorga de uso da água procede-se de forma modular com a divisão da rede de drenagem em trechos de gerenciamento ou áreas de ocupação do solo.

O problema hidrológico se concentra, então, na avaliação de disponibilidades hídricas para as seções hidrológicas de referência (SHRs) que delimitam os trechos de gerenciamento estabelecidos. A SHR é uma seção fluvial qualquer definida na rede de drenagem para a qual devem convergir estudos hidrológicos específicos de avaliação de disponibilidades hídricas. O estabelecimento das disponibilidades hídricas nas SHRs tem como objetivo definir o volume outorgável por trecho de gerenciamento, através da avaliação integrada da bacia como um todo na fase de planejamento da outorga. Cada usuário de um trecho ou seção é também usuário dos trechos de montante e jusante.

A modulação do sistema viabiliza o estabelecimento de “associações de usuários” que englobam todos os usuários localizados na bacia contribuinte a uma Seção Hidrológica de Referência (SHR) ou associações englobando usuários de água localizados em sub-bacias contribuintes a uma SHR. Neste caso, haveriam várias associações de usuários na área de contribuição para uma SHR. As vantagens da modulação da outorga da água facilitaria o processo de concessão de outorgas, de fiscalização e de aplicação de mecanismos de racionamento de água, em função dos seguintes aspectos:

Divulgação

Embora a outorga de uso da água seja prevista em lei e tenha sido objeto de discussões no âmbito dos Comitês de Bacia, o seu caráter de instrumento de administração da oferta ainda não é adequadamente compreendido pela grande maioria dos usuários da água. A explanação, discussão e divulgação do instituto da outorga seria facilitada se efetuada no âmbito de uma associação de usuários;

Preparação e encaminhamento de solicitações de outorga

O processo de elaboração de solicitações de outorga poderia ser coordenado pela Associação com o apoio do DRH e de técnicos especialmente contratados. As negociações referentes às demandas de água requeridas por cada um dos usuários, as adequações quanto a períodos e duração dos bombeamentos, o preenchimento de formulários e a realização de eventuais estudos técnicos complementares, seriam efetuadas no âmbito das associações. Haveria redução de custos para os usuários, a uniformização de procedimentos e a redução de erros e falhas nas informações constantes dos pedidos de outorga de uso da água.

Redução do número de interlocutores com o DRH

O Departamento de Recursos Hídricos terá um número menor de interlocutores para divulgar, discutir, treinar, negociar eventuais alterações das condições de outorga, implantar racionamentos de água, corrigir distorções nas demandas autorizadas. Todas estas atividades seriam efetuadas no âmbito da associação e não individualmente com cada um dos usuários;

Compartilhamento da fiscalização do uso da água

O exercício irregular da derivação por parte de um usuário seria comunicada, pelo usuário prejudicado, inicialmente à Associação. A ela competiria verificar e, se possível, corrigir a distorção. Caso não fosse possível, haveria então a interveniência do DRH, mediante comunicação da Associação ou, no caso da inoperância desta, de comunicação do próprio usuário prejudicado.

Solução de conflitos

Os conflitos de uso da água seriam inicialmente discutidos no âmbito da associação. Não sendo possível a solução neste nível, somente então haveria a interveniência do Comitê de Bacia e das demais instâncias do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos.

Implantação de medidas restritivas do uso da água

No caso da necessidade de racionamento de água, o DRH definiria o percentual de redução do consumo a ser aplicado na área de abrangência da Associação (sub-bacia ou trecho de gerenciamento), cabendo a ela estabelecer negociações com os usuários para a distribuição e forma de aplicação da redução do consumo de água exigido. O resultado das negociações seria enviado ao DRH a quem competiria fiscalizar a sua execução apenas no exutório da sub-bacia (ou trecho de gerenciamento) e não em cada um dos usuários outorgados.

Crítérios de definição das SHRs

A divisão em sub-bacias e o conseqüente posicionamento das SHRs são definidos em função de critérios que considerem a distribuição geográfica da demanda, bem como de critérios geomorfológicos e hidrológicos. Locais de grande demanda pontual ou grande demanda em pequeno trecho podem definir o posicionamento de algumas SHRs (Lanna, 1997).

O critério geomorfológico é fundamental para a divisão da rede de drenagem em trechos, porque através da observação das características do meio físico pode-se identificar locais especiais com alteração significativa de declividade no leito do rio, com mudança no substrato do leito do rio, com mudança de tipo de solo ou com mudanças bruscas de topografia, os quais se constituem locais adequados para estabelecer as seções de referência.

O critério hidrológico para a divisão de sub-bacias está relacionado diretamente à possibilidade de quantificação de vazões nos diferentes trechos da rede fluvial (para a concessão de outorga de uso) e à seleção do modelo de balanço hídrico a ser adotado (para repercutir a outorga de uso concedida nos trechos de jusante do rio). Deve-se utilizar as seções com séries hidrométricas ou limnimétricas e incluir seções intermediárias de forma que cada trecho não receba a contribuição de mais de um afluente importante. Deve-se evitar seções consecutivas que possuam grandes diferenças entre as respectivas áreas contribuintes ou mudanças bruscas no regime de vazões, de modo a viabilizar o emprego de métodos como a transposição de dados por proporcionalidade de áreas ou outro método simplificado ou similar. O critério hidrológico deve também considerar: o estabelecimento de uma eventual rede fluviométrica complementar de maior densidade no futuro, com o objetivo de apoiar o gerenciamento dos recursos hídricos; os aspectos logísticos de fácil acesso à seção de interesse do rio; a possibilidade de serem efetuadas medições de vazão e as descontinuidades do fluxo natural, como barragens, que também devem ser contempladas com SHRs à montante e à jusante.

1.7.3 Síntese de vazões

Devido à fraca densidade de estações fluviométricas monitoradas na realidade brasileira, principalmente para bacias com pequena drenagem, dificilmente as seções de referência podem ser definidas coincidentes com a existência de um posto de monitoramento fluviométrico. Esta constitui a realidade da bacia do rio Santa Maria. Torna-se necessário, então, transferir informações hidrológicas de seções fluviométricas existentes (também definidas como de referência) para as seções de referência dos trechos de gerenciamento sem postos fluviométricos. Muitos são os métodos e as alternativas para suprir essas informações, sendo que os métodos de pequenas amostragens caracterizam-se como alternativas viáveis, conforme proposto por Silveira (1997), para pequenas bacias, ou Cruz (2001), para bacias maiores, utilizando uma versão do modelo de proporção de áreas apoiado por pequenas amostragens.

Recentemente, visando melhorar os resultados deste modelo, Silveira *et al.* (s.d.) desenvolveram uma metodologia de regionalização aplicada a essas pequenas amostragens de vazão, ampliando a idéia de que vazões em depleção medidas em várias sub-bacias numa mesma campanha trazem consigo uma informação consistente para estabelecer relações entre vazões mínimas distribuídas no espaço geográfico.

Esta metodologia foi a adotada para se obter fatores de transposição de vazões no presente estudo. A hipótese adotada, portanto, é de que é possível estabelecer relações consistentes entre vazões

mínimas de sub-bacias com base em poucos registros de vazão em depleção e informações fisiográficas regionais tradicionais, como áreas contribuintes, comprimentos dos rios principais e declividades.

O método faz uso do conceito de depleção regional como uma extensão do conceito tradicional de curva de depleção pontual em uma seção fluviométrica. Esta curva está associada ao esvaziamento dos aquíferos da bacia contribuinte e tem a seguinte expressão (Silveira e Silveira, 2001) :

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t-t_0)} \quad (1.1)$$

onde Q_t é a vazão mínima no instante t , Q_0 é a vazão de referência no instante t_0 e a é o coeficiente de depleção.

Para um conjunto de sub-bacias de uma bacia é possível imaginar que possa existir uma curva de depleção representativa regional, mas para isso é preciso que as vazões de depleção de cada uma delas sejam vazões específicas (vazões por unidade de área contribuinte). Para obter tal curva regional com dados primários, ou seja, com vazões diretamente medidas em campo, não há necessidade de coincidência dos momentos das medições, sendo necessário apenas que estejam participando de um único processo de esvaziamento da bacia. Assim considerado, a equação de depleção das vazões específicas pode ser escrita como:

$$q_t = q_0 e^{-a(t-t_0)} \quad (1.2)$$

onde q_t é a vazão mínima específica no instante t , q_0 é a vazão de referência no instante t_0 e a é o coeficiente de depleção.

Um modelo de depleção regional poderia ser ajustado com a equação anterior, tendo-se o conjunto de vazões específicas obtidas como :

$$q_t^i = \frac{Q_t^i}{A_i} \quad (1.3)$$

onde q representa as vazões específicas das medições, Q_i são as vazões de depleção realmente medidas em todas as sub-bacias “ i ” em diversos instantes t ; A_i são as áreas destas sub-bacias. Os instantes t representam os horários das medições, tomados relativamente a uma referência t_0 .

Entretanto, a utilização da vazão específica pode ser restritiva, pois apenas a área participa como variável fisiográfica explicativa. A necessidade de flexibilização e maior abrangência explicativa, com a consideração de mais variáveis fisiográficas conduziram à proposição do método a seguir, chamado de método da regio-depleção (Silveira *et al.*, sd).

Para possibilitar a utilização de outras variáveis, além da área, na composição de uma vazão específica, considera-se que a equação 1.3 pode tomar outra forma, levando em conta uma vazão específica fisiográfica :

$$u_t^i = \frac{Q_t^i}{A_i^b L_i^c S_i^d} \quad (1.4)$$

onde u é esta vazão específica fisiográfica (m³/s por unidade do fator do denominador), Q_i e A_i foram definidas acima e L_i e S_i são, respectivamente, comprimentos e declividades dos rios principais das sub-bacias.

A variável u é análoga à variável q , assim pode-se propor para u uma equação de depleção regional com a mesma estrutura da equação de depleção das vazões específicas, ou seja, é possível considerar uma depleção regional do tipo :

$$u_t = u_0 e^{-a(t-t_0)} \quad (1.5)$$

onde u_0 é o valor de referência de u no instante t_0 .

A vantagem desta equação é que ela propicia uma regionalização filtrando a influência da depleção em vazões medidas em sub-bacias e intervalos de tempo diferentes, mas que ocorreram em um mesmo processo de esvaziamento da bacia.

Portanto, o método mescla as equações 1.4 e 1.5 de forma a obter uma equação de regressão capaz de fornecer os parâmetros regionais (b, c, d). Os parâmetros da depleção (a, t_0) são coadjuvantes no processo, apesar de serem obtidos simultaneamente com os regionais no procedimento de regressão.

Assim, para cada depleção, tem-se :

$$Q_t = u_0 A^b L^c S^d e^{-a(t-t_0)} \quad (1.6)$$

A forma de ajuste sugerida é por mínimos quadrados. Há tantos conjuntos de A, L e S quanto de sub-bacias, mas normalmente deve haver mais de uma medição por sub-bacia, durante a campanha. Desta forma haverá uma amostra de Q, A, L, S , e t de tamanho igual ao número de vazões medidas na depleção. Se houver mais de uma depleção com vazões para ajuste, a estratégia mais conveniente para um cálculo mais preciso dos fatores de proporcionalidade de vazões é montar um esquema de otimização para obter um único conjunto dos expoentes b, c, d de A, L e S , deixando livre a busca de um par a e u_0 para cada depleção isolada.

Considerando-se a expressão de Q_t acima pode-se estabelecer, então, um fator de proporcionalidade de vazões mínimas entre duas bacias quaisquer da região. Identificando-se pelo subíndice “ i ” uma das bacias e por “ j ”, a outra, a razão mostrada a seguir corresponde a um fator de proporcionalidade de vazões :

$$k_{i,j} = \frac{Q_{\min}^i}{Q_{\min}^j} = \frac{A_i^b L_i^c S_i^d}{A_j^b L_j^c S_j^d} \quad (1.7)$$

Este fator $k_{i,j}$ é o fator que multiplica a vazão da bacia “ j ” para obter a correspondente vazão da bacia “ i ”.

Um caso particular é quando somente a variável “área” está presente e ela possui expoente unitário. Trata-se do conhecido fator de proporção de áreas :

$$k_{i,j} = \frac{Q_{\min}^i}{Q_{\min}^j} = \frac{A_i}{A_j} \quad (1.8)$$

Comparada com esta, a expressão anterior, mostra-se, por evidência, mais abrangente e flexível para absorver as diversas informações fisiográficas, cujo conjunto pode embutir processos não explícitos, como até mesmo os referentes ao comportamento hidráulico dos aquíferos da região.

Assim, com a determinação dos expoentes b, c, d pode-se espacializar, via $k_{i,j}$, as vazões mínimas de interesse pelas sub-bacias a partir do valor obtido em uma estação fluviométrica da rede hidrometeorológica nacional.

Para avaliar o método utilizado, neste escopo metodológico, há dois tipos de comparações que podem ser feitas nas vazões de depleção:

Comparação com regionalização tradicional aplicada às vazões de depleção;

Comparação com resultados do modelo simples de proporção de áreas contribuintes.

A primeira forma de avaliação usa como teste implícito observar o que acontece com a desconsideração do efeito da depleção e sua cronologia. Como o método proposto filtra o efeito da depleção, embutido na informação regional de vazões medidas durante o esvaziamento da bacia, configura-se uma oportunidade de avaliar esse efeito, fazendo-se uma regressão com a seguinte equação :

$$Q_t = aA^f L^g S^h \quad (1.9)$$

A segunda forma de avaliação visa cotejar o método proposto com aquele que é naturalmente aventado em primeiro lugar, pela sua simplicidade em estimar fatores de proporcionalidade de vazões pela proporção de áreas. Um modelo mais sofisticado só se justifica se for melhor que um mais simples normalmente empregado.

Em síntese, a avaliação do método dá uma idéia de sua precisão no procedimento de transposição de vazões pelos coeficientes de proporcionalidade acima definidos. O produto deste item é uma metodologia adequada aos dados disponíveis, oriundos de medições de vazão nas SHRs em depleções da bacia.

1.7.4 Caracterização da disponibilidade hídrica superficial

A curva de permanência de vazões é utilizada para caracterizar a distribuição temporal probabilística da disponibilidade hídrica para outorga. A permanência de uma vazão representa a probabilidade de excedência dessa vazão no tempo, ou seja, é definida como a probabilidade de ocorrência da vazão média diária do rio ser maior ou igual a um determinado valor, no período de sua amostra. Usando a terminologia estatística, a curva de permanência é o complemento da função densidade cumulativa de probabilidade (FCP) das vazões médias diárias (Voguel e Fennessey, 1994). Na realidade, esta definição representa uma aproximação de uma função estatística, uma vez que as vazões médias diárias não são variáveis independentes. O método consiste em atribuir a cada vazão q uma probabilidade de excedência associada p :

$$p = 1 - P\{Q \leq q\} \quad (1.10)$$

ou

$$p = 1 - F_Q(q) \quad (1.11)$$

onde p é a freqüência de excedência; q é a vazão; P é a função de probabilidade e $F_Q(q)$ é a função densidade cumulativa de probabilidade das vazões.

A forma usual de cálculo da curva, utilizando a equação 1.10, considera a série completa de vazões disponíveis no período histórico de dados, cujo critério de cálculo é aqui identificado como o *método da série toda* (Cruz, 2001). Obtém-se, como resultado, uma única curva de permanência, chamada de “Curva Empírica”.

De modo a contemplar os aspectos de sazonalidade, pode-se usar a mesma técnica para obter-se as “Curvas Empíricas”, vinculadas aos períodos mensais. É construída, uma curva para cada mês, com os dados de vazões médias diárias de cada mês, disponíveis no período histórico de dados.

Este critério, de formação das séries com todos os dados agrupados, *critério da série toda*, implica aceitação da hipótese de que a curva de permanência representa o risco ou probabilidade no período da amostra. Por se tratar de amostra única, o estabelecimento de intervalos de confiança, que dimensionam o risco de ocorrência de cada vazão, fica prejudicado. Porém o conhecimento de freqüência (risco) de ocorrência das vazões é uma informação importante para o planejamento da utilização da água, em problemas de alocação de volumes para outorga.

Neste estudo foi utilizada a técnica de cálculo da curva de permanência e seus intervalos de confiança, baseada no critério de estabelecer uma curva para cada ano (Voguel e Fennessey, 1994; Jehng-Jung e Bau, 1996; Cruz, 2001), a partir de informações de vazões médias diárias.

O método baseia-se na hipótese de que um ano hidrológico pode ser analisado como sendo uma realização estatística independente de uma série de ocorrências de fenômenos meteorológicos (eventos climáticos interanuais). Portanto, é possível estabelecer uma curva de permanência para cada ano, obtendo-se uma amostra de tamanho igual ao número de anos com dados observados (Jehng-Jung e Bau, 1996; Smakhtin, 2001; Cruz, 2001). Através dessa abordagem, é possível avaliar o comportamento hidrológico em função da ocorrência de anos secos e úmidos ao longo do tempo e tratar estatisticamente a

curva de permanência, tomando-se como variáveis aleatórias cada permanência de vazão que se queira estudar. Essa forma de cálculo da curva de permanência adota o critério aqui denominado de método ano a ano para contrapor ao critério do método da série toda (Cruz, 2001).

Para cada tipo de curva, considerando-se a existência de “*n*” anos, com dados de vazões médias diárias, pode-se obter “*n*” curvas de permanência. Tomando-se cada permanência como uma variável aleatória, pode-se obter uma amostra com tantos valores independentes quantos forem os “*n*” anos com dados, para cada uma das variáveis aleatórias, e calcular suas estatísticas. A figura 1.2 ilustra como são agrupados os conjuntos de cada variável aleatória considerada no trabalho.

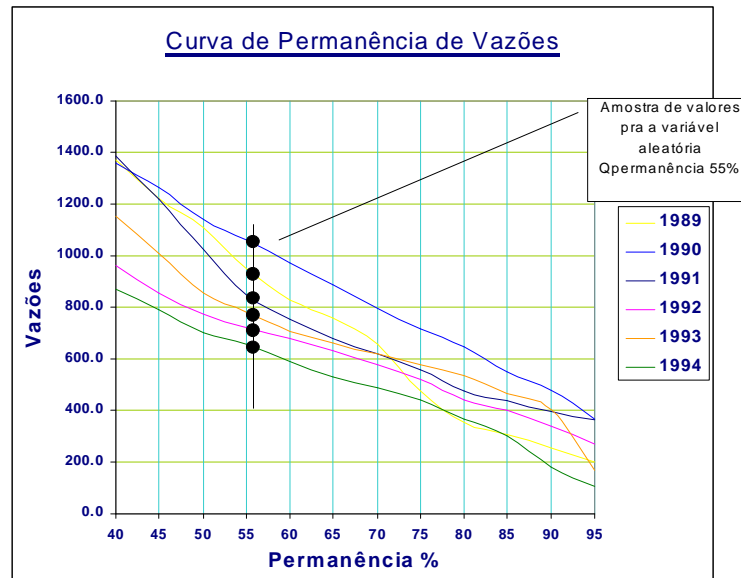


Figura 1-1 Conjunto de dados das variáveis aleatórias “Vazão de Permanência X%” (Cruz, 2001)

1.7.5 Análise da qualidade da água

A qualidade da água é resultante dos diversos processos naturais ou antrópicos que se desenvolvem dentro da bacia hidrográfica, sendo bastante dependente dos efeitos da intensidade e sazonalidade destes processos. A qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos, que objetivam identificar condições mais ou menos restritivas ao uso a que se destina em determinado recurso hídrico.

As variáveis de qualidade da água foram definidas no planejamento inicial das atividades, com diretrizes estabelecidas pela FEPAM e o DRH, baseadas no levantamento das características do solo e das principais atividades sócio-econômicas desenvolvidas na bacia, englobando os aspectos físicos, químicos e biológicos da qualidade. As variáveis de qualidade e as respectivas metodologias analíticas adotadas são apresentadas na Tabela 1-4.

A Resolução nº 20/86 do CONAMA propõe que se analise os limites de compostos como o Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrin, Malation, Paration, Carbaril, entre outros. Entretanto, estes compostos não são mais aplicados às lavouras da região. A partir de discussões da equipe técnica do projeto em conjunto com a FEPAM e o DRH, concluiu-se que deveriam ser analisados os princípios ativos dos produtos agrotóxicos que atualmente são aplicados na lavoura de arroz. Dessa forma, ficou estabelecida a análise dos 4 produtos mais aplicados na lavoura de arroz para serem analisados. Foram, então, selecionados o Propanil, Quinclorac, o Clomazone e o Metsulfuron-metil, herbicidas representam a maior parcela do mercado de defensivos da região da bacia do rio Santa Maria. A tabela 1.5 apresenta a metodologia empregada na determinação dos compostos. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambiental, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria.

Tabela 1-4 Lista de variáveis de qualidade e metodologias analíticas

Variável	Metodologia	Limite de Detecção
Temperatura da Água	Termometria	0,1° C
Turbidez	Turbidímetro	1 NTU
PH	pH-metro de bancada	0,01
Condutividade Elétrica (C.E.)	Condutivímetro	0,001 mS/cm
Oxigênio Dissolvido (OD)	Oxímetro	0,01 mg/L
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
Sólidos Suspensos	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
Sólidos Dissolvidos	Método Gravimétrico	0,1 mg/L
DQO	Refluxo com Dicromato	0,01 mg/L
DBO ₅	Winckler	0,1 mg/L
Óleos e Graxas	Extração-Soxhlet (extração com hexano)	0,1 mg/L
Cloretos	Nitrato de Mercúrio	0,01 mg/L
Fosfato	Ácido Ascórbico	0,01 mg/L
Nitrato	Ácido Fenoldissulfônico	0,01 mg/L
Sulfatos	Método Turbidimétrico	0,01 mg/L
Ferro Total	Espect. Absorção Atômica	0,01 mg/L
Alumínio	Espect. Absorção Atômica	0,1 mg/L
Cálcio	Espect. Absorção Atômica	0,01 mg/L
Magnésio	Espect. Absorção Atômica	0,01 mg/L
Sódio	Fotometria de Chama	0,01 mg/L
Cádmio	Espect. Absorção Atômica	0,05 mg/L
Zinco	Espect. Absorção Atômica	0,001 mg/L
Mercúrio	Espect. Absorção Atômica	0,0002 mg/L
Cobre	Espect. Absorção Atômica	0,05 mg/L
Coliformes Totais	Membrana Filtrante	1 NMP
Coliformes Fecais	Membrana Filtrante	1 NMP

Tabela 1-5 Lista de agrotóxicos analisados

Variável	Método	Limite de Detecção
Propanil	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção na faixa de UV (HPCL-UV)	1 µg/L
Clomazone	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção na faixa de UV (HPCL-UV)	1 µg/L
Quinclorac	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção na faixa de UV (HPCL-UV)	1 µg/L
Metsulfuron-methyl	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção na faixa de UV (HPCL-UV)	1 µg/L

1.7.6 Vazões ecológicas

A conceituação de vazões para conservação ambiental tem evoluído através do tempo. Até 1975, “vazões mínimas” era o termo mais comum utilizado para descrever as vazões necessárias para satisfazer os usos no próprio curso d’água (“instream uses”), como preservação de peixes e habitats, navegação, recreação, conservação da qualidade da água, entre outros usos (Lamb, 1995; Stalnaker *et al.*, 1995). Sob essa perspectiva, o ecossistema aquático era visto como inteiramente restrito ao aspecto linear delimitado pelos leitos e margens do canal principal e pelas transferências longitudinais (Harris *et al.*, 2000).

A partir dos anos 70, emergiram as teses segundo as quais, para a manutenção dos ambientes, era necessário considerar os regimes de flutuação natural dos rios; para isso recomendações foram desenvolvidas no sentido de “imitar” a natureza. Essas recomendações sugeriram especificar níveis de vazões para diferentes estações (Lamb, 1995), não apenas vazões mínimas, mas também vazões altas periódicas para remover o silte, sedimentos e outros materiais do leito (Milhous, 1998; Stalnaker *et al.*, 1995).

Tharme (1996) revisou métodos internacionais para quantificação das vazões requeridas para conservação ecológica de rios, distinguindo três tipos de metodologias. O primeiro tipo, *métodos hidrológicos*, baseia-se no uso das informações de vazões históricas para fixar uma percentagem dos

valores históricos, ou seja, vazões mínimas baseadas nas curvas de permanência ou curvas de frequências de vazões para diversas durações. O segundo e terceiro tipos de metodologia baseiam-se em relações entre habitat e vazões. O segundo tipo baseia-se em *padrões hidráulicos*, isto é, estabelece relações entre várias variáveis hidráulicas tais como perímetro molhado, máxima profundidade em função da vazão e fatores ambientais limitantes para determinados biota ribeirinha utilizados como padrão de monitoramento. O terceiro tipo, baseado em *padrões de habitats*, relaciona aspectos espaciais dos micro-habitats ao longo dos cursos d'água com as mudanças nas descargas.

A vazão de preservação ambiental, embora protegida pela legislação corrente, é precariamente definida no Brasil. Na realidade, valores fixos têm sido utilizados, conforme pode-se ver nos exemplos a seguir (Cruz, 2001).

O estado de Minas Gerais, extremamente conservador, estabelece em conformidade com a Portaria nº 010/98 do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, órgão estadual de gestão dos recursos hídricos, uma vazão residual (a vazão que deve permanecer no rio) não inferior a 70% da vazão mínima de 7 dias de duração e dez anos de tempo de retorno - $Q_{7,10}$ (Schvartzman *et al.*, 1999). No Paraná, a vazão $Q_{7,10}$ também é a referência, uma vez que os regulamentos determinam que o volume permissível de captação de água direta deve ser menor do que 50% dela (Sarmiento e Pelissari, 1999).

Segundo Mortari (1997) as Normas para Apresentação de Estudos e Projetos de Exploração de Recursos Hídricos para a Geração de Energia Elétrica, do extinto DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, especificamente a Norma nº 2 de 1984– Norma para Aprovação de Projetos de Geração Hidrelétrica para Uso no Serviço Público e Exclusivo de Particulares, estipulam uma vazão residual no curso de água à jusante do barramento superior à 80% da vazão mínima média mensal, caracterizada com base na série histórica de vazões com extensão de, pelo menos, 10 anos. Já para o caso de Pequenas Usinas Hidrelétricas, a Norma nº 4, Norma de Projetos de Geração de Pequenas Centrais Hidrelétricas, fixa que a vazão residual, a jusante do barramento, não poderá ser inferior à vazão mínima média mensal calculada com base nas observações anuais no local previsto para o barramento (Mortari, 1997).

Em função do exposto e da falta de metodologias desenvolvidas para os ambientes brasileiros que indiquem o uso de métodos baseados em padrões hidráulicos ou de habitats, dois critérios hidrológicos foram selecionados para determinação da vazão ambiental a ser mantida no leito dos rios, indisponíveis para outorga quantitativa.

O primeiro critério para a estimativa da vazão de preservação ambiental foi estabelecido conforme sugerido pelo relatório técnico de Lanna e Benetti (2001), fixando-se uma percentagem da vazão de referência de outorga.

O segundo critério foi estabelecido considerando os aspectos de qualidade da água. Este critério baseia-se no fato de que algumas das variáveis de qualidade podem ser expressas em termos de cargas de poluentes, caso a vazão no curso d'água seja conhecida do momento da coleta. Como hipótese de base desse critério está a consideração de que as cargas observadas correspondem, caso não haja escoamento superficial, às cargas de base da bacia. Dessa forma, a vazão ecológica pode ser estimada como a vazão que proporcione condições de diluição aos poluentes de modo que as condições de qualidade do rio fiquem dentro dos limites estabelecidos no enquadramento do mesmo.

1.7.7 Caracterização da demanda

A caracterização da demanda constitui-se fase fundamental para o adequado balanço hídrico e verificação das reais disponibilidades de outorga em cada setor. A demanda exercida é função do projeto de recalque (seja qual for a finalidade), dos rendimentos de operação dos equipamentos e também do regime temporal do sistema de operação, cujas horas verdadeiras e volumes de retirada ou de lançamento constituem também variáveis aleatórias (Cruz, 2001).

Mesmo no estado do Texas (EUA), cuja tradição de registro de uso das águas é antiga, são encontradas dificuldades para a real avaliação do consumo devido à existência de falhas nos registros históricos de declarações de usuários sobre as quantidades utilizadas em alguns anos; declarações incorretas na quantidade realmente derivada pelos usuários; declarações não detalhadas das quantidades sazonais de uso da água e sim apenas de volumes anuais totais anuais (TNRCC, 1997).

No caso da bacia do rio Santa Maria, a principal demanda em termos de volume é a irrigação de arroz no verão. A tomada de água para a irrigação de arroz é feita na sua grande maioria, através de estações elevatórias que descarregam a água em canais adutores. Cada estação elevatória é composta de poço de bombas, casa de bombas, bases para motores e base para bombas. As deficiências técnicas de instalação conduzem a cativações, velocidades excessivas de escoamento e peças acessórias inadequadas, podendo reduzir significativamente a eficiência do sistema de captação e transmissão de água na propriedade.

Outra dificuldade encontrada para a correta estimativa do verdadeiro consumo da lavoura orizícola na bacia se refere aos poucos elementos científicos para a quantificação de consumo da lavoura em função dos tipos de solo, declividades e tecnologias em uso de plantio e irrigação.

Em um sistema de outorga, a demanda solicitada deve ser passível de fiscalização, o que torna imperativo que seja possível ao poder outorgante a quantificação realista do consumo de cada usuário. E não apenas essa informação, mas que seja possível também identificar o mau uso da água a partir de deficiências nos sistemas de operação ou dos equipamentos. Assim, a seguir, relaciona-se as principais categorias das incertezas possíveis na quantificação da demanda de água:

Incerteza de operação: ocorrem devido a falta de registros dos valores reais das horas de funcionamento do sistema de retirada de água ou do regime de lançamento dos efluentes. Os primeiros são necessários para identificar o volume real de retirada e os últimos para quantificar a carga de poluentes.

Incerteza devido a perdas de instalações: ocorrem devido a problemas nas instalações, especialmente nas conexões e canalizações, muitas vezes, especialmente em instalações rurais para irrigação, realizadas sem o projeto de engenharia de dimensionamento dos sistemas de bombeamento e hidráulicos.

Incerteza dos sistemas de cultivo e tipos de solo: no caso do usuário irrigante, as incertezas nos sistemas de cultivo estão relacionadas ao manejo utilizado na irrigação, de cada variedade cultivada e dos diferentes sistemas de cultivo, pois o consumo de água varia de acordo com essas variáveis.

Incerteza cadastrais: a baixa confiabilidade nos cadastros existentes é um fator que dificulta a quantificação de volume por área de plantio. Esta dificuldade, com o processo de implantação da outorga, será minimizada com o fornecimento de informações precisas sobre a localização precisa e georreferenciada dos pontos de captação, das áreas de cada lavoura em cada ano, dos reservatórios e as áreas de alagado dos mesmos, dos canais adutores, dos locais de lançamento, entre outros.

Para os estudos das demandas na Bacia do Rio Santa Maria, foram recuperadas informações dos estudos antecedentes (item 1.2). Na atualidade, com o uso das técnicas de geoprocessamento e interpretação de imagens de satélite, é relativamente fácil a localização de cada usuário como pontos de captação e de lançamento e a localização dos mesmos nos respectivos trechos de gerenciamento. Essas técnicas permitem também avaliações da dimensão dos empreendimentos, como por exemplo, a avaliação quantitativa de áreas de plantio, área inundada pelos reservatórios ou ainda a identificação dos tipos de solo. Essas técnicas, aliadas a um conjunto consistente de informações no ato da solicitação da outorga, permitirá ao outorgante, em futuro próximo realizar uma avaliação consistente sobre a atualidade do uso das águas na bacia, bem como prospectar os casos em que o sistema do usuário pode ser ajustado para uma utilização mais racional do recurso água e reduzir os desperdícios. A obtenção do volume total utilizado em cada trecho possibilita a sua comparação com as vazões requeridas para a conservação ambiental e a verificação do volume a ser economizado em caso de estiagens. Portanto, com o uso das técnicas de geoprocessamento, foi realizada a verificação da qualidade das informações cadastrais existentes.

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

argilosos e situados sobre o cristalino (para fins de cálculo tomados como mistos); (iv) Mapa de classes de consumo das lavouras de arroz, considerando os consumos unitários de cada classe textural.

A obtenção da demanda foi feita através da atribuição dos consumos de água pela lavoura orizícola expressos na Tabela 1.6, obtidos através de revisão de valores avaliados a campo pelo Eng. Agr. Eloy Cordeiro, chefe regional do IRGA Dom Pedrito e pelo Eng. Agr. Gerson Rodrigues Ferreira, da Agros Assessoria Agronômica, do mesmo município (*com. pess.*). As classes de consumo foram obtidas a partir do acompanhamento empírico de lavouras irrigadas a partir de açudes projetados e acompanhados pelo IRGA e pela Agros. A partição proporcional média do consumo total de água por mês de irrigação foi obtida da mesma forma e está apresentada na Tabela 1.7.

Tabela 1-6 Consumo anual de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural de solos.

Classe textural de solo	Consumo de água (m ³ /ha/ano)
Solos arenosos	10.500
Solos mistos	9.500
Solos argilosos	8.500

Tabela 1-7 Partição proporcional do consumo de água por mês de irrigação em %.

Meses	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro
porcentagem	20	40	35	5

Após o conhecimento do volume atual, o outorgante pode estabelecer e revisar critérios de outorga, em busca de maior eficiência, possibilitando um aumento de demanda solicitada e reduzindo significativamente o desperdício dos recursos hídricos.

Sendo assim, visando formar um banco de dados que torne possível a realista avaliação do uso das águas, no capítulo 3 deste relatório são listadas informações que devem constar nos formulários de solicitação de outorga. Estas informações são justificadas pelas razões expostas e devem ser organizadas em harmonia com as solicitações já realizadas pela FEPAM no processo de licenciamento das atividades. Para a elaboração da lista de formulários, a equipe baseou-se em extensa revisão no estado da arte da outorga no Brasil (Relatório Técnico 2), e nas necessidades identificadas ao longo das discussões técnicas da equipe do projeto.

1.7.8 Disponibilidade Marco Zero

O modelo de balanço hídrico consiste em um modelo de alocação de água (outorga) em cada trecho de gerenciamento com base na oferta e demanda de água (balanço hídrico). As vazões definidas em cada seção hidrológica de referência (SHR) representam a oferta, e a demanda é estabelecida pelas necessidades dos usuários.

Na prática, as vazões representativas da disponibilidade hídrica em cada SHR, definida com base nos dados históricos de vazão, estão afetadas de captações e despejos exercidos. Portanto, quando os trechos de gerenciamento sofrem pressão de demanda quantitativa, é muito difícil conhecer uma vazão estatística que represente a produção hídrica nas condições atuais de uso do solo, dado que não são conhecidas as derivações e os despejos que se deram no passado, para que pudessem ser compensados nos valores de vazão observados. Assim, a vazão estimada para cada SHR, pode ser tomada como a disponibilidade hídrica remanescente, já que a mesma consiste no resultado do escoamento, considerando as retiradas e os despejos que ocorreram em toda a bacia contribuinte devido aos usuários atuais e antigos.

Em decorrência destas dificuldades, uma estratégia é estabelecer um marco inicial para desenvolver o cotejo das duas variáveis básicas (disponibilidade e demanda) no equacionamento do balanço hídrico para a outorga. Considera-se que a disponibilidade hídrica do manancial calculada atualmente traz embutidas os usos quantitativos da água exercidos de um período histórico até o presente. A esta vazão dá-se a denominação de *disponibilidade marco zero (Dmz)*.

1.7.9 Balanço hídrico para outorga

O balanço hídrico para a outorga é realizado em duas etapas: planejamento e implantação.

Fase de planejamento

Na fase de planejamento, é realizado um balanço hídrico visando a otimização da utilização dos recursos hídricos de modo a maximizar a utilização da água na bacia como um todo e salvaguardando vazões remanescentes para preservação ambiental. O resultado do planejamento é um quadro com as vazões máximas outorgáveis em cada SHR ou as vazões de racionamento.

A aplicação do modelo de balanço hídrico neste trabalho baseou-se na divisão do rio em trechos de gerenciamento definidos por “n” SHRs e na mescla das concepções de Kelman (1997), de Silveira *et al.* (1998), de Cruz *et al.* (1999) e de Cruz (2001). Nesta concepção adotam-se as seguintes considerações:

- as demandas referentes a cada trecho delimitado por duas SHRs são agrupadas por tipo de usuário dentro dos trechos e concentradas na SHR de montante;
- a cada vazão outorgada em uma determinada SHR_i fica indisponibilizada tanto para usuários de jusante, como para de montante, uma vez que o corpo hídrico é único. A demanda que influencia diretamente a disponibilidade hídrica e que entra explicitamente na equação do balanço hídrico da seção é o somatório de todas as demandas acumuladas das

seções de montante mais a demanda da própria seção ($\sum Q_u$) (Kelman, 1997).

A equação do balanço hídrico em cada seção fica, portanto:

$$Qr^i = Qd^i - Qe^i - \sum_{j=1}^{ni} Qu^j \quad (1.14)$$

onde: Qr^i é a vazão outorgável na seção i .

ni representa o número de seções a montante de i , inclusive i ;

$\sum_{j=1}^{ni} Qu^j$, que é a demanda da SHR_i acumulada com as “j” demandas de montante;

Qd^i é a vazão real da bacia remanescente dos usos atuais exercidos na SHR_i;

Qe^i representa a vazão de conservação ambiental na SHR_i.

Este equacionamento pode ser aplicado considerando um marco inicial para o processo de outorga. A disponibilidade **marco zero**, segundo concepção de Silveira *et al.* (1998) e Cruz (2001), mostra uma fotografia da situação atual da bacia na relação de seus escoamentos com os uso já exercidos. Representa uma possibilidade para iniciar o processo de outorga em bacias com dificuldades de reconstituição de suas vazões naturais por falta registros históricos dos consumos exercidos e de sua evolução no tempo.

O resultado poder ser menor, igual ou maior do que zero (Cruz, 2001):

- a) No primeiro caso, de acordo com a permanência adotada, que expressa o grau de risco assumido na tomada de decisão, o consumo atual na SHR é maior do que poderia ser, uma vez que ultrapassa os limites impostos pela vazão de proteção ambiental. Neste caso, duas possibilidades de gestão são aplicáveis. A primeira diz respeito à restrição de uso (acionamento). A segunda refere-se à possibilidade de investimentos na bacia para fins de redistribuir no tempo as vazões, através de obras e/ou intervenções destinadas ao armazenamento nos períodos de superávit, no mínimo para garantir uma vazão regularizada igual à de conservação ambiental nos períodos onde foram identificados os déficits.

- b) O segundo caso, onde o resultado da diferença é igual a zero, expressa uma SHR onde a demanda está no limite de seu crescimento. Qualquer crescimento adicional requer investimentos adicionais.
- c) A terceira possibilidade, quando a diferença é maior do que zero, indica que é possível aumentar a demanda até o limite do valor resultante, isto é, expressa a vazão que poderá ser outorgada para novos usuários ou para ampliação das demandas já praticadas de usos.

Dois critérios de balanço hídrico são ensaiados neste estudo: o primeiro baseado em técnicas de otimização e o segundo, baseado na distribuição de igual percentual de demanda para todos os usuários.

O critério que utiliza otimização está calcado na metodologia apresentada em Cruz (2001). As técnicas de otimização são algoritmos matemáticos que procuram minimizar uma função objetivo. A função selecionada para este trabalho é a função relativa (equação 1.15), por ter a característica de buscar uma distribuição equânime das vazões de outorga.

$$FO_{relativa} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{demanda} - Q_{outorgada}}{Q_{demanda}} \right)^2 \quad (1.15)$$

onde:

$Q_{demanda}$ = vazão de demanda no trecho de gerenciamento

$Q_{outorgada}$ = vazão outorgada no trecho de gerenciamento, isto é, demanda atendida

n = número de trechos de gerenciamento.

O cálculo da otimização é realizado em planilhas eletrônicas, organizadas conforme a tabela 1.8.

Na primeira coluna consta a identificação de cada SHR.

Na segunda coluna, consta a vazão de referência para disponibilidade hídrica, no caso a vazão de 90% de permanência. Essa vazão pode ser a $Q_{90\%}$ média, ou os limites dos intervalos de confiança. Os limites de confiança inferiores caracterizam anos secos e os limites superiores caracterizam anos úmidos.

A terceira coluna é reservada para a vazão para conservação ambiental (vazão ecológica), a qual pode ser obtida por diferentes critérios.

A disponibilidade marco zero, resultado da subtração “Vazão de referência menos vazão ambiental” é colocada na quarta coluna.

A quinta coluna é reservada para apresentação das demandas de cada trecho e a sexta coluna para apresentação das demandas acumuladas do trecho mais as demandas dos trechos a montante.

A coluna 7 é a coluna onde o algoritmo de otimização colocará o resultado do processamento. Os resultados positivos significam vazões que podem ser outorgadas como acréscimo dos usos já reservados na disponibilidade marco zero. Os valores negativos, indicam a necessidade de implementar o racionamento como forma de atingir os objetivos de conservação ambiental.

A coluna 8 mostra os resultados dos valores de outorga ou racionamento de cada seção acumulados com os valores obtidos para as seções de montante.

Finalmente, na coluna 9, apresenta-se o impacto hidrológico nas seções devido à distribuição de água realizado pelo algoritmo de otimização. Valores negativos indicam que mesmo com racionamento, é preciso reavaliar a dinâmica hídrica da região com problemas, o que somente pode ser realizado a partir da implantação da rede de monitoramento hidrológico dimensionada para a finalidade de outorga.

O algoritmo de otimização foi programado em macro da planilha e pode ser rodado com o simples apertar de uma tecla de atalho. Assim, vários cenários podem ser facilmente simulados. Por exemplo, pode-se:

- mudar as demandas em função de um redirecionamento de tecnologias de plantio ou de alterações de culturas ou implantação de outros tipos de uso

- mudar a disponibilidade hídrica em função da implantação de obras de regularização
- mudar as vazões de preservação ambiental a partir de alteração no critério de consideração desta vazão
- mudar os valores de disponibilidade e ou de vazões ecológicas em função das novas informações da rede de monitoramento hidrológico

Programar diferentes cenários de racionamento, utilizando-se diferentes intervalos de confiança da vazão de referência. Isto pode ser útil para as ações de fiscalização do poder outorgante no momento em que se configura uma situação de seca.

O segundo critério de balanço hídrico aplicado neste trabalho adota um percentual de distribuição de água igual para todos os usuários. O percentual adotado, tanto para situações de racionamento como distribuição de vazões remanescentes marco zero, foi obtido da seguinte maneira:

$$Percentual = \frac{Déficit_{bacia}}{Demanda\ Total_{bacia}} \quad (1.16)$$

ou

$$Percentual = \frac{Vazão\ Outorgável_{bacia}}{Demanda\ Total_{bacia}} \quad (1.17)$$

onde $defict_{bacia}$ representa o volume total necessário ao racionamento, $Vazão\ Outorgável_{bacia}$ representa a vazão disponível para outorga total na bacia e $Demanda_Total_{bacia}$ é o somatório das usos atuais na bacia.

O cálculo também está montado em planilha eletrônica, com a mesma estrutura utilizada para o balanço hídrico com otimização (Tabela 1.8).

A diferença está na coluna 7, a qual contém a equação dos valores proporcionais ao total da vazão disponível na bacia, seja ela positiva ou negativa, e que está colocada na última linha da coluna 7 da Tabela 1.8.

Tabela 1-8 Planilha para simulação de balanço hídrico

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SHR	Vazão de referência para outorga Q90%	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento individual ou Qoutorgada	Valor outorgado ou de racionamento acumulados	Disponibilidade Remanescente
1			Coluna 2 menos coluna 3		Demanda na seção mais a soma das demandas de montante	Resultado da otimização	Demanda outorgada ou racionamento na seção mais a soma das demandas ou racionamentos de montante	Coluna 4 menos Coluna 8
2								
3								
...								
21								
Total								

Nesse equacionamento, na fase de planejamento, as vazões outorgáveis resultantes do balanço hídrico referem-se a valores adicionais aos usos atuais que podem ser fomentados. Por outro lado, se os valores forem negativos, significa que há a necessidade de racionamento. Assim, dentro da região de abrangência da SHR que resultar em valores negativos, os usuários deverão ser encaminhados para a redução de consumo.

Para este equacionamento, as vazões de disponibilidade marco zero foram determinadas com intervalo de confiança de 10%. Os valores do limite superior (5% acima da média) representam anos úmidos, os valores da curva média representam o valor esperado em anos “normais”, enquanto que os valores do limite inferior (5% abaixo da média) representam anos secos.

Fase de implantação

Na fase de implantação, o balanço hídrico é realizado solicitação a solicitação, considerando as situações em que o usuário já exerce o uso ao longo dos anos ou em que o usuário é novo.

Se o usuário é antigo, ele poderá ser enquadrado em três situações:

- solicita outorga para a mesma quantidade de água utilizada nos anos anteriores. Nesse caso, a outorga será concedida nos valores declarados, os quais deverão ser comprovados através de documentos que comprovem essa situação;
- solicita outorga para uma quantidade inferior de água àquela que vem praticando nos últimos anos. Nesse caso, o usuário recebe a outorga e a diferença entre o consumo anterior e o solicitado será adicionado à seção de referência para futuro balanço dentro da SHR.
- solicita outorga para um valor acima do qual está sistematicamente utilizando no passado. Neste caso, a parcela do volume solicitado referente aos valores já exercidos no passado é outorgada, sendo que a parcela complementar somente será aprovada após verificação nas planilha do balanço hídrico dentro da própria SHR. É necessário verificar se as vazões outorgáveis relativas à SHR do solicitante são suficientes para a concessão da outorga dos valores adicionais.

Se o usuário é novo, os valores solicitados devem ser confrontados com os valores outorgáveis na SHR do solicitante, resultantes do balanço hídrico realizado na fase de planejamento. Se os valores forem compatíveis é concedida a outorga, se não, pode ser concedida apenas a parcela disponível e, se não interessar ao empreendedor um valor parcial, então será negada a outorga.

1.7.10 Avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos

O Mapa para avaliação do Índice de vulnerabilidade natural dos aquíferos, foi utilizada a metodologia proposta por Foster e Hirata (1993) e utilizada para o Estado de São Paulo, atribuindo-se pesos aos parâmetros pré-existent, avaliados em três categorias, e variando numa faixa de 0 até 1,0, descritos resumidamente em (o peso atribuído a cada parâmetro encontra-se entre parênteses):

Distância da água, profundidade do lençol freático	Ocorrência da água subterrânea, condição do aquífero	Substrato litológico; características do aquífero ou aquífero	Índice de Vulnerabilidade produto dos três parâmetros, (Foster 1987 apud Foster e Hirata, 1993),
aquífero não confinado) ou teto do aquífero (confinado): Profundidade >100m (0,3); Profundidade 20-100m (0,5); Profundidade 5-20m (0,7); Profundidade < 5m (0,9).	Nenhum ou surgente (0); Confinado (0,2) considerou-se os aquíferos fissurais ou quando existia esta informação a partir dos bancos dados secundários; Semiconfinado (0,4); Não confinado coberto (0,6); Não confinado (ou livre nota máxima 1,0) por ser homogêneo pode mais facilmente dispersar e/ou difundir os contaminantes ou coliformes fecais;	c.1) grau de consolidação; c.2) caráter litológico, c.3) grau de fissuração e ainda c.4) capacidade relativa de atenuação (com base no conteúdo de argilas)	Baixo: 0,1 até 0,3; cor na legenda do mapa preto; Médio: 0,3 até 0,5; cor na legenda do mapa verde; Alto: 0,5 até 0,7; cor na legenda do mapa laranja; Muito alto: 0,7 a 0,9 (Extremo Baixo) cor na legenda mapa róseo; Altíssimo: >0,9 (Extremo Alto) cor na legenda do mapa vermelho;

1.7.11 Usos das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria

A caracterização dos usos das águas subterrâneas foi realizada com base em levantamentos através de consulta a várias fontes de informações, sendo a principal o banco de dados da CPRM/SIAGAS (2002-2003), cotendo dados de vazão associados ao tipo de aquífero penetrado, perfazendo 558 poços, sendo que alguns desses pertencem a outras bacias hidrográficas.

1.7.12 Fases, fluxos operacionais e documentos para outorga

Para a construção da proposta de fluxo operacional e rotinas administrativas do processo de outorga de uso das águas no Rio Grande do Sul foi realizada ampla revisão dos sistemas de outorgamento das águas implantados e/ou em implantação em outros estados da União e a análise dos instrumentos atualmente utilizados pelo DRH. Após a sistematização das informações e a análise das mesmas, foram realizadas diversas reuniões para a identificação das características de cada uso das águas e que informações, além das já solicitadas pelo DRH ou em outros sistemas no país, que possam ser importantes para caracterizar melhor o consumo e a eficiência do uso das águas. Também foram analisadas a pertinência de informações progressivas para incrementar progressivamente um banco de dados estadual que permita a avaliação das disponibilidades hídricas quali-quantitativas mais próxima da realidade.

2 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Neste capítulo são apresentados os produtos obtidos com os estudos técnicos correspondentes aos objetivos específicos detalhados no plano de trabalho como Fase I, Etapas 1 e 2.

O capítulo está dividido em dois grandes blocos. O primeiro refere-se aos estudos dos recursos hídricos superficiais visando a quantificação das disponibilidades hídricas para a outorga, considerando os seus aspectos quantitativos e qualitativos. No segundo bloco são analisados os condicionantes físicos da bacia hidrográfica que possam interferir nos recursos hídricos subterrâneos, com o objetivo de identificar potenciais e critérios de uso. Cabe salientar que os recursos hídricos freáticos, neste estudo, estão considerados junto aos recursos hídricos superficiais, pois constituem-se no reservatório que abastece e matem a perenidade dos corpos hídricos superficiais.

2.1 Caracterização da área de estudo

A base cartográfica da área em estudo está sendo elaborada - segundo o cronograma físico deveria estar concluída, com base nas cartas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro na escala de 1:50.000, através da digitalização dos seguintes temas: hipsometria (concluída), hidrografia (em fase final de correção e edição), estradas, caminhos e acessos, sedes municipais e localidades. A infraestrutura está sendo atualizada através da interpretação de fotografias aéreas na escala 1:60.000 do levantamento de 1996 efetuado no projeto de mapeamento de áreas de fronteira da DSG e disponibilizados pelo Programa de Açudes e Poços da Secretaria de Obras Públicas e Saneamento do Estado do Rio Grande do Sul. As fotografias aéreas foram digitalizadas em “scanner” de alta resolução óptica para fins de consulta rápida e para montagem de mosaico georreferenciado. As fotografias foram gravadas em CD (anexo1) e as informações referentes aos arquivos das fotografias foram inseridos em banco de dados para facilitação de consultas. Está em fase de elaboração o mosaico georreferenciado das fotos em baixa resolução, que irão permitir a localização rápida de informações referentes aos arquivos em que se encontram as imagens em alta resolução e permitir a atualização temática da base cartográfica. Esta atualização é necessária dado o período que decorreu desde a última cartografia disponível (27 anos), em especial dos temas de hidrografia (houve mudança de curso, por exemplo, do rio Ibicuí-da-Armada, e crescimento muito grande do número de açudes, além da modificação do tema de estradas, caminhos e acessos.

A base existente em meio digital, fornecida pela DRH, apresentava-se em datum Córrego Alegre, original da cartografia de 1975, devendo ser transformada para datum SAD69, oficial do Sistema Cartográfico Brasileiro vigente. Também foi efetuada análise de consistência da vetorização das cartas e verificados erros de dois tipos: de edição e de georreferência. Os erros de edição foram corrigidos, tais como encontro de linhas. Os erros de georreferência não puderam ser corrigidos e representaram a necessidade de revetorização, em especial, de cerca de metade das cartas que compõem a área em estudo. Este cuidado é necessário para que a base cartográfica a ser produzida esteja atualizada e apresente-se em qualidade compatível para sistemas de geoprocessamento.

A Tabela 2.1 e a Figura 2.1 apresentam, respectivamente, a lista das cartas utilizadas na base cartográfica e a articulação espacial das mesmas.

A altimetria da bacia hidrográfica está apresentada na Figura 2.2. A respectiva visão em perspectiva deste modelo pode ser visualizada na Figura 2.3.

A delimitação de sub-bacias foi efetuada através da utilização de rotina automática em SIG, que gerou limites aproximados das sub-bacias, os quais foram editados em tela, tendo como referência o modelo numérico de terreno com a hidrografia sobreposta (vide Figura 2.2). Os limites das bacias de contribuição exclusivas de cada SHR podem ser visualizadas na Figura 2.4.

O modelo numérico de terreno foi submetido a uma rotina de cálculo de declividades (SLOPE), gerando o mapa que pode ser visualizado na Figura 2.5.

A partir de cruzamentos booleanos obtiveram-se os índices fisiográficos utilizados posteriormente na modelagem hidrológica, os quais estão apresentados na Tabela 2.2.

Nos relatórios 1 e 2, foram apresentados todos os mapas em formato A3 e A0, ambos em meio digital.

Tabela 2-1 Relação das cartas que compõem a bacia do rio Santa Maria. ESCALA 1:50.000

Nº indicativo	NOME	CÓDIGO DO SGE
01	Três Vendas	MI 3005/4
02	Ponche Verde	MI 3006/3
03	Serrilhada	MI 3006/4
04	Piraí	MI 3007/3
05	Marco Itaquiá	MI 3005/1
06	Restinga do Upamaroti	MI 3005/2
07	Igrejinha	MI 3006/1
08	rio Santa Maria	MI 3006/2
09	Vila Afonso Jacinto	MI 3007/1
10	Torquato Severo	MI 3007/2
11	Santana do Livramento	MI 2991/4
12	Palomas	MI 2992/3
13	Engenheiro Madureira	MI 2992/4
14	Upacará	MI 2993/3
15	Dom Pedrito	MI 2993/4
16	Ibaré	MI 2994/3
17	Coxilha do Tabuleiro	MI 2994/4
18	Passo do Cerrito	MI 2991/2
19	Tarumã (cerro da Cruz)	MI 2992/1
20	Pampeiro	MI 2992/2
21	Vila Brasília (Campo Seco)	MI 2993/1
22	Estância da Barra	MI 2993/2
23	Suspiro	MI 2994/1
24	Lagoa da Meia Lua	MI 2994/2
25	Vila São Leandro	MI 2979/3
26	Guará	MI 2979/4
27	Rosário do Sul	MI 2980/3
28	Estância do Meio	MI 2980/4
29	São Gabriel	MI 2981/3
30	Cerro da Samora (Passo do Caverá)	MI 2979/1
31	Saicã	MI 2979/2
32	Rosário do Sul (Estação do Norte)	MI 2980/1
33	Azevedo Sodré	MI 2980/2
34	Tiaraju	MI 2981/1
35	Itapevi	MI 2962/4
36	Cacequi	MI 2963/3
37	Umbu	MI 2963/4
38	Coxilha do Pau Fincado	MI 2964/3

Fonte: Serviço Geográfico do Exército - 1ª Divisão de Levantamento – 1975

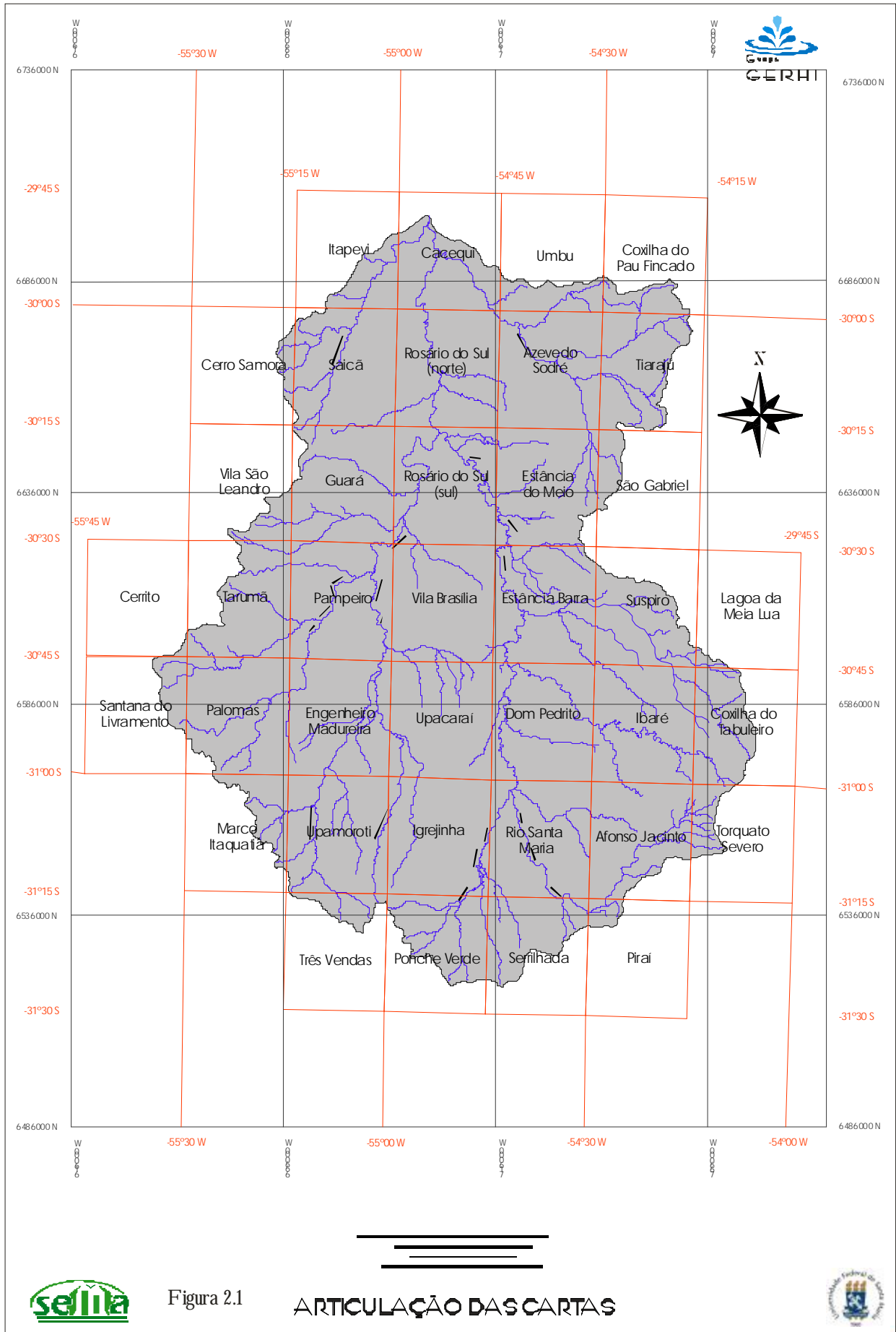


Figura 2.1

ARTICULAÇÃO DAS CARTAS



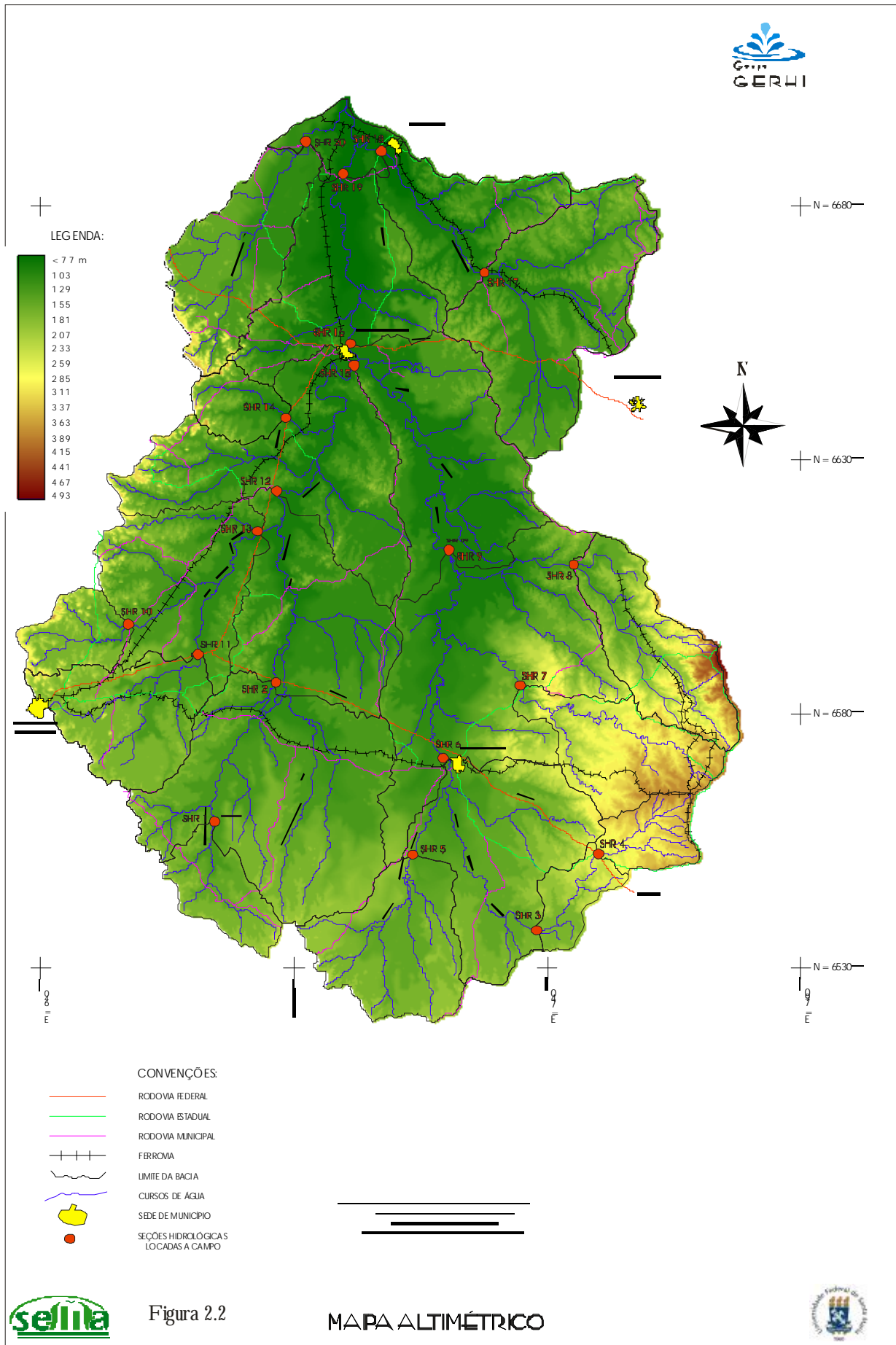


Figura 2.2



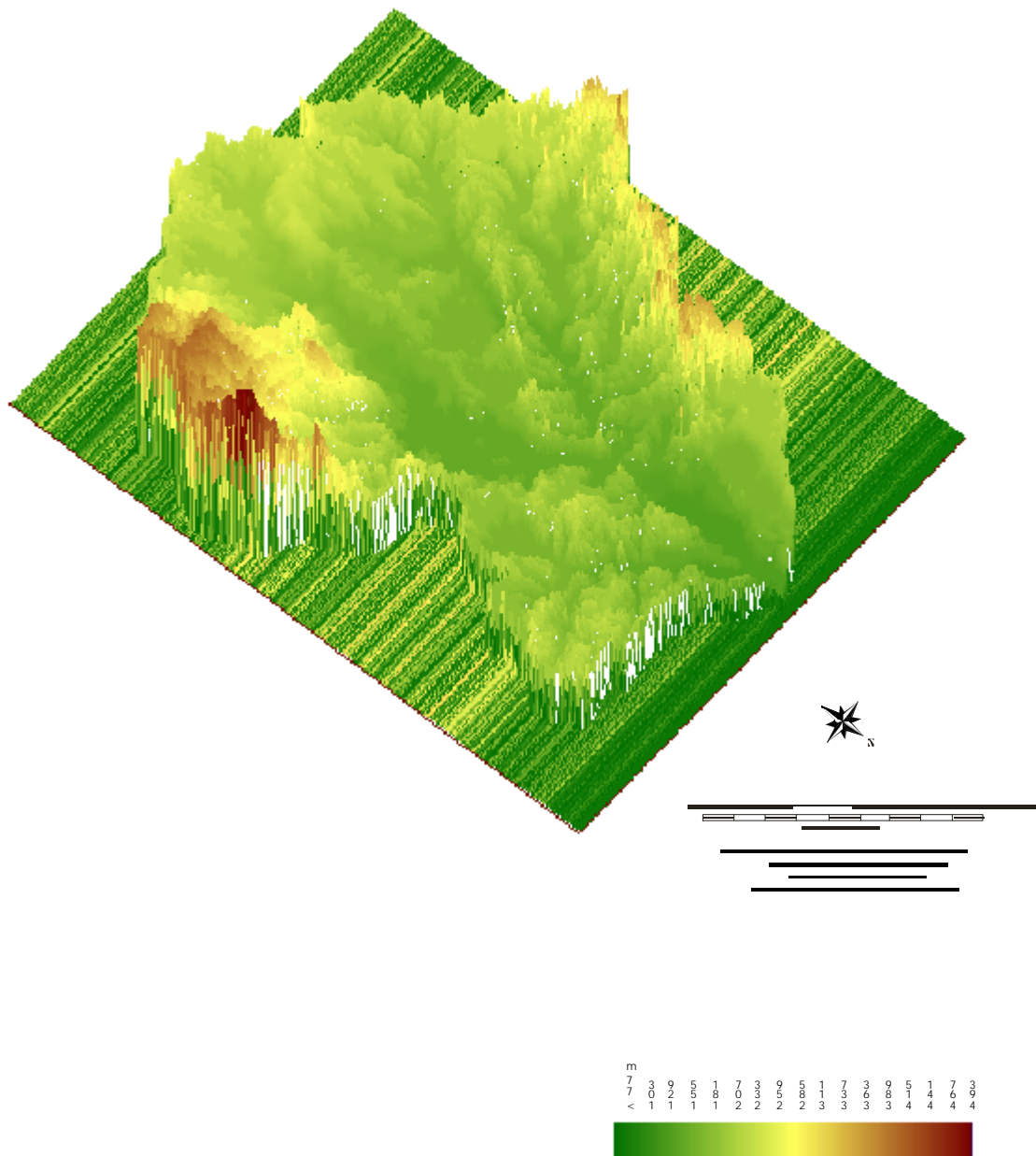
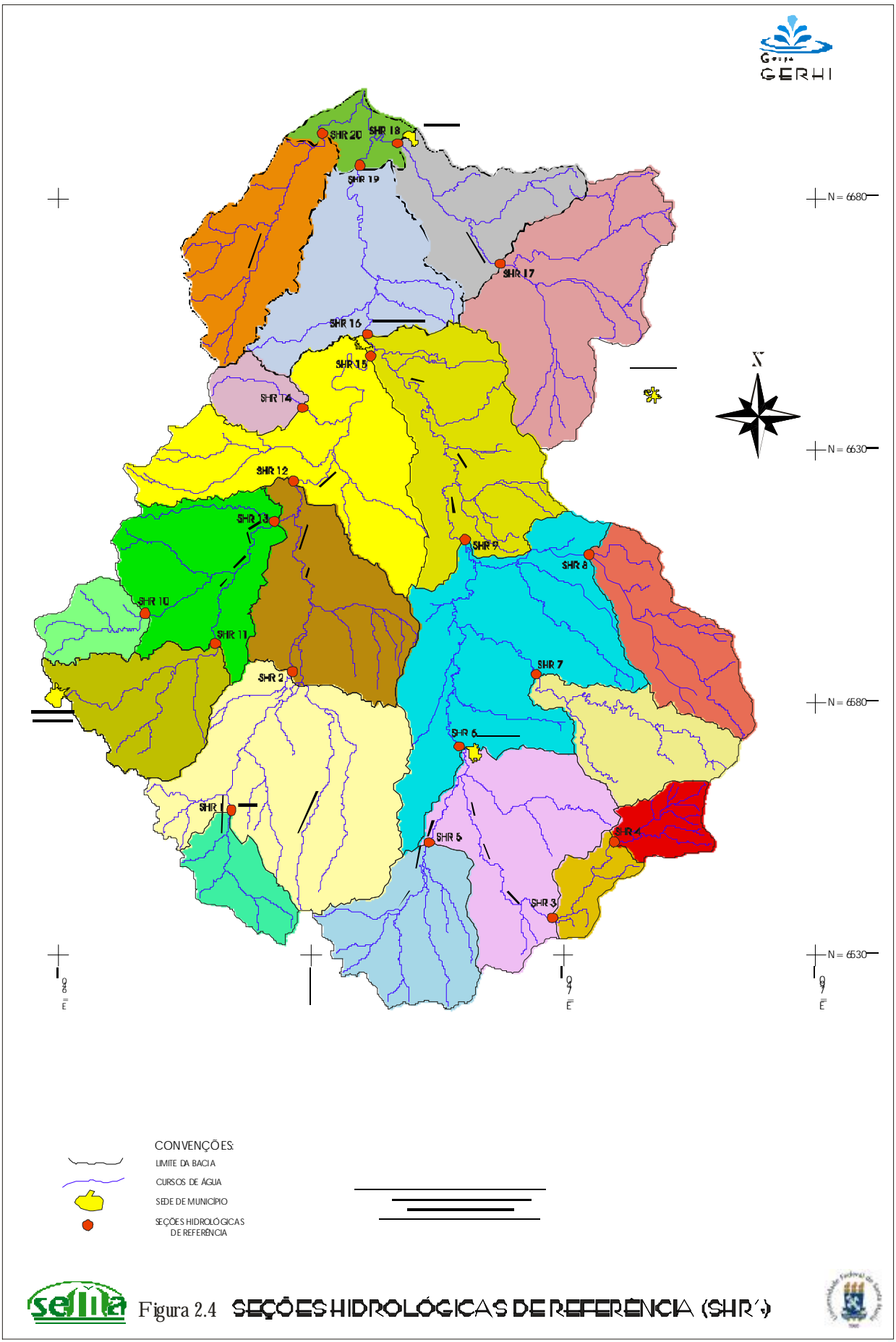
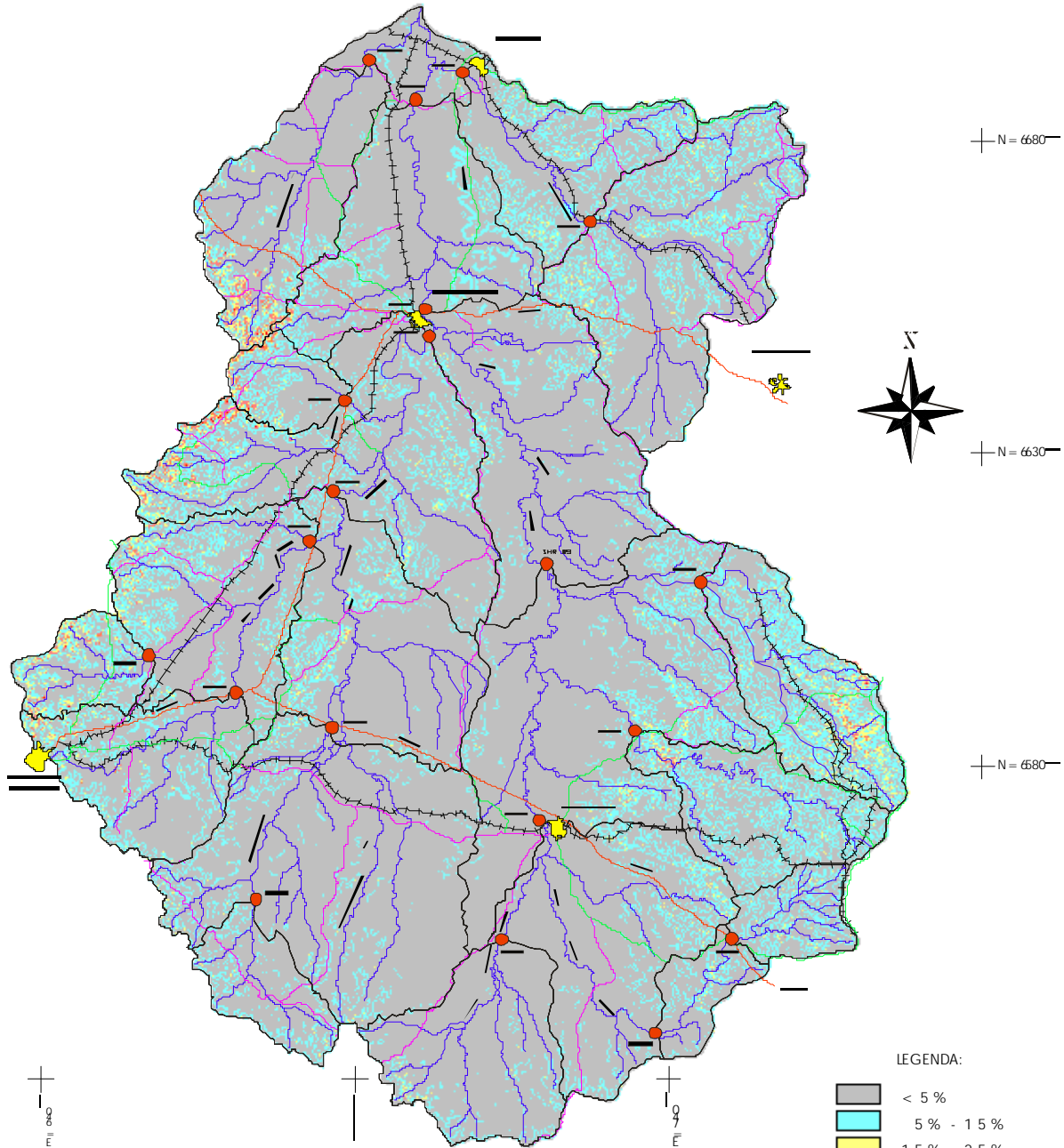


Figura 2.3

VISÃO ORTOGONAL DO MNT







LEGENDA:

	< 5 %
	5 % - 15 %
	15 % - 25 %
	25 % - 40 %
	40 % - 55 %
	> 55 %

CONVENÇÕES

- RODOVIA FEDERAL
- RODOVIA ESTADUAL
- RODOVIA MUNICIPAL
- - - FERROVIA
- | | | LIMITE DA BACIA
- CURSOS DE ÁGUA
- SEDE DE MUNICÍPIO
- SEÇÕES HIDROLÓGICAS LOCADAS A CAMPO



Figura 2.5

MAPA DE DECLIVIDADES



Tabela 2-2 Índices fisiográficos para a bacia do rio Santa Maria,RS.

SHR	RIO PRINCIPAL				BACIA DE CONTRIBUIÇÃO					
	DECLIVIDADE		COMPRIMENTO	CORDA	ÁREA	PERÍMETRO	DECLIVIDADE		ALTITUDE	
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO					MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMA	MÍNIMA
	%	%	m	m	Km ²	m	%	%	m	m
1	0,59	1,86	39526	28348	303,23	88740	2,07	3,19	254	140
2	0,50	1,63	82793	54212	1916,15	208231	1,39	2,45	254	120
3	2,06	4,63	57184	40506	415,32	115763	2,91	3,93	400	180
4	1,46	3,38	29541	21960	225,64	67754	3,48	4,18	400	260
5	1,12	1,84	45822	33364	700,18	123015	1,29	2,38	249	143
6	1,21	3,38	116681	48049	2116,67	249601	1,76	3,04	400	131
7	3,76	8,46	76790	41598	578,89	126207	3,87	4,58	406	160
8	2,93	6,49	62867	47148	638,10	129912	6,01	6,53	493	140
9	0,73	2,59	206335	68169	4971,61	355754	2,59	4,14	493	100
10	4,29	8,03	33072	21648	256,23	74723	5,84	7,94	387	140
11	1,56	4,28	55669	34133	640,95	129385	2,67	4,79	332	120
12	0,53	1,54	140623	91154	4540,92	326058	2,14	4,08	387	100
13	0,94	3,33	95406	53481	1719,54	205684	3,26	5,51	387	100
14	1,67	5,99	25243	18532	206,17	63428	5,18	8,54	360	100
15	0,39	1,35	196520	105435	5998,14	393131	2,46	4,81	387	100
16	0,51	2,20	293134	111497	12101,97	536399	2,40	4,38	493	99
17	0,96	2,80	51829	34072	1240,57	180696	2,58	3,94	220	100
18	0,79	2,51	90575	57447	1845,24	232343	2,69	3,95	220	80
19	0,45	2,05	341336	139749	13025,64	590673	2,32	4,42	493	80
20	1,72	4,48	61779	49487	720,40	144070	2,98	7,22	360	102
21	0,43	1,99	362649	152697	15797,30	671484	2,41	4,58	493	80

2.2 Definição dos trechos de gerenciamento

Os trechos de gerenciamento são definidos a partir de seções hidrológicas de referência (SHR). Conforme exposto no item 1.7.2, a localização das SHRs foi realizada a partir da definição prévia de critérios, da avaliação dos condicionantes de campo assim como da possibilidade de estabelecimento de rede de monitoramento contínuo. Nos itens a seguir são descritos os critérios utilizados, as análises realizadas a campo e os estudos relativos ao projeto de futura rede de monitoramento fluviométrico.

2.2.1 Critérios para definição das SHRs

Para a definição das Seções Hidrológicas de Referência (SHR) na bacia do rio Santa Maria, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- **CONDIÇÕES DE ACESSO:** Critério eliminatório. Mesmo que seja possível dar início ao processo de outorga com base na metodologia proposta com base na modelagem hidrológica, o estabelecimento de uma rede de monitoramento é fundamental para o aperfeiçoamento do processo, ou seja, deve-se estabelecer as SHRs de tal modo que possam ser transformadas em estações fluviométricas. A dificuldade de acesso e as enchentes tendem a eliminar a possibilidade de instalação de estações em inúmeras seções.
- **ÁREA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO:** Devem ser localizadas SHRs de tal modo que as áreas de contribuição não possuam uma grande variação.
- **CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE DO LEITO:** Devem ser consideradas as condições de estabilidade do leito, presença de vegetação, processos erosivos nas margens, presença de bancos de areia móveis e assoreamento intenso, trecho excessivamente meândrico, entre outros.

- **EXISTÊNCIA DE SEÇÕES ALTERNATIVAS:** Em condições de instabilidade do leito, a garantia de continuidade do monitoramento depende da existência de seções alternativas que permitam medições de vazão com as condições de controle necessárias a avaliação da disponibilidade hídrica nos trechos de gestão.
- **COINCIDÊNCIA COM ESTAÇÕES EXTINTAS E PROJETO DA REDE DA METADE SUL:** Os locais em que já existiram seções, em especial daquelas que não foram extintas devido a problemas relacionados à inconsistências na curva-chave, apresentam facilidades para a reativação (acesso, possibilidade de observador, etc.). As estações relacionadas na rede da Metade Sul otimizam os critérios adotados.
- **EXISTÊNCIA DE PROJETOS DE BARRAMENTOS:** As SHR's devem ser posicionadas de modo que não fiquem afogadas pelas barragens a serem construídas nem sujeitas ao remanso.
- **POSSIBILIDADE DE OBSERVADOR:** A fim de viabilizar a transformação das SHR's em estações fluviométricas, deve-se verificar as condições de acesso e a existência de residências próximas.
- **EXISTÊNCIA DE ATIVIDADES MINERÁRIAS:** As atividades de mineração provocam condições de instabilidade do leito, causando problemas na definição da curva-chave. Sugere-se a solicitação de bloqueio de novas concessões de minérios próximos às SHR's junto ao DNPM e negociação com os concessionários quando não for possível evitar áreas com licença de lavra.
- **PROPOSTA ANTERIOR:** levou-se em conta a distribuição das SHR's propostas pela DRH.

Foram definidas 20 SHRs, de acordo com o convênio, mas para estender o balanço hídrico até o exutório da bacia do rio Santa Maria, considerou-se um seção extra (21ª.) neste ponto. A tabela 2.3 identifica as 21 SHRs de trabalho. As 20 seções SHRs contratadas foram objeto de implantação quando da 1ª. Campanha de medições de vazão, mas sem as seções 01 e 09 não puderam sê-lo por impossibilidade de acesso. Assim, na tabela 2.3, apenas as coordenadas das SHRs 01 e 09 são aproximadas. A localização das 20 (vinte) SHRs pode ser visualizada na Figura 2.4.

Conforme estabelecido no planejamento inicial das atividades e de acordo com as orientações do DRH e FEPAM foram selecionados 08 pontos de amostragem para avaliar as variáveis de qualidade física, química e biológica da água e 03 pontos de amostragem para análises de agrotóxicos, cujo quadro-resumo, apresentando a localização, denominação do corpo de água, longitude e latitude estão apresentados nas Tabelas 2.4 e 2.5. A localização dos pontos de amostragem das variáveis de qualidade são apresentados na Figura 2.6. No Anexo 01 do Relatório Técnico 1 são apresentadas as fichas de caracterização dos pontos de coleta da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia.

Levantamentos de Campo

Foram elaboradas fichas descritivas dos locais de interesse e foco dos levantamentos de campo. Estas fichas são apresentadas no formato digital no Anexo 04 do Relatório Técnico 1. As fichas apresentam informações sobre a codificação de cada local para medições de vazão, para coleta de amostras para análise de qualidade de água e análise de agroquímicos. Também em formato digital encontram-se nos Anexos 5 e 6 do Relatório Técnico 1 respectivamente as tabelas das medições de vazão e os laudos das análises físico-químicas.

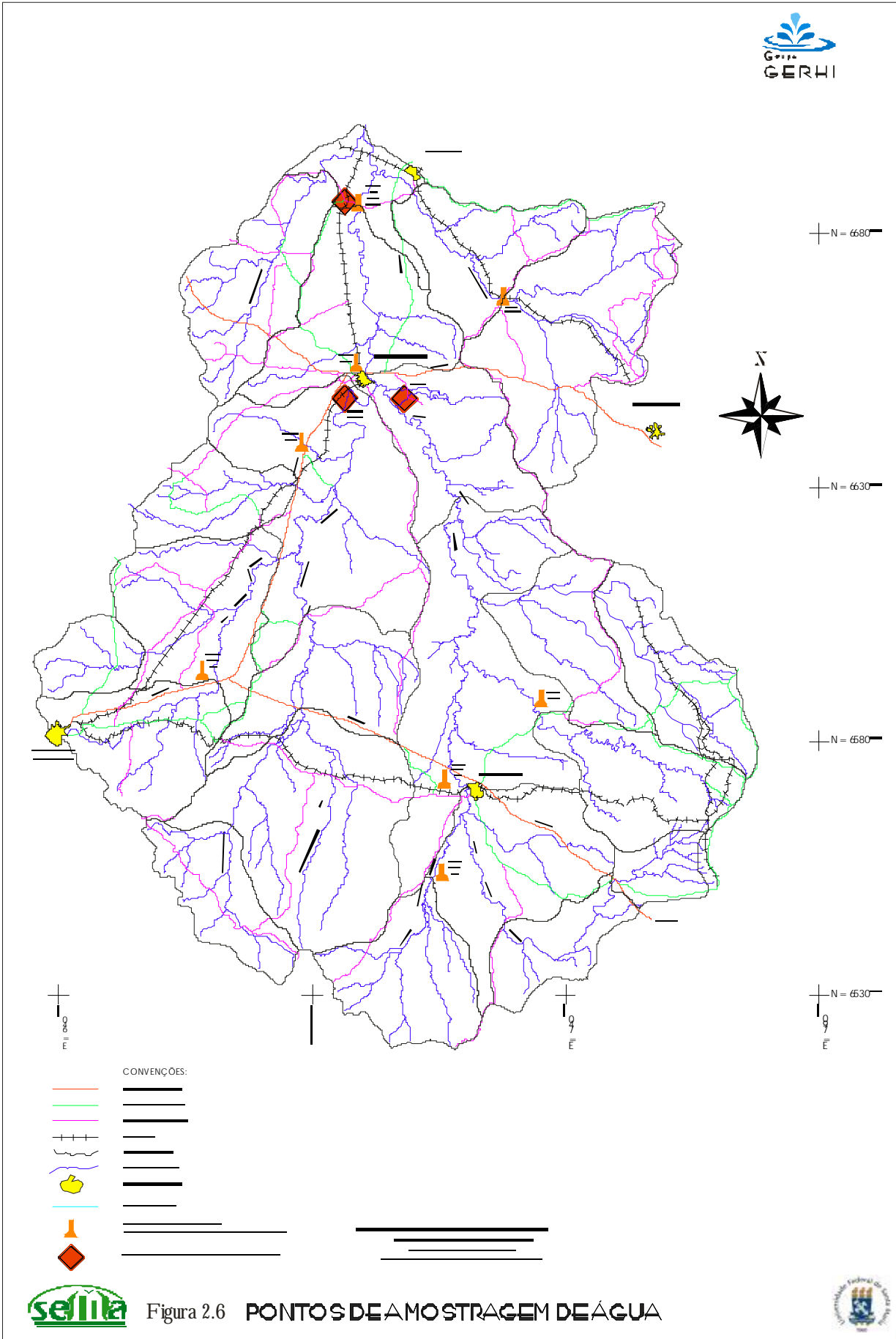


Tabela 2-3 Localização das SHR e área de influência do trecho

COORDENADAS		Área km ²	UTM		Geográficas SAD69	
Seção	Nome		X	Y	S	W
SHR 01*	PONTE DO UPAMAROTI	303,23	673868	6558410	31°05'42,62"	55°10'37,50"
SHR 02	PONTE DA BR 293	1.612,91	686394	6586453	30°50'25,28"	55°03'3,47"
SHR 03	PASSO BENTO RENGÓ	189,68	738425	6537095	31°16'33,48"	54°29'44,35"
SHR 04	PASSO DA FERRARIA	225,64	750049	6552243	31°08'13,19"	54°22'38,77"
SHR 05	FAZENDA TULÍPA	700,18	713644	6551932	31°08'49,23"	54°45'32,13"
SHR 06	DOM PEDRITO	1.001,17	720715	6571014	30°58'25,17"	54°41'20,28"
SHR 07	PASSO DO GUTERREZ	578,89	734874	6585021	30°50'40,73"	54°32'38,59"
SHR 08	PASSO DAS MERCÊS	638,10	745186	6609420	30°37'21,41"	54°26'31,69"
SHR 09*	PONTE BAETA E JACARÉ	1.637,95	720381	6612455	30°36'0,29"	54°42'4,93"
SHR 10	PONTE DA CRUZ	256,23	657665	6597808	30°44'31,59"	55°21'10,81"
SHR 11	PONTE DA FAXINA	640,95	671351	6592132	30°47'29,07"	55°12'32,92"
SHR 12	PONTE FARRAPOS	905,23	686150	6623500	30°30'22,64"	55°03'36,73"
SHR 13	PONTE CONCEIÇÃO	822,36	683588	6615750	30°34'35,68"	55°05'7,86"
SHR 14	PONTE DO SALSO	206,17	686250	6638500	30°22'15,57"	55°03'42,62"
SHR 15	PONTE IBICUI DA ARMADA	1.251,06	701723	6648264	30°16'49,63"	54°58'10,04"
SHR 16	ROSÁRIO DO SUL	1.132,22	700464	6652560	30°14'30,91"	54°55'00,08"
SHR 17	AZEVEDO SODRÉ	1.240,57	727510	6666980	30°06'25,66"	54°38'20,06"
SHR 18	PONTE NOVA	604,67	707300	6690979	29°53'49,00"	54°51'51,46"
SHR 19	PONTE DE MADEIRA	923,67	699698	6685745	29°56'33,95"	54°55'51,20"
SHR 20	PONTE SAICÃ	720,40	692580	6692582	29°52'56,05"	55°00'20,99"
SHR 21	EXUTÓRIO	206,03	700776	6701111	29°48'14,42"	54°55'21,36"

* - coordenadas aproximadas

Tabela 2-4 Localização dos pontos de coleta de amostras de água para análises físico-químicas

Ponto	Seção	Corpo de água	COORDENADAS SAD69			
			UTM		Geográficas	
			X	Y	X	Y
QA1	SHR 05	arroio Ponche Verde	713644	6551932	31°08'49,23"	54°45'32,13"
QA2	SHR 06	rio Santa Maria	720715	6571014	30°58'25,17"	54°41'20,28"
QA3	SHR 11	arroio Ibicuí-da-Faxina	671351	6592132	30°47'29,07"	55°12'32,92"
QA4	SHR 16	rio Santa Maria	700464	6652560	30°14'30,91"	54°55'00,08"
QA5	SHR 19	rio Santa Maria	699698	6685745	29°56'33,95"	54°55'51,20"
QA6	SHR 17	rio Cacequi	727510	6666980	30°06'25,66"	54°38'20,06"
QA7	SHR 12	rio Ibicuí-da-Armada	686150	6623500	30°30'22,64"	55°03'36,73"
QA8	SHR 07	arroio Taquarembó	734874	6585021	30°50'40,73"	54°32'38,59"

Tabela 2-5 Localização dos pontos de coleta de água para análises de agrotóxicos

Ponto	Seção	Corpo de água	COORDENADAS SAD69			
			UTM		Geográficas	
			X	Y	X	Y
AGR1	SHR 15	Rio Ibicuí-da-Armada	701723	6648264	30°16'49,63"	54°58'10,04"
AGR2	SHR 06	Rio Santa Maria	720715	6571014	30°58'25,17"	54°41'20,28"
AGR3	SHR 19	Rio Santa Maria	699698	6685745	29°56'33,95"	54°55'51,20"

2.2.2 Medições de vazão e coletas de amostras

A primeira campanha intensiva de medições de vazão nas Seções Hidrológicas de Referência (SHR's), prevista no Plano de Trabalho, foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2002, meses nos quais as demandas de água para irrigação na bacia do rio Santa Maria estavam sendo exercidas na sua plenitude. A campanha foi iniciada no dia 27 de janeiro de 2002, tendo sido concluída no dia 06 de fevereiro de 2002.

Em seqüência são brevemente descritos os locais onde foram instaladas as seções de medição de vazão. Em todas as seções de medição foram instalados referenciais de nível (RN) com cotas arbitrárias de forma a que a segunda campanha de medições seja realizada com as mesmas referências.

SHR 1 – no local previsto para esta seção (arroyo Upamaroti, na estrada velha entre Dom Pedrito e Santana do Livramento), não havia condições de acesso, tanto pela margem direita como pela margem esquerda. A estrada não é mais utilizada, estando interrompida por banhados e, inclusive, foram implantadas cercas cortando o antigo leito da estrada. Desta forma, não foi possível instalar esta seção.

SHR 2 – esta seção foi instalada no rio Ibicuí da Armada, junto à ponte da BR 293. Trata-se de um novo canal de escoamento do rio, resultante provavelmente, de entulhamento do antigo leito, o que forçou a busca de um novo traçado. Neste ponto, o rio escoava por um canal instável, devido à inexistência de mata ciliar. Do traçado pretérito do rio resta um braço morto, com mata ciliar bem desenvolvida. A seção de medição foi instalada à montante da ponte e antes da confluência de um canal. As medições de vazão foram efetuadas com auxílio de barco. O referencial de nível (RN) foi localizado junto à ombreira esquerda da ponte, tendo sido arbitrada a cota de 5,0 m.

SHR 3 – instalada no rio Santa Maria, no local denominado Passo do Bento Rengo. A ponte existente na travessia encontra-se em situação precária, tendo já cedido um de seus pilares. A seção de medição foi localizada junto à ponte. A primeira medição de vazão foi realizada a cerca de 10 m à montante da ponte (medição a vau). Na segunda medição, o rio tinha enchido, chegando à cota de 3,42 m. Durante a medição, o nível do rio Santa Maria estava em depleção. Nesta medição foi utilizada a própria ponte, na lateral voltada para montante. Na terceira medição de vazão, com nível mais baixo, utilizou-se novamente a técnica de medição de vazão a vau. O RN localiza-se na cabeceira da ponte (margem direita) e possui uma cota arbitrada de 4,00 m.

SHR 4 – esta seção foi instalada no Passo da Ferraria, situado no rio Santa Maria, na ponte da BR 293, entre as cidades de Dom Pedrito e Bagé. A seção de medição localiza-se à jusante da ponte, tendo a medição sido feita a vau. O RN está localizado no acesso ao rio, junto a uma calha de drenagem de águas da rodovia e possui uma cota arbitrada de 5,00 m.

SHR 5 - foi instalada no arroio Ponche Verde, na ponte de acesso à Estância Tulipa, a cerca de 25 km da sede do município de Dom Pedrito. O RN foi instalado na amurada do pontilhão e possui uma cota arbitrada de 3,00 m. A seção de medição utilizada na primeira campanha fica à montante e junto ao pontilhão. Devido às chuvas nas cabeceiras, o arroio elevou o seu nível e, na segunda campanha, foi efetuada medição com uso do barco, em ponto situado mais à montante. Nesta campanha também foi efetuada a medição de um pequeno canal na margem direita que desagua junto ao pontilhão. Na terceira campanha a medição foi efetuada na mesma seção utilizada na segunda. No entanto, não foi necessária a medição da vazão do canal, pois não havia escoamento.

SHR 6 - instalada no rio Santa Maria, junto à cidade de Dom Pedrito. Na primeira campanha, a medição foi efetuada à jusante da ponte (cerca de 50 m), onde as condições de escoamento mostraram-se favoráveis. O RN foi instalado em cima da sapata de um dos pilares da ponte, tendo sido arbitrada uma cota de 6,0 m. No intervalo entre a primeira e a segunda campanha choveu muito nas cabeceiras do rio Santa Maria, o que resultou em uma significativa elevação de nível. Devido ao alto nível, passou-se a efetuar as demais medições junto a uma olaria, onde existia uma estação fluviométrica operada pela CPRM, uma vez que é um local que apresenta condições mais adequadas para medição de vazões em cotas altas.

SHR 7 – foi instalada no rio Taquarembó, no local denominado Passo do Guterres. A seção foi localizada à jusante da ponte, em local onde preteritamente foi mantida uma seção de medição da CPRM. A seção utilizada na primeira e na terceira campanhas foi localizada junto à corredeira, à jusante da ponte, tendo as medições de vazão efetuadas a vau. Na segunda campanha foi utilizada uma seção situada a cerca

de 15 m à montante da ponte, em local apropriado para medição com uso de barco. O RN foi instalado no acesso da margem esquerda, próximo ao rio, com uma cota arbitrária de 3,00 m.

SHR 8 - está localizada na estrada São Gabriel - Dom Pedrito, no local chamado Passo das Mercês, que constitui um conjunto de três pontes sobre o rio Jaguari. Este posicionamento foi definido em função da impossibilidade de acesso a um ponto mais à jusante, conforme previsto em planta. A seção de medição foi instalada à cerca de 50 m à jusante da ponte principal e o RN foi instalado na entrada da ponte principal pela margem direita, junto a um marco rodoviário de quilometragem, tendo sido atribuída uma cota de 5,00 m.

SHR 9 - projetada para ser localizada entre as sangas da Baeta e do Jacaré, não pode ser instalada, uma vez que não foi possível localizar um acesso entre as sangas. Quando da visita, chovia muito na região, dificultando ainda mais o acesso. Na área somente foram localizadas fazendas que não possuem acesso ao rio.

SHR 10 - foi localizada na ponte da Cruz, no arroio da Cruz, em ponto situado à jusante do Passo dos Guedes, próximo a um cemitério. A estrada de acesso parte da BR 158, próximo a Santana do Livramento, passa pelo Passo dos Guedes, assim como pela vinícola Santa Colina conduzindo à vila Pampeiro. A seção de medição foi instalada à montante da ponte (30 m) e o RN foi situado na margem esquerda, logo abaixo do talude, tendo sido arbitrada uma cota de 3,00 m.

SHR 11 - foi localizada junto à ponte sobre o rio Ibicuí-da-Faxina, na BR 158, 3 km após o trevo com a BR 293, em direção à Santana do Livramento. A seção de medição foi instalada à cerca de 300 m à jusante da ponte, tendo as medições sido efetuadas a vau. O RN está junto a um poste da rede elétrica, após uma cerca, pela margem esquerda. Possui uma cota arbitrada de 5,00 m.

SHR 12 - na ponte Farrapos, sobre o rio Ibicuí-da-Armada, foi instalada a SHR 12. O acesso ao ponto se dá a partir da BR 158, 16 km após a ponte do Salso, em direção à Rosário do Sul, entrando à esquerda, onde existe uma tenda. A ponte localiza-se cerca de 1,5 km após. A seção de medição foi instalada na lateral da ponte orientada para montante e o RN foi localizado no talude de acesso à margem esquerda do rio, próximo a um pequeno acesso entre a estrada e uma área de acampamento. Foi arbitrada uma cota de 4,00 m. Este ponto foi deslocado para jusante do local previsto por possuir melhores condições de acesso em qualquer época do ano e por se situar em uma ponte, o que proporciona melhores condições para medições de vazão em períodos de cheia.

SHR 13 - foi instalada na ponte Conceição, sobre o rio Ibicuí-da-Cruz, na BR 158. Neste ponto existe uma draga que efetua retirada de areia, inclusive próximo dos pilares da ponte, comprometendo a estrutura da mesma. A seção de medição foi localizada à montante da ponte e todas as medições foram realizadas a vau. O acesso é fácil devido ao depósito de areia. O RN, com cota arbitrada de 6,00 m, localiza-se junto a um par de postes de sustentação de fios de energia junto ao depósito de areia.

SHR 14 - na BR 158, na ponte do Salso, sobre arroio de mesmo nome, foi instalada a SHR 14. Este ponto está situado cerca de 17,5 km do trevo com a BR 290, próximo a Rosário do Sul, em direção a Santana do Livramento. A seção de medição foi locada embaixo da ponte, na lateral voltada para jusante. O RN usado foi um marco da rede de fibra óptica, localizado logo depois da ponte, à esquerda junto ao asfalto em direção a Livramento (margem direita). Foi arbitrada uma cota de 8,00 m. Optou-se pelo arroio do Salso (em detrimento ao arroio Carrapicho), por apresentar melhores condições de acesso.

SHR 15 - foi instalada na ponte sobre o rio Ibicuí-da-Armada. O ponto localiza-se junto à ponte na estrada velha entre Rosário do Sul e Dom Pedrito, próximo à cidade de Rosário do Sul. A seção de medição utilizada foi instalada junto à ponte na lateral orientada para jusante. A referência de nível foi estabelecida de acordo com as réguas da CPRM ali existentes.

SHR 16 - em Rosário do Sul, na ponte da BR 290 sobre o rio Santa Maria, foi instalada a SHR 16. A seção de medição utilizada durante a primeira campanha de medição foi o lado de montante da ponte e as demais pelo lado de jusante. A referência de nível foi estabelecida de acordo com as réguas fluviométricas da CPRM. As chuvas ocorridas nas cabeceiras do rio Santa Maria durante o período de medição de vazões ocasionaram pequenas elevações do nível do rio Santa Maria nesta seção.

SHR 17 - esta seção foi instalada próxima a ponte velha sobre o rio Cacequi em Azevedo Sodré. No local existem as réguas da CPRM. O ponto da seção de medição está situado cerca de 60 m à jusante

da ponte velha e a cerca de 300 m à jusante da ponte nova. O RN foi posicionado em cima do barranco da margem esquerda, próximo da seção de medição, tendo sido arbitrada uma cota de 7,00 m. O acesso se faz pela granja do Sr. Darçan Arend.

SHR 18 - foi localizada na ponte nova, no rio Cacequi, da RS 640, próximo a cidade de Cacequi. O RN foi instalado no primeiro pilar da margem direita, no acesso ao rio. Foi arbitrada uma cota de 5,00 m. A seção de medição foi instalada a cerca de 60 m à jusante da ponte, tendo sido todas as medições efetuadas a vau. Durante a campanha o rio teve uma pequena elevação de nível.

SHR 19 - foi localizada na ponte de madeira sobre o rio Santa Maria, na estrada sem pavimentação que sai da RS 640, em trevo próximo à cidade de Cacequi, que conduz à vila de São Simão. A seção de medição foi situada na ponte de madeira, junto à lateral orientada para jusante. O RN está localizado atrás da placa comemorativa da reconstrução da ponte, na cabeceira da margem direita. Possui uma cota arbitrada de 5,00 m.

SHR 20 - situada sobre o arroio Saicã, na ponte de madeira, distando cerca de 8 km da vila de São Simão, em direção a Alegrete. A seção de medição está localizada cerca de 60 m à jusante da ponte. O RN está entre a seção de medição e a ponte, próximo ao rio, em um lugar alto, na margem esquerda. Foi arbitrada uma cota de 4,00 m. O rio encheu entre a primeira e a segunda medição, voltando a baixar por ocasião da terceira medição.

Entre as observações relevantes, salienta-se que entre a primeira e a segunda campanha de medições de vazão, ocorreram chuvas intensas na bacia (110 mm registrados nas proximidades da Estância Tulipa - SHR 5, arroio Ponche Verde), o que ocasionou uma elevação dos níveis dos afluentes e do próprio rio Santa Maria. Na sub-bacia do rio Ibicuí-da-Armada, as chuvas foram menos significativas, o que não ocasionou maiores transtornos nas medições de vazão ocorrentes nas seções localizadas nesta região.

A síntese das medidas efetuadas em cada uma das Seções Hidrológicas de Referência, no período de 28 de janeiro a 6 de fevereiro de 2002, é apresentada na Tabela 2.6.

2.2.3 Rede de monitoramento

O processo de emissão de outorgas de uso da água, pressupõe a necessidade da existência de mecanismos de controle e fiscalização do adequado cumprimento, por parte do ente outorgado, das condições estabelecidas no respectivo documento autorizativo do uso da água. Estes mecanismos podem ser divididos em “ações diretas de controle” e “ações de controle indireto”.

Dentre as primeiras (ações diretas de controle), pode-se destacar a fiscalização “in loco” do cumprimento das condições estabelecidas no documento de outorga (o que requer a existência de equipes técnicas de fiscalização, com permanente liberdade de mobilização) e o estabelecimento de canais de comunicação entre o órgão outorgante e os entes outorgados, de tal forma que o não cumprimento, por parte de um usuário, das condições estabelecidas no seu respectivo documento de outorga, resulte em prejuízo (e conseqüente denúncia) dos demais usuários outorgados.

Dentre as segundas (ações de controle indireto), cabe destacar o monitoramento hidrometeorológico, efetuado através de mecanismos de avaliação contínua da disponibilidade hídrica existente nos diferentes mananciais supridores das demandas outorgadas. Assim, define-se a necessidade da implantação de estações de monitoramento fluviométrico e pluviométrico, que dêem condições ao órgão outorgante de averiguar permanentemente o comportamento dos recursos hídricos sobre os quais são exercidas as demandas outorgadas.

No caso específico da bacia do rio Santa Maria, a rede de monitoramento atualmente existente, é insuficiente para um adequado controle do comportamento hidrológico dos recursos hídricos disponíveis. A Tabela 2.7 mostra as estações de monitoramento fluviométrico em operação na bacia.

Para a estação fluviométrica de Dom Pedrito ainda não foi possível estabelecer a relação cota-descarga, devido ao pequeno número de medições de vazão realizadas desde a sua instalação.

A Tabela 2.8 lista as estações fluviométricas extintas na bacia.

Tabela 2-6 Medições de vazão em ordem cronológica (campanha de jan/fev 2002)

N	SHR	Data	Q (m ³ /s)	q (l/s/km ²)	N	SHR	data	Q (m ³ /s)	q (l/s/km ²)
1	17	27/1/02 15:35	1,93	1,574	28	2	3/2/02 9:45	25,5	12,901
2	18	27/1/02 18:30	1,47	0,793	29	10	3/2/02 11:10	1,02	4,001 (2)
3	20	28/1/02 9:00	2,17	3,007 (1)	30	13	3/2/02 13:45	8,99	5,244 (2)
4	19	28/1/02 11:00	62,6	4,827 (1)	31	14	3/2/02 14:25	0,971	4,389 (2)
5	15	28/1/02 14:45	45,0	7,506 (1)	32	15	3/2/02 16:35	51,3	8,559
6	16	28/1/02 17:35	70,7	5,861 (1)	33	18	3/2/02 18:00	8,20	4,427 (2)
7	14	28/1/02 19:00	0,988	4,466 (1)	34	20	3/2/02 19:15	7,31	10,112
8	12	29/1/02 8:15	25,2	5,511 (1)	35	7	4/2/02 7:20	8,32	15,958
9	13	29/1/02 10:20	5,30	3,094 (1)	36	8	4/2/02 8:35	1,54	2,445 (2)
10	11	29/1/02 11:50	1,77	2,668 (1)	37	17	4/2/02 10:30	4,17	3,401 (2)
11	10	29/1/02 15:15	0,548	2,141 (1)	38	18	4/2/02 12:20	7,68	4,146 (2)
12	2	29/1/02 16:45	6,01	3,044 (1)	39	20	4/2/02 17:05	7,69	10,629
13	6	30/1/02 10:35	5,42	2,388 (1)	40	19	4/2/02 18:50	124,1	9,569
14	5	30/1/02 12:05	1,16	1,659 (1)	41	16	5/2/02 9:40	112,3	9,312
15	4	30/1/02 14:20	0,320	1,472 (1)	42	15	5/2/02 10:35	46,7	7,791
16	3	30/1/02 15:45	0,441	1,100 (1)	43	14	5/2/02 11:35	0,541	2,446 (2)
17	8	30/1/02 17:10	1,03	1,639 (1)	44	12	5/2/02 12:45	29,7	6,495
18	7	30/1/02 18:20	0,933	1,790 (1)	45	13	5/2/02 14:40	5,19	3,026 (2)
19	19	1/2/02 8:35	106,5	8,213 (2)	46	10	5/2/02 16:15	0,249	0,973
20	17	1/2/02 11:00	7,28	5,935 (2)	47	11	5/2/02 17:50	2,18	3,286
21	16	1/2/02 12:30	84,2	6,979 (2)	48	2	5/2/02 19:05	19,9	10,066
22	12	1/2/02 14:45	38,0	8,318 (2)	49	6	6/2/02 9:00	36,4	16,055
23	11	1/2/02 15:50	2,62	3,948 (2)	50	5	6/2/02 10:45	16,4	23,468
24	5	2/2/02 10:30	19,8	28,330	51	3	6/2/02 13:15	1,09	2,720 (2)
25	6	2/2/02 14:00	79,4	34,969	52	4	6/2/02 14:45	0,572	2,631 (2)
26	3	2/2/02 18:15	11,2	28,016	53	7	6/2/02 16:10	1,49	2,867 (2)
27	4	2/2/02 19:45	1,25	5,740 (2)	54	8	6/2/02 17:55	1,03	1,628 (2)

(1) primeira depleção

(2) segunda depleção

Tabela 2-7 Estações fluviométricas em operação na Bacia do rio Santa Maria

Código	Nome	Curso de água	Área (km ²)	Início de operação
76300000	Ponte Ibicuí da Armada	rio Ibicuí da Armada	6.005	Mai/1967
76310000	Rosário do Sul	rio Santa Maria	12.077	Mai/1967
76251000	Dom Pedrito	rio Santa Maria	2.101	Abr/2000

Fonte: Aneel. Inventário Fluviométrico.

Tabela 2-8 Estações fluviométricos extintas na Bacia do rio Santa Maria

Código	Nome	Curso de água	Área (km ²)	Início	Fim
76250000	Dom Pedrito	rio Santa Maria	2.101	Julho/1941	Jun/1979
76260000	Passo do Guterres	arroyo Taquarembó	577	Fev/1976	Jul/1989
76360001	Azevedo Sodré	rio Cacequi	1.220	Fev/1976	Abr/1987
76380000	Cacequi	rio Cacequi	1.826	Fev/1940	Ago/1989

Conforme anteriormente referido, a reduzida densidade de estações da rede de monitoramento existente, levou o Departamento de Recursos Hídricos a elaborar projeto de uma rede de monitoramento hidrometeorológico complementar para a Metade Sul do Estado, região na qual a bacia do rio Santa Maria está inserida.

Para o caso específico do apoio à instrução de processos de outorga de uso da água na bacia do rio Santa Maria, prevê-se também a instalação de estações de monitoramento fluviométrico junto aos exutórios das Seções Hidrológicas de Referência, de tal forma que seja possível, em um primeiro momento, a contínua avaliação das disponibilidades hídricas superficiais e, em decorrência, controlar de forma indireta o cumprimento das vazões outorgadas aos usuários localizados à montante das seções monitoradas.

2.3 Geração de séries sintéticas de vazões

As medições de vazão utilizadas no estudo foram coletadas na campanha de campo realizada entre 27 de janeiro e 06 de fevereiro de 2002. Foram 54 medições de vazão em 18 das sub-bacias delimitadas por SHRs. As vazões medidas e as correspondentes vazões específicas estão na Tabela 2.4, em ordem cronológica. A estratégia da campanha de campo, de três medições por SHR, procurou captar o regime hidrológico de depleção na bacia. Mesmo com a ocorrência de chuvas, que sempre podem acontecer em meio a campanhas, a despeito de previsões, a campanha realizada logrou em extrair informações hidrológicas de interesse. A análise realizada, com base na seqüência cronológica das vazões específicas, permitiu distinguir três grupos de vazões (Figura 2.7), dois referentes a processos de depleção regional (da bacia como um todo) e um terceiro, reunindo vazões de cheias parciais em locais isolados da bacia e outros casos, incluindo algumas poucas inconsistências. Isto significa que a campanha realizada conseguiu evidenciar a depleção regional na bacia e medir duas amostras desta depleção, as quais foram objeto de aplicação do método proposto. Os dados numéricos destas depleções estão sinalizados na Tabela 2.4.

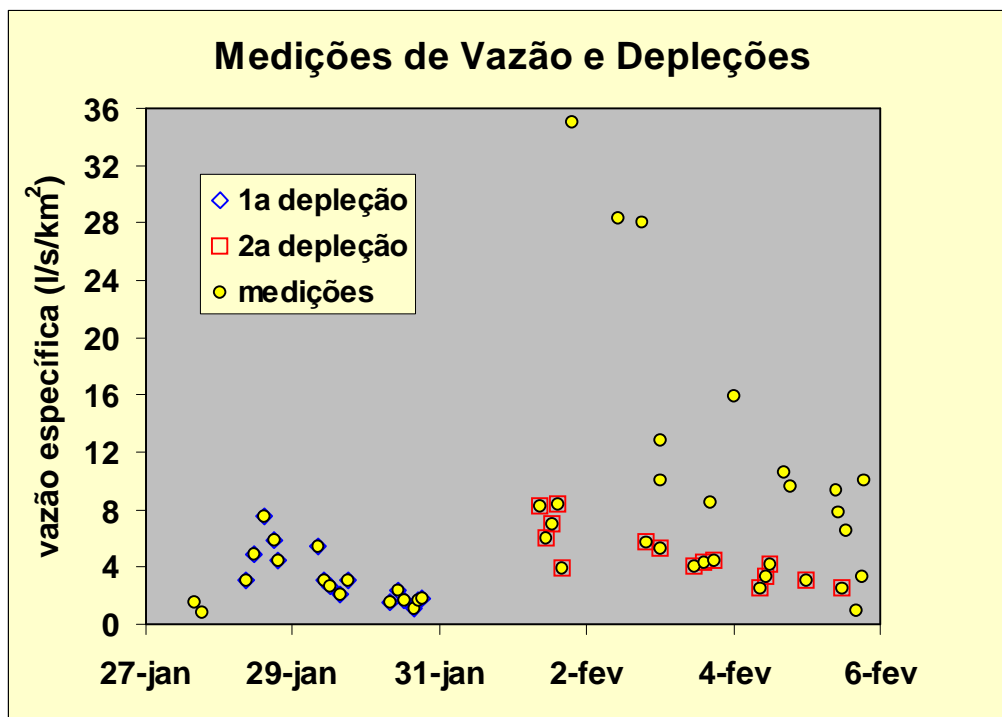


Figura 2-1 Medições de vazão e depleções

Colocando em prática a base teórica do item 1.7.3, os parâmetros obtidos por ajuste por mínimos quadrados às duas depleções selecionadas, com coeficiente de determinação médio foi de $R^2 = 0,73$.

Na Tabela 2.9 são apresentados os coeficientes de transposição obtidos que é o resultado final deste estudo específico para embasar a síntese de vazões referenciais. Estes coeficientes foram utilizados no item 2.5 de avaliação da disponibilidade quantitativa nas SHRs. A memória de cálculo pode ser encontrada no Relatório Técnico 1.

Com respeito aos dados disponíveis da rede fluviométrica oficial, as informações contidas na Tabela 2.8 esclarecem sobre a precariedade observacional da hidrologia da bacia do rio Santa Maria. Há apenas duas estações em operação e mesmo que as extintas estivessem operando ainda assim a cobertura espacial seria deficiente. De qualquer forma, para os propósitos deste relatório, haviam seis postos cujos conjuntos de medições de vazão poderiam ser utilizadas nas avaliações, mas a falta de concomitância na maioria das datas das vazões de estiagem, fez abandonar sua utilização como uma eventual referência de validação. Assim sendo, o presente estudo só pôde basear-se nas vazões das depleções identificadas na Figura 2.7

Este fator de transposição de vazões, o parâmetro k obtido com a amostra das medições, estabelece uma vinculação das vazões ao local, pois sintetiza a influência das particularidades da região que influem na formação dos escoamentos locais, que podem ser particularidades relativas a fatores pedológicos, geomorfológicos e antrópicos.

Tabela 2-9 Coeficientes de transposição de vazões para cada SHR com base na estação fluviométrica de Rosário do Sul

SHR	Base Rosário
1	0,0321
2	0,1718
3	0,0307
4	0,0179
5	0,0524
6	0,1549
7	0,0358
8	0,0394
9	0,4100
10	0,0145
11	0,0466
12	0,3799
13	0,1351
14	0,0153
15	0,5661
16	1,0000
17	0,0884
18	0,1483
19	1,1473
20	0,0509
21	1,3776

2.4 Avaliação da Qualidade da Água

As variáveis de qualidade da água foram determinadas a partir das coletas realizada em outubro/2003 (período sem irrigação) janeiro/2004 (período com irrigação), simultaneamente às medidas de descargas para possibilitar a determinação das cargas produzidas juntos as SHRs. Os procedimentos de coletas e preservação das amostras seguiram as recomendações estabelecidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995)*. Ressalta-se que as amostragens foram realizadas por coleta simples, sendo que os valores das variáveis representam a situação do momento da coleta.

As metodologias analíticas utilizadas estão especificadas nas Tabelas 1.4. As determinações analíticas foram realizadas pelo Laboratório de Saneamento Ambiental do Departamento de Hidráulica e Saneamento; Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais e Laboratório de Análises de Pesticidas do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Maria.

Os resultados das variáveis de qualidade físico-químicas e biológicas das oito SHRs selecionadas são apresentados na Tabela 2.10 e Tabela 2.11.

Tabela 2-10 Concentrações das variáveis de qualidade da água superficial na bacia do rio Santa Maria – Coleta 05-06/10/2003

PARÂMETRO	UNIDADE	QA1 SHR5	QA2 SHR6	QA3 SHR11	QA4 SHR16	QA5 SHR19	QA6 SHR17	QA7 SHR12	QA8 SHR 7	Padrões Conama Classe 2
Temperatura do ar	°C	20,0	22,0	23,0	27,0	22,0	27,0	24,5	20,5	-
Temperatura da água	°C	20,2	21,9	21,5	22,8	23,0	24,0	22,0	21,9	-
Turbidez	NTU	286,3	120,1	26,1	98,9	78,4	40,9	47,1	14,0	100
PH	-	6,97	7,08	7,03	7,25	7,07	6,60	7,04	7,62	6 a 9
Condutividade elétrica	ms/cm	0,153	0,169	0,068	0,095	0,092	0,053	0,076	0,146	-
Oxigênio dissolvido	mg/L	5,22	5,39	8,10	7,19	6,19	6,75	8,46	7,89	>5
Oxigênio dissolvido	% saturação	60	64	95	86	75	83	100	95	-
Sólidos totais	mg/L	183,8	239,3	77,5	109,0	114,4	62,6	87,2	150,4	-
Sólidos suspensos	mg/L	32,0	70,3	8,5	14,0	22,4	10,6	11,2	4,4	-
Sólidos dissolvidos	mg/L	151,8	169,0	69,0	95,0	92,0	52,0	76,0	146,0	500
DQO	mg/l	34,34	28,28	12,12	19,39	15,82	18,36	15,82	8,16	-
DBO ₅	mg/L	8,54	11,97	3,51	4,07	4,78	4,16	3,45	2,98	5
Óleos e graxas	mg/L	55,2	32,7	5,9	28,2	34,8	39,4	35,8	9,0	VA
Fluoreto	mg/L-F ⁻	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19	1,4
Cloreto	mg/L-Cl ⁻	0,85	2,72	2,38	1,02	0,85	0,51	1,19	0,34	250
Nitrito	mg/L-NO ₂ ⁻	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	3,3*
Nitrato	mg/L-NO ₃ ⁻	0,48	0,65	0,66	0,28	0,3	<0,18	0,24	<0,18	44,3*
Fosfato	mg/L-PO ₄ ³⁻	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,0766*
Sulfato	mg/L-SO ₄ ²⁻	6,17	2,98	<0,96	1,18	1,03	<0,96	<0,96	<0,96	250
Ferro Total	mg/L	1,31	1,81	0,68	1,02	2,10	1,60	1,08	0,59	0,3
Alumínio Total	mg/L	0,31	0,20	0,23	0,40	0,22	0,15	0,26	0,05	0,1
Cálcio Total	mg/L	18,4	15,2	4,3	8,7	15,1	10,5	7,7	12,4	-
Magnésio Total	mg/L	2,5	4,9	0,8	2,0	2,8	1,7	1,2	5,4	-
Sódio Total	mg/L	9,2	9,5	1,6	4,1	4,8	3,2	2,5	8,8	-
Cádmio Total	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1*
Zinco Total	µg/L	31,1	50,1	23,2	26,0	<1,0	<1,0	5,0	20,4	180*
Mercúrio Total	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2*
Cobre Total	µg/L	11,7	64,0	5,8	53,3	15,0	20,5	<0,5	9,2	20*
Coliformes Totais	NMP	4093	1,99x10 ⁶	2400	24200	17328	1785	2613	1553	5000
Coliformes fecais	NMP	825	5,8x10 ⁵	435	382	201	345	259	153	1000

* valores dos padrões adaptados às unidade das concentrações

Variáveis fora dos limites de enquadramento da classe 2

Tabela 2-11 Concentrações das variáveis de qualidade da água superficial na bacia do rio Santa Maria – Coleta 08-09/01/2004

PARÂMETRO	UNIDADE	QA1 SHR5	QA2 SHR6	QA3 SHR11	QA4 SHR16	QA5 SHR19	QA6 SHR17	QA7 SHR12	QA8 SHR 7	Padrões Conama Classe 2
Temperatura do ar	°C	28,0	27,2	31,8	26,2	30,3	25,6	36,2	27,1	-
Temperatura da água	°C	29,0	28,4	27,3	27,6	29,5	26,6	29,8	26,2	-
Turbidez	NTU	52,71	38,56	22,08	32,34	27,52	26,28	32,97	11,51	100
pH	-	7,15	6,95	6,84	7,09	7,31	6,70	6,96	7,80	6 a 9
Condutividade elétrica	ms/cm	0,140	0,151	0,070	0,061	0,075	0,053	0,071	0,123	-
Oxigênio dissolvido	mg/L	3,72	3,52	5,90	5,36	5,83	5,16	5,85	6,38	>5
Oxigênio dissolvido	% saturação	49,18	46,17	76,10	69,49	77,68	65,89	78,26	82,56	-
Sólidos totais	mg/L	165,6	176,8	85,4	89,8	96,0	68,3	91,2	129,6	-
Sólidos suspensos	mg/L	25,6	25,8	14,4	26,8	26,0	14,3	20,2	4,6	-
Sólidos dissolvidos	mg/L	140,0	151,0	71,0	63,0	74,0	54,0	71,0	125,0	500
DQO	mg/l	34,76	23,81	19,52	29,52	20,00	17,61	19,05	5,71	-
DBO ₅	mg/L	5,37	3,92	2,72	5,08	4,15	2,28	3,05	1,18	5
Óleos e graxas	mg/L	15,0	20,6	3,0	7,4	4,4	5,4	21,6	17,2	VA
Fluoreto	mg/L-F ⁻	0,092	0,278	0,102	0,176	0,218	0,11	0,141	0,354	1,4
Cloreto	mg/L-Cl ⁻	0,34	3,06	3,4	0,51	0,85	0,17	0,34	0,68	250
Nitrito	mg/L-NO ₂ ⁻	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	<0,046	3,3*
Nitrato	mg/L-NO ₃ ⁻	0,435	0,178	0,676	0,449	<0,03	0,153	0,092	0,419	44,3*
Fosfato	mg/L-PO ₄ ³⁻	0,185	0,157	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,0766*
Sulfato	mg/L-SO ₄ ²⁻	3,45	3,27	0,68	0,91	1,07	0,28	0,76	0,56	250
Ferro Total	mg/L	0,92	0,52	0,80	0,60	0,60	1,00	0,50	0,44	0,3
Alumínio Total	mg/L	0,28	0,28	0,14	0,21	0,22	0,20	0,24	0,24	0,1
Cálcio Total	mg/L	26,0	20,7	11,1	9,2	10,6	8,7	12,4	16,1	-
Magnésio Total	mg/L	2,8	3,6	1,9	1,7	2,1	1,5	1,6	5,0	-
Sódio Total	mg/L	10,4	11,1	3,5	3,1	4,1	2,3	3,4	8,2	-
Cádmio Total	µg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1*
Zinco Total	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	180*
Mercúrio Total	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2*
Cobre Total	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	20*
Coliformes Totais	NMP	6488	77650	4840	24192	3683	2980	3255	3433	5000
Coliformes fecais	NMP	428	18200	66	1421	165	62	97	73	1000

* valores dos padrões adaptados às unidade das concentrações

 Variáveis fora dos limites de enquadramento da classe 2

2.4.1 Interpretação dos resultados de qualidade da água na bacia do rio Santa Maria.

Na avaliação dos aspectos qualitativos dos recursos hídricos, deve-se levar em consideração a representatividade dos valores das variáveis de qualidade, tendo em vista que esses valores apresentam uma situação momentânea desta qualidade. Ressalta-se que as duas campanhas realizadas (outubro/2003 e janeiro/2004) apresentaram resultados semelhantes. Entretanto, a ausência de dados históricos de qualidade das águas na bacia do rio Santa Maria, impossibilita uma avaliação comparativa da situação, sendo apenas um indicativo da situação atual.

Avaliando as variáveis de qualidade frente aos padrões de enquadramento CONAMA N° 20/86, constata-se que apenas os pontos de amostragem referentes às seções hidrológicas de referência SHR 5 (QA1), SHR 6 (QA2) e SHR16 (QA4) apresentam não conformidade significativa frente aos limites fixados para águas da Classe 2, em especial para as variáveis: oxigênio dissolvido, fosfato, DBO_{5,20} e

coliformes fecais.

Na campanha de qualidade realizada em outubro/2003 todas as SHR's apresentaram teores de oxigênio dissolvido acima do limite de 5 mg/L. Entretanto, na campanha realizada em janeiro/2003, as seções SHR 5(QA1) e SHR 6(QA2) apresentaram concentração de oxigênio dissolvido de 3,7 mg/L e 3,52 mg/L, respectivamente. Essas variações observadas podem estar relacionadas às condições climáticas do período, apresentando temperaturas mais elevadas e conseqüentemente uma menor capacidade de dissolução de oxigênio no meio líquido. Ressalta-se que na campanha de janeiro/2004, todas as SHR's apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores aos valores da campanha de outubro/2003.

Os valores de turbidez da campanha realizada em janeiro/2004 foram inferiores aos observados na campanha de outubro/2003. Essa melhor situação observada, em especial para as SHR 5 (QA1) e SHR6 (QA2), pode estar relacionada ao maior escoamento observado na campanha de outubro/2003, promovendo um maior arraste de partículas da área de entorno dos pontos de amostragem. Ressalta-se que em outubro/2003, grande parte do solo encontrava-se descoberto para o início das atividades de plantio, sendo que em janeiro/2004 observou-se cobertura vegetal das culturas plantadas. Este fato pode justificar também os elevados teores de fosfato observados nestas duas seções, que pode ser conseqüência dos insumos comumente utilizados como fertilizante.

Na duas campanhas, os teores de ferro total e alumínio total apresentaram valores superiores aos limites de enquadramento em todas as SHR's. Deve-se levar em consideração que os elevados valores das concentrações encontradas para esses metais podem estar relacionadas às características geológicas da região, a qual apresenta em sua constituição, rochas silicatadas aluminosas e ferruginosas e em algumas extensão, manganíferas. Associados ao manejo inadequado do solo, que favorece os processos erosivos, estes constituintes podem ser carregados para os corpos hídricos, justificando assim os elevados teores encontrados.

A seguir será realizada a interpretação individualizada das SHRs (5, 6 e 16) que apresentaram limites de concentrações acima dos padrões de qualidade estabelecida para classe 2, enfatizando os principais fatores que influenciam as características de qualidade observadas.

SHR5 (QA1)

A maioria das variáveis de qualidade da água apresentou níveis de concentrações que atendem os requisitos de qualidade para águas da classe 2. Os elevados teores de $DBO_{5,20}$ pode estar relacionados com as áreas de banhados a montante (Banhado Ponche Verde), que contribuem com o aporte de matéria orgânica coloidal, levando ao consumo de oxigênio dissolvido no meio e ao mesmo tempo promovendo uma inibição dos processos fotossintéticos para formação de oxigênio. O elevado teor de fosfato pode estar relacionado ao carregamento de insumos utilizados nas culturas plantadas presentes na ocasião da coleta.

SHR 6 (QA2)

A qualidade da água na SHR6 reflete o impacto da ocupação urbana (Dom Pedrito) na área de entorno. Entretanto, o baixo valor de $DBO_{5,20}$ observado na campanha de janeiro/2004 (3,92 mg/L) quando comparado ao da campanha de outubro/2003 (11,97 mg/L) pode estar relacionado a não efetiva mistura das cargas provenientes da área urbana da cidade. Durante a campanha de janeiro/2004 a calha do rio ocupava uma pequena parte da área de inundação, enquanto que em outubro/2003 o escoamento foi observado em parte significativa desta área. Desta forma, as principais contribuições de cargas poluidoras provenientes da área urbana (margem direita do rio) podem não ter sido efetivamente misturadas no fluxo do escoamento no ponto de coleta da amostra. O grande número de coliformes fecais presentes na água é um indicativo da poluição por despejos domésticos, situação observada nas duas campanha realizadas. O elevado valor de fosfato pode estar relacionado aos insumos utilizados nas culturas plantadas na área de entorno, principalmente à montante, como observado na análise da SHR5 (QA6).

SHR 6 (QA16)

A maioria das variáveis de qualidade da água apresentou níveis de concentrações que atendem os requisitos de qualidade para águas da classe 2. Apesar da $DBO_{5,20}$ e coliformes fecais apresentarem valores de concentração pouco acima do limite para atender ao requisito de qualidade para a classe 2, verifica-se que é preocupante a situação encontrada frente aos usos preponderantes deste corpo hídrico.

que tem a juzante do ponto de amostragem um importante balneário. A situação encontrada, tende-se a se agravar com o período de estiagem, coincidindo ainda com a maior demanda de lazer no período (janeiro e fevereiro). As principais variáveis que promovem a degradação da qualidade das águas nesta área está seguramente relacionada ao aporte de esgotos sanitários de origem doméstica.

Quanto aos aspectos da qualidade da água voltada para a irrigação, foram feitas algumas interpretações específicas baseadas no índice de adsorção de sódio (RAS), equação 2.1. Nesta equação os valores de concentração em mg/L devem ser transformados para meq/L. Os resultados dos cálculos podem ser visualizados na Tabela 2.12 e Tabela 2.13 para as campanhas de outubro/2003 e janeiro/2004, respectivamente.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2.1)$$

De acordo com esta tabela, nota-se que todos os valores estimados através da relação de adsorção de sódio (RAS) foram baixos, variando entre 0,19 até 0,54 e que associados à condutividade elétrica fornecem classes de água do tipo C1-S1, ou seja, águas de salinidade baixa e com teor baixo de sódio. Frente às observações quanto aos aspectos de salinidade, as águas da bacia do rio Santa Maria apresentam qualidade desejada para fins de irrigação. Os resultados das duas campanhas apresentaram resultados semelhantes, onde as águas também foram classificadas como C1-S1.

Tabela 2-12 Qualidade de águas para irrigação em função dos teores de sódio – Campanha realizada em outubro/2003

Ponto Coletas	Ca ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ meq/L	Na ⁺ mg/L	Na ⁺ meq/L	Mg ²⁺ /Ca ²⁺ meq/L	RAS	CE µs/cm
QA1	18,4	0,92	2,5	0,21	9,2	0,40	0,22	0,53	153
QA2	15,2	0,76	4,9	0,40	9,5	0,41	0,53	0,54	169
QA3	4,3	0,21	0,8	0,07	1,6	0,07	0,31	0,19	68
QA4	8,7	0,43	2	0,16	4,1	0,18	0,38	0,33	95
QA5	15,1	0,75	2,8	0,23	4,8	0,21	0,31	0,30	92
QA6	10,5	0,52	1,7	0,14	3,2	0,14	0,27	0,24	53
QA7	7,7	0,38	1,2	0,10	2,5	0,11	0,26	0,22	76
QA8	12,4	0,62	5,4	0,44	8,8	0,38	0,72	0,53	146

Tabela 2-13 Qualidade de águas para irrigação em função dos teores de sódio – Campanha realizada em janeiro/2004

Ponto Coletas	Ca ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ meq/L	Mg ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ meq/L	Na ⁺ mg/L	Na ⁺ meq/L	Mg ²⁺ /Ca ²⁺ meq/L	RAS	CE µs/cm
QA1	26,0	1,30	2,8	0,23	10,4	0,45	0,18	0,52	140
QA2	20,7	1,03	3,6	0,30	11,1	0,48	0,29	0,59	151
QA3	11,1	0,55	1,9	0,16	3,5	0,15	0,28	0,26	70
QA4	9,2	0,46	1,7	0,14	3,1	0,13	0,30	0,25	61
QA5	10,6	0,53	2,1	0,17	4,1	0,18	0,33	0,30	75
QA6	8,7	0,43	1,5	0,12	2,3	0,10	0,28	0,19	53
QA7	12,4	0,62	1,6	0,13	3,4	0,15	0,21	0,24	71
QA8	16,1	0,80	5,0	0,41	8,2	0,36	0,51	0,46	123

OBS: Dados de acordo com o *United States Salinity Laboratory (U.S.S.L.)*.

Os resultados das análises dos agrotóxicos (pesticidas), das campanhas realizadas em fevereiro/2002, dezembro de 2003 e janeiro de 2004 são apresentados nas Tabelas 2.14 a 2.16, respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos nas campanhas de coletas e de acordo com Zanella et al. (2001), a maioria dos valores obtidos para pesticidas, encontram-se bem abaixo da faixa de concentração máxima estabelecida de 3µg/L (ppb) para a maioria das agências de proteção ambiental, exceto a o Clomazone (campanha fevereiro/2002) que apresentou valor de 3,40 µg/L.

É importante salientar que os princípios ativos dos agrotóxicos utilizados possuem baixa estabilidade química, ocorrendo transformações metabólicas em curto intervalo de tempo, levando a formação dos chamados metabólitos, os quais não podem ser detectados pelas metodologia analíticas disponíveis. A grande afinidade química dos princípios ativos dos agrotóxicos por partículas sólidas de elevada área superficial, tais como argila e humus, leva a formação de complexos do tipo: partícula sólida-princípios ativos, imobilizando-os nos substratos sólidos, podendo assim permanecerem no sistema natural concentrados nos sedimentos e/ou no solo. A escassa bibliografia de estudos sobre as rotas metabólicas dos princípios ativos dos agrotóxicos em nosso sistema natural induz a necessidade de uma avaliação cuidadosa dos resultados das concentrações presentes nas amostras de águas coletadas nas campanhas realizada. Sabe-se que alguns metabólitos formados possuem toxicidade mais elevadas do que as formas originais dos princípios ativos.

Tabela 2-14 Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha fev/2002

Amostra	Clomazone	Bentazone	Quinlorac	Metsulfuron Metílico	Propanil	2,4-D
Concentrações em µg/L (ppb).						
AGR1	2,62	0,34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
AGR2	3,40	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
AGR3	1,86	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela 2-15 Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha 03/12/2003

Amostra	Clomazone	Bentazone	Quinlorac	Metsulfuron Metílico	Propanil	2,4-D
Concentrações em µg/L (ppb).						
AGR1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
AGR2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
AGR3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabela 2-16 Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha 22/01/2004

Amostra	Clomazone	Bentazone	Quinlorac	Metsulfuron Metílico	Propanil	2,4-D
Concentrações em µg/L (ppb).						
AGR1	< 0,1	< 0,08	< 0,08	< 0,1	< 0,08	< 0,1
AGR2	< 0,1	< 0,08	< 0,08	< 0,1	< 0,08	< 0,1
AGR3	< 0,1	< 0,08	< 0,08	< 0,1	< 0,1	< 0,1

2.4.2 Considerações da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Santa Maria

O cenário de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria exposto não deve ser tomado como uma situação absoluta, apenas um indicativo da qualidade existente. Entretanto, deve-se ressaltar que apenas com o estabelecimento de um programa de monitoramento operacional é possível avaliar de forma segura os aspectos de qualidade das águas para a bacia hidrográfica.

Recomenda-se que, a partir desta, seja estabelecido um programa continuado de avaliação da qualidade das águas na bacia em campanhas com frequência mínima trimestral. Esta rotina, uma vez estabelecida, permitirá a conformação de uma série temporal de dados que sustentará análises estatísticas que permitem, ao longo do tempo, avaliar e acompanhar a situação das águas na bacia permitindo ainda, em última instância, uma avaliação de suas condições ambientais.

2.5 Avaliação da disponibilidade hídrica Marco Zero

A disponibilidade constitui-se na disponibilidade quali-quantitativa da bacia, dado que a mesma oferta hídrica é o suporte tanto para retiradas de água para usos consuntivos como para diluição de

poluentes, sendo que os usos consuntivos são concorrentes dos usuários de qualidade da água. Assim, a disponibilidade hídrica para finalidade qualitativa, constitui-se em uma parcela da disponibilidade hídrica (quantitativa) que deve ficar corrente no curso d'água (instream flow) para atender as necessidades volumétricas de diluição. Portanto, a disponibilidade calculada, neste item, representa a **Disponibilidade Quali-quantitativa** para a finalidade de outorga de uso das águas.

A disponibilidade hídrica obtida a partir dos dados de Rosário do Sul, traz embutidas as demandas à montante desta estação, já que durante o monitoramento sistemático, os níveis observados representam a sobra de água após as retiradas para os usos consuntivos na bacia, majoritariamente para consumo de lavoura orizícola. Desta forma, os valores de vazão representam a vazão remanescente após o uso consuntivo. Assim, de acordo com o método adotado neste trabalho e descrito no item 1.7.8, a disponibilidade hídrica obtida consiste na **Disponibilidade Marco Zero** (Silveira *et al.*, 1998; Cruz *et al.*, 1999; Cruz, 2001).

A disponibilidade hídrica foi caracterizada com base nas curvas de permanência sazonais (período mensal) determinadas com o critério ano a ano item (1.7.4), para a estação de Rosário do Sul (SHR16). Para os dados da estação de Rosário do Sul, foram calculadas as curvas de permanência de cada mês, ano a ano, e depois calculadas a curva média e as curvas limites do intervalo de confiança de 90%. Essas curvas podem ser interpretadas como:

curva superior do intervalo de confiança de 90%: significa que apenas 5% dos anos a curva de permanência terá vazões superiores. Curva possível em anos úmidos como acontece em anos de “el niño”;

curva média: valor esperado para as vazões de permanência em um ano qualquer. Representa o que acontece nos anos de umidade média;

curva inferior do intervalo de confiança de 90%: significa que apenas 5% dos anos a curva de permanência terá vazões inferiores. Curva possível em anos de estiagem.

As vazões características de interesse foram determinadas para as demais SHRs, com a utilização do fator regional “k” (tabela 2.9), o qual foi determinado para cada SHR a partir de uma regionalização ancorada nas medições de vazão realizadas em fevereiro.

A disponibilidade hídrica para todas as seções da bacia do rio Santa Maria, baseada no critério da vazão de referência ancorada na vazão de permanência de 90%, para cada mês do ano, para anos de umidade média, anos secos e anos úmidos, podem ser visualizados nas tabelas e figuras a seguir:

Tabela 2-17 Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m³/s): anos secos

Shr	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SHR1	0,24	0,54	0,61	1,29	1,77	2,10	3,05	1,32	1,27	1,36	0,99	0,36
SHR2	1,29	2,91	3,28	6,89	9,49	11,22	16,35	7,06	6,79	7,25	5,32	1,90
SHR3	0,23	0,52	0,59	1,23	1,70	2,00	2,92	1,26	1,21	1,30	0,95	0,34
SHR4	0,13	0,30	0,34	0,72	0,99	1,17	1,70	0,74	0,71	0,76	0,55	0,20
SHR5	0,39	0,89	1,00	2,10	2,89	3,42	4,99	2,15	2,07	2,21	1,62	0,58
SHR6	1,17	2,62	2,96	6,21	8,55	10,11	14,74	6,37	6,12	6,54	4,80	1,72
SHR7	0,27	0,61	0,68	1,44	1,98	2,34	3,41	1,47	1,41	1,51	1,11	0,40
SHR8	0,30	0,67	0,75	1,58	2,18	2,57	3,75	1,62	1,56	1,66	1,22	0,44
SHR9	3,09	6,94	7,83	16,44	22,64	26,77	39,01	16,85	16,20	17,31	12,71	4,54
SHR10	0,11	0,25	0,28	0,58	0,80	0,95	1,38	0,60	0,57	0,61	0,45	0,16
SHR11	0,35	0,79	0,89	1,87	2,57	3,04	4,43	1,92	1,84	1,97	1,44	0,52
SHR12	2,86	6,43	7,25	15,23	20,98	24,80	36,15	15,62	15,02	16,04	11,77	4,21
SHR13	1,02	2,29	2,58	5,42	7,46	8,82	12,85	5,55	5,34	5,71	4,19	1,50
SHR14	0,12	0,26	0,29	0,61	0,84	1,00	1,46	0,63	0,60	0,65	0,47	0,17
SHR15	5,55	13,04	16,72	28,17	34,15	43,23	56,83	32,42	28,01	30,35	22,56	7,14
SHR16	7,53	16,93	19,09	40,09	55,21	65,29	95,15	41,11	39,52	42,23	30,99	11,08
SHR17	0,67	1,50	1,69	3,54	4,88	5,77	8,41	3,63	3,49	3,73	2,74	0,98
SHR18	1,12	2,51	2,83	5,95	8,19	9,68	14,11	6,10	5,86	6,26	4,60	1,64
SHR19	8,64	19,43	21,90	46,00	63,35	74,91	109,17	47,16	45,35	48,45	35,55	12,72
SHR20	0,38	0,86	0,97	2,04	2,81	3,32	4,84	2,09	2,01	2,15	1,58	0,56
SHR21	10,37	23,33	26,30	55,23	76,06	89,94	131,08	56,63	54,45	58,17	42,69	15,27

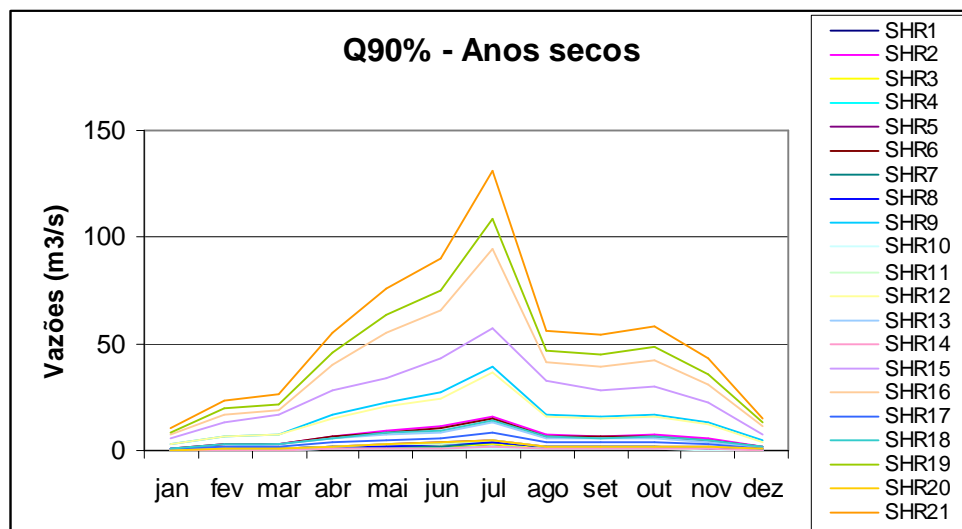


Figura 2-2 Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos secos

Tabela 2-18 Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m³/s): anos de umidade média

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SHR1	0,68	1,00	1,15	2,46	2,71	3,34	4,33	2,55	1,73	1,79	1,53	0,65
SHR2	3,62	5,35	6,16	13,14	14,53	17,86	23,17	13,64	9,23	9,57	8,17	3,46
SHR3	0,65	0,96	1,10	2,35	2,60	3,19	4,14	2,44	1,65	1,71	1,46	0,62
SHR4	0,38	0,56	0,64	1,37	1,51	1,86	2,41	1,42	0,96	1,00	0,85	0,36
SHR5	1,11	1,63	1,88	4,01	4,43	5,45	7,07	4,16	2,82	2,92	2,49	1,06
SHR6	3,27	4,83	5,56	11,85	13,10	16,11	20,89	12,30	8,32	8,63	7,37	3,12
SHR7	0,76	1,12	1,28	2,74	3,03	3,72	4,83	2,84	1,92	1,99	1,70	0,72
SHR8	0,83	1,23	1,41	3,01	3,33	4,10	5,31	3,13	2,12	2,20	1,87	0,79
SHR9	8,65	12,77	14,71	31,36	34,67	42,63	55,28	32,56	22,03	22,85	19,50	8,26
SHR10	0,31	0,45	0,52	1,11	1,23	1,51	1,96	1,15	0,78	0,81	0,69	0,29
SHR11	0,98	1,45	1,67	3,56	3,94	4,85	6,28	3,70	2,50	2,60	2,22	0,94
SHR12	8,01	11,84	13,63	29,06	32,12	39,50	51,23	30,17	20,42	21,17	18,07	7,65
SHR13	2,85	4,21	4,85	10,33	11,42	14,05	18,22	10,73	7,26	7,53	6,42	2,72
SHR14	0,32	0,48	0,55	1,17	1,29	1,59	2,06	1,22	0,82	0,85	0,73	0,31
SHR15	10,38	21,29	25,56	48,05	47,24	61,77	73,10	44,58	35,46	37,67	31,23	11,62
SHR16	21,10	31,16	35,88	76,48	84,55	103,98	134,84	79,42	53,74	55,72	47,56	20,15
SHR17	1,87	2,75	3,17	6,76	7,47	9,19	11,92	7,02	4,75	4,93	4,20	1,78
SHR18	3,13	4,62	5,32	11,34	12,54	15,42	20,00	11,78	7,97	8,26	7,05	2,99
SHR19	24,21	35,75	41,16	87,75	97,01	119,29	154,70	91,12	61,66	63,93	54,56	23,12
SHR20	1,07	1,59	1,83	3,89	4,30	5,29	6,86	4,04	2,74	2,84	2,42	1,03
SHR21	29,06	42,92	49,43	105,36	116,48	143,24	185,75	109,41	74,04	76,76	65,51	27,76

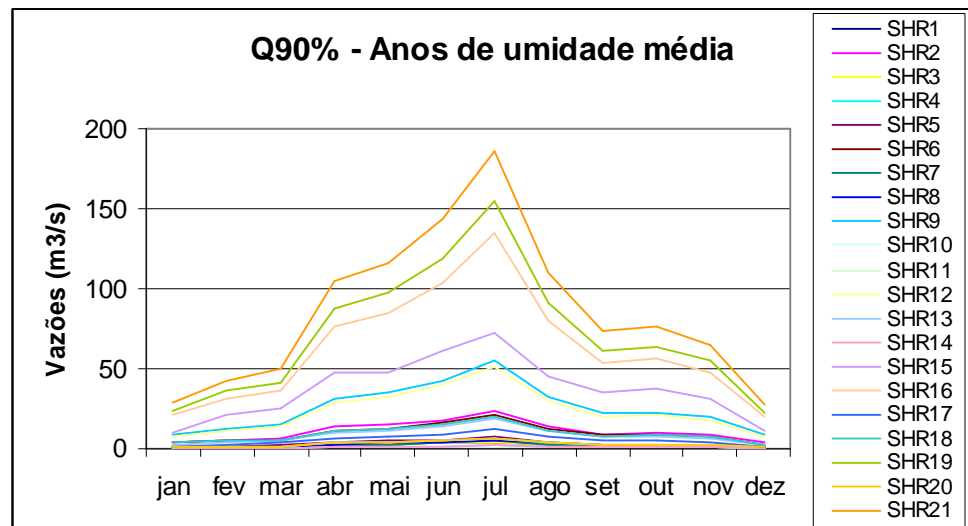


Figura 2-3 Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos de umidade média

Tabela 2-19 Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m³/s): anos úmidos

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SHR 1	1,11	1,46	1,69	3,62	3,66	4,58	5,60	3,78	2,18	2,22	2,06	0,94
SHR 2	5,96	7,80	9,05	19,39	19,57	24,51	29,98	20,23	11,68	11,89	11,02	5,02
SHR 3	1,06	1,39	1,62	3,47	3,50	4,38	5,36	3,61	2,09	2,12	1,97	0,90
SHR 4	0,62	0,81	0,94	2,02	2,04	2,55	3,12	2,11	1,22	1,24	1,15	0,52
SHR 5	1,82	2,38	2,76	5,91	5,97	7,48	9,15	6,17	3,56	3,63	3,36	1,53
SHR 6	5,37	7,03	8,16	17,48	17,64	22,10	27,03	18,24	10,53	10,72	9,93	4,53
SHR 7	1,24	1,62	1,89	4,04	4,08	5,11	6,25	4,21	2,43	2,48	2,30	1,05
SHR 8	1,37	1,79	2,08	4,45	4,49	5,62	6,88	4,64	2,68	2,73	2,53	1,15
SHR 9	14,21	18,61	21,60	46,28	46,70	58,49	71,56	48,27	27,86	28,38	26,29	11,98
SHR 10	0,50	0,66	0,76	1,64	1,65	2,07	2,53	1,71	0,99	1,00	0,93	0,42
SHR 11	1,62	2,11	2,45	5,26	5,31	6,65	8,13	5,49	3,17	3,23	2,99	1,36
SHR 12	13,17	17,24	20,01	42,88	43,27	54,20	66,30	44,73	25,82	26,29	24,36	11,10
SHR 13	4,68	6,13	7,12	15,25	15,39	19,27	23,58	15,91	9,18	9,35	8,66	3,95
SHR 14	0,53	0,69	0,81	1,73	1,74	2,18	2,67	1,80	1,04	1,06	0,98	0,45
SHR 15	15,21	29,55	34,39	67,94	60,33	80,32	89,37	56,74	42,92	45,00	39,90	16,10
SHR 16	34,67	45,38	52,67	112,87	113,89	142,66	174,53	117,73	67,96	69,21	64,13	29,22
3SHR 17	3,06	4,01	4,66	9,98	10,07	12,61	15,43	10,41	6,01	6,12	5,67	2,58
SHR 18	5,14	6,73	7,81	16,74	16,89	21,16	25,88	17,46	10,08	10,26	9,51	4,33
SHR 19	39,77	52,06	60,43	129,50	130,67	163,68	200,23	135,07	77,97	79,41	73,57	33,52
SHR 20	1,76	2,31	2,68	5,75	5,80	7,26	8,88	5,99	3,46	3,52	3,26	1,49
SHR 21	47,76	62,51	72,56	155,49	156,90	196,53	240,43	162,19	93,63	95,35	88,34	40,25

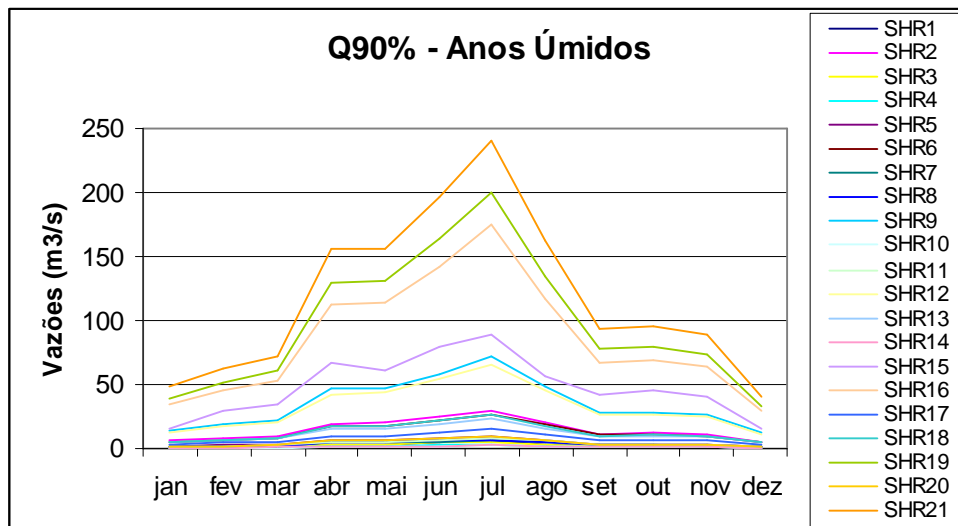


Figura 2-4 Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos úmidos

2.6 Avaliação da vazão ecológica

Dois critérios de estabelecimento de vazão ambiental foram analisados, os quais são descritos a seguir. Os critérios foram definidos pela equipe do projeto em conjunto com a FEPAM, a DRH e o consultor professor Dr. Antônio Eduardo Leão Lanna.

2.6.1 Critério hidrológico com base nas vazões da curva de permanência

O primeiro critério para a estimativa da vazão de preservação ambiental foi estabelecido conforme sugerido pelo relatório técnico de Lanna e Benetti (2001), fixando-se uma percentagem da vazão de referência de outorga. Para esse processo piloto de outorga foi selecionada a vazão de 90% de permanência no tempo, valor para anos normais (curva média), considerando as variações mensais.

O critério ambiental, em princípio, é a mesma para qualquer ano, seco ou úmido. Assim, por esta razão adotou-se como referência a curva dos anos médios.

Para uma adequada análise e seleção do valor de percentagem a fixar, foram realizadas diversas simulações considerando-se diferentes valores de percentagem da $Q_{90\%}$. A análise das disponibilidades remanescentes em cada simulação de vazão ambiental permitirá aos técnicos do projeto, juntamente com os técnicos da DRH e da FEPAM, determinarem quais percentagens deverão ser utilizadas, em cada mês, como referência de vazão ecológica. Considerando-se que o valor de referência para conservação ambiental deve reportar-se a longo período, essas simulações foram realizadas tendo-se como referência a curva de permanência média de cada mês, as quais representam o valor esperado do comportamento hidrológico (item 1.7.4). As percentagens utilizadas foram 10, 20, 30, 40 e 50%. As vazões ambientais para cada uma dessas percentagens constam do Relatório Técnico 1.

Fazendo-se uma revisão da legislação de diversos estados brasileiros que utilizam o critério de uma percentagem da $Q_{90\%}$, percebe-se que o percentual adotado gira em torno dos 30%. Considerando-se que a curva de permanência obtida para cada mês reflete as vazões “marco zero”, isto é, remanescentes das retiradas atuais, principalmente pelo uso intensivo das lavouras orizícolas, isto significa que os valores observados são menores do que a produção hídrica da bacia. Assim, entende-se como um critério adequado a escolha de um percentual mais elevado para os meses afetados pela atividade de irrigação, por exemplo, 50% da $Q_{90\%}$, como um coeficiente conservativo. Para os demais meses, pouco afetados na oferta hídrica natural, o uso do percentual da literatura constitui-se em uma escolha conscienciosa, na falta de melhores definidores. A Tabela 2.20 apresenta as vazões ambientais determinadas segundo essa argumentação: a percentagem de 50% da vazão de $Q_{90\%}$ para os meses de irrigação e 30% para os meses sem irrigação.

A abordagem proposta, embora não esteja embasada em estudos ecológicos básicos, é uma metodologia necessária para que se possa dar início ao processo de outorga do uso da água. A ausência de conhecimentos ecológicos necessários para a avaliação da vazão ecológica com base em dados ecológicos não permite a aplicação de métodos tidos como estado da arte em muitos países, tais como IFIM e BBM. No entanto, a abordagem de gestão, aqui proposta, é facilmente atualizável a medida que outros critérios de reservas ambientais sejam avaliadas, quanto ao seu significado ecológico, a medida que estudos sejam iniciados e intensificados na bacia.

Tabela 2-20 Vazões ambientais: critério hidrológico com base em 50% da vazão de permanência $Q_{90\%}$ média, nos meses de irrigação e 30% para os demais meses (m^3/s)

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,34	0,50	0,35	0,74	0,81	1,00	1,30	0,76	0,52	0,54	0,76	0,32
2	1,81	2,68	1,85	3,94	4,36	5,36	6,95	4,09	2,77	2,87	4,09	1,73
3	0,32	0,48	0,33	0,70	0,78	0,96	1,24	0,73	0,49	0,51	0,73	0,31
4	0,19	0,28	0,19	0,41	0,45	0,56	0,72	0,43	0,29	0,30	0,43	0,18
5	0,55	0,82	0,56	1,20	1,33	1,63	2,12	1,25	0,84	0,88	1,25	0,53
6	1,63	2,41	1,67	3,55	3,93	4,83	6,27	3,69	2,50	2,59	3,68	1,56
7	0,38	0,56	0,39	0,82	0,91	1,12	1,45	0,85	0,58	0,60	0,85	0,36
8	0,42	0,61	0,42	0,90	1,00	1,23	1,59	0,94	0,64	0,66	0,94	0,40
9	4,32	6,39	4,41	9,41	10,40	12,79	16,59	9,77	6,61	6,85	9,75	4,13
10	0,15	0,23	0,16	0,33	0,37	0,45	0,59	0,35	0,23	0,24	0,34	0,15
11	0,49	0,73	0,50	1,07	1,18	1,45	1,89	1,11	0,75	0,78	1,11	0,47
12	4,01	5,92	4,09	8,72	9,64	11,85	15,37	9,05	6,13	6,35	9,03	3,83
13	1,43	2,10	1,45	3,10	3,43	4,21	5,46	3,22	2,18	2,26	3,21	1,36
14	0,16	0,24	0,16	0,35	0,39	0,48	0,62	0,36	0,25	0,26	0,36	0,15
15	5,19	10,65	7,67	14,42	14,17	18,53	21,93	13,37	10,64	11,30	15,61	5,81
16	10,55	15,58	10,76	22,94	25,37	31,19	40,45	23,83	16,12	16,72	23,78	10,07
17	0,93	1,38	0,95	2,03	2,24	2,76	3,58	2,11	1,43	1,48	2,10	0,89
18	1,56	2,31	1,60	3,40	3,76	4,63	6,00	3,53	2,39	2,48	3,53	1,49
19	12,10	17,87	12,35	26,32	29,10	35,79	46,41	27,34	18,50	19,18	27,28	11,56
20	0,54	0,79	0,55	1,17	1,29	1,59	2,06	1,21	0,82	0,85	1,21	0,51
21	14,53	21,46	14,83	31,61	34,94	42,97	55,73	32,82	22,21	23,03	32,76	13,88

2.6.2 Critério baseado na qualidade da água

Devido a grande inter-relação que entre os aspectos qualitativos e os quantitativos dos cursos de água, uma segunda análise relativa a reservas de volumes para conservação ambiental foi realizada, tendo por base as cargas poluidoras observadas.

Foram realizadas análises de 20 variáveis de qualidade da água em 8 seções hidrológicas de referência. Destas variáveis, algumas podem ser expressas em termos de cargas de poluentes, quando se conhece a vazão do momento da coleta. A campanha de campo previu esta situação de modo que foi possível estimar as cargas de cada variável de qualidade (Tabela 2.21). Como hipótese precária, porém possível, considerou-se que as cargas observadas correspondem, caso não haja escoamento superficial, às cargas de base da bacia. Hipótese precária devido às ressalvas que devem ser consideradas em função da realidade da avaliação:

- correspondem a apenas uma amostra de campo, em um único período sazonal
- durante as coletas, em função de chuvas que surpreenderam as equipes de campo, pode ser que em algumas amostras tenha sido captada poluição difusa por lavagem da superfície durante o escoamento superficial.

Tabela 2-21 Cargas poluidoras avaliadas a partir da campanha Janeiro/2004 – (kg/dia)

SHR	SHR5 (QA1)	SHR6 (QA2)	SHR11 (QA3)	SHR16 (QA4)	SHR19 (QA5)	SHR17 (QA6)	SHR12 (QA7)	SHR 7 (QA8)
S. dissolvidos	4269,89	18786,82	9367,23	370377,10	576076,15	13553,57	81035,42	17982,00
DBO ₅	163,78	487,71	358,86	29865,33	32306,97	572,26	3481,10	169,75
Fluoreto	2,81	34,59	13,46	1034,70	1697,09	27,61	160,93	50,93
Cloreto	10,37	380,71	448,57	2998,29	6617,09	42,67	388,06	97,82
Nitrito	1,40	5,72	6,07	270,43	358,10	11,55	52,50	6,62
Nitrato	13,27	22,15	89,19	2639,67	233,54	38,40	105,00	60,28
Fosfato	5,64	19,53	6,60	293,95	389,24	12,55	57,07	7,19
Sulfato	105,22	406,84	89,71	5349,89	8329,75	70,28	867,42	80,56
Ferro total	28,06	64,70	105,55	3527,40	4670,89	250,99	570,67	63,30
Alumínio total	8,54	34,84	18,47	1234,59	1712,66	50,20	273,92	34,53
Cádmio total	0,0030	0,0124	0,0132	0,5879	0,7785	0,0251	0,1141	0,0144
Zinco total	0,8143	5,9222	3,5358	133,4533	7,7848	0,2510	7,0763	2,7189
Mercurio total	0,0061	0,0249	0,0264	1,1758	1,5570	0,0502	0,2283	0,0288
Cobre total	0,1525	0,6221	0,6597	29,3950	38,9241	1,2550	5,7067	0,7193
C.fecais*	1,31E+11	2,26E+13	8,71E+10	8,35E+13	1,28E+13	1,56E+11	1,11E+12	1,05E+11

Considerando-se aceita a hipótese formulada, então procurou-se encontrar quais vazões seriam necessárias para diluição das cargas de modo que o rio permanecesse nas classes previstas pelo enquadramento. Os resultados são apresentados na Tabela 2.22, a qual apresenta as vazões de diluição.

Tabela 2-22 Vazões necessárias para manter o rio no enquadramento, considerando a diluição das cargas atuais (m³/s)

SHR	SHR5 (QA1)	SHR6 (QA2)	SHR11 (QA3)	SHR16 (QA4)	SHR19 (QA5)	SHR17 (QA6)	SHR12 (QA7)	SHR 7 (QA8)
S. dissolvidos	0,09884	0,43488	0,21683	8,57354	13,33510	0,31374	1,87582	0,41625
DBO ₅	0,37912	1,12896	0,83069	69,13270	74,78466	1,32468	8,05810	0,39294
Fluoreto	0,02320	0,28594	0,11125	8,55410	14,03017	0,22825	1,33044	0,42101
Cloreto	0,00048	0,01763	0,02077	0,13881	0,30635	0,00198	0,01797	0,00453
Nitrito	0,00492	0,02007	0,02129	0,94849	1,25597	0,04049	0,18414	0,02321
Nitrato	0,00347	0,00579	0,02330	0,68966	0,06102	0,01003	0,02743	0,01575
Fosfato	0,85255	2,95144	0,99674	44,41514	58,81332	1,89621	8,62272	1,08681
Sulfato	0,00487	0,01884	0,00415	0,24768	0,38564	0,00325	0,04016	0,00373
Ferro total	1,08253	2,49600	4,07200	136,08800	180,20400	9,68333	22,01667	2,44200
Alumínio total	0,98840	4,03200	2,13780	142,89240	198,22440	5,81000	31,70400	3,99600
Cádmio total	0,03530	0,14400	0,15270	6,80440	9,01020	0,29050	1,32100	0,16650
Zinco total	0,05236	0,38080	0,22735	8,58110	0,50057	0,01614	0,45501	0,17483
Mercurio total	0,35300	1,44000	1,52700	68,04400	90,10200	2,90500	13,21000	1,66500
Cobre total	0,08825	0,36000	0,38175	17,01100	22,52550	0,72625	3,30250	0,41625
C.fecais*	0,15108	26,20800	0,10078	96,69052	14,86683	0,18011	1,28137	0,12155

2.7 Caracterização da demanda

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria possui como demanda dominante o consumo de água para irrigação da cultura orizícola. A fim de ser avaliada a demanda pela irrigação na bacia, consideraram-se os dados apresentados no cadastro de usuários da água elaborado por Bourscheid Engenharia Ltda (1996) e consistiu-se as informações com dados obtidos junto ao banco de dados “on line” do IBGE - PAM (Produção Agrícola Municipal 1999).

O cadastro realizado pela Bourscheid Engenharia apresentou uma área plantada de 275.173,9 ha para o arroz irrigado na bacia do rio Santa Maria em 1996.

Os dados do IBGE – PAM (1995) para os municípios da bacia estão apresentados na Tabela 2.23.

Tabela 2-23 Área plantada de arroz irrigado nos municípios da bacia do rio Santa Maria, RS, de acordo com IBGE, 1999.

PAM IBGE 1999	área plantada hectares
Dom Pedrito	40.000
Santana do Livramento	12.660
Lavras do Sul	1.470
Cacequi	17.500
subtotal	71.630
São Gabriel	33.500
estimativa São Gabriel na Bacia	18.370
Total geral estimado na bacia	90.000

A proporção entre o valor apresentado pela Bourscheid Engenharia e a estimativa com base em dados do IBGE expressa uma relação aproximada de 3:1, ou seja, de acordo com o sistema de manejo de lavoura dominante, em que mantêm-se três cortes de lavoura, sendo que um é de lavoura do ano, um com resteva de um ano e outro com resteva de dois anos, em sistema de rotação arroz-pecuária.

Tendo em vista estas constatações, a estimativa da demanda de água pela lavoura orizícola, para finalidade de ensaios de balanço hídrico para ouorta, foi efetuada através da classificação de imagem do satélite Landsat TM7, de outubro de 2001. Durante este mês, o estágio do ciclo da lavoura garante que as áreas a serem plantadas na safra estejam com solo descoberto, facilitando a quantificação das áreas de lavoura, as quais estão apresentadas na Figura 2.11.

A Figura 2.12 apresenta as classes de textura de solos utilizadas para espacializar o consumo de água pela lavoura orizícola na bacia de acordo com informações obtidas junto aos Eng. Agr. Eloy Cordeiro e Gerson Ferreira (respectivamente IRGA e Agros Assessoria Agronômica).

As Tabelas 2.24 e 2.25 apresentam os resultados das áreas plantadas por SHR e classe de textura e de demanda de água para irrigação na bacia do rio Santa Maria. (Anexo09).

O cálculo dos valores constantes na Tabela 2.24 é o resultado do processamento dos mapas de solo, declividade e de lavouras de arroz.

Para a determinação dos resultados da Tabela 2.25 foram utilizadas as Tabelas 2.24 , 1.6, 1.7 do item 1.7.7

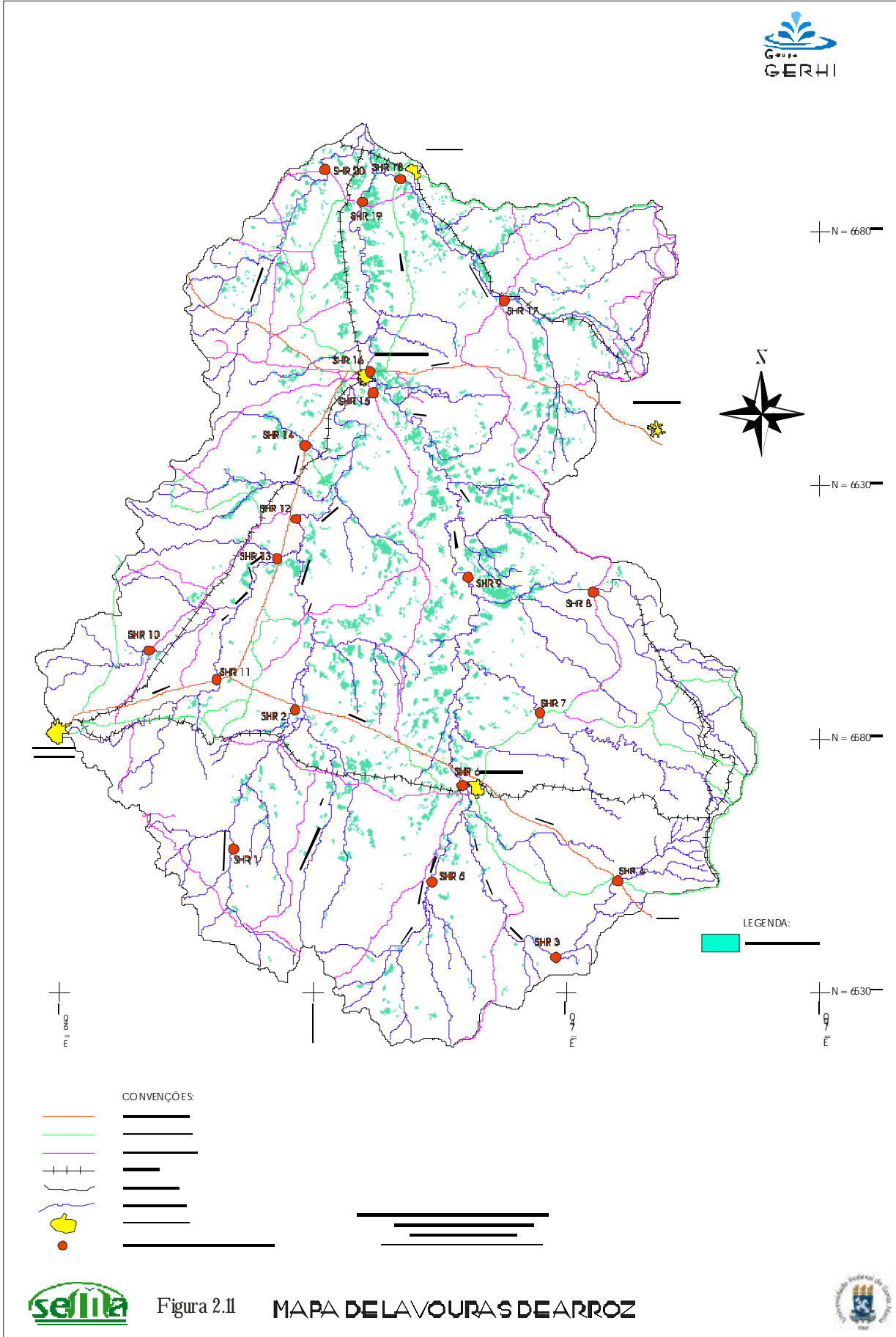


Figura 2.11 MAPA DE LAVOURAS DE ARROZ

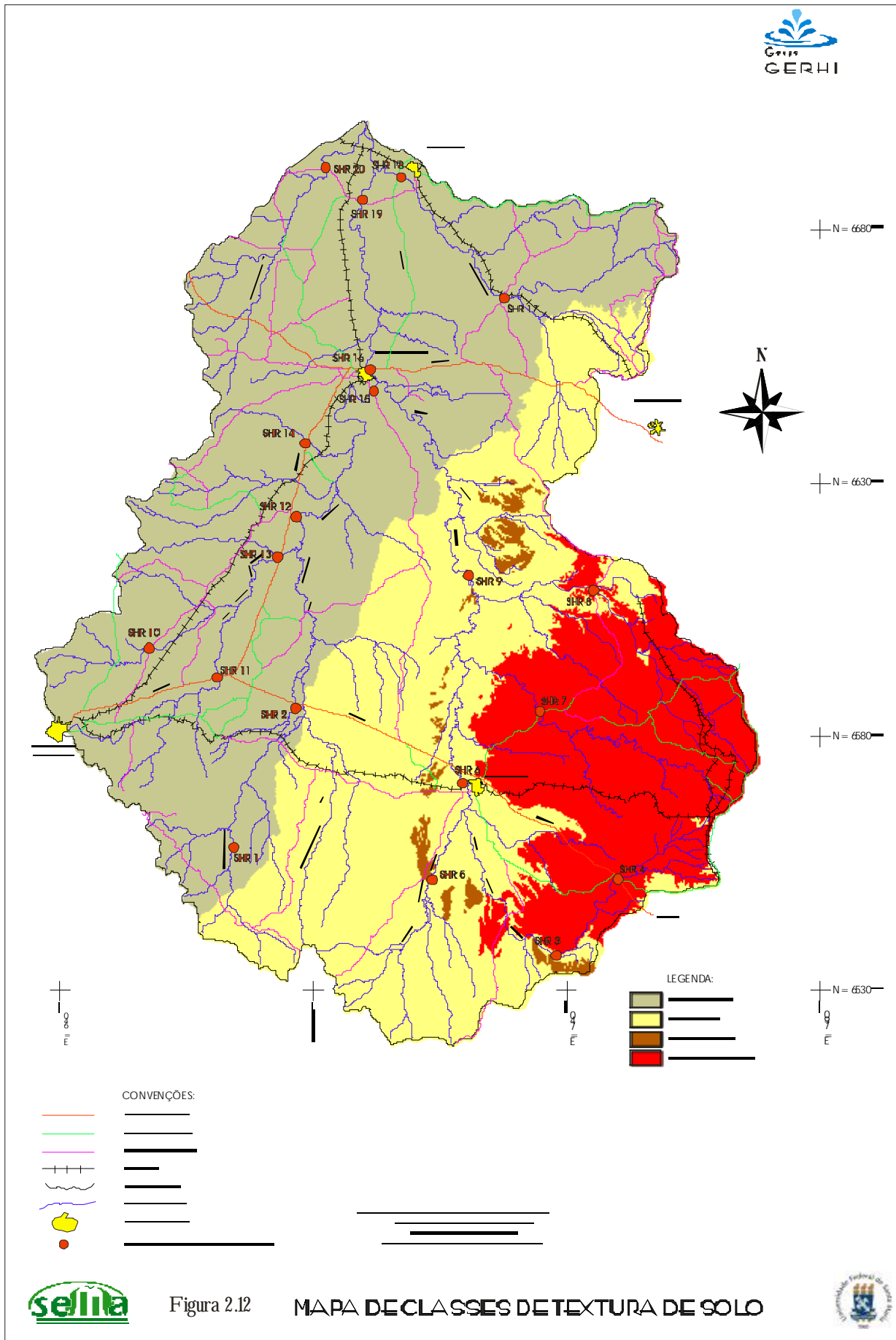


Tabela 2-24 Área plantada de arroz por classe de textura do solo e por SHR na bacia do rio Santa Maria (ha).

SHR	Classe 1 arenosos	Classe 2 mistos	Classe 3 argilosos	Classe 4 Sobre cristalino	Total da área plantada em cada trecho
1	46,25	228,5	0	0	274,75
2	1556	5049,75	0	0	6605,75
3	0	9,5	9,25	0	18,75
4	0	0	0	0	0
5	0	1576,5	97,25	0	1673,75
6	0	2317,5	19,75	78,75	2416
7	0	0	0	21,25	21,25
8	0	272,25	0	1,25	273,5
9	0	10025,75	432,75	789,5	11248
10	233,5	0	0	0	233,5
11	326,5	0	0	0	326,5
12	2968	4683,25	0	0	7651,25
13	1690,25	0	0	0	1690,25
14	1035,25	0	0	0	1035,25
15	6700,5	2464,75	0	0	9165,25
16	4991,75	9259,25	1397,75	0	15648,75
17	1300,75	6048,5	0	0	7349,25
18	4962,5	0	0	0	4962,5
19	8546,75	0	0	0	8546,75
20	3793,25	0	0	0	3793,25
21	3073,5	0	0	0	3073,5
Total	41224,75	41935,50	1956,75	890,75	86007,75

Tabela 2-25 Demanda de água pela lavoura orizícola para a bacia do rio Santa Maria por mês de irrigação (m³/s).

SHR	Janeiro	Fevereiro	Novembro	Dezembro
1	0,35	0,05	0,20	0,40
2	8,40	1,33	4,96	9,60
3	0,02	0,00	0,01	0,03
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2,07	0,33	1,22	2,36
6	3,00	0,47	1,77	3,42
7	0,03	0,00	0,00	0,03
8	0,34	0,05	0,20	0,39
9	13,91	2,20	8,21	15,89
10	0,32	0,05	0,19	0,37
11	0,45	0,07	0,26	0,51
12	9,89	1,56	5,84	11,30
13	2,32	0,37	1,37	2,65
14	1,42	0,22	0,84	1,62
15	12,25	1,94	7,24	14,00
16	19,90	3,15	11,75	22,74
17	9,29	1,47	5,49	10,62
18	6,81	1,08	4,02	7,78
19	11,73	1,85	6,92	13,40
20	5,20	0,82	3,07	5,95
21	4,22	0,67	2,49	4,82
Total	111,90	17,70	66,06	127,89

2.8 Balanço hídrico

O estudo do balanço hídrico entre as disponibilidades e as demandas de uso das águas, é a etapa que fornece o referencial para o processo de decisão da outorga de uso dos recursos hídricos.

A estruturação do balanço hídrico foi realizada em planilha EXCEL do Microsoft Office 2000. A estrutura adotada permite ao DRH realizar diferentes simulações considerando diferentes critérios e cenários de disponibilidade hídrica, diferentes critérios de vazão ambiental, diferentes cenários de demanda, tanto de uso consuntivo como de uso qualitativo.

Para considerar os usos qualitativos, basta transformar a carga de lançamento em vazão de diluição da carga. Assim, pode-se realizar a otimização de forma igual que a quantitativa, sendo que a única diferença é que a vazão que for outorgada para a qualidade deverá permanecer no leito do rio e não ficará disponível para derivação. No Anexo10 do Relatório Técnico 1 são disponibilizados modelos em planilha EXCEL para simulação de diferentes cenários:

- Diferentes demandas
- Diferentes vazões ambientais
- Diferentes vazões de referência de outorga

Considerando-se que a disponibilidade hídrica obtida no item 2.5, constitui-se na disponibilidade remanescente do uso total, (Marco Zero), a primeira etapa do balanço reduz-se à verificar se o usuário “ambiente” está sendo atendido. Assim, a equação passa a ser:

$$Q_r = Q_{da} - Q_{amb} \quad (2.2)$$

Onde:

Q_r = Vazão remanescente

Q_{da} = Vazão disponibilidade atual (item 2.2.4)

Q_{amb} = Vazão ecológica

Tendo em vista que neste estudo foram definidos dois critérios de cálculo de vazão ecológica (ou ambiental), a seguir apresenta-se o balanço para cada caso.

2.8.1 Balanço hídrico com base no critério 1 de vazão ecológica

O balanço hídrico baseado no critério 1 da vazão ecológica considera que essa vazão é um percentual da vazão de permanência de 90 % ($Q_{90\%}$). Este percentual pode variar, em função de características locais, sendo que, neste estudo, foram calculados para os percentuais 10%, 20%, 30%, 40% e 50%.

O balanço foi realizado em duas etapas:

- balanço simples para obtenção da vazão remanescente fazendo reserva de uma vazão ecológica
- balanço hídrico para distribuir as vazões remanescentes, sejam elas positivas ou negativas. Se as vazões forem positivas, é possível planejar um aumento de usuários na seção, enquanto que, se a vazão remanescente for negativa, o produto é o planejamento de um racionamento.

Considerando a argumentação relativa aos percentuais anuais adequados para a bacia do rio Santa Maria exposta no item 2.6.1, a seguir apresenta-se o balanço hídrico, considerando como vazão ecológica os percentuais de 50% da $Q_{90\%}$ para os meses de Novembro à Fevereiro, e para os demais meses, o percentual de 30% da $Q_{90\%}$. Diferentes cálculos de vazões remanescentes para anos secos, médios e úmidos, são apresentados no Anexo 11 do Relatório Técnico 1

O cálculo da vazão remanescente do uso atual (primeira etapa do balanço hídrico) foi realizado para três situações: anos úmidos, médios e secos. Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 2-26 Balanço para anos úmidos: disponibilidade Marco Zero

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,77	0,96	1,35	2,89	2,84	3,58	4,30	3,01	1,66	1,69	1,30	0,61
2	4,14	5,12	7,20	15,45	15,21	19,15	23,03	16,13	8,91	9,02	6,93	3,29
3	0,74	0,91	1,29	2,76	2,72	3,42	4,12	2,88	1,59	1,61	1,24	0,59
4	0,43	0,53	0,75	1,61	1,58	2,00	2,40	1,68	0,93	0,94	0,72	0,34
5	1,26	1,56	2,20	4,71	4,64	5,84	7,03	4,92	2,72	2,75	2,11	1,00
6	3,74	4,62	6,49	13,93	13,71	17,27	20,77	14,55	8,03	8,13	6,25	2,97
7	0,86	1,07	1,50	3,22	3,17	3,99	4,80	3,36	1,86	1,88	1,44	0,69
8	0,95	1,17	1,65	3,54	3,49	4,39	5,28	3,70	2,04	2,07	1,59	0,75
9	9,89	12,22	17,18	36,87	36,30	45,70	54,97	38,50	21,25	21,52	16,54	7,85
10	0,35	0,43	0,61	1,30	1,28	1,62	1,94	1,36	0,75	0,76	0,59	0,28
11	1,12	1,39	1,95	4,19	4,13	5,19	6,25	4,38	2,42	2,45	1,88	0,89
12	9,16	11,32	15,92	34,16	33,63	42,35	50,93	35,67	19,69	19,94	15,33	7,27
13	3,26	4,03	5,66	12,15	11,96	15,06	18,11	12,69	7,00	7,09	5,45	2,59
14	0,37	0,46	0,64	1,38	1,35	1,71	2,05	1,44	0,79	0,80	0,62	0,29
15	10,02	18,90	26,73	53,52	46,15	61,79	67,44	43,36	32,28	33,69	24,28	10,29
16	24,12	29,80	41,91	89,93	88,52	111,47	134,07	93,91	51,84	52,50	40,35	19,14
17	2,13	2,63	3,70	7,95	7,83	9,85	11,85	8,30	4,58	4,64	3,57	1,69
18	3,58	4,42	6,21	13,34	13,13	16,53	19,88	13,93	7,69	7,79	5,98	2,84
19	27,67	34,19	48,08	103,17	101,56	127,89	153,82	107,74	59,48	60,23	46,29	21,96
20	1,23	1,52	2,13	4,58	4,51	5,67	6,82	4,78	2,64	2,67	2,05	0,97
21	33,23	41,05	57,73	123,88	121,95	153,56	184,70	129,36	71,42	72,32	55,58	26,37

Tabela 2-27 Balanço para anos médios: disponibilidade Marco Zero

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,34	0,50	0,81	1,72	1,90	2,34	3,03	1,78	1,21	1,25	0,76	0,32
2	1,81	2,68	4,31	9,20	10,17	12,50	16,22	9,55	6,46	6,70	4,09	1,73
3	0,32	0,48	0,77	1,64	1,82	2,23	2,90	1,71	1,15	1,20	0,73	0,31
4	0,19	0,28	0,45	0,96	1,06	1,30	1,69	1,00	0,67	0,70	0,43	0,18
5	0,55	0,82	1,32	2,81	3,10	3,81	4,95	2,91	1,97	2,04	1,25	0,53
6	1,63	2,41	3,89	8,29	9,17	11,27	14,62	8,61	5,83	6,04	3,68	1,56
7	0,38	0,56	0,90	1,92	2,12	2,61	3,38	1,99	1,35	1,40	0,85	0,36
8	0,42	0,61	0,99	2,11	2,33	2,87	3,72	2,19	1,48	1,54	0,94	0,40
9	4,32	6,39	10,30	21,95	24,27	29,84	38,70	22,79	15,42	15,99	9,75	4,13
10	0,15	0,23	0,36	0,78	0,86	1,06	1,37	0,81	0,55	0,57	0,34	0,15
11	0,49	0,73	1,17	2,49	2,76	3,39	4,40	2,59	1,75	1,82	1,11	0,47
12	4,01	5,92	9,54	20,34	22,48	27,65	35,86	21,12	14,29	14,82	9,03	3,83
13	1,43	2,10	3,39	7,23	8,00	9,83	12,75	7,51	5,08	5,27	3,21	1,36
14	0,16	0,24	0,38	0,82	0,91	1,11	1,44	0,85	0,58	0,60	0,36	0,15
15	5,19	10,65	17,89	33,64	33,07	43,24	51,17	31,21	24,82	26,37	15,61	5,81
16	10,55	15,58	25,12	53,54	59,19	72,78	94,39	55,59	37,62	39,00	23,78	10,07
17	0,93	1,38	2,22	4,73	5,23	6,43	8,34	4,91	3,33	3,45	2,10	0,89
18	1,56	2,31	3,72	7,94	8,78	10,79	14,00	8,24	5,58	5,78	3,53	1,49
19	12,10	17,87	28,82	61,42	67,90	83,50	108,29	63,78	43,16	44,75	27,28	11,56
20	0,54	0,79	1,28	2,73	3,01	3,70	4,80	2,83	1,91	1,99	1,21	0,51
21	14,53	21,46	34,60	73,75	81,54	100,27	130,03	76,59	51,83	53,73	32,76	13,88

Tabela 2-28 Balanço para anos secos: disponibilidade Marco Zero

SHR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1	Falta	0,04	0,27	0,55	0,96	1,09	1,76	0,55	0,75	0,82	0,23	0,03	
2	Falta	0,23	1,43	2,95	5,13	5,86	9,40	2,97	4,02	4,38	1,24	0,17	
3	Falta	0,04	0,26	0,53	0,92	1,05	1,68	0,53	0,72	0,78	0,22	0,03	
4	Falta	0,02	0,15	0,31	0,53	0,61	0,98	0,31	0,42	0,46	0,13	0,02	
5	Falta	0,07	0,44	0,90	1,56	1,79	2,87	0,91	1,23	1,34	0,38	0,05	
6	Falta	0,21	1,29	2,66	4,62	5,28	8,47	2,68	3,62	3,95	1,12	0,16	
7	Falta	0,05	0,30	0,61	1,07	1,22	1,96	0,62	0,84	0,91	0,26	0,04	
8	Falta	0,05	0,33	0,68	1,18	1,34	2,16	0,68	0,92	1,01	0,28	0,04	
9	Falta	0,56	3,41	7,03	12,24	13,98	22,43	7,09	9,59	10,46	2,96	0,41	
10	Falta	0,02	0,12	0,25	0,43	0,49	0,79	0,25	0,34	0,37	0,10	0,01	
11	Falta	0,06	0,39	0,80	1,39	1,59	2,55	0,81	1,09	1,19	0,34	0,05	
12	Falta	0,51	3,16	6,51	11,34	12,95	20,78	6,57	8,89	9,69	2,74	0,38	
13	Falta	0,18	1,12	2,32	4,03	4,61	7,39	2,33	3,16	3,45	0,97	0,14	
14	Falta	0,02	0,13	0,26	0,46	0,52	0,84	0,26	0,36	0,39	0,11	0,02	
15		0,36	2,39	9,05	13,76	19,98	24,69	34,90	19,05	17,37	19,05	6,94	1,33
16	Falta	1,36	8,32	17,15	29,85	34,10	54,70	17,28	23,40	25,51	7,21	1,01	
17	Falta	0,12	0,74	1,52	2,64	3,01	4,84	1,53	2,07	2,26	0,64	0,09	
18	Falta	0,20	1,23	2,54	4,43	5,06	8,11	2,56	3,47	3,78	1,07	0,15	
19	Falta	1,55	9,55	19,67	34,25	39,12	62,76	19,83	26,85	29,27	8,27	1,16	
20	Falta	0,07	0,42	0,87	1,52	1,74	2,78	0,88	1,19	1,30	0,37	0,05	
21	Falta	1,87	11,47	23,62	41,12	46,97	75,35	23,81	32,24	35,15	9,93	1,39	

Analisando-se as tabelas anteriores, pode-se constatar, a partir dos resultados apresentados - considerando o critério de vazão ambiental utilizado nos cálculos - que a bacia encontra-se no limite da exploração dos recursos hídricos, dada a variabilidade hídrica atual. Observa-se que, para as condições atuais da bacia, o racionamento é imperativo em anos secos e que, por esta razão, não há excedentes para fomento da agricultura ou demais usos. Porém, observando-se que o racionamento limita-se aos anos bem secos, isto é, anos cuja oferta hídrica iguala-se ao limite inferior do intervalo de confiança de 90% (somente 5% de probabilidade de ocorrência de períodos ainda mais secos), o uso atual (total dos usuários atuais da bacia) está compatível com a oferta. Dessa observação, depreende-se que, para finalidade da outorga, todos os atuais usuários podem ser outorgados.

A sugestão de outorgar todos os atuais usuários implica em ficar com a disponibilidade hídrica zerada para finalidades de incremento da demanda a curto prazo. Qualquer aumento de demanda fica, portanto, dependente de um possível acréscimo na oferta hídrica, o que só é possível com implementação de obras de regularização.

Considerando-se a precariedade de informações hidrológicas na bacia, a determinação da disponibilidade hídrica marco zero possui um significativo grau de incerteza. Isto significa que, à luz dos novos dados que o **monitoramento sistemático** deve fornecer, as incertezas se reduzem e novas realidades hídricas podem surgir, o que conduz à recomendação de que os valores outorgados devem ser revistos periodicamente.

A segunda etapa dos estudos de balanço hídrico tem a finalidade de realizar a distribuição, entre os trechos de gerenciamento, dos excedentes hídricos ou das necessidades de racionamento. Dois critérios foram testados neste trabalho, conforme descrito no item 1.7.8: otimização com função objetivo e igualdade percentual.

Balanço hídrico com otimização

Com a finalidade de realizar a distribuição da água (ou falta de água) de forma equânime entre os trechos de gerenciamento, o primeiro critério baseia-se no uso de técnicas de otimização, com uma função objetivo relativa (equação 1.15). Na tabela 2.29 apresenta-se a síntese das vazões outorgáveis obtidas para os anos úmidos, normais e secos, para cada SHR. A memória de cálculo encontra-se no Relatório técnico 1 e seus anexos.

Tabela 2-29 Valores outorgáveis em cada SHR para os cenários de anos úmidos, normais e secos

SHR	Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro		
	Úmido	Normais	Secos	Úmido	Normais	Secos	Úmido	Normais	Secos	Úmido	Normais	Secos
1	0,20	0,20	0,20	0,40	0,32	0,03	0,35	0,34	-0,10	0,05	0,34	0,04
2	4,96	4,09	1,24	3,29	1,73	0,17	4,14	1,81	-0,52	1,33	4,32	0,23
3	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	-0,02	0,00	1,81	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00
5	1,22	1,22	0,38	1,00	0,53	0,05	1,26	0,55	-0,16	0,33	0,02	0,07
6	1,77	1,77	1,12	2,97	1,56	0,16	3,00	1,63	-0,47	0,47	0,00	0,21
7	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-0,03	0,00	0,55	0,00
8	0,20	0,20	0,20	0,39	0,39	0,04	0,34	0,34	-0,12	0,05	1,63	0,05
9	8,21	8,21	2,96	7,85	4,13	0,41	9,89	4,32	-1,24	2,20	0,03	0,56
10	0,19	0,19	0,10	0,28	0,15	0,01	0,32	0,15	-0,04	0,05	0,45	0,02
11	0,26	0,26	0,26	0,51	0,47	0,05	0,45	0,45	-0,14	0,07	0,15	0,06
12	5,84	5,84	2,74	7,27	3,83	0,38	9,16	4,01	-1,15	1,56	1,43	0,51
13	1,37	1,37	0,97	2,59	1,36	0,14	2,32	1,43	-0,41	0,37	4,01	0,18
14	0,62	0,36	0,11	0,29	0,15	0,02	0,37	0,16	-0,05	0,22	0,16	0,02
15	7,24	7,24	6,94	10,29	5,81	1,33	10,02	5,19	0,36	1,94	5,19	1,94
16	11,75	11,75	7,21	19,14	10,07	1,01	19,90	10,55	-3,02	3,15	10,55	1,36
17	3,57	2,10	0,64	1,69	0,89	0,09	2,13	0,93	-0,27	1,47	1,56	0,12
18	4,02	3,53	1,07	2,84	1,49	0,15	3,58	1,56	-0,45	1,08	11,73	0,20
19	6,92	6,92	6,92	13,40	11,56	1,16	11,73	11,73	-3,47	1,85	0,93	1,55
20	2,05	1,21	0,37	0,97	0,51	0,05	1,23	0,54	-0,15	0,82	0,54	0,07
21	2,49	2,49	2,49	4,82	4,82	1,39	4,22	4,22	-4,16	0,67	4,22	0,67

Obs: Q outorgável negativa significa racionamento. Q remanescente negativa, significa que não está sobrando água o suficiente, no rio, para suprir a demanda ambiental.

Na Figura 2.13 apresenta-se a informação espacializada dos resultados da otimização tanto para os anos úmidos, normais e secos.

Os resultados da Tabela 2.29 mostram claramente que a situação de disponibilidade hídrica para fomento hidráulico na atual situação da bacia é nula, ao considerar a incerteza no conhecimento antecipado sobre as condições de umidade durante o período de irrigação, isto é, se o ano será de estiagem, umidade média ou anos muito úmidos. Neste cenário, a recomendação para a outorga é considerar como demanda o consumo atual da bacia.

Alternativamente, tendo em vista que as entidades de meteorologia já nos meses de julho/agosto têm condições de prever a condição de umidade que provavelmente ocorrerá no verão seguinte, é possível considerar que os resultados sintetizados na Tabela 2.29 são cenários alternativos de oferta de água, considerando as diferentes possibilidades de anos úmidos, secos ou de média umidade. Para o órgão gestor essa informação permite o planejamento antecipado do racionamento caso se confirme a chegada de um verão seco. Esse tipo de informação pode ser obtida em órgãos oficiais de meteorologia, que trabalham com modelos que fazem a antecipação das condições meteorológicas de médio prazo. Ao se confirmar um ano de umidade média, os agricultores podem programar o plantio na quantidade total outorgada, com menor risco de perdas. Pode-se até pensar em aumento de área plantada, caso se confirme a chegada de um verão chuvoso. Porém, é necessário levar em conta que toda informação de disponibilidade é baseada em uma vazão de referência, adotada neste trabalho, como vazão com permanência de 90% no tempo, estando implícito, em um risco de falha no abastecimento associado. Portanto, qualquer estratégia de planejamento anual, com base em informações antecipadas sobre as condições de umidade, deve assumir o risco de falha no planejamento. Estudos de análise de risco baseados em informações históricas de fenômenos “el niño” ou “la niña”, podem ser implementados em estudos futuros, de modo a permitir a quantificação do risco de falha nos planejamentos condicionados ao conhecimento antecipado de anos úmidos ou secos.

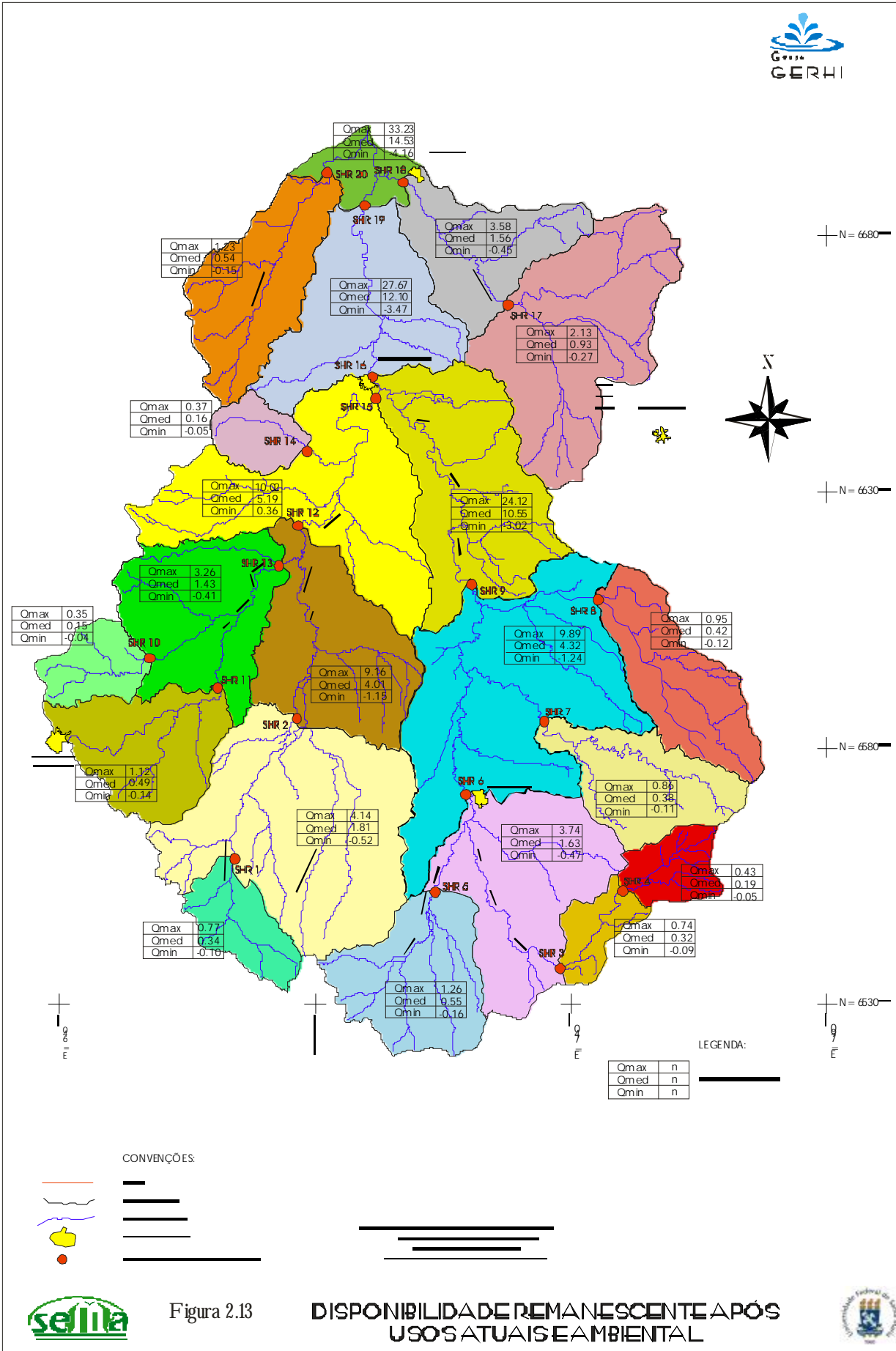


Figura 2.13

DISPONIBILIDADE DE REMANESCENTE APÓS USOS ATUAIS E AMBIENTAL



Balanco Hídrico com distribuição proporcional à demanda

Um segundo critério simulado adota um percentual de racionamento igual para todos os usuários. Esse critério também. Os resultados demonstram que para conseguir, através do critério de igual percentagem, alcançar uma situação aceitável ambientalmente, muito maior seria o racionamento, isto é, embora distribua igual quantidade de água que o critério da otimização, deixa diversas seções com déficit ambiental, não resguarda as vazões adotadas como critério de preservação ambiental. A memória de cálculo encontra-se no Relatório Técnico 1.

2.8.2 Balanco hídrico com base no critério 2 de vazão ecológica

O critério 2 de vazão ecológica considera a reserva de uma vazão com capacidade de diluição das cargas presentes no corpo hídrico, de forma a mantê-lo em conformidade com o enquadramento.

As vazões necessárias para diluição das cargas poluidoras, determinadas a partir dos dados de qualidade da primeira campanha de campo, apresentaram, em geral, valores muito elevados para atender aos padrões de qualidade estabelecidos para a classe de enquadramento (Classe 2). O balanço hídrico na bacia, considerando as vazões de diluição como vazão ambiental, é negativo. Isto significa que a pressão dos elementos químico-físico-biológicos é grande e inviabiliza uma repartição das águas com a finalidade de uso, segundo a legislação CONAMA N°20/86 e enquadramento do rio Santa Maria.

Considerando-se que os resultados foram caracterizados por apenas duas campanhas de amostragem distribuídos em apenas oito pontos, os mesmos não podem ser considerados como representativos da realidade da bacia. Cabe ressaltar, em vista dessas condições, a necessidade absoluta da continuidade de levar a termo campanhas sistemáticas de amostragem e análise da qualidade da água, sempre vinculadas às concomitantes medições de vazão no local.

2.9 Avaliação da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos

Com base nos mapas básicos construídos a partir de informações e levantamentos básicos, cuja memória pode ser conferida no Relatório Técnico 1, foi confeccionado um mapa na escala 1:250.000 da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos (Figura 2.14).

Considerou-se neste trabalho os seguintes critérios para caracterizar o substrato litológico das rochas porosas consolidadas e rochas densas:

- Sedimentos Aluviais e eluviais (areias e cascalhos): nota entre (0,6) e (0,7) (informa-se que nenhum aquífero foi cadastrado nestes tipos litológicos até o presente momento);
- Formação Serra Geral: nota (0,6) constituída principalmente por basaltos maciços, fraturados, lavas antigas já consolidadas;
- Formação Botucatu nota: (0,8) constituída basicamente de arenitos médios pouco cimentados, localmente silicificados;
- Formação Rosário do Sul: nota (0,7) devido a predominância de arenitos argilosos e calcíferos;
- Formação Estrada Nova: nota (0,7) devido a predominância de arenitos argilosos;
- Formação Irati: nota (0,5) devido a ocorrência de folhelhos;
- Formação Rio Bonito: nota (0,7) devido a ocorrência de fácies arenosos e folhelhos;
- Formação Palermo: nota (0,6), devido às interdigitações de fácies arenosos finos, siltosos e argilosos;
- Grupo Cambaí: nota (0,7) por serem rochas cristalinas fraturadas e apresentarem baixa atenuação natural devido a não existência de argilominerais, neste tipo litológico, não sendo considerado seus produtos de alteração, que aí sim terão argilominerais presentes nos perfis de solos.

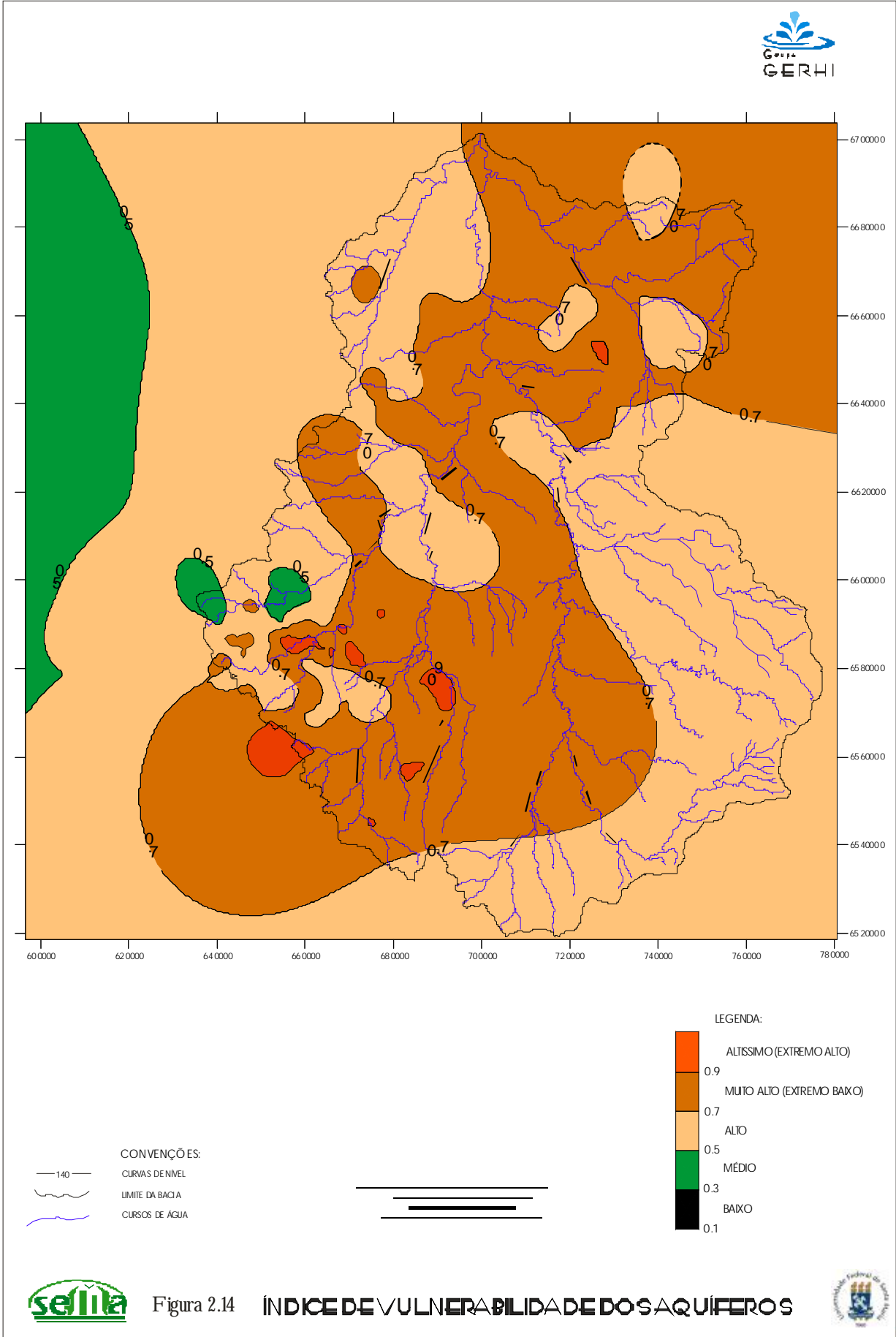


Figura 2.14 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DOS SAQUÍFEROS



Quanto às ocorrências das águas subterrâneas relativas as condições de circulação das águas nos aquíferos:

- Confinados (as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral), ou porosas como por exemplo a Fm. Rosário do Sul, quando identificado nos cadastros pré-existentes), nota (0,2).
- Semiconfinado (as litologias que se apresentaram nestas condições, com base em testes de bombeamento, nota (0,4) ex. Fm. Palermo e Fm. Estrada Nova, ambas apresentando fácies argilosas.
- Não confinado ou livres considerando-se a nota máxima (1).

Uma vez que muitos poços não apresentaram todos os três parâmetros considerados, os resultados aqui apresentados são preliminares, e baseados nos dados obtidos até o presente momento.

Com base no mapa apresentado sobre índices de vulnerabilidade, observa-se que as classes com maior representatividade foram, representando-as numa escala crescente de valores de ocorrência, a Alto > Muito Alto (Extremo Baixo) > Altíssima (ExtremoAlto) > Médio. A classe Alto cobre parte da Província Hidrogeológica Escudo e, também, da Província Hidrogeológica Gondwânica.

2.10 Usos das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria

Usos das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria com base no cadastramento de 430 poços, obtidos a partir de dados secundários. A Tabela 2.30 ilustra os usos industriais das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Tabela 2-30 Usos das águas subterrâneas na bacia hidrográfica

Usos	Número de poços	Porcentagem (%)
Doméstico ou urbano	294	68
Industrial	14	3
Outros, Lazer, recreação	2	1
Múltiplo	2	1
Pecuária	1	<1
Irrigação	0	0
Sem informações	117	27

A Figura 2.15 ilustra os valores em porcentagem dos diferentes usos das águas subterrâneas, salienta-se que o principal uso na bacia é o abastecimento doméstico, em segundo lugar aparece o uso industrial, e que deve ser salientado que ainda não foram cadastrados os postos de combustíveis e também os lava-à-jato. Ainda é importante salientar que nenhum uso está atribuído a lavoura irrigada e apenas em um poço uso na pecuária.

De acordo com as faixas de consumo por usuários de águas subterrâneas estabelecida provisoriamente pelo DRH (abril/2002), ilustrada na Tabela 2.31, obter-se-iam os seguintes resultados.

Tabela 2-31 Faixa de consumo de águas subterrâneas por classes de usuários.

Faixa de usuários em m ³ /dia	(X30dias) faixa de usuários em m ³ /mês
<25	<750
25 – 250	750 – 7.500
> 250	>7.500

Buscando-se relacionar os resultados já obtidos com a outorga das águas subterrâneas e com base nos diversos critérios apresentados, discute-se brevemente os mecanismos de outorga de águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Santa Maria. Partindo-se dos formulários para cadastro de usuários de águas subterrâneas.

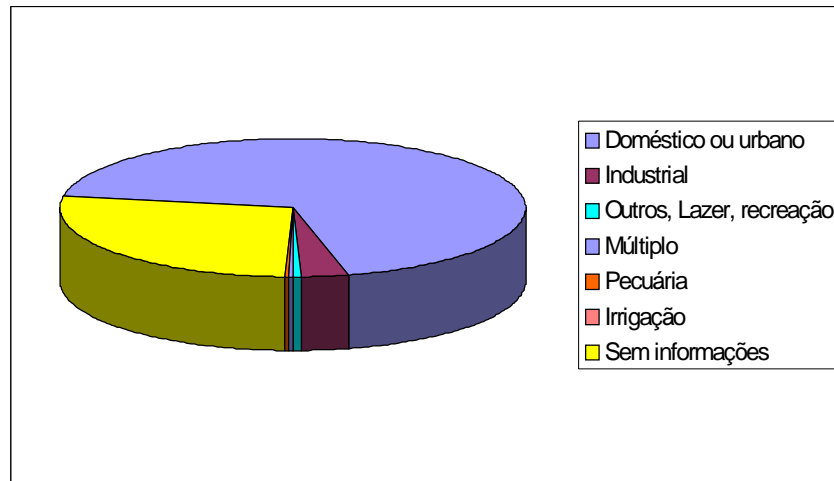


Figura 2-5 Usos das águas subterrâneas na bacia hidrográfica

O DRH/SEMA já tem disponibilizado diversos formulários contendo informações para obtenção da outorga de águas subterrâneas. Os formulários constam de uma ficha cadastral de usuários de águas subterrâneas localizados por bacia hidrográfica, bem como requerimentos de anuência prévia para perfuração de poços novos, em três faixas de usuários:

a) $< 25 \text{ m}^3/\text{dia}$, b) entre 25 até $250 \text{ m}^3/\text{dia}$ e c) $> 250 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Também são disponibilizados formulários de requerimento de regularização da construção de poço e outorga do uso da água subterrânea, concedido para poço que esteja sendo explorado sem outorga, nas faixas de usuários:

a) $< 25 \text{ m}^3/\text{dia}$, b) entre 25 até $250 \text{ m}^3/\text{dia}$ e c) $> 250 \text{ m}^3/\text{dia}$.

De acordo com o DRH (2002), os procedimentos adotados para outorga de águas subterrâneas, dar-se-á em duas etapas no estado:

A Tabela 2.32, apresentada a seguir, ilustra as vazões médias dos poços tubulares cadastrados na bacia hidrográfica do rio Santa Maria e percebe-se que a grande maioria dos usuários de poços tubulares consomem águas de poços oriundos de produtividade considerada muito fraca $< 3,25 \text{ m}^3/\text{h}$, e destes muitos consumidores utilizam água para abastecimento doméstico a partir de poços com vazões inferiores a 1.000 L/h ($< 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$), considerados consumidores que podem enquadrar-se na condição de usuários de caráter individual, para satisfação das necessidades básicas da vida.

A Tabela 2.32 ilustra os resultados obtidos através de consulta ao banco de dados da CPRM/SIAGAS (2002-2003), apresentando-se resumidamente os dados de vazão associados ao tipo de aquífero penetrado, perfazendo 558 poços, sendo que alguns desses pertencem a outras bacias hidrográficas.

De acordo com esta tabela, nota-se que as vazões são variáveis dentro da mesma formação geológica, como, por exemplo, no aquífero poroso. A Fm. Botucatu em Santana do Livramento pode atingir valores desde 0 até $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Como exemplo de aquífero fraturado, tem-se a Formação Serra Geral, que no mesmo município pode apresentar vazões desde 0 até $110 \text{ m}^3/\text{h}$, em função de fatores tectônicos e ou conexão entre fraturas.

Com relação a Tabela 2.32 avaliou-se que dentre os 422 poços com informações sobre vazão, obteve-se um total de 288 poços com vazão igual a zero m^3/h , ou equivalente a uma vazão inferior a 1.000 L/h . Outra classe de usuários de águas subterrâneas situou-se entre zero até $25 \text{ m}^3/\text{h}$, perfazendo 103 poços, outra faixa considerada foi entre 25 até $250 \text{ m}^3/\text{h}$, que totalizou 31 poços. Informa-se que não foi obtido nenhum poço com vazão superior a $250 \text{ m}^3/\text{h}$ na bacia hidrográfica do rio Santa Maria, considerando-se as informações disponíveis neste relatório técnico. A Figura 2.16 ilustra os valores percentuais de faixas de vazão dos poços da bacia estudada, qual conclui-se que 69% dos usuários de águas subterrâneas enquadram-se na faixa de consumo inferior a 1.000 L/h , e apenas 24% dos usuários

encontram-se na faixa de vazão entre zero até 25 m³/h, não sendo conhecido nenhum poço com vazão superior a 250 m³/h (como ocorre em outros estados brasileiros, em rochas do Sistema Aquífero Guarani, que atingem vazões de 500 m³/h, no Estado de São Paulo (www.sg-guarani.org 2002 – 2003))

Tabela 2-32 Valores médios nos poços tubulares penetrantes nas Sub-províncias hidrogeológicas com base em dados secundários CPRM/SIAGAS, de acordo com as unidades hidroestratigráficas do Mapa Geológico

CPRM/SIAGAS	Nº Poços	Profund. (m)	Vazão (m ³ /h)	Aquíferos	Faixa variação vazão (m ³ /h)	Vazões (m ³ /h)			
						>100	25 - 100	3,25 - 25	<3,25
Classes de Produtividades						Muito elevada	Elevada a média	Média a fraca	Muito fraca
Cacequi	64	0 - 127	0 - 17,6	Rosário do Sul 03		0%	0%	17,6%	82,4%
Rosário do Sul	59	0 - 160	0 - 6	Serra Geral 11 Botucatu 14 Rosário do Sul 20 Estrada Nova 01 Irati 01	0 - 1 0 - 6	0%	0%	3,9%	96,1%
São Gabriel	43	0 - 170	0 - 36	Rosário do Sul 18 Estrada Nova 04 Rio Bonito 06 Palermo 01 Irati 03 Cambai 01	0 - 0,9	0%	0%	0%	100%
Santana do Livramento	390	0 - 170	0 - 110	Serra Geral 100 Botucatu 153 Rosário do Sul 65 Estrada Nova 01	0 - 110 0 - 100 50 - 99	0,3%	9,3%	12,9%	77,5%
Dom Pedrito	02	111 - 120	14,4 - 52,8	Rio Bonito 02	14,4 - 52,8	0%	50%	50%	0%

Utilizando-se os resultados obtidos de produção de águas subterrâneas no mês de agosto de 2002, no Município de Santana do Livramento, no período de inverno, quando o consumo de águas para abastecimento público é menor que no período de verão, pode-se dizer a Província Hidrogeológica Gondwânica, Sub-província Rosário do Sul, aquífero livre, produziu em três poços tubulares valores entre: 1785 até 20.160 m³/mês. A Província Hidrogeológica Gondwânica, Sub-província Botucatu, produziu no aquífero confinado, um poço tubular 9.360 m³/mês, enquanto que na porção livre, produziu entre 7.500 até 64.530 m³/mês.

Concluindo-se que em relação as reservas de águas subterrâneas estimadas para a bacia Hidrográfica do rio Santa Maria, a produção conhecida dos sistemas aquíferos parece ainda ser incipiente, se comparada a cidade de Ribeirão Preto em São Paulo, com uma população estimada em mais de 500.000 habitantes, sendo completamente abastecida por água subterrânea, inclusive incluindo usos industriais, agricultura e outros.

Nos formulários de cadastramento de usuários de águas subterrâneas não são feitas distinções referentes ao tipo de sistema aquífero a ser explorado, seja de captação em aquífero raso ou profundo.

Sugestões a serem incluídas nos requerimentos de anuência prévia e de regularização dos poços:

- incluir avaliação da temperatura da água subterrânea na boca do poço em graus Centígrados;
- incluir análise de Boro para águas utilizadas na irrigação;
- Para uso na irrigação deve ser apresentado o Índice RAS, Razão de Adsorção de Sódio, de acordo com os padrões do *United States Salinity Laboratory* e a unidade da condutividade elétrica da água dever ser µS/cm.
- Formulários ou Projetos Específicos às Modalidades de Licenciamento disponíveis na página da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do RS

(www.sema.rs.gov.br/recursos_hidricos/outorga/2003) disponíveis ao público e endereçados ao diretor do DRH/RS.

Formulários gerados em Word/Excel

Procedimentos para Outorga de Águas Subterrâneas

Autorização Prévia usuários que consomem menos 25m³/dia

Autorização Prévia usuários que consomem de 25 a 250 m³/dia

Autorização Prévia usuários que consomem mais 250m³/dia

Regularização e Outorga para usuários que consomem menos de 25m³/dia

Regularização e Outorga para usuários que consomem de 25 a 250 m³/dia

Regularização e Outorga para usuários que consomem mais de 25m³/dia

Ficha Cadastral para Regularização e Outorga

Ficha Cadastral para Autorização Prévia

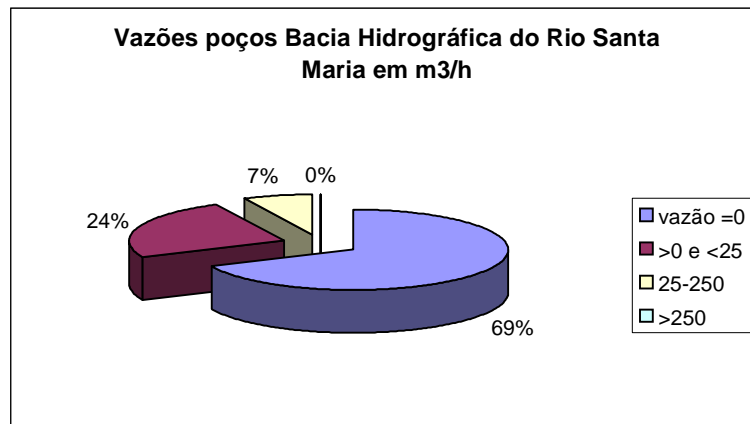


Figura 2-6 Faixa de vazão dos poços da bacia hidrográfica em m³/h.

Observou-se que existe diferença no número de parâmetros físico-químicos exigidos nos formulários abaixo indicados na Tabela 2.33.

Observou-se que não são exigidas análises físico-químicas de dois ânions importantes para a classificação das águas subterrâneas. O bicarbonato (HCO₃⁻) é normalmente o ânion predominante nas águas do Estado do RS, enquanto o CO₃⁻² somente será o ânion predominante em águas com pH³ 8,2 e da concentração de CO₂. De acordo com CPRM (1997) o carbonato é indesejável em águas de irrigação, pois sua presença na forma de carbonato de sódio é altamente tóxico para os vegetais. As concentrações destes ânions seriam importantes no banco de dados de qualidade físico-química a ser instrumentalizado pelo DRH/FEPAM, durante a evolução do processo da outorga. Salienta-se que para a classificação de águas subterrâneas em diagramas Triangular do tipo Piper, ou diagramas de Stiff e Durov, a concentração destes ânions deve ser computada. Informa-se ainda que a exigência destes parâmetros não iria elevar substancialmente os custos de análises físico-químicas pelos usuários. Sugere-se que os íons bicarbonato e carbonato, mesmo não sendo parâmetros exigidos pela Portaria 1.469/2000 para águas de consumo humano, seriam importantes para subsidiar a futura outorga qualitativa.

Com base nas informações pré-existentes e disponíveis atualmente apresentadas no Anexo 14- poços, nota-se que é insuficiente o número de informações sobre a qualidade físico-química das águas subterrâneas. Salienta-se que muitas informações de concentrações físico-químicas ainda não foram incorporadas ao banco de dados do SIAGAS/CPRM, tais como as referentes ao Projeto de Hidrogeologia da Fronteira Sudoeste do Estado do RS, de 1972, referentes aos Municípios de (02) Lavras do Sul, (7) Dom Pedrito, (6) Rosário do Sul, (5) Cacequi, apresentadas na Planilha Físico-química, mas não incluídas nas simulações em programas nem nas análises de vulnerabilidade. Portanto essa informação tem valor apenas qualitativo. Uma vez que o Projeto Mapeamento Hidrogeológico do Estado do RS, coordenado

pela CPRM, encontra-se em desenvolvimento estas informações serão futuramente disponibilizadas e farão parte do acervo técnico do DRH/FEPAM. Portanto com a base de dados físico-químicos reduzidos na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria considera-se temeroso procedimento de outorga qualitativa, propõem-se ainda que através da FAPERGS sejam abertos editais visando ampliar a base de dados sobre recursos hídricos subterrâneos no Estado do RS.

Tabela 2-33 Formulários para solicitação de outorga de águas subterrâneas.

Ficha cadastral de Usuários de Águas Subterrâneas para Regularização e Outorga	Requerimento de Autorização Prévia para perfuração de Poço
Análises físico-químicas (25 parâmetros)	Análises físico-químicas (26 parâmetros)
Turbidez	Turbidez
Cálcio	Cálcio
Cromo	Cromo
Cor	Cor
pH	pH
Flúor	Flúor
Zinco	Zinco
Ferro	Ferro
Sódio	Sódio
Cobre	Cobre
Cádmio	Cádmio
Sólidos Totais	
Dureza Total	Dureza Total
Alcalinidade Total	Alcalinidade Total
Condutividade Elétrica	Condutividade Elétrica
Potássio	Potássio
Chumbo	Chumbo
Sulfato	Sulfato
Cloreto	Cloreto
Manganês	Manganês
Alumínio	Alumínio
Nitrato	Nitrato
Nitrogênio Total	Nitrogênio Total
Temperatura da água em °C	Temperatura da água em °C
Resíduo Seco (180°C)	Resíduo Seco (180°C)
	Magnésio
	Sólidos Totais Dissolvidos

Os itens constantes dos requerimentos de Autorização Prévia para perfuração de Poços novos bem como Requerimento de Regularizações da Construção de Poço e Outorga de Uso de Água Subterrânea, são exigidos ensaios de testes de vazão de acordo com as normas NBR 12212/1992 e NBR12244/1992. A partir destas informações e dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos poderão ser ampliados e revistos os mecanismos de outorga quantitativa para águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria. Sugere-se que as empresas que realizam captação e distribuição de águas subterrâneas nesta Bacia Hidrográfica, em especial o D.A.E. em Santana do Livramento e a CORSAN em Cacequi, realizem campanhas de bombeamento de poços, bem como monitoramento dos níveis piezométricos, uma vez que já realizam amostragens de águas de acordo com prescrições da Portaria 1.469/2000 bem como Portaria 10/99 RS. Neste sentido será possível obter-se informações técnicas sobre perímetros de proteção de poços. Em relação a Santana do Livramento o Projeto Piloto de Estudos para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento sustentável do SAG, deverá iniciar já a partir de 2003, com apoio da OEA/GEF/ANA/DRH/SEMA e das Universidades UFSM Departamento de GEOCIÊNCIAS e da UDELAR/IMFIA/Instituto de Mecânica dos Fluídos de Montevidéu, e coordenado pelo consultor técnico de hidrogeologia deste relatório.

As recentes resoluções N° 9/2000, N° 15/2001, N°16/2001 e N° 29/2002, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos para a inserção definitiva das águas subterrâneas, sua gestão nos Planos de Bacias Hidrográficas, buscando-se aprofundar os conhecimentos das interações entre águas superficiais e subterrâneas em todo o país.

Concluindo-se esta etapa do projeto e buscando-se compatibilizar os conhecimentos atuais com aqueles que deverão ser obtidos com a evolução do processo de outorga das águas subterrâneas, disciplinando esta atividade e ampliando-se os conhecimentos sobre as águas subterrâneas nesta bacia, sugere-se para estudos futuros necessários á evolução do Processo de outorga.

Executar uma rede de piezômetros e/ou poços de observação em pontos estratégicos, para a avaliação das condições de interferência de poços tubulares como já é realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (D.A.E.E.) no Estado de São Paulo. Estudos preliminares em andamento pela SABESB em São Paulo, estimam para a área de influência entre poços tubulares uma distância de 250m, mas que deverá depender do tipo do aquífero, se livre, confinado, semiconfinado informação verbal (Geol. Simanke de Souza, 2002).

Realizar estudos das potencialidades dos aquíferos rasos, aluvionares buscando-se saber sua vazão de exploração, suas características físico-químicas, sua espessura, sua capacidade específica, avaliando-se suas características para uso complementar na agricultura irrigada do arroz, desta forma estará sendo protegido o uso do aquífero profundo para abastecimento público preferencial. Possibilidade de implantação de barragens subterrâneas como nos aluviões do nordeste brasileiro.

Estes e outros estudos deverão ser executados em cooperação técnica entre a ANA, o DRH/SEMA; FAPERGS através do Projeto Piloto para estudos do Sistema Aquífero Guarani, a ser financiado pelo *Global Environmental Facility GEF*, provavelmente já a partir do ano de 2003. As universidades também estão executando trabalhos acadêmicos a nível de mestrado, buscando-se ampliar os conhecimentos sobre a hidrogeologia das águas subterrâneas e suas relações com as águas de superfície. Buscando-se conhecer melhor sua qualidade físico-química e quantidade a ser explorada mantendo a sustentabilidade do sistema.

3 OUTORGA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO SANTA MARIA

3.1 Introdução

A partir da verificação e análise dos procedimentos, dos dados e das informações exigidas pelo Governo Federal e por alguns estados brasileiros para a emissão de outorgas de uso da água, constata-se que a emissão de autorizações para o uso da água, tem como base a análise puntual das condições hidráulicas e hidrológicas do corpo hídrico doador. Ou seja, verifica-se apenas se o manancial é capaz de suprir, no ponto requerido, as demandas solicitadas.

Nenhum dos sistemas de outorga analisados considera, conjunta e previamente, o universo dos usuários já existentes em uma determinada unidade de planejamento para o uso dos recursos hídricos. Entre os “usuários da água” não se inclui o meio ambiente “aquático”, cuja manutenção depende da existência de vazões mínimas que permitam a sobrevivência das espécies da fauna e da flora, adequadas a cada bacia e a cada ponto.

Estas considerações iniciais remetem ao objetivo final do projeto, que é o de propor metodologias de análise de solicitações de outorga de uso da água que, em um primeiro momento, considerem os usos da água já existentes e, em um segundo momento, permitam definir níveis mínimos de garantia de disponibilidade de água aos usuários atuais e futuros.

Este capítulo se concentra na proposição de procedimentos e rotinas para a operacionalização da outorga de uso das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Santa Maria possuindo como referencial técnico a metodologia exposta no escopo metodológico apresentado no item 1.7 deste relatório. Este referencial assenta-se na definição de um Marco Zero para o início de processamento de balanço hídrico para outorga e na compartimentação do espaço por seções hidrológicas de referência (SHR).

3.2 A Base legal para a Outorga no Estado do Rio Grande do Sul

O Art. 171 da Constituição do RS instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão. O Sistema compreende critérios de outorga de uso da água, fiscalização e tarifação de modo a proteger e controlar as águas bem como racionalizar e compatibilizar os usos. Reafirma, a Constituição do Estado, a outorga como um dos principais instrumentos de gestão das águas, juntamente com o planejamento e a tarifação do uso.

A lei que regulamentou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos previsto no Art. 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, foi promulgada em dezembro de 1994 (Lei nº 10.350), dois anos antes, portanto, da Lei Federal sobre o mesmo assunto.

Da mesma forma que a lei federal, a legislação gaúcha sobre recursos hídricos considera a outorga de uso da água como um instrumento fundamental para o adequado gerenciamento das águas de domínio do Estado. O Artigo 29 da Lei nº 10.350 estabelece que “dependerá da outorga de uso da água qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, das águas superficiais ou subterrâneas, observado o Plano Estadual e Recursos Hídricos e os Planos de Bacias Hidrográficas”. Os parágrafos 1º e 2º do mesmo artigo diferenciam o licenciamento do uso da água que altera as condições quantitativas do licenciamento que altera as condições qualitativas das águas. Compete ao Departamento de Recursos Hídricos a outorga referida aos aspectos quantitativos e cabe ao órgão ambiental do Estado o licenciamento do uso da água que altera as condições qualitativas das águas.

O inciso III do Art. 40 impõe a implantação de um sistema integrado de outorga. Ou seja, a autorização para o uso da água deve ser compatibilizada com sistemas correlacionados de licenciamento ambiental e metropolitano. Isto significa que, embora seja necessária a obtenção de autorizações diferenciadas para usos quantitativos e qualitativos, a sua emissão deve ser compatibilizada através de um sistema integrado de autorização (qualidade/quantidade), evitando-se assim a duplicidade de procedimentos administrativos, o que representa simplificação e economia de tempo para o usuário.

O Artigo 29 da Lei nº 10.350/94 (outorga de uso da água) foi regulamentado pelo Decreto nº 37.033 de 21 de novembro de 1996. O Decreto resultou de proposta da Comissão Consultiva do Conselho de Recursos Hídricos do RS.

Em acordo com o estabelecido na Lei 10.350/94, o Decreto nº 37.033 define três tipos de outorga:

- licença de uso, quando o usuário atender às condições estabelecidas pelos órgãos responsáveis pelo controle quantitativo e qualitativo das águas e em função das disponibilidades da bacia hidrográfica;
- autorização, quando não estiverem estabelecidas as disponibilidades quali-quantitativas das águas, sendo emitidas portanto em caráter precário podendo ser revogadas a qualquer momento, e
- concessão, nos casos de utilidade pública, conforme previsto no Artigo 43 do Código de Águas.

A emissão de outorga de uso da água, independente do tipo, tendo em vista implicar em interferência nas condições ambientais, será precedida do estabelecimento de um Sistema de Consulta Permanente entre o órgão responsável pelo controle das condições quantitativas (Departamento de Recursos Hídricos) e pelo órgão responsável pelo controle das condições qualitativas dos recursos hídricos (Fundação Estadual de Proteção Ambiental). O estabelecimento deste sistema está previsto no Parágrafo 1º do Art. 22 do Decreto 37.033.

A outorga de uso é um instrumento de que dispõem os poderes públicos Federal e Estaduais para promover o uso adequado das águas sob o ponto de vista da sociedade como um todo.

Condicionantes definidos na Lei Estadual sobre recursos hídricos (Lei nº 10.350/94)

A Lei 10.350/94 possui três artigos que abordam a outorga de uso da água. O Art. 29 estabelece que dependerá de outorga qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições qualitativas e quantitativas das águas superficiais e subterrâneas, remetendo ao Departamento de Recursos Hídricos a responsabilidade pela autorização de usos que alterem as condições quantitativas das águas e à FEPAM a responsabilidade pela autorização de usos que alterem as condições qualitativas das águas. O Artigo 30 condiciona a autorização de uso às prioridades estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacias Hidrográficas. O Artigo 31 dispensa de outorga os usos de caráter individual para satisfação das necessidades básicas da vida.

O disposto no Artigo 29 induz à uma aparente duplicidade de procedimentos quando um mesmo uso altera tanto as condições quantitativas quanto as condições qualitativas de um corpo de água. No entanto, o inciso III do Artigo 40 estabelece a implantação de um sistema integrado de outorga de uso da água, ou seja, deverá haver compatibilização dos procedimentos exigidos pelo DRH e pela FEPAM.

O Decreto nº 37.033 promulgado em 21 de novembro de 1996, regulamentou a outorga do uso da água de domínio do Estado. Este Decreto define claramente os fatores legais condicionantes das autorizações.

A seguir são descritos os fatores condicionantes que devem ser observados quando da emissão de outorga de uso.

Tipos de outorga

São definidos 3 (três) tipos de outorga de uso:

- licença de uso, emitida quando o usuário atender as condições estabelecidas, em função da disponibilidade quali-quantitativa da água na bacia, pelos órgãos licenciadores (DRH e FEPAM);
- autorização de uso quando não estiverem definidas as condições de derivação ou lançamento, pelo DRH e pela FEPAM;
- concessão, nos casos de utilidade pública.

Abrangência da outorga

A outorga confere apenas o direito de uso da água, não dispensando o outorgado de cumprir as disposições legais que regem o seu uso, bem como a legislação ambiental e de controle da poluição, sob pena de cassação. A outorga não implica na alienação parcial das águas (que são inalienáveis). Confere apenas um direito de uso. A água derivada para um fim não poderá ser utilizada para outro fim, devendo neste caso ser objeto de nova outorga.

Dispensa de outorga

O Decreto 37.033 estabelece que os Planos de Bacia Hidrográfica poderão definir uma vazão de derivação abaixo da qual a outorga poderá ser dispensada. Esta vazão, no entanto, deverá ser aprovada pelo DRH, que também definirá a vazão quando da inexistência do plano de bacia. Agrega-se a isto a definição, por parte da FEPAM, das quantidades mínimas de água necessárias para a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

A Lei Estadual nº 10.350/94 estabelece no Art. 31 que “são dispensados de outorga os usos de caráter individual para satisfação das necessidades básicas da vida”. O Conselho de Recursos Hídricos, através da Resolução nº 01/97, emitida em 4 de junho de 1997, dispensou de outorga a derivação individual de água para os usos que caracterizem o atendimento das necessidades básicas da vida, higiene, alimentação e produção de subsistência, associadas às condições de uso da água em unidade residencial unifamiliar, nos locais em que não houver sistema de abastecimento público, e à não utilização para fins econômicos. Esta resolução ampliou o conceito de “necessidades básicas da vida”, agregando a produção de subsistência.

Prazos da outorga

A cada tipo de outorga é associado um prazo de validade. As licenças de uso são outorgas pelo prazo máximo de 5 (cinco) anos; as autorizações de uso, dada a sua precariedade, poderão ser revogadas a qualquer momento; as concessões serão por prazo de 10 (dez) anos. Todas as outorgas poderão ser renovadas desde que solicitado pelo interessado até seis meses antes de expirar o respectivo prazo.

Hierarquia de usos

Excetuado o abastecimento público, cujo uso é prioritário, a hierarquização dos demais usos será definida com a participação dos usuários envolvidos, sob a coordenação dos Comitês, desde que não esteja estabelecido o plano da bacia hidrográfica. Esta definição levará em consideração a preservação do interesse público e a manutenção dos recursos hídricos a longo prazo.

Terá preferência, dentro de uma mesma categoria de usuários, aquele que comprovar maior eficiência e economia na utilização da água, através da aplicação de tecnologias apropriadas e da eliminação de perdas e desperdícios. O parágrafo 2º do Artigo 18 do Decreto 37.033/96 estabelece que, ocorrendo insuficiência de água ou degradação da qualidade a níveis que possam alterar a classe de uso em que o corpo de água estiver enquadrado, o DRH e a FEPAM modificarão as condições fixadas no ato de outorga. Esta possibilidade estabelece o caráter de flexibilidade da outorga, sendo possível a sua alteração em função das modificações que possam ocorrer nos corpos de água, incorporando portanto a aleatoriedade do regime hidrológico.

Situações específicas

As bacias hidrográficas nas quais a disponibilidade e a demanda de água estejam muito próximas, serão consideradas bacias especiais, com base em critérios a serem definidos pelo DRH e pela FEPAM. Nestas bacias será desenvolvido um gerenciamento dos recursos hídricos de caráter específico, no qual será efetuado um monitoramento quali-quantitativo capaz de prevenir e orientar possível racionamento ou implantação de medidas de controle das derivações e dos lançamento de efluentes. A implantação destas medidas deverá ser efetuada de comum acordo com os usuários através da constituição de Comissões de Usuários, supervisionadas pelo DRH, FEPAM e Comitês de Bacia.

Implantação de Sistema de Consulta Permanente entre o DRH e a FEPAM

As características do licenciamento para a derivação e para o lançamento de efluentes, competências de órgãos distintos vinculados à Secretaria Estadual do Meio Ambiente, conduz à necessidade do estabelecimento de procedimentos articulados entre as duas entidades, evitando duplicidade de exigências e custos ao usuário. Estes procedimentos deverão ser definidos no Sistema de Consulta Permanente DRH/FEPAM, previsto no parágrafo 1º do Art. 22 do Decreto 37.033/96. O estabelecido no Art. 22 não exime o usuário de obter dois licenciamentos (caso de solicitação de derivação de água e de despejo de efluentes), apenas impõe a necessidade de evitar rotinas burocráticas repetitivas.

Criação de um sistema de informações

A emissão de uma autorização de uso da água depende fundamentalmente de um adequado conhecimento da realidade dos recursos hídricos da bacia na qual está sendo solicitada autorização para o uso da água. Este conhecimento deve estar consubstanciado em um Sistema de Informações que contenha dados hidrometeorológicos básicos (níveis, vazões, chuvas, climatologia), cadastro de usuários, informações técnicas e instrumentos de análise dos dados e informações que permitam a tomada de decisão quanto à concessão da outorga. Além de permitir ao poder concedente a instrução dos processos de outorga, o Sistema de Informações deve ser de livre acesso aos usuários e ao público em geral, permitindo que a Sociedade participe e fiscalize a administração das demandas e disponibilidades da água. A criação do Sistema de Informações é prevista no Artigo 24 do Decreto 36.033/96.

Considerações Gerais

As diretrizes e condicionantes legais se constituem na base do processo de gerenciamento da água. Ao Estado, na qualidade de detentor do domínio das águas, compete a administração da oferta de água. A administração dos usos é papel da Sociedade, exercido através das entidades de usuários e, principalmente, através dos Comitês de Bacia. Definidos os regulamentos de uso, cabe à Sociedade adequar-se a eles no que lhe compete.

Os planos de bacias hidrográficas, cuja estruturação deve ser aprovada pela Sociedade através do processo decisório dos Comitês, se constituem no principal condicionante da emissão de autorizações de uso da água. À disponibilidade de água, fortemente condicionada por fatores aleatórios (clima), deve ser associado o enquadramento em classes de uso proposto pelos Comitês e referendado pelo órgão ambiental. Resguardado o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas aquáticos, as derivações de água e o lançamento de efluentes são condicionadas pelos planos de bacia hidrográfica e pelo enquadramento em classes de uso, dois importantes instrumentos de gestão das águas que são decididos pela Sociedade.

3.3 Caracterização Geral do uso da água na Bacia do Rio Santa Maria

A bacia hidrográfica do Rio Santa Maria possui elevado uso consuntivo da água para sustentação da lavoura orizícola, caracterizando o uso preponderante da água na região. Este uso intensivo da água é exercido em diferentes formas de derivação que podem ser caracterizadas por diferentes situações tipo que devem ser consideradas para efeito de outorga. Somados a estes tipo de uso consuntivo preponderante, integram-se os usos relacionados ao despejo de águas residuárias de núcleos urbanos, áreas rurais e processos agro-industriais, bem como o uso no próprio manancial como a recreação (balneários), pesca

Considerando os diferentes usos da água na bacia, pode-se identificar os seguintes situações:

- Derivação direta em curso de água
- Derivação direta em banhados
- Captação em aquífero (profundas e subsuperficiais)
- Derivação a partir de açude privado
- Derivação a partir de açude público
- Derivação a partir de curso de água ou banhado para a preservação e uso posterior
- Lançamento de efluentes sem tratamento

- Lançamento de efluentes após tratamento

Considerando os usos da água atualmente exercidos na bacia do rio Santa Maria, buscou-se identificar e descrever situações típicas representativas de cada forma de derivação de água. Essas formas são aqui denominadas de “situação-tipo”, sendo representativas das diferentes maneiras de captação e uso da água na bacia. Para cada uma das situações-tipo são propostas diretrizes para a emissão de outorgas de uso da água.

As “situações-tipo” existentes na bacia são descritas abaixo:

Situação A – Derivação direta em curso de água

Esta situação se caracteriza pela implantação de um sistema de bombeamento em um curso de água. As águas derivadas são imediatamente conduzidas para o atendimento da demanda da atividade-fim. Nesta situação, o bombeamento pode ser contínuo (abastecimento público) ou sazonal (irrigação de culturas de verão).

Situação B – Derivação direta em banhados

Da mesma forma que na situação “A”, as águas derivadas são diretamente conduzidas para o atendimento da atividade-fim. Na bacia do rio Santa Maria, este tipo de uso atende apenas a irrigação, sendo portanto sazonal.

Situação C – Captação em aquífero

Esta captação é feita através de poços tubulares que exploram aquíferos freáticos ou confinados. Destina-se ao abastecimento público de sedes municipais, de pequenos núcleos urbanos localizados na área rural ou então para o atendimento de clubes de campo, sedes de fazendas, indústrias e para uso doméstico individual. Foi registrado apenas um poço para a dessedentação animal. Não foram registrados poços para o atendimento das demandas de irrigação.

Situação D – Derivação a partir de açude privado

Esta situação é a mais comum ocorrente na bacia do rio Santa Maria. As águas destinam-se prioritariamente para a irrigação de arroz e, de forma secundária, para a dessedentação de animais. Esta situação envolve três formas de uso da água:

- o proprietário do açude utiliza as águas exclusivamente para o atendimento das suas demandas;
- o proprietário do açude fornece para terceiros as águas armazenadas, mediante pagamento de uma “tarifa” pelos serviços de armazenamento e, em alguns casos, de distribuição;
- o proprietário usa parte das águas para o atendimento das suas próprias demandas e fornece o excedente para terceiros.

Situação E – Derivação a partir de açude público

Existe um único açude público na bacia. É o açude da Serrinha, operado pela CORSAN de Dom Pedrito. As águas deste açude são utilizadas exclusivamente para a complementação do abastecimento da cidade de Dom Pedrito.

Situação F – Derivação a partir de curso de água para reservação e uso posterior

Esta situação não foi claramente identificada na bacia do rio Santa Maria. No entanto, por se tratar de situação existente em bacias limítrofes à do rio Santa Maria (caso da bacia do rio Vacacaí), admitiu-se a possível existência de derivações em cursos de água, destinadas ao suprimento de reservatórios artificiais (açudes), exercidas durante o período de inverno. As águas derivadas são utilizadas para a irrigação de arroz durante o período de desenvolvimento desta cultura (verão).

Situação G – Lançamento de efluentes sem tratamento

A utilização dos cursos de água como receptores de lançamentos de efluentes urbanos e industriais sem tratamento prévio, é exercida nas sedes dos municípios localizados na bacia. Atualmente são parcialmente tratados os esgotos urbanos dos municípios de Santana do Livramento, Dom Pedrito e Rosário do Sul. No município de Cacequi, está sendo elaborado projeto de coleta e tratamento de esgotos.

Segundo informações da CORSAN, o projeto encontra-se em fase de licitação para a sua implantação. Quanto à indústria, não existem informações confiáveis sobre as características dos efluentes.

Situação H – Lançamento de efluentes após tratamento

Conforme referido no item anterior (Situação G), os efluentes urbanos são parcialmente tratados nos municípios com sede na bacia. Não estão disponíveis informações sobre percentuais de esgotos tratados ou não, lançados nos cursos de água contíguos às sedes municipais. Quanto aos efluentes industriais, o cadastramento existente não disponibiliza informações passíveis de serem utilizadas.

3.4 Diretrizes gerais para a Outorga na Bacia do Rio Santa Maria

Observou-se, a partir das planilhas do balanço hídrico otimizado, que para anos de umidade média e anos úmidos há excedente de água nos rios, o que indicaria uma possibilidade de liberar novas outorgas. Porém para o caso dos anos secos, os resultados indicaram uma necessidade de racionamento e nenhuma possibilidade de liberar novos volumes para a bacia do rio Santa Maria. Assim, a orientação para a avaliação das outorgas é:

a) A outorga pode ser dada para todos os usuários atuais, porém considerando a ressalva de que para anos secos, deve-se considerar a possibilidade de aplicação de racionamento.

b) A outorga sazonal, mesmo em anos secos, no período de setembro, outubro e novembro, pode ser ofertada, para o enchimento de reservatórios, tendo como limite as disponibilidades estimadas para cada trecho, em função de um balanço hídrico.

c) Entende-se, que mesmo após fornecer as outorgas, o DRH deve reservar-se ao direito de avaliar o consumo de cada usuário em função da tecnologia utilizada. Em função desta avaliação, poderá estipular um prazo para a redução do consumo (aumento de eficiência na utilização do recurso hídrico). Esta precaução fundamenta-se na possibilidade de induzir um melhor manejo da principal demanda na bacia, a demanda orizícola. Porém, é necessário chamar atenção, que qualquer alteração no manejo deve ser precedido de análises de impacto ambiental nos solos, dado que a região possui grandes áreas de solos de pequena espessura e alta fragilidade.

3.4.1 Diretrizes para cada situação-tipo

A seguir detalham-se as diretrizes para a concessão de outorga para cada situação tipo definida no item 3.2, considerando fontes superficiais e fontes subterrâneas de água.

Situação A – Derivação direta em curso de água

A derivação direta em curso de água é efetuada, na bacia do rio Santa Maria, para a irrigação e, nos municípios de Dom Pedrito e Rosário do Sul, para o abastecimento público.

Para esta situação são propostas as seguintes diretrizes:

- autorização de vazões com base nas disponibilidades de água definidas em função dos estudos hidrológicos realizados para a respectiva SHR;

- estabelecimento de fatores de redução de consumo de água progressivos no tempo, definidos em função da tecnologia de cultivo adotada atualmente, no caso de derivações para irrigação. No caso de abastecimento público desenvolver procedimentos e junto a comunidade e companhia pública de abastecimento visando a redução de consumo urbano de água e de perdas na rede de distribuição;

- indução da adequação dos sistemas de bombeamento às reais necessidades do usuário;

- indução ao atendimento dos condicionantes ambientais exigidos para cada uma das atividades demandadoras de água.

Situação B – Derivação direta em banhados

Este tipo de derivação é efetuada exclusivamente para a irrigação de arroz. Para esta situação, propõe-se a seguinte diretriz:

- quando a derivação se localiza em banhado, sugere-se abertura de processo para estabelecimento de Termo de Ajuste de Conduta, o qual deverá apresentar minimamente, projeto de nova captação, bem como medidas de restauração do banhado impactado e outras medidas mitigatórias e/ou compensatórias, uma vez que este uso é incompatível com áreas de preservação permanente (Código Estadual do Meio Ambiente, Título IV, Capítulo IV, art. 155).

Situação C – Captação em aquífero

A captação de água subterrânea é significativa apenas nos núcleos urbanos de Santana do Livramento e de Cacequi. Em Dom Pedrito, a CORSAN opera um poço profundo apenas como complemento do abastecimento da cidade. Assim, propõe-se apenas a priorização da outorga de captações destinadas ao abastecimento público.

Situação D – Derivação a partir de açude privado

Esta situação é extremamente comum na bacia. Neste caso, propõe-se as seguintes diretrizes:

- regularização da obra junto à Secretaria das Obras Públicas e Saneamento, quando possuir as características descritas na Lei Estadual nº 2434/54 e no Decreto nº 6.136/55.
- outorgar todos os açudes destinados à acumulação de água para irrigação;
- outorgar apenas o açude. Os usuários das águas do açude não serão outorgados;
- açudes destinados exclusivamente para dessedentação animal somente serão objeto de outorga se possuírem capacidade de acumulação superior a 50.000 m³.
- dependendo do porte do açude (capacidade de acumulação de água), deverá ser exigida a manutenção de vazão de preservação à jusante;
- quando se tratar de barramento em curso de água, deverá ser exigida a manutenção de vazão de preservação, independente da capacidade de acumulação do barramento.

Situação E – Derivação a partir de açude público

O açude existente na bacia deverá ser outorgado independente do seu porte e forma de utilização da água, haja vista que se destina ao abastecimento público.

Situação F – Derivação a partir de curso de água para reservação e uso posterior

Esta situação, se pouco comum na situação atual, poderá vir a ser mais frequente no futuro ou até mesmo ser incentivada para diminuir o risco de racionamento de água nos anos secos e para permitir a ampliação da disponibilidade temporal de água, sem a necessidade de investimentos em reservação. Desta forma, propõe-se as seguintes diretrizes:

- estabelecimento de períodos preferenciais para a derivação, não coincidentes com os períodos de maior demanda;
- permitir a derivação em períodos de irrigação somente em anos úmidos. Em caso de necessidade de racionamento, a cota destinada a este usuário será zero, independente de negociações.

Situação G – Lançamento de efluentes sem tratamento e Situação H – Lançamento de efluentes após tratamento

A legislação ambiental estabelece as condições para o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras. Entre estas condições, define padrões de qualidade dos efluentes previamente à sua disposição final. O Art. 6º do Decreto Estadual 37.033/96 estabelece que “A outorga não exige o seu titular da obtenção do licenciamento ambiental e da observância da legislação ambiental vigente”. Considerando que a outorga qualitativa será dada pela FEPAM (a quem compete também o licenciamento ambiental), entende-se que a emissão de outorgas de lançamento de efluentes deve estar vinculada ao licenciamento ambiental. Um aspecto que deve ser considerado, é o enquadramento dos corpos de água em classes de uso e conservação (Resolução CONAMA 20), em processo de discussão pelo Comitê e pela FEPAM. Desta forma propõe-se que não sejam emitidas outorgas para o lançamento de efluentes, até que esteja definido o enquadramento dos cursos de água da bacia. Após a definição do enquadramento, as outorgas de lançamento poderão ser emitidas de forma vinculada com o enquadramento e com o processo

de planejamento a ser estabelecido no âmbito do Plano de Bacia. A emissão de outorgas sem o atendimento destes condicionantes, poderia caracterizar (pelo menos sob o aspecto de lançamento de efluentes) a legalização de uma irregularidade.

3.4.2 Instrumentos

Conforme o referencial metodológico apresentado, para a implantação efetiva do processo de outorga tem-se duas macro-etapas: a fase de planejamento, quando se desenvolve o balanço de volumes e sua otimização na bacia hidrográfica, e; a fase operacional, quando efetivamente o poder outorgante se depara com o usuário do outro lado da mesa e sua solicitação para outorga.

Neste item são identificados os instrumentos que serão utilizados pelo DRH no que se refere às análises que resultarão nos pareceres sobre a concessão (ou não) de uma outorga de uso da água. Os procedimentos sustentam-se em três instrumentos de apoio a serem operados e utilizados pelo DRH:

- Formulários e Informações Cadastrais
- Sistema de Informações Geográficas (SIG)
- Fluxograma Operacional

Os três instrumentos fornecem suporte à implantação das rotinas operacionais e são apresentados no item 3.5.

Os formulários e as informações cadastrais fornecem os dados para a contabilização das demandas, a identificação do usuário e caracterização do nível tecnológico dos processos por ele desenvolvidos. O SIG (Relatório Técnico 2), tem a função de localizar os usuários sobre a base cartográfica digital, além, é claro, de apresentar a base produzida pelo estudo em seus diferentes temas. Por fim, o fluxograma operacional, define as rotinas propriamente ditas a serem executadas pelo DRH.

A seguir (item 3.5) detalham-se estes instrumentos, ao longo da proposição das rotinas ao DRH, para a implantação operacional da outorga de águas superficiais na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria.

3.5 Proposição de rotinas de outorga de uso da água

3.5.1 Considerações iniciais

Independente da situação tipo em que se enquadra a outorga, a mesma se refere a volume de água que é retirado do manancial para uso consuntivo, ou a volume alocado (mas que deve permanecer no corpo hídrico) para usos do tipo não consuntivos. Os primeiros referem-se a aspectos preponderantemente quantitativos (derivação), e, os últimos referem-se tanto a aspectos preponderantemente qualitativos, tais como a diluição de águas residuárias em processos urbanos, rurais ou industriais, quanto a usos recreativos (balneários), pesca e navegação.

Deve-se ainda fundamentalmente considerar a inter-relação entre eles, ou a consideração de aspectos quali-quantitativos de forma indissociável. Uma situação tipo bem caracterizada na bacia do Rio Santa Maria é emblema desta situação. Ocorre na praia das areias brancas em Rosário do Sul. No período de dezembro a fevereiro tem-se o auge de consumo de água pela lavoura orizícola coincidente com o auge da atividade turística e de lazer, visto o balneário de Rosário do Sul ser o mais freqüentado da região. Somados a esta coincidência de processos tem-se o período mais seco do ano e o de menor oferta hídrica natural.

Esta situação ilustra bem a realidade em que vai se inserir o processo de outorga na bacia. Neste caso, pode-se limitar o uso da água para a irrigação ou impedir o uso do balneário. As duas situações conflitantes, uma vez inibidas, certamente trarão prejuízos econômicos irreparáveis para a região.

Um princípio basilar que deve nortear a inserção do processo de outorga na região, obviamente, é o cumprimento da lei. Por outro lado, a operacionalização da outorga e do licenciamento ambiental de atividades deve criar condições para que a lei seja cumprida e conseqüentemente cobrada. A ilustração deste tipo de situação é o caso de afluição aos mananciais hídricos de esgotos domésticos não tratados – caso de muitos balneários em período de verão. O Código Estadual do Meio Ambiente proíbe, peremptoriamente, o despejo deste tipo de efluente.

Esta situação divide bem o escopo de concentração destes dois tipos de procedimentos, a outorga e o licenciamento. Não se pode outorgar um volume para a diluição de esgotos não tratados, mas não se pode desconsiderar a existência deste passivo ambiental, para o qual o processo de licenciamento ambiental deve estabelecer prazo para a adequação, seja o devedor instituição pública ou privada.

Assim, não é passível de outorga de uso da água processo – urbano, rural e industrial - que não tenha licenciamento ambiental. O processo de outorga se concentra no balanço hídrico de forma integrada no palco da bacia hidrográfica. *De forma mais ampla, mas sem modificar a essência do procedimento, a outorga poderia ser considerada como uma etapa do processo de licenciamento.*

Independente da forma como a outorga seja considerada, que não faz parte do escopo do presente estudo, define-se na seqüência rotinas para os processo de outorga considerados passíveis de serem efetivados perante a legislação vigente. Foram identificadas informações e dados necessários para a operacionalização da concessão de outorga, em duas etapas, conforme sugerido a seguir.

3.5.2 Fases para a implantação do processo de outorga

Considerando o referencial técnico adotado para a operacionalização da implantação do processo de outorga na bacia propõe-se que ele deva ocorrer, considerando a compartimentação do espaço físico pelas SHRs, em três fases temporais:

Fase 1) de implantação inicial: sistema de outorga usuário à usuário com solicitação de documentos simplificados e emissão de condicionantes para a primeira revisão da outorga. Esta fase divide-se em duas etapas. A primeira constitui-se na etapa em que os usuários farão a sua inscrição no sistema de outorga. Nesta etapa o Estado avaliará e concederá outorga precária a todas as solicitações que estiverem caracterizadas como históricas (incluídas na demanda marco zero). Na segunda etapa, implementada após a finalização da etapa 1, revisará os cálculos de balanço hídrico entre a demanda atualizada pelas inscrições, as vazões disponibilizadas por redução de consumo ou desistência e a disponibilidade marco zero (oriundas da otimização na fase de planejamento) para cada SHR.

Fase 2) associativista: o Estado induz a formação das associações de usuários e revisa as outorgas concedidas, porém tendo como interlocutores as associações de usuários. Nesta fase serão exigidos os documentos solicitados como condicionantes na fase de implantação inicial.

Os estudos sobre demandas e disponibilidades indicaram a possibilidade de ser implementado, em anos secos, um racionamento (ou pelos menos racionalização) da água na bacia. A adoção desta medida implica em um complexo processo de comunicação com cada um dos usuários outorgados, de fiscalização das outorgas e, principalmente, em um processo de negociação para estabelecer os períodos de derivação, a duração (número de horas de bombeamento) e as “cotas” de água que podem ser destinadas a cada usuário. Isto implica em estabelecer canais de comunicação com cada um dos usuários da água existente no trecho da sub-bacia onde se faz necessário aplicar o regime de racionamento.

A aplicação do racionamento, embora deva ser negociada no âmbito do Comitê de Bacia, é atribuição do Departamento de Recursos Hídricos. Ou seja, cabe ao DRH o estabelecimento e manutenção de um canal de comunicação com cada um dos usuários, exercer a fiscalização e a aplicação de eventuais penalidades. Esta tarefa se torna tanto maior e mais complexa quanto maior for o universo de usuários atingidos.

Considerando que o uso majoritário da água na bacia do rio Santa Maria é para a irrigação de arroz (usuários com interesses comuns) e que o número atual de usuários é de cerca de 1.000 distribuídos em toda a bacia, é factível o estabelecimento de níveis intermediários de negociação entre os usuários e o órgão outorgante (DRH), de tal forma que a concessão de outorgas e, quando necessário, a aplicação de racionamento de uso da água, seja facilitada. Estes níveis intermediários poderiam ser “associações de usuários” que englobam todos os usuários localizados na bacia contribuinte a uma Seção Hidrológica de Referência (SHR) ou associações englobando usuários de água localizados em sub-bacias contribuintes a uma SHR. Neste caso, haveria várias associações de usuários na área de contribuição para uma SHR.

Fase 3) de implantação plena: nesta fase de implantação da outorga o Estado deve solicitar o atendimento a todos os quesitos e informações técnicas detalhadas a serem solicitadas para cada situação tipo.

Estas três fases de operacionalização do processo de outorga na bacia do Rio Santa Maria devem possuir como referencial técnico o Requerimento de Outorga, os Termos de Inscrição (TIs) e Termos de Referência (TRs), os quais são detalhados no item 3.5.4.

Para a implantação plena do processo de implantação da outorga propõe-se um horizonte de seis anos considerando os seguintes intervalos de tempo: 3 anos para a fase 1 e 3 anos para a fase 2. A fase 3 é a fase de rotinas administrativas permanentes (Figura 3.1).

3.5.3 Fluxograma Operacional

Definidas as três fases para implantação da parte operacional da outorga, neste item apresenta-se o fluxograma das rotinas internas do DRH para análise dos pedidos de outorga do direito de uso das águas, no que se refere aos seus aspectos quantitativos.

Por outro lado, a FEPAM possui atribuições vinculadas a autorização de despejos de águas residuárias de processos urbanos rurais e industriais junto ao corpo receptor, viabilizadas através dos processos de licenciamento ambiental. Para o DRH, a outorga qualitativa, em última instância, imobiliza o volume de água necessário para a diluição de cargas, sendo contabilizada, em decorrência, como uma outorga quantitativa.

O fluxograma proposto ao DRH para condução da outorga quantitativa, considerando o referencial teórico adotado do “*Marco Zero e SHRs*”, conforme item 2.1, é apresentado na figura 3.2.

O processo é iniciado através da solicitação formal de inscrição do usuário, com o preenchimento do requerimento de outorga REQ1. neste requerimento o usuário identifica a modalidade e a finalidade do uso. Com esta informação, o outorgante orienta o usuário sobre quais TIs e TRs o mesmo precisa apresentar devidamente atendidos.

No passo seguinte, o outorgante analisa o pedido, enquadrando-o em uma das situações previstas: se igual ao exercido anteriormente, se menor, se maior ou ainda se nova.

No caso do abastecimento urbano ou industrial, normalmente não é necessário o cálculo da vazão, visto o processo de adução ser projetado e monitorado.

No caso da irrigação, devido a peculiaridades dos sistemas de adução e de irrigação, normalmente carentes de projeto técnico e monitoramento, é necessário o cálculo da vazão, cuja estimativa pode ser feita em função da área plantada. Neste caso, o cálculo das vazões pode ser efetuado conforme exemplo apresentado no ANEXO 06, baseado em valores médios anuais de consumo de água e de partição entre os meses de irrigação, conforme Tabelas 1.6 e 1.7.

Uma vez conhecida ou estimada a vazão, define-se o procedimento para cada uma das situações conforme caracterizado – se igual, se menor, se maior se nova – na relação com o consumo do período histórico (marco zero).

Se igual, situação 1 do fluxograma, o DRH concede a outorga.

Se maior, situação 2 do fluxograma, o DRH concede outorga para a parcela histórica e aguarda análise do balanço hídrico interno na SHR a ser realizada na etapa 2, após o término da etapa de inscrições.

Se menor, situação 3 do fluxograma, o DRH concede outorga sobre a parcela solicitada e disponibiliza a parcela, referente à diferença entre o consumo histórico e o valor solicitado, para usuários da mesma SHR.

Se nova, situação 4 do fluxograma, o usuário aguarda o julgamento da solicitação após o final das inscrições, durante a etapa 2.

Na etapa 2, cabe ao outorgante realizar um balanço entre às eventuais quantidades disponibilizadas (oriundas da situação 3) e as quantidades adicionais à demanda marco zero (oriundas das situações 2 e 4). Havendo disponibilidades positivas, o outorgante distribui proporcionalmente entre os usuários demandantes da mesma SHR.

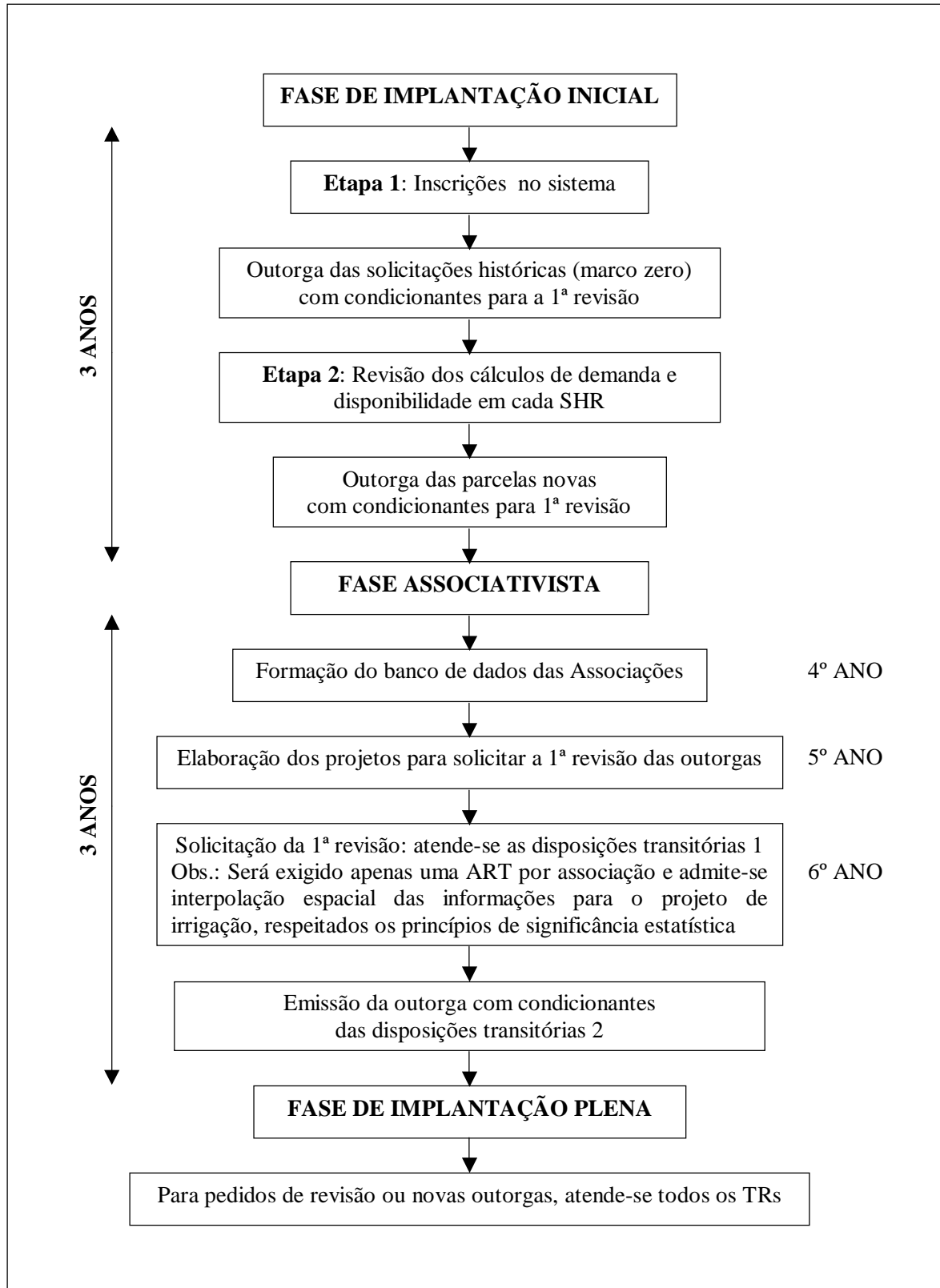


Figura 3-1 Fases para implantação da outorga

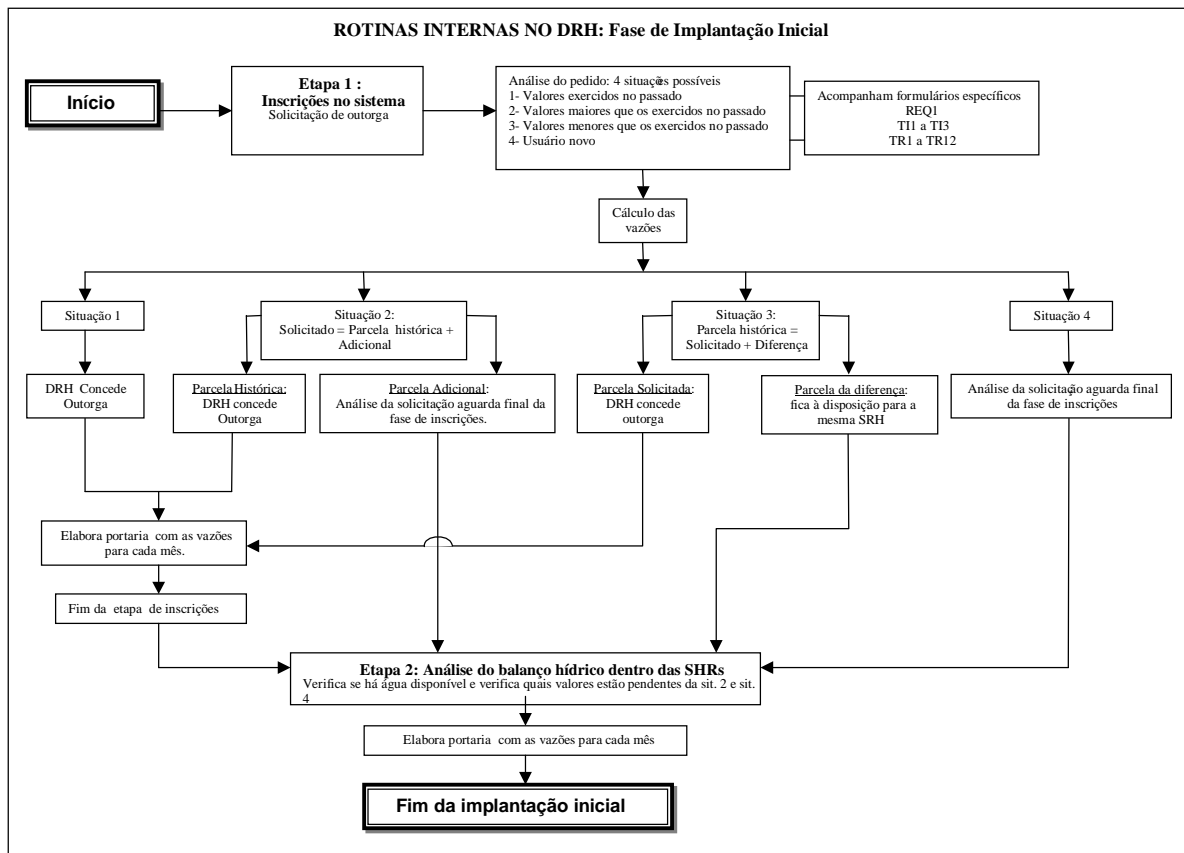


Figura 3-2 Fluxograma da rotinas internas para análise de solicitação de outorga na fase de implantação inicial

3.5.4 Formulários

As informações necessárias à operacionalização da outorga tem o objetivo básico de permitir uma estimativa de vazão/volume outorgado e devem identificar a finalidade do uso, a modalidade do uso e a modalidade da solicitação. Estas informações devem ser identificadas no formulário de solicitação da outorga, juntamente com as informações cadastrais do usuário, de acordo com as opções abaixo discriminadas:

- a) Modalidade da solicitação
 - i) Outorga de direito de uso dos recursos hídricos
 - ii) Alteração de outorga de direito de uso dos recursos hídricos
 - iii) Renovação de outorga de direito de uso dos recursos hídricos
 - iv) Transferência / cessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos
 - v) Desistência de outorga de direito de uso dos recursos hídricos
- b) Modalidade de uso das águas:
 - i) Derivação direta em curso de água
 - ii) Derivação a partir de barragem e reservatório
 - iii) Lançamento de efluentes após tratamento
 - iv) Reserva hídrica no próprio curso
 - v) Obras Hidráulicas
 - vi) Outros.

c) Finalidade de uso das águas

- i) Irrigação
- ii) Saneamento
- iii) Indústria
- iv) Aqüicultura
- v) Criação de animais
- vi) Mineração
- vii) Energia
- viii) Abastecimento Público
- ix) Lazer
- x) Reservação

No Requerimento de Outorga, o usuário deverá informar a modalidade de solicitação.

Os Termos de Inscrição e de Referência devem estabelecer informações e quesitos a serem fornecidos ou detalhados ao longo do tempo pelo usuário. Estes termos foram concebidos de modo a atender a todas as possíveis combinações de modalidade de uso e finalidade de uso. Assim, na fase de implantação inicial, o Estado vai solicitar ao usuário informações simplificadas com grau crescente de dificuldade até chegar a fase de implantação final.

O requerimento de outorga e os termos de inscrição e referência devem atender as situações-tipo definidas cujo detalhamento é apresentado no Anexo 8 deste relatório, conforme identificação da tabela apresentada a seguir:

Tabela 3-1 -

Código	Identificação
REQ1	Requerimento de outorga
TI1	Identificação do usuário e responsáveis
TI2	Situação e localização
TI3	Caracterização do empreendimento
TR1	Estação e Trecho de Recalque
TR2	Trecho por gravidade em canal
TR3	Trecho por gravidade em adutora
TR4	Barragem e Reservatório
TR5	Lançamento de Efluentes
TR6	Abastecimento
TR7	Irrigação
TR8	Bebedouros
TR9	Criações intensivas ou semi-intensivas
TR10	Aqüicultura
TR11	Lazer
TR12	Abastecimento Industrial

3.5.5 Cálculos

Tendo em vista a operacionalização do balanço hídrico em uma primeira etapa e visando facilitar os procedimentos, o balanço hídrico foi equacionado em ambiente de planilha de cálculo MICROSOFT EXCEL. Conforme descrito na metodologia, os cálculos do balanço são realizados com otimização, cujo objetivo é distribuir a maior quantidade possível de água na bacia. Os resultados dos valores otimizados são apresentados no Relatório Técnico 1.

Para a fase de implantação inicial, o outorgante fará a contabilidade das outorgas dentro de cada SHR, respeitando os valores encontrados na otimização.

Na fase associativista, o outorgante poderá refazer a otimização, a partir dos dados atualizados no cadastro, o qual fornece um valor para a demanda histórica mais preciso do que o utilizado na fase de planejamento da outorga.

A organização da tabela de cálculo da otimização permite visualização clara da forma de distribuição da água entre SHRs. A tabela 3.2 ilustra o equacionamento realizado:

Tabela 3-2 Planilha para simulação de balanço hídrico

1	2	3	4	5	6	7	8	9
SHR	Vazão de referência para outorga Q90%	Vazão Ambiental	Disponibilidade Marco Zero	Demanda Individual	Demanda Acumulada	Racionamento individual ou Q outorgada (em cada seção)	Valor outorgado ou de racionamento acumulados	Disponibilidade Remanescente
1			Coluna 2 menos coluna 3		Demanda na seção mais a soma das demandas de montante	Resultado da otimização	Demanda outorgada ou racionamento na seção mais a soma das demandas ou dos racionamentos de montante	Coluna 4 menos Coluna 8
2								
3								
...								
21								
Total								

- Na primeira coluna consta a identificação de cada SHR.
- Na segunda coluna, consta a vazão de referência para disponibilidade hídrica, no caso a vazão de 90% de permanência. Essa vazão pode ser a $Q_{90\%}$ média, ou os limites dos intervalos de confiança. Os limites de confiança inferiores caracterizam anos secos e os limites superiores caracterizam anos úmidos.
- A terceira coluna é reservada para a vazão para conservação ambiental (vazão ecológica), a qual pode ser obtida por diferentes critérios.
- A disponibilidade marco zero, resultado da subtração “Vazão de referência menos vazão ambiental” é colocada na quarta coluna.
- A quinta coluna é reservada para apresentação das demandas de cada trecho e a sexta coluna para apresentação das demandas acumuladas do trecho mais as demandas dos trechos a montante.
- A coluna 7 é a coluna onde o algoritmo de otimização colocará o resultado do processamento. Os resultados positivos significam vazões que podem ser outorgadas como acréscimo dos usos já reservados na disponibilidade marco zero. Os valores negativos, indicam a necessidade de implementar o racionamento como forma de atingir os objetivos de conservação ambiental.
- A coluna 8 mostra os resultados dos valores de outorga ou racionamento de cada seção acumulados com os valores obtidos para as seções de montante.
- Finalmente, na coluna 9, apresenta-se o impacto hidrológico nas seções devido à distribuição de água realizado pelo algoritmo de otimização. Valores negativos indicam que

mesmo com racionamento, é preciso reavaliar a dinâmica hídrica da região com problemas, o que somente pode ser realizado a partir da implantação da rede de monitoramento hidrológico dimensionada para a finalidade de outorga.

Planejamento da implantação da outorga

Os valores outorgáveis e as vazões foram obtidas sazonalmente e para três situações típicas: anos úmidos, anos de umidade média e anos secos.

Implantação da Outorga

A planilha de outorga é utilizada para atualizar as vazões remanescentes. Esta planilha é mais simples. Os valores das solicitações são acumuladas em planilhas EXCEL, uma para cada SHR (Figura 3.3). Os totais declarados (históricos, adicionais ou a menos) são transferidos para a Tabela 3.3, a qual apresenta a síntese da situação dos usos dos recursos hídricos da bacia.

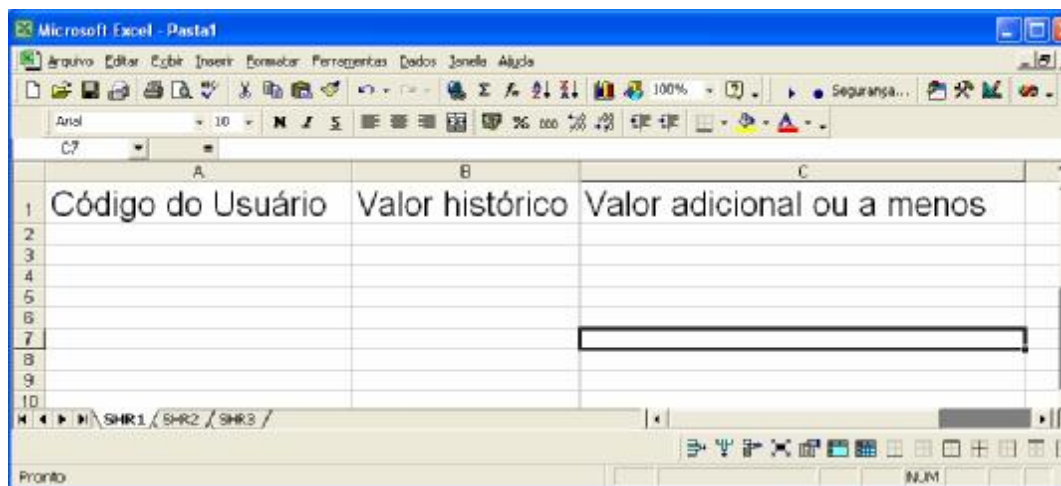


Figura 3-3 – Planilhas de demandas declaradas pelos usuários

Reavaliação das outorgas no período de renovação

O algoritmo de otimização foi programado em macro da planilha e pode ser rodado com o simples apertar de uma tecla de atalho (ver ANEXO 10 – Relatório Técnico 2). Assim, vários cenários podem ser facilmente simulados. Por exemplo, pode-se:

- mudar as demandas em função de um redirecionamento de tecnologias de plantio ou de alterações de culturas ou implantação de outros tipos de uso
- mudar a disponibilidade hídrica em função da implantação de obras de regularização
- mudar as vazões de preservação ambiental a partir de alteração no critério de consideração desta vazão
- mudar os valores de disponibilidade e ou de vazões ecológicas em função das novas informações da rede de monitoramento hidrológico
- programar diferentes cenários de racionamento, utilizando-se diferentes intervalos de confiança da vazão de referência. Isto pode ser útil para as ações de fiscalização do poder outorgante no momento em que se configura uma situação de seca.

Tabela 3-3 Síntese da situação da outorga na bacia

1	2	3	4	5	6	7	8
SHR	Demanda Individual - total declarado como histórico	Demanda Acumulada - Total declarado como histórico	Demanda Individual - total declarado como adicional ou diferença a menos	Demanda Acumulada - Total declarado como adicional ou diferença a menos	Racionamento individual ou Q outorgada (em cada seção) - Fase de planejamento	Valor outorgado ou de racionamento acumulados - Fase de planejamento	Saldo entre disponibilidade de outorga e solicitações de redução ou de valores adicionais
1	Total da coluna b (fig 3.3) da planilha respectiva da SHR	Demanda na seção mais a soma das demandas de montante	Total da coluna c da planilha respectiva da SHR	Demanda na seção mais a soma das demandas de montante	Valores necessários para racionamento em anos secos - valores solicitados adicionais à demanda marco zero	Valores acumulados com montante	Coluna 7 Menos Coluna 4
2							
3							
...							
21							
Total							

4 PLANO DE TREINAMENTO DA EQUIPE TÉCNICA DA SEMA

O plano de treinamento da equipe técnica da SEMA (DRH e FEPAM) para a implantação da outorga, está planejado para ser aplicado em dois módulos, o primeiro com abordagem relativa aos aspectos técnicos e o segundo abordando os fluxos de decisão.

Cada módulo terá duração de um dia, dividido em 4 períodos, dois em cada turno (manhã e tarde).

A seguir, apresenta-se o planejamento dos módulos

4.1 Módulo 1 – Aspectos Técnicos - 1º dia

4.1.1 Professores mediadores

- Geraldo Lopes Da Silveira
- Jussara Cabral Cruz
- Carlos Ernando Da Silva
- Rafael Cabral Cruz
- Carlos Alberto Oliveira Irion

4.1.2 Objetivos do módulo

Capacitar os técnicos da SEMA para análise do balanço hídrico quali-quantitativo das solicitações de outorga.

4.1.3 Competências:

- Ter capacidade de identificar a localização e seção hidrológica de referência do usuário;
- Ter capacidade de verificar a vazão remanescente a ser respeitada na seção hidrológica de referência do usuário;
- Ter capacidade de verificar a disponibilidade de vazões outorgáveis na seção hidrológica de referência do usuário.

4.1.4 Bases tecnológicas:

- Noções gerais de cartografia e localização por gps;
- Noções gerais de interpretação de imagens de satélite (composição em falsas cores);
- O sistema de informações geográficas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria;
- Composição da vazão remanescente: vazão de diluição de cargas para manutenção do enquadramento, vazão ecológica, vazão de abastecimento humano.
- Balanço de massas em planilha excel.

4.1.5 Habilidades:

- Localizar e consistir a localização dos pontos de captação ou derivação de recursos hídricos;
- Efetuar o balanço de estoques de água disponível em cada seção hidrológica de referência.

4.1.6 Caracterização da metodologia de ensino:

Abordagem metodológica

As aulas serão expositivas teóricas, com auxílio de “data show”, de transparências em retroprojetor, seguidas de laboratório de estudos dirigidos na sala de informática, de discussões e de estudos de casos.

Avaliação

A avaliação será elaborada com base na presença dos técnicos, na participação nos estudos dirigidos e nas discussões de casos.

Tabela 4-1 Propostas de trabalho para o módulo 1

Turno	Manhã: períodos 1 e 2	Tarde: períodos 3 e 4
Conteúdo	Noções gerais de cartografia e localização por gps; Noções gerais de interpretação de imagens de satélite (composição em falsas cores); O sistema de informações geográficas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria;	Composição da vazão remanescente: vazão de diluição de cargas para manutenção do enquadramento, vazão ecológica, vazão de abastecimento humano. Balanço de massas em planilha excel.
Atividades Propostas	Exposição teórica seguida de atividades práticas no laboratório de gestão de recursos hídrico	Exposição teórica seguida de atividades práticas no laboratório de gestão de recursos hídrico
Bibliografia	SEMA. Secretaria estadual do meio ambiente. 2003. Desenvolvimento das ações de apoio necessárias à implantação da outorga de uso da água na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria. Relatório técnico 2. Santa Maria: convênio SEMA-FRH/RS-UFSM-RS no 002/01. 43 p. E 10 anexos.	
OBS	O primeiro período será expositivo e o segundo, prático	O terceiro período será expositivo e o quarto, prático

4.2 Módulo 2 – O fluxo das decisões - 2º dia

4.2.1 Professores mediadores

- Geraldo Lopes Da Silveira
- Jussara Cabral Cruz
- Carlos Ernando Da Silva
- Rafael Cabral Cruz
- Carlos Alberto Oliveira Irion

4.2.2 Objetivos do módulo 2

Capacitar os técnicos da SEMA para implementação do processo de tomada de decisões referentes às solicitações de outorga.

4.2.3 Competências:

- Ter capacidade de identificar a situação-tipo de derivação, captação ou lançamento;
- Ter capacidade de listar a documentação a ser entregue pelo usuário da água para cada situação-tipo.

4.2.4 Bases tecnológicas:

- O fluxograma operacional.
- Os formulários e informações cadastrais.
- O sistema de informações geográficas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria.

4.2.5 Habilidades:

- Enquadrar a solicitação de outorga em uma das situações-tipo;
- Orientar os usuários quanto aos documentos a serem fornecidos.

4.2.6 Caracterização da metodologia de ensino:

Abordagem metodológica

As aulas serão expositivas teóricas, com auxílio de “data show”, de transparências em retroprojetor, seguidas de laboratório de estudos dirigidos na sala de informática, de discussões e estudos de casos.

Avaliação

A avaliação será elaborada com base na presença dos técnicos, na participação nos estudos dirigidos e nas discussões de casos.

Tabela 4-2 Propostas de trabalho para o módulo 2

Turno	Manhã: períodos 5 e 6	Tarde: períodos 7 e 8
Conteúdo	O fluxograma operacional: solicitação histórica e nova, a fase associativista e a fase final	Os formulários e informações cadastrais: requerimento de outorga, termos de inscrição e termos de referência. O sistema de informações geográficas da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria: a espacialização do banco de dados da outorga.
Atividades Propostas	Exposição teórica seguida de atividades práticas no laboratório de gestão de recursos hídrico	Exposição teórica seguida de atividades práticas no laboratório de gestão de recursos hídrico
Bibliografia	SEMA. Secretaria estadual do meio ambiente. 2003. Desenvolvimento das ações de apoio necessárias à implantação da outorga de uso da água na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria. Relatório técnico 2. Santa Maria: convênio SEMA-FRH/RS-UFSM-RS no 002/01. 43 p. E 10 anexos.	
OBS	O quinto período será expositivo e o sexto, prático	O sétimo período será expositivo e oitavo, prático

5 PRODUTOS GERADOS PELO CONVÊNIO

Produto	Conteúdo	Meio	vias
Relatório de Andamento 1	Atividades até fevereiro de 2002	Impresso	2
Relatório de Andamento 2	Atividades de março de 2002	Impresso	2
Relatório de Andamento 3	Atividades de abril de 2002	Impresso	2
Relatório de Andamento 4	Atividades de maio de 2002	Impresso	2
Relatório de Andamento 5	Atividades de junho de 2002	Impresso	2
Relatório de Andamento 6	Atividades de julho de 2002	Impresso	2
Relatório Técnico 1	Diagnóstico e balanço hídrico quali-quantitativo	Impresso e CD	2
Relatório Técnico 2	Rotinas para outorga de uso das águas	Impresso e CD	2
Relatório Técnico 3	Plano de Treinamento e Divulgação	Impresso e CD	2
SIG da bacia do Rio Santa Maria	Base cartográfica, mapas temáticos, modelo numérico do terreno	CD	2
AeroFotos 1:60000 digitalizadas	Referente ao vôo de 1985	CD	2
Relatório Final	Síntese dos trabalhos	Impresso e CD	2

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRAME, L.F.S.; LOUZADA, J.A.S.; LANNA, A.E.L.; CAUDURO, F.A.; ROSA, S.M. & MIRANDA, T.L.G. (1994). Evapotranspiração Potencial no Rio Grande do Sul. Recursos Hídricos No 31. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 49 p.
- BOURCHEID ENGENHARIA/CHR (1995) 1ª Etapa-, Relatório da 1ª Etapa de um Plano de Aproveitamento da bacia do rio Santa Maria-RS e referente a abril de 1995.
- BOURSCHEID ENGENHARIA LTDA. (1998). Levantamento, identificação e demarcação de áreas de banhado e de matas ciliares, bem como a aplicação de medidas estruturais e não estruturais visando a conservação dos recursos hídricos na bacia do rio Santa Maria. Relatório Parcial No 2. Identificação, caracterização e delimitação de áreas de banhado. Porto Alegre: SOPSH/CRHRS/FRHRS. 137 p.
- CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L.; SILVEIRA, A. L. L.; CRUZ, R. C. (1999). Avaliação de Disponibilidades Hídricas para Outorga: Sistemática Modular de Avaliação. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA (4.: Coimbra). 1999, Coimbra. Comunicações... Coimbra: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 1999, 1 CD-ROM.
- CRUZ, J.C. (2001). "Disponibilidade Hídrica para Outorga: Avaliação de Aspectos Práticos e Conceituais". Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS. 205p. Porto Alegre.RS.
- DAVIS, J.C. 1986. Statistics and Data Analysis in Geology. 2 ed., New York: John Wiley & Sons. 646 p.
- EMBRAPA (2002) (<http://www.aquaonline.com.br/projeto/materia/> EMBRAPA propõe zoneamento ambiental do Aquífero Guarani. Edição Nº 122, 14/8/2002 a 20/8/2002.
- EMBRAPA. (2002). Sistema de Monitoramento do Balanço Hídrico e Calendário Agrícola. <http://www.agrocast.com.br/tempo>.
- HARRIS, N.M.; GURNELL,A.M.; HANNAH, D.M.; PETTS, G.E. (2000). Classification of river regimes: a context for hydroecology. In: Hydrological Processes. Ed. John Wiley & Sons, Ltd. Vol. 14, p. 2831-2848.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-<http://www.ibge.gov.Br/>
- JEHNG-JUNG, K.; BAU, S. (1996). Risk analysis for flow duration curve based seasonal discharge management programs. In: Water Resources Research. Vol. 30, nº 6, p. 1369-1376, Jun., 1996.
- KELMAN, J. (1997). Gerenciamento de recursos hídricos. Parte I: Outorga. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória. Anais... Vitória: ABRH, 16 a 20/nov/1997, CD-ROM.
- LAMB, B.L. (1995). Criteria for evaluating state instream-flow programs: deciding what works. In: Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 121, nº 3, May/Jun de 1995.
- LANNA, A. E. L. (1997). Cap 1: Introdução. In: PORTO, R.L.L. (Org.) Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS / ABRH.
- LEI ESTADUAL n.º 10.350 do Rio Grande do Sul , de 30 de dezembro de 1994.
- MILHOUS, R.T. (1998). Restoring river substrate using instream flows: the Gunnison and trinity rivers. In: Wetlands Engineering & river Restoration Conference 1998. Restoration Engineering Approaches to Ecosystem. American Society of Civil engineers. Reston. Virginia. Published as a CD-Rom. Disponível online em <http://www.mesc.usgs.gov/pubs/online/den97pap.htm>
- MORTARI, D. (1997). Uma abordagem geral sobre a vazão remanescente em trechos "curto-circuitados" de usinas hidrelétricas. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória. Anais... Vitória: ABRH, 16 a 20/nov/1997, CD-ROM.
- RIO GRANDE DO SUL (1996). Decreto no 37.033, de 21 de novembro de 1996, regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos arts. 29, 30 e 31 da Lei no 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil), em 22 de novembro de 1996.
- RIO GRANDE DO SUL (2000). Lei nº 11.520 de 03 de agosto de 2000, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente.
- SARMENTO, R.; Pelissari, V. B. (1999). Determinação da vazão residual dos rios: estado-da-arte. in: xiii simpósio brasileiro de recursos hídricos, belo horizonte, 1999. anais... belo horizonte: abrh, 28/nov a 01/dez/1999, cd-rom.

- SCHVARTZMAN, A. S.; Medeiros, M. J.; Nascimento, N. O.; et al. (1999). Avaliação preliminar do critério de outorga adotado do Estado de Minas Gerais. in: xiii simpósio brasileiro de recursos hídricos, 1999, belo horizonte. anais... belo horizonte: abrh, 28/nov a 01/dez/1999, cd-rom.
- SILVEIRA, A. L. L.; SILVEIRA, G. L. (2001). Capítulo 5 - Vazões Mínimas. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Org.). **HIDROLOGIA APLICADA À GESTÃO DE PEQUENAS BACIA HIDROGRÁFICAS**. PORTO ALEGRE, 2001.
- SILVEIRA, G. L. (1997). Quantificação de vazões em pequenas bacias com carência de dados fluviométricos. Tese de doutorado do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS. 172p Porto Alegre, RS.
- SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. (1998). Outorga para uso dos recursos Hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 3, n° 3, Jul/Set., 1998, p. 5-16.
- SMAKHTIN, V. Y. (2001). Low-flow hidrology: a review. In: Journal of Hidrology 240. p. 147-186, 2001.
- STALNAKER, C.; Lamb, B.L.; Henriksen, J.; Bovee, K.; Bartholow, j. (1995). The instream flow incremental methodology. a Primerfor Ifim. Biological Report 29. U.S. Department Of The Interior. National Biological Service. Washington. 47p.
- TNRCC - Texas Natural Resource Conservation Commision (1997). Evaluation of Naturalized Streamflow Methodologies. Tecnhical Paper # 1. Oct. 13, 1997.
- VOGUEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. (1994). Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. In: Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 120, n° 4, p. 485-504. Jul/Aug. 1994.

7 LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1	Localização da bacia do rio Santa Maria.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 1-2	Conjunto de dados das variáveis aleatórias “Vazão de Permanência X%” (Cruz, 2001)	19
Figura 2-1	Mapa da articulação das cartas 1:50.000 DSG.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-2	Mapa altimétrico.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-3	Visão ortogonal do MNT	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-4	Seções hidrológicas de Referência (SHRs).....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-5	Mapa de declividades.....	34
Figura 2-6	Pontos de amostragens de água	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-7	Medições de vazão e depleções	44
Figura 2-8	Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos secos	52
Figura 2-9	Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos de umidade média.....	53
Figura 2-10	Vazões de permanência da bacia do rio Santa Maria: anos úmidos	54
Figura 2-11	Área de lavoura em outubro de 2001 na bacia do rio Santa Maria.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-12	Classes de textura de solos da bacia do rio Santa Maria para fins de avaliação do consumo de água pela irrigação.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-13	Disponibilidade remanescente após usos atuais e ambiental	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-14	Mapa dos Índices de Vulnerabilidade da bacia hidrográfica	Erro! Indicador não definido.
Figura 2-15	Usos das águas subterrâneas na bacia hidrográfica.....	70
Figura 2-16	Faixa de vazão dos poços da bacia hidrográfica em m ³ /h.....	72
Figura 3-1	Fases para implantação da outorga	85
Figura 3-2	Fluxograma da rotinas internas para análise de solicitação de outorga na fase de implantação inicial	86
Figura 3-3	– Panilhas de demandas declaradas pelos usuários	89

8 LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1	Equipe técnica da SEMA	5
Tabela 1-2	Equipe técnica da UFSM	6
Tabela 1-3	Capacidade de Água Disponível (CAD) para as classes de cobertura e uso do solo da bacia do rio Santa Maria, RS.	14
Tabela 1-4	Lista de variáveis de qualidade e metodologias analíticas	20
Tabela 1-5	Lista de agrotóxicos analisados	20
Tabela 1-6	Consumo anual de água por lavoura de arroz irrigado em área não sistematizada por classe textural de solos.	23
Tabela 1-7	Partição proporcional do consumo de água por mês de irrigação em %.	23
Tabela 1-8	Planilha para simulação de balanço hídrico	26
Tabela 2-1	Relação das cartas que compõem a bacia do rio Santa Maria. ESCALA 1:50.000	30
Tabela 2-2	Índices fisiográficos para a bacia do rio Santa Maria,RS.	36
Tabela 2-3	Localização das SHR e área de influência do trecho	39
Tabela 2-4	Localização dos pontos de coleta de amostras de água para análises físico-químicas	39
Tabela 2-5	Localização dos pontos de coleta de água para análises de agrotóxicos	39
Tabela 2-6	Medições de vazão em ordem cronológica (campanha de jan/fev 2002)	43
Tabela 2-7	Estações fluviométricas em operação na Bacia do rio Santa Maria	43
Tabela 2-8	Estações fluviométricas extintas na Bacia do rio Santa Maria	43
Tabela 2-9	Coefficientes de transposição de vazões para cada SHR com base na estação fluviométrica de Rosário do Sul	45
Tabela 2-10	Concentrações das variáveis de qualidade da água superficial na bacia do rio Santa Maria – Coleta 05-06/10/2003	46
Tabela 2-11	Concentrações das variáveis de qualidade da água superficial na bacia do rio Santa Maria – Coleta 08-09/01/2004	47
Tabela 2-12	Qualidade de águas para irrigação em função dos teores de sódio – Campanha realizada em outubro/2003	49
Tabela 2-13	Qualidade de águas para irrigação em função dos teores de sódio – Campanha realizada em janeiro/2004	49
Tabela 2-14	Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha fev/2002	50
Tabela 2-15	Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha 03/12/2003	50
Tabela 2-16	Resultados de análises de pesticidas por IHPLC-UV. Campanha 22/01/2004	50
Tabela 2-17	Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m ³ /s): anos secos	52
Tabela 2-18	Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m ³ /s): anos de umidade média	53
Tabela 2-19	Disponibilidade Hídrica da bacia do rio Santa Maria (m ³ /s): anos úmidos	54
Tabela 2-20	Vazões ambientais: critério hidrológico com base em 50% da vazão de permanência Q _{90%} média, nos meses de irrigação e 30% para os demais meses (m ³ /s)	56
Tabela 2-21	Cargas poluidoras avaliadas a partir da campanha Janeiro/2004 – (kg/dia)	57
Tabela 2-22	Vazões necessárias para manter o rio no enquadramento, considerando a diluição das cargas atuais (m ³ /s)	57
Tabela 2-23	Área plantada de arroz irrigado nos municípios da bacia do rio Santa Maria, RS, de acordo com IBGE, 1999.	58
Tabela 2-24	Área plantada de arroz por classe de textura do solo e por SHR na bacia do rio Santa Maria (ha).	61
Tabela 2-25	Demanda de água pela lavoura orizícola para a bacia do rio Santa Maria por mês de irrigação (m ³ /s).	61
Tabela 2-26	Balanço para anos úmidos: disponibilidade Marco Zero	63
Tabela 2-27	Balanço para anos médios: disponibilidade Marco Zero	63
Tabela 2-28	Balanço para anos secos: disponibilidade Marco Zero	64
Tabela 2-29	Valores outorgáveis em cada SHR para os cenários de anos úmidos, normais e secos	65
Tabela 2-30	Usos das águas subterrâneas na bacia hidrográfica	69

Tabela 2-31	Faixa de consumo de águas subterrâneas por classes de usuários.	69
Tabela 2-32	Valores médios nos poços tubulares penetrantes nas Sub-províncias hidrogeológicas com base em dados secundários CPRM/SIAGAS, de acordo com as unidades hidroestratigráficas do Mapa Geológico	71
Tabela 2-33	Formulários para solicitação de outorga de águas subterrâneas.	73
Tabela 3-1	-	87
Tabela 3-2	Planilha para simulação de balanço hídrico	88
Tabela 3-3	Síntese da situação da outorga na bacia	90
Tabela 4-1	Propostas de trabalho para o módulo 1	92
Tabela 4-2	Propostas de trabalho para o módulo 2	93