

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

Contrato nº 003/2015



ETAPA - ESTUDOS BÁSICOS

PRODUTO Nº 10 - RELATÓRIO dos ESTUDOS HIDROLÓGICOS



CONTRATO N.º: 003/2015		ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DE CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS			
DOCUMENTO N.º: RT-EB-06-2017-HID-001-01		PRODUTO 10 RELATÓRIO ESTUDOS HIDROLÓGICOS			
Revisão	Data	Descrição	Elaborado p/	Aprovado p/	Status
R00	17/04/2017	Emissão inicial	Consórcio Sinos	METROPLAN	Parecer
R01	30/06/2017	Atender Parecer Metroplan	Consórcio Sinos	METROPLAN	Para aprovação
Elaboração		Cliente		Responsáveis Técnico	
CONSÓRCIO SINOS		METROPLAN		Engº ORGEL CARVALHO FILHO CREA RS 087284 Engº LUCIANO BEZERRA CREA RS 055454 Engº WELLINGTON COIMBRA LOU CREA RJ 22414-D	

EQUIPE TÉCNICA

Equipe Principal:

- Eng. Orgel de Oliveira Carvalho Filho;
- Eng. Ricardo de Magalhães Santiago;
- Eng. Luciano Bezerra da Silva;
- Eng. José Carlos Leite Diehl;
- Eng. Wellington Coimbra Lou;
- Eng. José Augusto Jordão Castro;
- Arq. Clarice Debiagi;
- Soc. Roseli Kepeler

Equipe Complementar:

- Eng. Lawson Beltrame
- Eng. Alexandre Augusto Mees Alves;
- Eng. Thiago Araldi;
- Eng. Luiz Costa Borges;
- Eng. Carlos Wagner da Motta Meirelles;

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	9
2	INTRODUÇÃO.....	11
3	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	12
3.1	Objetivos do Relatório.....	12
3.2	Planejamento geral	12
4	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA	14
4.1	Geologia.....	25
4.2	Hidrogeologia.....	25
4.2.1	Sistema Aquífero Permiano	25
4.2.2	Sistema Aquífero Rio do Rastro.....	26
4.2.3	Sistema Aquífero Piramboia	26
4.2.4	O Sistema Aquífero Botucatu.....	26
4.2.5	O Sistema Aquífero Serra Geral - 1	27
4.2.6	O Sistema Aquífero Serra Geral – 2	27
4.2.7	O Sistema Aquífero Serra Geral – 3	28
4.2.8	O Sistema Aquífero Aluvionar	28
4.3	Pedologia	28
4.3.1	Argissolo.....	28
4.3.2	Cambissolo.....	29
4.3.3	Neossolo	29
4.3.4	Luvissolo	29
4.3.5	Nitossolo.....	29
4.3.6	Planossolo	29
4.4	Uso do Solo.....	33
4.5	Caracterização Fisiográfica das Macro-bacias.....	36
4.5.1	Coeficiente de Compacidade	37
4.5.2	Fator de Forma.....	37
4.5.3	Densidade de Drenagem	38
4.5.4	Declividade do Rio	38
4.5.5	Tempo de Concentração.....	38
5	SELEÇÃO, CONSISTÊNCIA E ANÁLISE DOS DADOS HIDROCLIMATOLÓGICOS.....	41
5.1	Disponibilidade de Dados Hidrológicos	41
5.1.1	Séries Pluviométricas.....	41
5.1.2	Séries Fluviométricas	51
5.2	Séries Climatológicas	56
5.3	Demais Bases de Dados Utilizadas.....	58
5.4	Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos	58
5.4.1	Séries e Períodos Selecionados	59
5.5	Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos.....	62

5.5.1	Estação Taquara Montante	63
5.5.2	Estação Campo Bom	65
5.5.3	Estação São Leopoldo (ANA)	67
5.5.4	UHE Canastra	70
5.6	Caracterização Climatológica da Bacia	70
5.6.1	Classificação Climatológica	70
5.6.2	Precipitação Total Mensal	71
5.6.3	Umidade Relativa do Ar - Média Mensal	85
5.6.4	Insolação	85
5.6.5	Nebulosidade - Média Mensal	86
5.6.6	Temperatura - Média Mensal	86
5.6.7	Pressão Atmosférica - Média Mensal	87
5.6.8	Evaporação - Média Mensal	88
5.6.9	Evapotranspiração Potencial e Real (MOD16)	88
6	DISCRETIZAÇÃO DA BACIA DOS SINOS E AJUSTE DO MODELO HIDROLÓGICO	91
6.1	Conceito	91
6.2	Descrição dos Módulos do Modelo	92
6.2.1	Componentes do Modelo Chuva-Vazão	92
6.2.2	Componente Modelo da Bacia	93
6.2.3	Especificação de Controle	94
6.3	Divisão de Sub-Bacias	95
6.4	Determinação dos Parâmetros Hidrológicos	101
6.4.1	Coeficiente CN e impermeabilização	101
6.4.2	Escoamento Superficial	105
6.4.3	Hidrogramas	105
6.4.4	Propagação de Vazões	106
6.4.5	Evapotranspiração	107
6.4.6	Interceptação	107
6.4.7	Escoamento de base	108
6.5	Espacialização da Precipitação nas Sub-bacias	108
6.6	Calibração do Modelo	108
6.6.1	Calibração e Validação do Modelo para Eventos de Cheia	109
7	RESULTADOS	114
7.1	Eventos de Cheias	114
7.1.1	Distribuição Espacial das Precipitações	114
7.1.2	Distribuição Temporal das Precipitações	115
7.1.3	Precipitações Extremas	116
7.1.4	Condições Iniciais	117
7.1.5	Resultados	117
8	REFERÊNCIAS	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil longitudinal do Rio dos Sinos	15
Figura 2 - Unidades de Gestão da Bacia do Rio dos Sinos.....	17
Figura 3 - Diagrama Unifilar das sub-bacias do Rio dos Sinos	18
Figura 4 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Alto Sinos	22
Figura 5 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Médio Sinos	23
Figura 6 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Baixo Sinos	24
Figura 7 - Mapa Geológico da bacia do Rio dos Sinos.....	30
Figura 8 - Mapa Hidrogeológico da bacia do Rio dos Sinos.....	31
Figura 9 - Mapa Pedológico da bacia do Rio dos Sinos	32
Figura 10 - Classificação do uso do solo	35
Figura 11 - Mapa das Estações Pluviométricas e Fluviométricas	43
Figura 12 - Perfil das estações fluviométricas	62
Figura 13 - Taquara Montante – Cotas médias anuais.....	64
Figura 14 - Taquara Montante – Vazões médias anuais	64
Figura 15 - Taquara Montante – Vazões máximas anuais.	64
Figura 16 - Campo Bom – Cotas médias anuais.	66
Figura 17 - Campo Bom – Vazões médias anuais.....	66
Figura 18 - Campo Bom – Vazões máximas anuais.....	66
Figura 19 - São Leopoldo – Cotas médias anuais.....	68
Figura 20 - São Leopoldo – Vazões médias anuais.	68
Figura 21 - São Leopoldo – Vazões máximas anuais.....	68
Figura 22 - Taquara Montante - Curva de Descarga	69
Figura 23 - Campo Bom - Curva de Descarga.....	69
Figura 24 - São Leopoldo - Curva de Descarga	69
Figura 25 - UHE Canastra – Vazões turbinadas.....	70
Figura 26 - Precipitação Total Mensal (A).....	74
Figura 27 - Precipitação Total Mensal (B).....	75
Figura 28 - Precipitação Total Mensal (C)	76
Figura 29 - Precipitação Total Mensal (D)	77
Figura 30 - Precipitação Total Mensal (E).....	78
Figura 31 - Precipitação Total Média Anual.	80
Figura 32 - Precipitação Total Média do 1º Trimestre.	81
Figura 33 - Precipitação Total Média do 2º Trimestre.	82
Figura 34 - Precipitação Total Média do 3º Trimestre.	83
Figura 35 - Precipitação Total Média do 4º Trimestre.	84
Figura 36 - Umidade Relativa Média do Ar.	85
Figura 37 - Insolação Total.....	85
Figura 38 - Nebulosidade Total.....	86
Figura 39 - Temperatura Média Mínima e Máxima Mensal	87

Figura 40 - Pressão Atmosférica Média Mensal.	87
Figura 41 - Evaporação Média Mensal.	88
Figura 42 - Evapotranspiração Potencial Média Mensal MODIS MOD16 (2000-2014)	89
Figura 43 - Evapotranspiração Real Média Mensal. – MODIS MOD16 (2000-2014).....	90
Figura 44 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica.....	93
Figura 45 - Fluxograma Simplificado do Processo de Cálculo de Vazão.....	95
Figura 46 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: bacias.	99
Figura 47 - Nomenclatura dos componentes hidrológicos utilizados no modelo: trechos.....	100
Figura 48 - Classificação do coeficiente CN para as sub-bacias do modelo.....	103
Figura 49 - Percentual de impermeabilização na bacia do Sinos.....	104
Figura 50 - Taquara Montante – Resultados da calibração.....	111
Figura 51 - Campo Bom – Resultados da calibração	112
Figura 52 - São Leopoldo – Resultados da calibração	113
Figura 53 - Vazões com TR 5 anos.....	118
Figura 54 - Vazões com TR 10 anos	119
Figura 55 - Vazões com TR 25 anos	120
Figura 56 - Vazões com TR 50 anos	121
Figura 57 - Vazões com TR 100 anos	122

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dados do Contratante	9
Quadro 2 - Dados do Consórcio.....	10
Quadro 3 - Dados do Contrato	10
Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução	11
Quadro 5 - Características das Unidades de gestão da Bacia	19
Quadro 6 - Divisão dos domínios geológicos na Bacia do Rio dos Sinos	25
Quadro 7 - Qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa	33
Quadro 8 - Resultados da matriz de confusão.....	34
Quadro 9 - Área da bacia do Rio dos Sinos nos respectivos municípios	36
Quadro 10 - Resumo dos principais dados fisiográficos das sub-bacias do Rio dos Sinos	40
Quadro 11 - Estações Pluviométricas com Disponibilidade de Dados	44
Quadro 12 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1939-1959).....	46
Quadro 13 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1960-1979).....	47
Quadro 14 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1980-1999).....	48
Quadro 15 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (2000-2016).....	49
Quadro 16 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Horários) (2000-2016).....	50
Quadro 17 - Estações Fluviométricas com Disponibilidade de Dados	52
Quadro 18 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1939-1959) ...	52
Quadro 19 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1960-1980) ...	53
Quadro 20 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1981-2001) ...	53
Quadro 21 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (2002-2016) ...	54
Quadro 22 - Disponibilidade de Dados Fluviométricos - Vazão (Diários) (1973-1994)	54
Quadro 23 - Disponibilidade de Dados Fluviométricos - Vazão (Diários) (1995-2016)	54
Quadro 24 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1940-1961).....	55
Quadro 25 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1962-1983).....	55
Quadro 26 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1984-2005).....	55
Quadro 27 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (2006-2016).....	55
Quadro 28 - Bases de Dados Utilizadas	58
Quadro 29 - Séries Pluviométricas Utilizadas.....	61
Quadro 30 - Séries Fluviométricas Utilizadas.....	62
Quadro 31 - Resumo da Estação Taquara Montante	63
Quadro 32 - Resumo das Características da Estação Campo Bom.....	65
Quadro 33 - Resumo da Estação São Leopoldo	67
Quadro 34 - Precipitação Total Média Mensal.....	72
Quadro 35 - Precipitação Total Trimestral e Anual.....	79
Quadro 36 - Evapotranspiração Potencial Mensal (Média, Mínima e Máxima) (2000 a 2014).....	88
Quadro 37 - Evapotranspiração Real Mensal (Média, Mínima e Máxima) (2000 a 2014).....	89
Quadro 38 - Aspectos da concepção do modelo hidrológico para o estudo de cheias na Bacia.....	91
Quadro 39 - Componentes do Modelo Hidrológico.....	94

Quadro 40 - Nomenclatura das sub-bacias adotadas no modelo hidrológico.	96
Quadro 41 - Coeficiente CN e Impermeabilização para as diferentes classes de uso de solo	102
Quadro 42 - Taquara Montante - Qualidade do ajuste para eventos selecionados	110
Quadro 43 - Campo Bom - Qualidade do ajuste para eventos selecionados.....	110
Quadro 44 - São Leopoldo - Qualidade do ajuste para eventos selecionados.	110
Quadro 45 - Tempo de Concentração para as sub-bacias do modelo.....	115
Quadro 46 - Coeficiente 'a' da Equação IDF	116

1 APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante dos “Estudo de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos” e trata do PRODUTO 10 – RELATÓRIO dos ESTUDOS HIDROLÓGICOS, conforme descrito no Edital CELIC-RS nº 008/14 na modalidade de Regime de Contratação Diferenciada (RDC).

O contrato supracitado é financiado através do Orçamento Geral da União, operacionalizado pelo Ministério das Cidades, no âmbito do Plano de Aceleração do Crescimento-2 (PAC 2) e está inserido no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGR), atendendo aos municípios da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul.

Quadro 1 - Dados do Contratante

DADOS DA CONTRATANTE	
Nome	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN (citada daqui em diante como FISCALIZAÇÃO)
Endereço	Rua 24 de Outubro 388 - 4o andar - Bairro Moinhos de Vento, Porto Alegre - RS
Responsável pela Instituição	
Nome	Pedro Bisch Neto
Cargo	Diretor-Superintendente
Fiscal do Contrato	
Nome	Eng. ^a Paula Branco Pinto
Telefone	(51) 3288-6000
E-mail	paula-pinto@metroplan.rs.gov.br

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 2 - Dados do Consórcio

DADOS DO CONSÓRCIO	
Nome Fantasia	Consórcio Metroplan Bacia Rio dos Sinos
Empresas Componentes	
Razão social	Cohidro Consultoria, Estudos E Projetos Ltda.
Endereço	Rua 96, 585, loja comercial 7, Saquarema/RJ
Responsável	Eng.º Wellington Coimbra Lou
Telefone	(21) 2288-5462
E-mail	cohidro@cohidro.com.br

Razão social	Encop Engenharia Ltda.
Endereço	Av. Coronel Aparício Borges, nº 965 - salas 201, 202 e 203, Porto Alegre/RS
Responsável	Eng.º Luciano Bezerra
	Eng.º Thiago Araldi
Telefone	(51) 3028 4799
E-mail	luciano@encop.com
	thiago@encop.com

Razão social	M.J Engenharia Ltda.
Endereço	Rua Dr. Vale, 60, sala 501, Porto Alegre/RS
Responsável	Eng.º Orgel Carvalho Filho
	Eng.º Ricardo Santiago
Telefone	(51) 3013 5793
E-mail	orgel.filho@mjenharia.com
	ricardo.santiago@mjenharia.com

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 3 - Dados do Contrato

DADOS DO CONTRATO	
Termo de Compromisso do Estado do RS União	0402.532-34/2012-RS
Edital CELIC	RDC 008/14
Número do contrato com a METROPLAN	003/2015
Objeto	Elaboração de estudo de alternativas e projetos para a minimização do efeito de cheias na Bacia do Rio dos Sinos
Ordem de início	16 de junho de 2015
Prazo	30 meses (contrato inicial mais primeiro termo aditivo)
Prazo Prorrogado Cfe. 1º Aditivo Contratual, assinado em 21 de novembro de 2016. FPE Nº 023001/2014 Exp. Administrativo 686-22.64/14-5	12 meses a contar de 07 de dezembro de 2016 (término estimado em 07/12/17)

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

2 INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve as atividades desenvolvidas e os produtos resultantes, bem como a metodologia empregada nos serviços de elaboração DO “PRODUTO 10 – RELATÓRIO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS”, referente a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, localizada no estado do Rio Grande do Sul, conforme solicitado no Termo de Referência:

O estudo hidrológico tem por objetivo geral formar uma base teórica consistente com base nas informações hidrológicas disponíveis para o entendimento dos eventos de cheia no trecho de estudo do Rio dos Sinos. É objetivo também desta etapa gerar todas as informações de entrada relevantes para a simulação matemática da propagação de cheias e elaboração dos mapas de inundação.

Este documento oferece subsídios para a elaboração dos demais produtos do presente projeto, além de poder ser disponibilizado publicamente para reuso por interessados nos temas abrangidos.

O Quadro 4 apresenta a relação de produtos previstos no presente projeto e a situação em que se encontrava o desenvolvimento de cada um dos produtos no momento do fechamento da presente edição.

Quadro 4 - Produtos previstos no contrato e status de execução

Número	Denominação do Produto	Status de Execução
1	Plano de Trabalho Consolidado	Executado
2	Consulta Pública - Relatório do Evento 1 - Plano de Trabalho	Executado
3	Consulta Pública - Relatório do Evento 2 - Diagnóstico	Não iniciado
4	Consulta Pública - Relatório do Evento 3 - Plano de Ação	Não iniciado
5	Base de Dados	Executado
6	Diagnóstico	Em revisão
7	Levantamento Topobatimétrico	Em execução
8	Levantamento Aerofotogramétrico	Executado
9	Cadastro de Redes	Em execução
10	Relatório dos Estudos Hidrológicos	
11	Relatório Simulações Hidráulicas e Mapas de Inundações	Em execução
12	Projetos dos Cenários de Intervenção	Não iniciado
13	Análise de Viabilidade das Alternativas	Não iniciado
14	Consolidação do Conjunto de Intervenções	Não iniciado
15	Plano de capacitação e adequação dos serviço de gestão de águas	Não iniciado
16	Plano de Ação	Não iniciado
17	Resumo Executivo	Não iniciado
18	Relatório Final	Não iniciado

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.1 Objetivos do Relatório

O PRODUTO 10 – Estudos Hidrológicos têm por objetivo geral formar uma base teórica consistente levando em consideração as informações hidrológicas disponíveis para o entendimento dos eventos de cheias no trecho contemplado da Bacia do Rio dos Sinos.

O presente relatório apresenta o desenvolvimento dos estudos hidrológicos de acordo com a situação atual da Bacia. Os objetivos do presente trabalho são:

- Quantificar os eventos de chuvas intensas para fornecer subsídios para construção do modelo hidrodinâmico e, por conseguinte, construir as manchas de inundação para diferentes tempos de retorno;
- Construir um modelo hidrológico que servirá de base para a avaliação de cenários, projeções e proposições de intervenções futuras na bacia;

3.2 Planejamento geral

Para a perfeita definição da metodologia adotada no sentido de buscar-se de maneira eficiente os resultados almejados neste trabalho, os objetivos dos estudos foram claramente delineados e os seguintes aspectos foram abordados de acordo com o Termo de Referência:

- A avaliação dos riscos no qual a população urbana da área de interesse está sujeita, quantificando e associando os danos às probabilidades de eventos extremos;
- Estudo de alternativas de controle de cheias que contemplem medidas estruturais e não-estruturais, considerando os cenários atual e futuro;
- Análise de viabilidade, considerando os aspectos técnico-econômicos, sociais e ambientais;
- Análise de uso múltiplo das obras planejadas de forma a atender além do controle de inundações outros usos da água pela regularização de vazão.

Como uma das etapas para atendimento das questões delineadas no Termo de Referência o presente PRODUTO servirá como subsídio para as simulações hidrológicas, visando o entendimento dos eventos de cheias na bacia.

Neste sentido, deverá gerar todas as informações de entrada relevantes para a simulação matemática, através da construção do modelo hidrodinâmico, da propagação de cheias e elaboração dos mapas de inundações prováveis e riscos associados a estas.

Os resultados deverão ser apresentados de forma a permitir que o PRODUTO 11 - SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS e MAPAS INUNDAÇÕES, venha a se constituir uma ferramenta clara de gestão municipal através da delimitação racional da ocupação urbana.

Além de atender os objetivos acima este PRODUTO deverá ser capaz de:

- Representar adequadamente a situação atual através de uma modelagem que permita uma discretização suficiente e a análise das alterações nas respostas hidrológicas e hidrodinâmicas.
- Representar adequadamente os processos hidrológicos das diferentes áreas dentro da bacia como: zonas urbanizadas, zonas rurais, áreas de banhado e reservatórios.
- Apresentar propostas metodológicas para as funções hidrológicas onde a informação existente é insuficiente ou inexistente.
- Representar a hidrologia da bacia e sub-bacias em escala adequada às suas dimensões.
- Fornecer base para os subsídios para o estudo de alternativas de mitigação (objeto do PRODUTO 12 - CENÁRIOS DE INTERVENÇÕES).

Os principais resultados obtidos devem servir de apoio ao planejamento dentro dos 4 eixos do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta de Desastres Naturais (PNGR): Prevenção, Mapeamento, Monitoramento e Alerta e Resposta. Tais resultados são:

- Estimativa de hidrogramas de cheias para chuvas com diferentes tempos de retorno;
- Estimativa de hidrogramas de longa duração para avaliação da estiagem;
- Avaliação da situação atual em termos hidrológicos da bacia;
- Avaliação de cenários futuros da bacia onde ocorram alterações na resposta hidrológica em nível regional;
- Avaliação dos efeitos das ações estruturais e não estruturais e criação de subsídios para o pré-dimensionamento.

4 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos situa-se a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 29°20' a 30°10' de latitude Sul e 50°15' a 51°20' de longitude Oeste.

Abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e Depressão Central. Possui área de 3.746,68 km², abrangendo municípios como Campo Bom, Canoas, Gramado, Igrejinha, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas, com população total estimada em 1.249.100 habitantes.

Os principais corpos de água são o Rio Rolante, o Rio da Ilha, o Rio Paranhana e o Rio dos Sinos. Este último tem sua nascente na cidade de Caraá e desembocadura no delta do Jacuí.

Os principais usos da água na bacia estão destinados ao abastecimento público, uso industrial e irrigação. As áreas mais conservadas encontram-se a montante da bacia.

O grande problema encontrado é o despejo de efluentes industriais e principalmente domésticos sem tratamento nos cursos de água no seu trecho médio-baixo.

O Rio dos Sinos possui uma extensão de aproximadamente 200 km e suas nascentes localizadas na Serra Geral, no município de Caraá, a cerca de 750 metros de altitude. Corre no sentido leste-oeste até a cidade de São Leopoldo onde muda para a direção norte-sul, desembocando no Delta do Rio Jacuí entre a Ilha Grande dos Marinheiros e a Ilha das Garças, a uma altitude de 5 metros.

Seus principais formadores são o Rio Rolante e Rio Paranhana, além de diversos arroios. O Rio Paranhana recebe águas transpostas da Bacia do Rio Caí, através das barragens do Salto, Bugres e Canastra, drenando municípios como Taquara, Igrejinha, Três Coroas e parte de Gramado e Canela.

Para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica (sistema de drenagem da bacia), o Rio dos Sinos foi dividido em três sub-trechos distintos, caracterizados como:

- **Alto Sinos** com extensão de 25 km (entre as cotas de 600 a 60 m), onde suas águas possuem rápido escoamento;
- **Médio Sinos** com extensão de 125 km (cotas entre 60 e 5 m);
- **Baixo Sinos**, com extensão de 50 km, onde a declividade é praticamente nula e o rio apresenta um escoamento muito lento.

Essa compartimentação adotada pelo PRH-SINOS serviu de base para a determinação das unidades de estudo da bacia, bem como para a identificação de suas características de relevo e uso do solo.

Os principais contribuintes do Rio dos Sinos são os rios Rolante, da Ilha e Paranhana.

O Rio dos Sinos apresenta uma vazão média mensal na foz que varia de 3,1 m³/s a 84 m³/s. A precipitação média anual na bacia é de 1.446 mm por ano, relativamente bem distribuídas nas quatro estações, com leve concentração nos meses de inverno. Os trechos de montante apresentam uma pluviosidade maior em relação à região próxima à foz.

A Figura 1 mostra o perfil de toda a extensão do Rio dos Sinos



*Figura 1 - Perfil longitudinal do Rio dos Sinos.
(Fonte: Plano de Bacia do Rio dos Sinos)*

Pode-se afirmar que o Alto Sinos é um compartimento onde predominam o ambiente e a paisagem rural, com centros urbanos de pequeno porte. Essa região tem áreas de baixa densidade populacional, com pequenas propriedades rurais cuja agricultura é diversificada com culturas de arroz, cana de açúcar, hortaliças, etc. A pecuária também é pouco desenvolvida, mas encontramos pequenas criações de gado leiteiro, suínos e aves.

Já no compartimento do Médio Sinos, encontra-se uma zona de transição entre os ambientes rural e urbano sendo que entre os municípios de Taquara e Sapiranga, a densidade populacional aumenta. Esta porção do rio não apresenta uma característica tão rural como a do Alto Sinos.

No Baixo Sinos, trecho de Campo Bom até a foz no Delta do Jacuí, é grande a concentração populacional e industrial, onde os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos conforme a seguir: Campo Bom (Arroio Schmidt); Novo Hamburgo (Arroio Pampa e Arroio Luiz Rau); São Leopoldo (Arroio Peão e Canal João Corrêa); Estância Velha e Portão (Arroio Portão/Estância Velha); Sapucaia do Sul (Arroio José Joaquim); Esteio e zona norte de Canoas (Arroio Sapucaia).

Além da ocupação humana, o relevo varia ao longo dos três segmentos usuais.

O Alto Sinos apresenta cotas mais elevadas e grandes declividades no terreno, características das áreas de nascentes e dos rios de corredeiras. No extremo oposto, o Baixo Sinos apresenta cotas baixas e caracteriza-se como sendo a área mais plana da bacia.

O Médio Sinos corresponde a um trecho de transição entre os dois anteriores, apresentando cotas variáveis, porém sem grandes gradientes (declividade).

A cobertura vegetal da bacia está muito reduzida, os remanescentes localizam-se, predominantemente, nas nascentes do Rio dos Sinos e seus formadores. Na região do Alto Sinos, localizada entre os municípios de Caraá e Rolante, encontra-se vegetação ciliar e pequenos banhados.

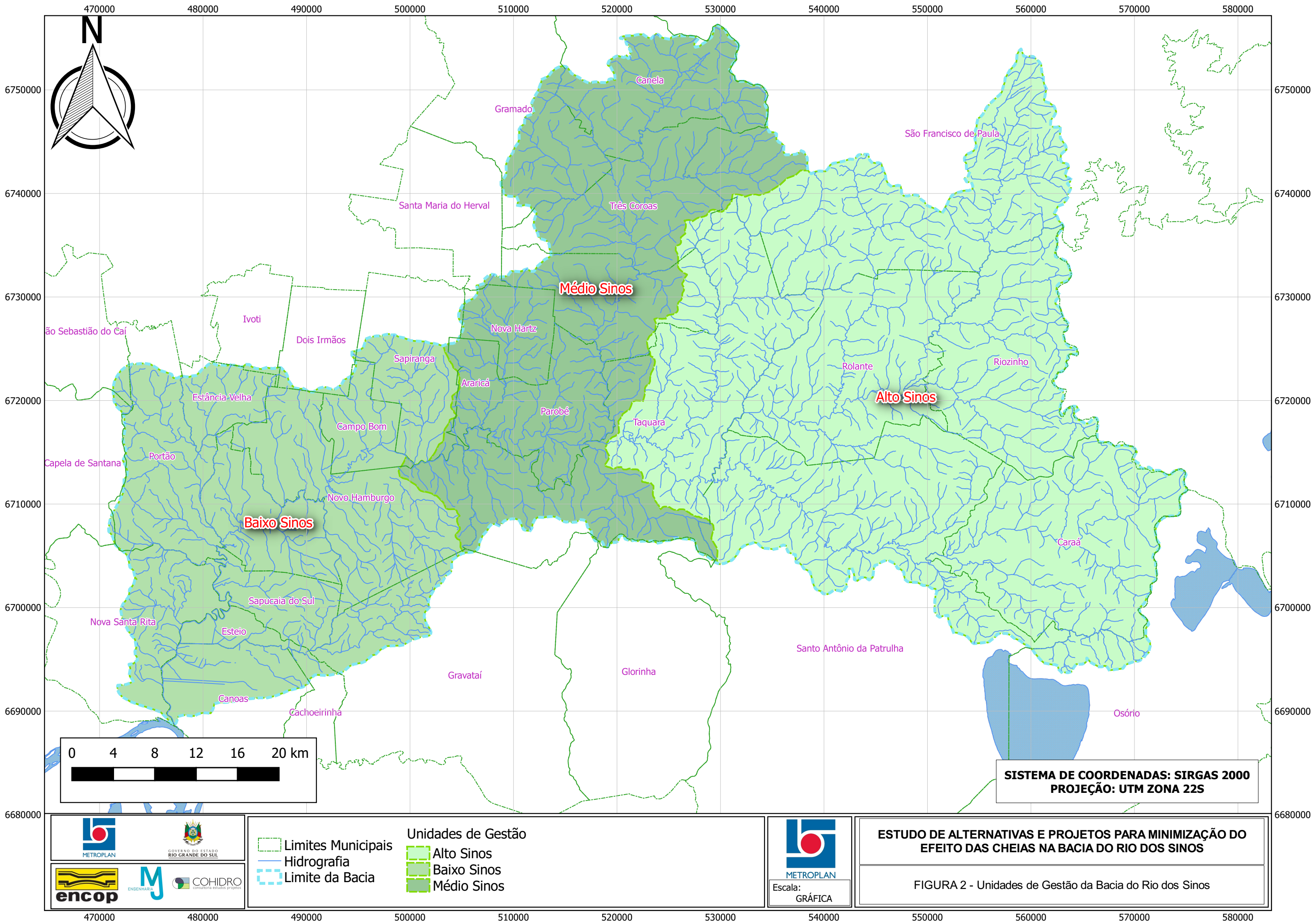
As subdivisões de Alto, Médio e Baixo Sinos, por apresentarem coerência hidrológica, também serão respeitadas no modelo a ser construído, mas quando houver necessidade de um detalhamento maior devido aos processos hidrológicos ou devido ao estudo de alternativas (a ser realizado em etapa seguinte), tais serão divididas em áreas menores que representem de melhor forma a medida de mitigação (ex: uma locação de barragem).

Cada um desses compartimentos hidrográficos apresenta uma identidade em termos de ocupação do solo (Figura 2).

Dentro das 3 macrounidades de gestão propostas no Plano de Bacia também foi realizada naquele estudo uma divisão em diversas microunidades, ou seja, bacias que representam apenas um ou alguns tributários menores do Rio dos Sinos.

A Figura 3 apresenta o diagrama unifilar das sub-bacia do Rio dos Sinos.

As características de cada unidade de gestão e as microunidades que as compõe são apresentadas no Quadro 5



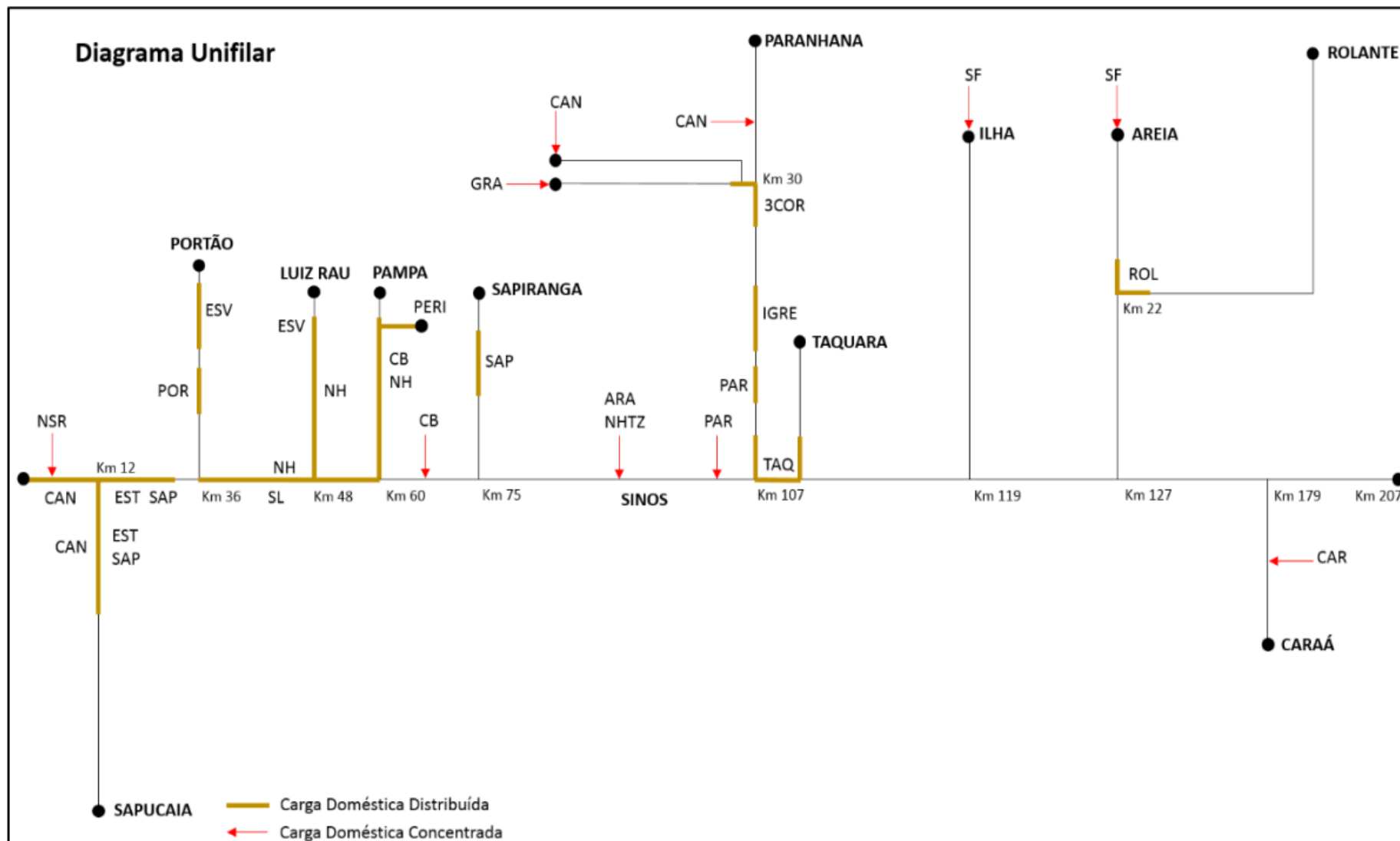


Figura 3 - Diagrama Unifilar das sub-bacias do Rio dos Sinos
(Fonte; Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 5 - Características das Unidades de gestão da Bacia

SIGLA	MACROUNIDADE	ÁREA (km²)(%)	SIGLA	MICROUNIDADE DE GESTÃO	ÁREA (km²)(%)	MUNICÍPIOS	SEDES
AS	Alto Sinos	1758,52 (47,53%)	AS1	Alto Sinos – Trecho Alto	208,93 (5,65%)	Caraá, Igrejinha, Osório, Riozinho, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, Taquara e Três Coroas	Caraá, Riozinho, Rolante
			AS2	Alto Sinos- Trecho Médio	289,59 (7,83%)		
			AS3	Arroio Caraá	124,42 (3,36%)		
			AS4	Alto Rolante	299,72 (8,1%)		
			AS5	Médio Rolante – Riozinho	193,11 (5,22%)		
			AS6	Baixo Rolante	171,53 (4,64%)		
			AS7	Areia	153,19 (4,14%)		
			AS8	Ilha	318,03 (8,6%)		
MS	Médio Sinos	978,81 (26,46%)	MS1	Alto Paranhana	393,54 (10,64%)	Araricá, Campo Bom, Glorinha, Gravataí, Igrejinha, Nova Hartz, Novo Hamburgo, Parobé, Santa Maria do Herval, Santo Antônio da Patrulha, Sapiranga, Taquara, Três Coroas.	Taquara, Parobé, Araricá, Nova Hartz, Igrejinha, Três Coroas e Gramado.
			MS2	Baixo Paranhana	181,84 (4,92%)		
			MS3	Médio Sinos – Grande/Funil	176,55 (4,77%)		
			MS4	Médio Sinos – Margem Esquerda	226,88 (6,13%)		
BS	Baixo Sinos	962,15 (26,01%)	BS1	Sapiranga/Campo Bom	123,98 (3,35%)	Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canoas, Capela de Santana, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Gravataí, Ivoti, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Portão, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapiranga, Sapucaia do Sul.	Esteio, Nova Santa Rita, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Portão, Novo Hamburgo, Campo Bom, Estância Velha, Sapiranga
			BS2	Banhado/Guari	82,98 (2,24%)		
			BS3	Novo Hamburgo	80,14 (2,17%)		
			BS4	Palmeira	61,89 (1,67%)		
			BS5	São Leopoldo	52,34 (1,41%)		
			BS6	Portão/Estância Velha	261,50 (7,07%)		
			BS7	Sapucaia/Esteio	177,60 (4,80%)		
			BS8	Nova Santa Rita	74,40 (2,01%)		
			BS9	Canoas	47,32 (1,28%)		
TOTAL		3.699,48					

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

As 3 macrounidades de gestão propostas no Plano de Bacia estão detalhadas abaixo:

✓ **Alto Sinos**

Neste trecho, compreendido entre as cabeceiras do Rio dos Sinos e a cidade de Taquara, foram definidas oito microunidades (unidades de estudo).

Nessa região, por se tratar de um compartimento com predominância de ambiente rural, os critérios de divisão espacial e definição respeitaram a malha hídrica (principais cursos de água) e os padrões topo-altimétricos.

O Rio Rolante, presente nesse trecho, com drenagem estimada de cerca de 500 km², foi dividido em três unidades: Alto, Médio e Baixo Rolante, respeitando os padrões topobatimétricos.

O Rio da Ilha, que drena cerca de 330 km² nessa área, e o Arroio Areia, foram considerados, cada um deles, como sendo uma única microunidade, ambos afluentes diretos do Rio dos Sinos.

Nesse trecho, do Alto Sinos, encontram-se parte dos municípios de: Caraá, Osório, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, Riozinho, Rolante, Três Coroas, Igrejinha e Taquara.

Cabe salientar aqui, que o município de Santo Antônio da Patrulha, tem contribuições também nas Bacias do Rio Gravataí e Bacia do Litoral Médio.

Ver Figura 4 a seguir com os elementos hidrológicos mais relevantes no Alto Sinos.

✓ **Médio Sinos**

Neste trecho, compreendido entre a cidade de Taquara e a confluência do Arroio Sapiranga,, foram definidas mais quatro microunidades.

É onde se encontra o Rio Paranhana, responsável pela drenagem de cerca de 580 km² através da qual a Bacia do Sinos recebe a transposição de águas do Rio Caí

O Rio Paranhana foi dividido em duas microunidades (Alto e Baixo Paranhana), separando o trecho a partir da afluência das vazões transpostas do Rio Caí, através da UHE Canastra.

As outras duas microunidades consideradas, foram a margem esquerda e margem direita do próprio Rio dos Sinos.

Nesse trecho do Médio Sinos, encontram-se parte dos municípios de Canela, Gramado, São Francisco de Paula, Três Coroas, Igrejinha, Taquara, Parobé, Santa Maria do Herval, Nova Hartz, Araricá, Sapiranga, Novo Hamburgo, Santo Antônio da Patrulha, Glorinha e Gravataí, estes três últimos com contribuição também na Bacia do Rio Gravataí.

Ver Figura 5 a seguir com os elementos hidrológicos mais relevantes no Médio Sinos.

✓ **Baixo Sinos**

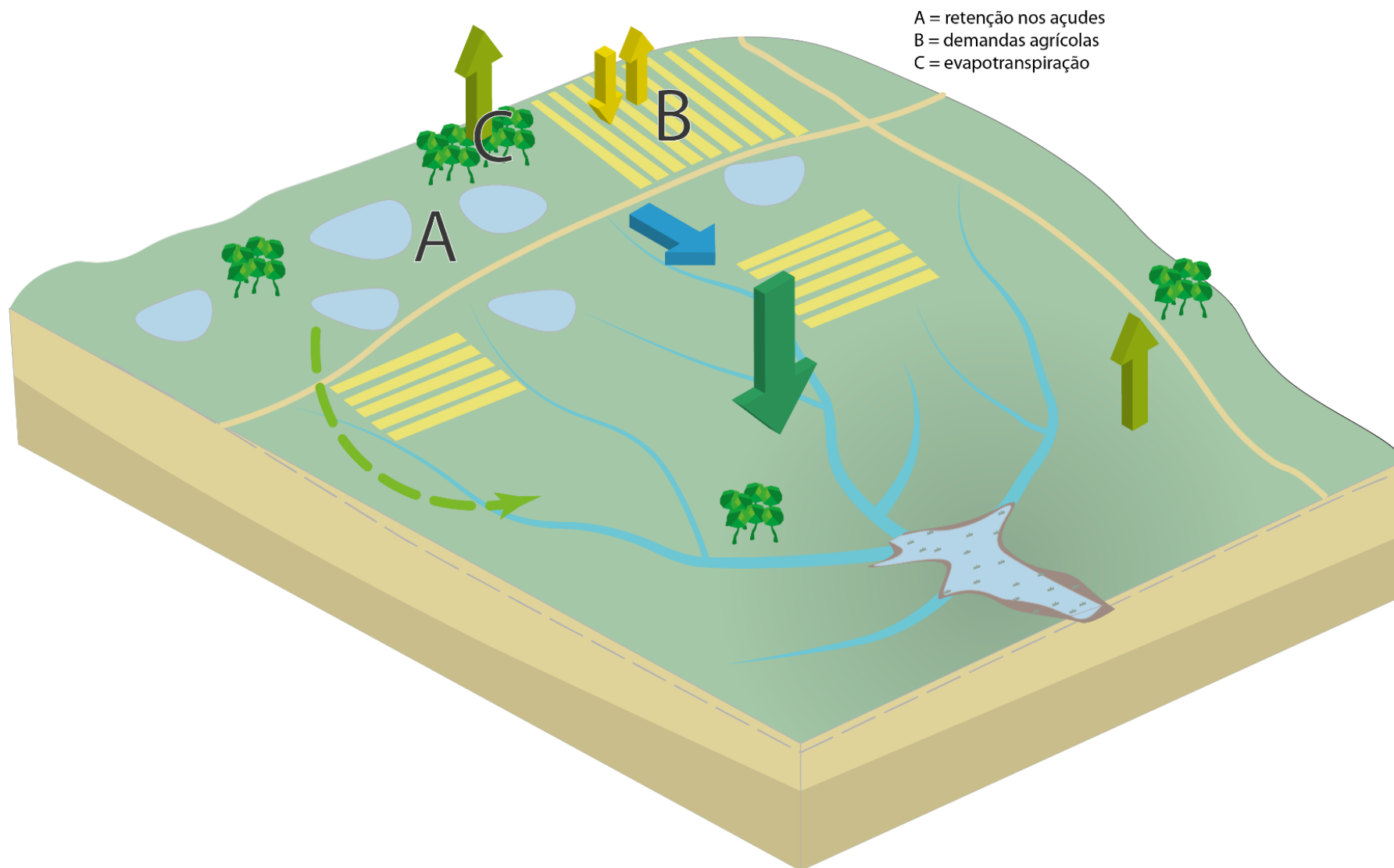
Neste trecho, compreendido entre a confluência do Arroio Sapucaia e a sua foz no Lago Guaíba foram definidas nove microunidades.

O principal critério considerado na definição da segmentação desse trecho, por se tratar de ambiente predominantemente urbano, foi o critério da identidade municipal, ajustada pelos limites hidrográficos.

Nesse trecho encontram-se parte dos municípios de: Sapiranga, Campo Bom, Dois Irmãos, Ivoti, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Estância Velha, São Sebastião do Caí, Capela de Santana, Portão, Sapucaia do Sul, Esteio, Nova Santa Rita, Gravataí, Cachoeirinha e Canoas, sendo os três últimos, também contribuintes da Bacia do Rio Gravataí.

Dentro das 3 macro unidades de gestão propostas no Plano de Bacia também foi realizada naquele estudo uma divisão em diversas microunidades, ou seja, bacias que representam apenas um ou alguns tributários menores do Rio dos Sinos.

Ver Figura 6 a seguir com os elementos hidrológicos mais relevantes no Baixo Sinos.



*Figura 4 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Alto Sinos
(Fonte; Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)*

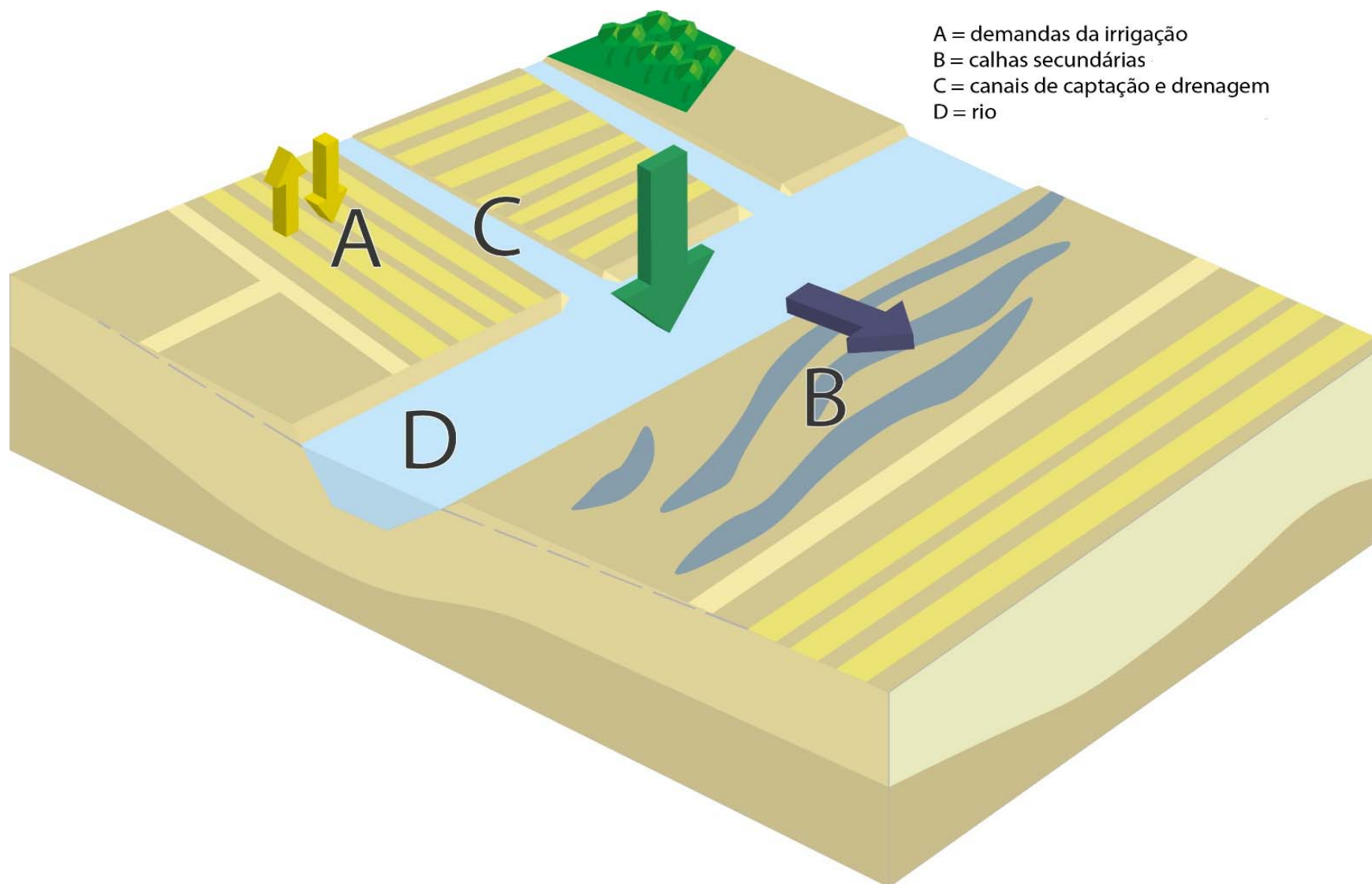
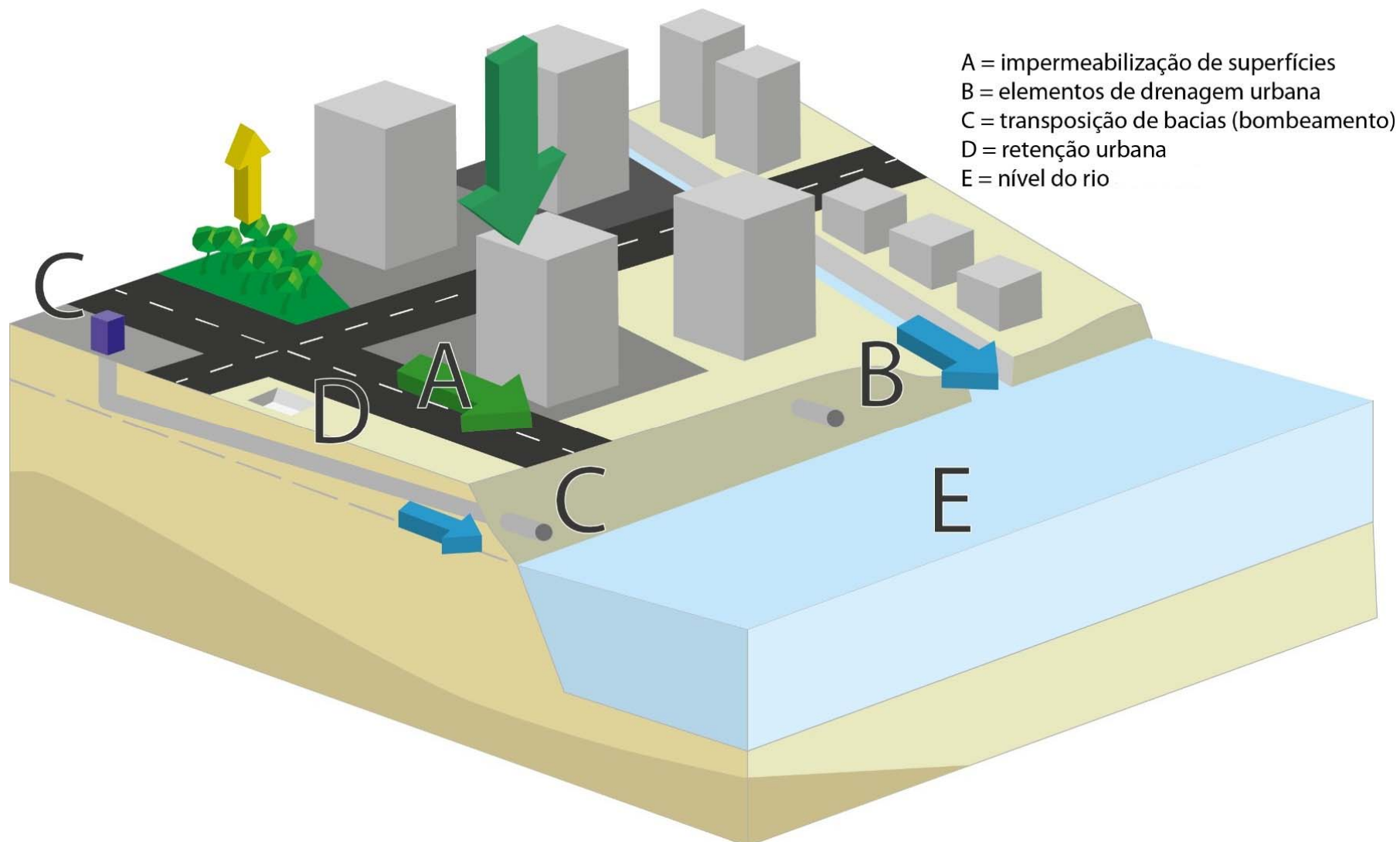


Figura 5 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Médio Sinos
(Fonte; Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)



*Figura 6 - Elementos hidrológicos mais relevantes no Baixo Sinos
(Fonte; Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)*

4.1 Geologia

Na Figura 7 adiante, encontra-se o mapa geológico da Bacia do Rio dos Sinos na escala 1:750.000 (WILDNER, 2008), alguns grupos litológicos foram agrupados segundo as considerações de Viero e Silva (2010).

O arcabouço geológico da bacia do Rio dos Sinos é uma importante fonte de informação para entender a hidrologia local, uma vez que é determinante na distribuição e circulação das águas subterrâneas.

Além disso, fenômenos importantes na geração de escoamento superficial como o tipo de cobertura do solo e o manto de alteração do solo, costumam ser determinados pelo seu arcabouço geológico.

O Quadro 6 mostra as proporções de ocorrência dos distintos domínios para a bacia do Rio dos Sinos.

Quadro 6 - Divisão dos domínios geológicos na Bacia do Rio dos Sinos.

Bacia	Domínios Geológicos	%
Sinos	Sedimentos Cenozoicos Indivisos	9,0
	Vulcanismo Fissural Mesozoico	51,5
	Cobertura Sedimentar e Vulcanosedimentar Mesozoica e Paleozoica	25,2
	Coberturas Coluvionares e Tálus	14,2

(Fonte: Viero e Silva - 2010; Wildner - 2008)

4.2 Hidrogeologia

A descrição hidrogeológica da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos foi realizada com base no trabalho “PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS – FASE C.”, os sistemas aquíferos estão apresentados na Figura 8.

As unidades mapeadas na Bacia do Rio dos Sinos foram definidas tendo por base a litologia, a estrutura e a permeabilidade (tipo ordem e grandeza).

A partir da definição da estrutura de cada unidade hidrogeológica, e de seus limites baseada no comportamento aquífero das litologias predominantes, obteve-se a seguinte compartimentação hidrolitológica: Sistema Aquífero Permiano; Sistema Aquífero Rio do Rasto; Sistema Aquífero Piramboia; Sistema Aquífero Botucatu; Sistema Aquífero Serra Geral-1; Sistema Aquífero Serra Geral-2; Sistema Aquífero Serra Geral-3; e Sistema Aquífero Aluvionar.

4.2.1 Sistema Aquífero Permiano

Ocorre em subsuperfície no município de Canoas e parte de Esteio. É composto por rochas sedimentares permianas principalmente das Formações Irati e Rio Bonito.

A predominância de sedimentos pelíticos nas litologias que compõem a primeira unidade impõe à mesma a inexistência de bons aquíferos porosos, embora apresentando-se bastante fraturadas e à presença de soleiras e diques de diabásio aumentam a possibilidade de ocorrência de água subterrânea.

Desta forma, comporta-se como aquífero intergranular/fraturado extenso e confinado. Sua permeabilidade é baixa a moderada e ampliada por intrusão ou fraturamento.

As vazões são variáveis entre 0,5 e 18 m³/h e as capacidades específicas (vazão por metro de profundidade do poço) são geralmente inferiores a 0,3 m³/h/m.

4.2.2 Sistema Aquífero Rio do Rastro

É composto por sedimentos do Grupo Passa Dois (Formação Rio do Rastro), como siltitos, arenitos finos argilosos, secundariamente argilitos. Os arenitos formam lentes relativamente curtas, em geral, com menos de três metros de espessura.

Devido à predominância de litologias finas nesta formação, seu comportamento como armazenador e condutor de água subterrânea é bastante fraco, podendo ser classificada como um aquífero pobre.

Mesmo assim, esta unidade vem sendo amplamente explorada, constituindo uma fonte alternativa de abastecimento. Os poços, geralmente com mais de 200 metros de profundidade, captam os níveis arenosos finos e apresentam vazões baixas (média de 4 m³/h).

As capacidades específicas são geralmente menores que 0,1 m³/h/m. Sua ocorrência na Bacia do Rio dos Sinos se dá nos municípios de Nova Santa Rita, parte de Sapucaia do Sul, Esteio, Cachoeirinha e Gravataí.

4.2.3 Sistema Aquífero Piramboia

É formado por arenitos médios a finos lenticulares de ambiente continental eólico úmido com intercalações fluviais.

Em geral, esta unidade apresenta espessura média de 200 metros e se encontra na condição de aquífero livre a semi-confinado, na área aflorante. Normalmente sua grande quantidade de finos é desfavorável para o armazenamento de grandes quantidades de água.

Os poços que captam esta unidade apresentam profundidades entre 31 e 200 metros com média de 110 metros. As vazões são muito variáveis atingindo até 11 m³/h, mas com média de 5 m³/h. As capacidades específicas raramente excedem a 0,5 m³/h/m.

Sua área de afloramento na Bacia abrange praticamente todo o município de São Leopoldo e Novo Hamburgo, a porção centro sul do município de Portão e sul de Estância Velha.

4.2.4 O Sistema Aquífero Botucatu

Corresponde a uma ampla área de deposição eólica constituída por arenitos médios a finos, relacionados à Formação Botucatu. Ocorrem na base e na encosta da Serra Geral.

Onde os arenitos afloram, o aquífero é do tipo livre. Onde se encontra sob as lavas da Formação Serra Geral, seu tipo é confinado. Nas áreas onde se configuram situações topo estruturais elevadas sua capacidade de armazenar água subterrânea é diminuída. Na área de afloramento, o aquífero é muito explorado por meio de poços tubulares.

Seu comportamento hidrogeológico é bom. As capacidades específicas médias giram em torno de 0,5 m³/h/m e as vazões dos poços na maioria das vezes variam de 1 a 56 m³/h com média de 9 m³/h.

Sua área de afloramento abrange os municípios de Campo Bom, Sapiranga, Nova Hartz, Araricá, Parobé, Taquara, Rolante, parte de Igrejinha, norte de Portão, Estância Velha e Santo Antônio da Patrulha.

A porção confinada pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral apresenta melhores características hidrogeológicas.

Seus poços têm profundidades de até 220 metros com capacidades específicas entre 0,5 e 3 m³/h/m.

Sua recarga provém da área aflorante e principalmente das fraturas nas rochas basálticas. Ocorre principalmente nos municípios das porções norte e leste da bacia.

4.2.5 O Sistema Aquífero Serra Geral - 1

É formado pelas rochas vulcânicas básicas e intermediárias mesozoicas. São aquíferos fraturados e descontínuos, onde o fluxo da água subterrânea se dá através de descontinuidades geradas por tectônica ou por resfriamento das lavas.

Seu controle é basicamente estrutural e as vazões dos poços são muito variáveis. Ocorre nos vales encaixados e abertos. Também existem horizontes permeáveis formados por auto brechas e sedimentos intertrápicos, marcando o contato entre os derrames.

Os poços que captam esta unidade apresentam profundidades entre 50 e 220 metros, predominando poços com 100 metros. Suas vazões são muito variáveis. Há uma predominância de vazões de até 15 m³/h, sendo frequentes poços com mais de 30 m³/h.

É predominantemente utilizado nas comunidades rurais. Abrange os municípios de Gramado, Canela, São Francisco de Paula, Caraá, Riozinho e Três Coroas.

4.2.6 O Sistema Aquífero Serra Geral – 2

Ocorre em altitudes entre 750 e 1.000 metros. São aquíferos fissurais de pequena potencialidade hidrogeológica, Pode ser captado por poços tubulares de profundidade até 60 metros, nas fraturas, ou por poços escavados.

As vazões encontradas são de aproximadamente 3 m³/h, porém a presença de grandes fraturas geológicas ampliam a potencialidade deste sistema aquífero, podendo se encontrar poços com vazões superiores a 20 m³/h.

Tais estruturas também constituem uma área potencial de recarga indireta do Sistema Aquífero Botucatu. Ocorre nos municípios localizados nas porções norte e nordeste da Bacia (Gramado, Canela e São Francisco de Paula), coincidindo com as áreas mais elevadas da região.

4.2.7 O Sistema Aquífero Serra Geral – 3

Consiste em zonas desfavoráveis ao armazenamento de água subterrânea. É composto por morros isolados de basaltos que apresentam encostas de alta declividade e praticamente ausência de solo, que favorecem o escoamento superficial.

São áreas em que o armazenamento de água subterrânea é muito prejudicado. O aproveitamento da água, quando necessário, deve ser feito por captação de fontes.

4.2.8 O Sistema Aquífero Aluvionar

É composto por aquíferos intergranulares relacionados aos depósitos fluviais que ocorrem ao longo da calha e da várzea do Rio dos Sinos.

A área fonte predominante deste sedimento é o Arenito Botucatu e a Formação Piramboia, possibilitando assim a obtenção de água subterrânea em quantidades e qualidade aproveitáveis, havendo restrições, no entanto, devido à pequena espessura da unidade.

Normalmente tais depósitos configuram um aquífero livre com pouca espessura.

É um sistema aquífero livre a semi-confinado com relação direta com o Rio dos Sinos. O tipo de relação, influente ou efluente, vai depender do nível do Rio. As profundidades do aquífero, em geral, não ultrapassam os 20 metros. O sistema aquífero é capaz de fornecer vazões altas com capacidades específicas superiores a 0,3 m³/h/m.

Devido as suas características e posição, são altamente vulneráveis à contaminação a partir da superfície.

De um modo geral, a prospecção da água subterrânea na área de ocorrência dessa unidade se dá nos aquíferos subjacentes, a não ser nos casos em que o uso previsto para a água permita sua utilização a despeito da má qualidade.

4.3 Pedologia

Os solos constituintes da bacia são descritos abaixo de acordo com sua classificação de primeiro nível segundo a EMBRAPA (2006).

4.3.1 Argissolo

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos: Horizonte plântico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolo; Horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolo.

4.3.2 Cambissolo

Solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente.

4.3.3 Neossolo

Solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, e horizontes glei, plântico e vértico quando presentes, não estão em condição diagnóstica.

4.3.4 Luvisolo

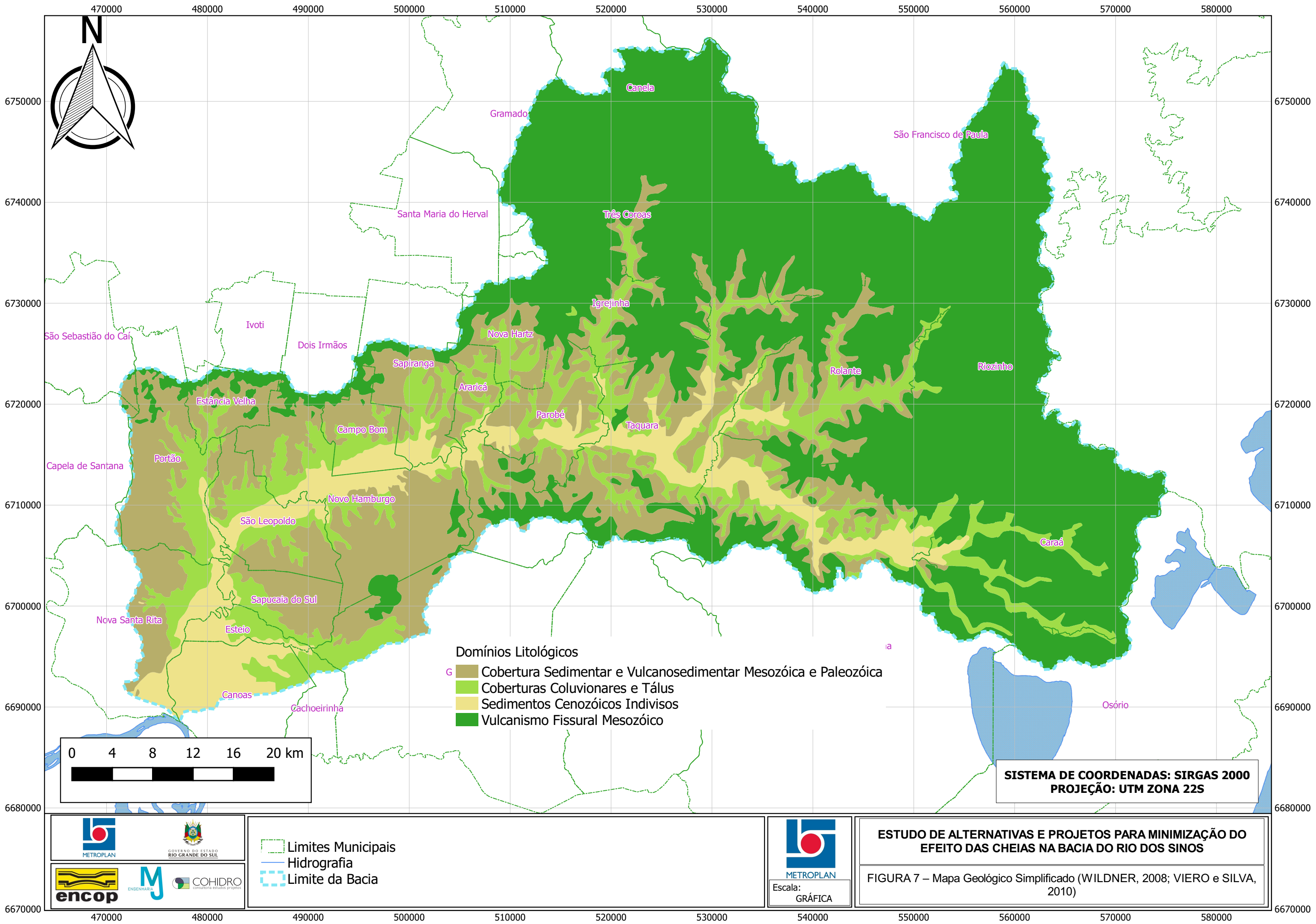
Solos constituídos por material mineral, com argila de atividade alta, alta saturação por bases e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado ou proeminente, ou horizonte E, e satisfazendo os seguintes requisitos: Horizontes plântico, glei e plânico, se presentes, não satisfazem os critérios para Plintossolos, Gleissolos e Planossolos, respectivamente; não é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; Horizonte glei, se ocorrer inicia-se após 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial do horizonte B textural.

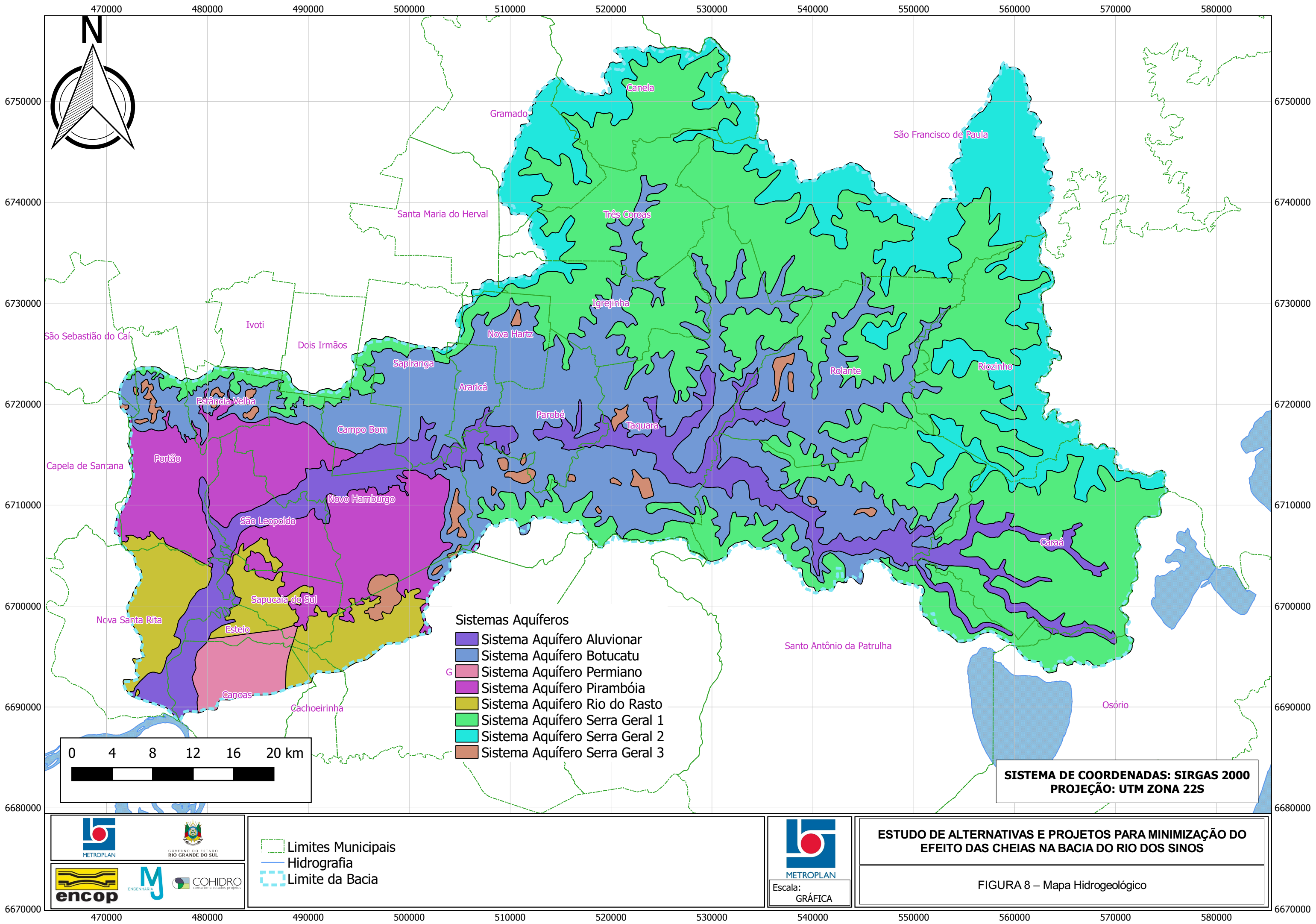
4.3.5 Nitossolo

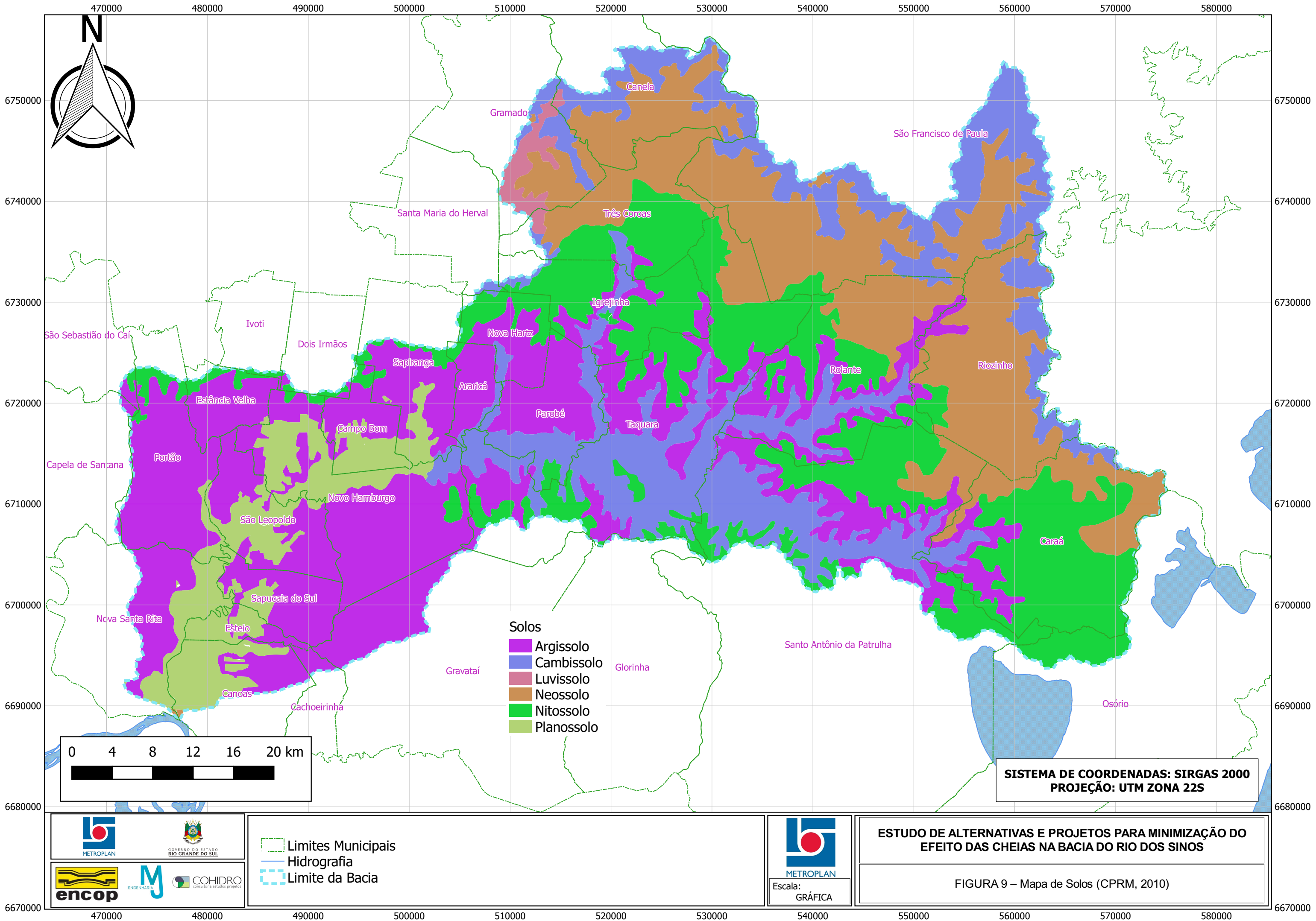
Solos com 350 g.kg⁻¹ ou mais de argila, constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B, com argila de atividade baixa ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, dentro de 150 cm da superfície do solo.

4.3.6 Planossolo

Solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. A Figura 9 apresenta o mapa pedológico da bacia do Rio dos Sinos.







4.4 Uso do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo foi desenvolvido com técnicas de sensoriamento remoto utilizando imagens LANDSAT 8, obtidas a partir de EARTH EXPLORER (2014).

Foram utilizadas duas imagens para compor o mosaico nas datas de 16 de abril de 2016 e 22 de agosto de 2016. As imagens utilizadas apresentam períodos distintos porque para a realização do processo é necessário que as imagens não possuam cobertura de nuvens.

Para a obtenção do mapa de uso e cobertura do solo, optou-se pela utilização de classificação supervisionada. Esse método requer que o usuário faça a escolha de grupos de pixels que representam cada classe de uso e cobertura do solo que se quer obter.

Em seguida, é feita uma caracterização estatística para cada grupo, chamadas de assinaturas espectrais. As assinaturas espectrais alimentam o algoritmo para que esse classifique toda a imagem baseado nas estatísticas criadas pelas assinaturas espectrais.

Durante a criação das assinaturas espectrais são determinados os nomes de cada classe de uso e ocupação do solo, neste trabalho foram criadas as seguintes classes: Mata, Área Urbana, Água, Solo Exposto, Campos/Pastagens e Banhado/Área Úmida.

Para a classificação, foi utilizado o classificador por máxima verossimilhança a partir da ferramenta *image classification* presente no software ArcGIS 10.3.

O método é realizado por meio de uma classificação supervisionada derivada do teorema de Bayes, na qual é feita uma análise multiespectral das diferentes classes de solo.

Com o objetivo de se avaliar a precisão do método utilizado para classificação das imagens para obtenção de classes de uso e ocupação do solo, realizou-se uma avaliação por meio do índice Kappa, que fornece uma ideia do quanto às observações se afastam daquelas esperadas, indicando assim uma taxa de acertos.

O Quadro 7 apresenta como é feita a interpretação dos resultados.

Quadro 7 - Qualidade da classificação associada aos valores do Índice Kappa

Índice Kappa	Qualidade do Mapa de Uso do Solo
>0	Péssima
0-0,2	Ruim
0,2-0,4	Razoável
0,4-0,6	Boa
0,6-0,8	Muito Boa
0,8-1,0	Excelente

(Fonte: Landis e Koch (1977))

Para fazer a avaliação de acertos da classificação utilizou-se o software Google Earth e as imagens do *base map* do software ArcGIS 10.3, como verdade de campo e montou-se uma matriz de confusão.

O Quadro 8 mostra o resultado da avaliação para uma amostra de cerca de 50 pontos avaliados.

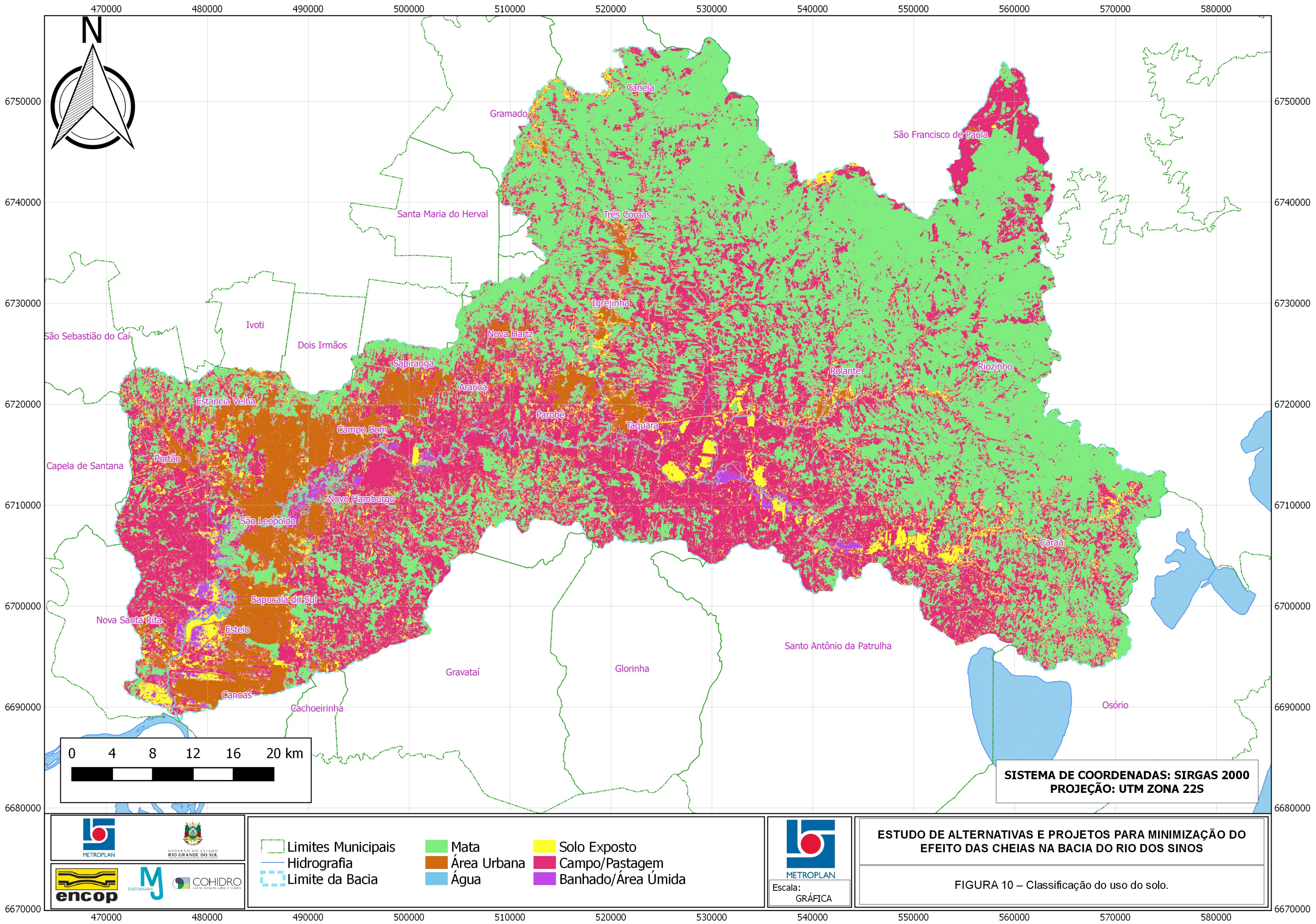
Quadro 8 - Resultados da matriz de confusão

Tipo de Uso do Solo	Mata	Área Urbana	Água	Solo Exposto	Campo/Pastagem	Banhado/Úmido	Total
Mata	18	-	-	-	-	-	18
Área Urbana	-	4	-	-	-	-	4
Água	-	-	5	-	-	-	5
Solo Exposto	-	-	-	4	2	-	6
Campo/Pastagem	3	-	-	-	13	1	17
Banhado/Úmido	-	-	-	-	-	2	2
Total	21	4	5	4	15	3	52
Acertos (%)	86%	100%	100%	100%	87%	67%	88%

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

As células em destaque no Quadro 8 representam o número de acertos para cada tipo de classe, do total analisado, 88% dos pontos apresentaram concordância com a realidade, o que segundo o índice de Kappa, é um resultado excelente.

A Figura 10 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo elaborado para a bacia do Rio dos Sinos.



470000 480000 490000 500000 510000 520000 530000 540000 550000 560000 570000 580000

6750000

6750000

6740000

6740000

6730000

6730000

6720000

6720000

6710000

6710000

6700000

6700000

6690000

6690000

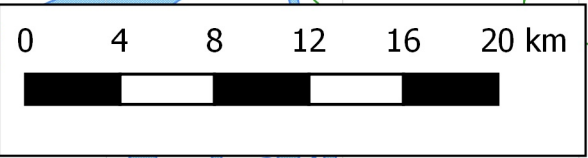
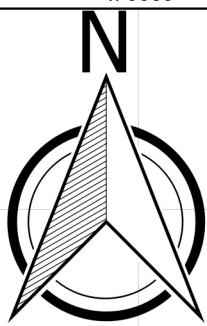
6680000

6680000

6670000

6670000

470000 480000 490000 500000 510000 520000 530000 540000 550000 560000 570000 580000



SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S





- | | | |
|--|--|--|
|  Limites Municipais |  Mata |  Solo Exposto |
|  Hidrografia |  Área Urbana |  Campo/Pastagem |
|  Limite da Bacia |  Água |  Banhado/Área Úmida |



Escala:
GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

FIGURA 10 – Classificação do uso do solo.

4.5 Caracterização Fisiográfica das Macro-bacias

A bacia do Rio dos Sinos abrange uma área de 3.672,7km², incluindo total ou parcialmente 31 municípios.

O Quadro 9 a seguir apresenta a distribuição da área da bacia do Rio dos Sinos nos respectivos municípios.

Quadro 9 - Área da bacia do Rio dos Sinos nos respectivos municípios

Município	Área (km²)	Área (%)
TAQUARA	413,3	11,18%
SÃO FRANCISCO DE PAULA	387,4	10,48%
SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	347,6	9,40%
CARAÁ	299,6	8,11%
ROLANTE	262,8	7,11%
RIOZINHO	236,3	6,39%
NOVO HAMBURGO	225,3	6,09%
TRÊS COROAS	153,3	4,15%
CANELA	148,8	4,02%
PORTÃO	133,9	3,62%
IGREJINHA	131,8	3,57%
PAROBÉ	106,9	2,89%
SÃO LEOPOLDO	102,0	2,76%
NOVA SANTA RITA	93,0	2,51%
SAPIRANGA	83,0	2,25%
GRAMADO	77,7	2,10%
CANOAS	74,2	2,01%
GRAVATAÍ	64,6	1,75%
SAPUCAIA DO SUL	64,5	1,75%
NOVA HARTZ	63,6	1,72%
CAMPO BOM	57,6	1,56%
ESTÂNCIA VELHA	48,9	1,32%
ARARICÁ	35,7	0,97%
OSÓRIO	30,0	0,81%
ESTEIO	27,0	0,73%
CACHOEIRINHA	6,7	0,18%
DOIS IRMÃOS	6,3	0,17%
SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	4,6	0,12%
CAPELA DE SANTANA	4,1	0,11%
IVOTI	3,2	0,09%
SANTA MARIA DO HERVAL	2,8	0,08%

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A bacia situa-se na borda nordeste do Escudo Sul-Rio-Grandense, entre o Planalto Meridional, a Depressão Periférica e a Planície Costeira, apresentando os seguintes extremos: oeste 51°17'51"; norte 29°18'55", leste 50°13'44" e sul 29°55'33".

4.5.1 Coeficiente de Compacidade

O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

É um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho, que determina o grau de irregularidade da bacia. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade.

Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu K_c for mais próximo da unidade.

O K_c foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

P = perímetro da bacia hidrográfica, em km;

A = área de drenagem da bacia hidrográfica, em km².

4.5.2 Fator de Forma

O fator de forma fornece um indicativo da tendência a enchentes de uma bacia hidrográfica. É a relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira mais distante, próxima ao divisor de águas da bacia. É um fator adimensional.

Para bacias do mesmo tamanho, aquela que apresentar um fator de forma mais alto (bacia larga e curta) possui maior tendência a enchentes, pois neste caso esta bacia possuirá maior parcela de sua área total passível de ser atingida por um único evento chuvoso.

As bacias com fator de forma mais baixo apresentam formato mais alongado. A relação analítica para o cálculo do fator de forma é:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

A = área de drenagem da bacia hidrográfica, em km²;

L = comprimento axial da bacia ou extensão do maior curso de água da bacia, em km.

4.5.3 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem é o índice que apresenta uma estimativa da eficiência de drenagem da bacia. Ela é determinada através da relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total, fornecendo uma indicação da velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

Bacias bem drenadas possuem uma densidade de drenagem superior a 3,5 km/km². Isto ocorre quando existe um número elevado de tributários, gerando picos de enchentes altos e vazões de tempo seco baixas.

Bacias com densidade de drenagem inferior a 0,5 km/km² são consideradas de drenagem pobre. A densidade de drenagem, em km/km², é assim calculada:

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$

Onde:

L_T = comprimento total dos cursos d'água da bacia hidrográfica, em km;

A = área de drenagem da bacia hidrográfica, em km².

4.5.4 Declividade do Rio

A declividade do rio pode ser determinada através da média ponderada entre as declividades do rio trecho a trecho (entre curvas de nível, por exemplo) ou através da declividade média obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal.

Neste estudo optou-se pela segunda maneira, por ser a indicada pelas Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás. A declividade média do rio (S), em m/km, é determinada pela fórmula:

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde:

H = diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em **m**;

L = comprimento axial da bacia ou extensão do maior curso de água da bacia, em **km**.

4.5.5 Tempo de Concentração

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção transversal considerada de uma bacia leva para atingir essa seção.

Para cálculo do tempo de concentração (**tc**), em horas, da bacia envoltória ao barramento, utilizou-se a fórmula do Soil Conservation Service:

$$t_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

L = comprimento axial da bacia ou extensão do maior curso de água da bacia, em km;

H = diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em m.

O resumo dos principais dados fisiográficos das sub-bacias do Rio dos Sinos estão apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 - Resumo dos principais dados fisiográficos das sub-bacias do Rio dos Sinos

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro da Bacia (km)	Coefficiente de Compacidade (kc)	Talvegue Principal (km)	Rede de Drenagem (km)	Densidade de Drenagem	Declividade (m/km)	Tempo de Concentração (hr)
Médio Sinos	2723,6	332,8	1,79	132,2	2686,7	0,99	7,1	19,3
Alto Sinos - Nordeste	822,7	190,0	1,85	78,7	813,7	0,99	11,6	10,7
Alto Sinos - Leste	619,1	151,1	1,70	76,5	597,0	0,96	3,5	16,6
Rio Paranhana	574,5	144,9	1,69	55,9	540,9	0,94	9,4	8,9
Baixo Sinos	3672,7	420,9	1,94	176,1	3629,6	0,99	5,3	26,8

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5 SELEÇÃO, CONSISTÊNCIA E ANÁLISE DOS DADOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

5.1 Disponibilidade de Dados Hidrológicos

Para elaboração de estudos hidrológicos que envolvem tanto análise de disponibilidade hídrica, quanto eventos de cheias de projeto se torna fundamental a obtenção de dados de precipitação, vazão e cotas.

A obtenção de dados hidrológicos para a utilização em estudos de planejamento e projetos em recursos hídricos (disponibilidade hídrica e controle de cheias), baseia-se na análise da distribuição espacial e extensão das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas existentes.

As séries de dados das estações pluviométricas e pluviométricas foram obtidas através:

- da compilação de dados gerenciada pela ANA (Hidroweb);
- do banco de dados do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais).

Devido às diferentes formas de apresentação das séries de dados hidrológicos tais foram compilados e reformatados para uso nestes estudos.

Além dos dados hidrológicos propriamente ditos outros dados secundários de apoio foram reunidos e são listados neste capítulo.

5.1.1 Séries Pluviométricas

A Figura 11 adiante apresenta a localização das estações pluviométricas e seu entorno no contexto da bacia com dados disponíveis. O Quadro 11 apresenta mais informações sobre as estações pluviométricas, tipos de dados disponíveis e operador.

Algumas estações são de operação convencional com dado de periodicidade diária e outras são telemétricas com disponibilidade de múltiplos dados diários.

Embora exista aparentemente uma grande quantidade de estações pluviométricas, principalmente nas regiões urbanizadas, a disponibilidade de dados não é homogênea (Quadro 12 a Quadro 16). Isto é evidenciado pela disponibilidade apenas entre 2015 e 2016 dos dados telemétricos das estações do CEIC – Porto Alegre e CEMADEN.

As estações pluviométricas com maior disponibilidade de dados são: Ararica, Canela, Capão dos Coxos, Cerrito, Colônia Rizicola, Entrepelado, Lagoa dos Barros, Morrinhos, Potreiro Novo, Renania, Rolante, Sander, Santa Teresa, Santo Antônio, Taquara, Várzea São João, Agropecuária Anju, Santo Antônio da Patrulha, Caí, Montenegro, Porto Garibaldi, Sapucaia do Sul e Porto Alegre.

Todas estas possuem 15 ou mais anos com 90% ou mais de dados diários disponíveis, contemplando um período de jan/1945 até jul/2016.

Entre o período de 1961 e 1978 é onde existe a maior concentração de disponibilidade de dados pluviométricos, com 17 a 20 estações (em cada ano) na bacia ou no seu entorno com séries perfazendo 90% ou mais de disponibilidade dos dados diários.

Entre as estações com maior número de dados apenas a Agropecuária Anju e Santo Antônio da Patrulha não possuem informação neste período.

As estações com menor disponibilidade de dados serão consideradas secundárias e serão utilizados como dados de apoio na consistência ou extensão das séries das estações principais.

Considerando-se uma análise da disponibilidade de estações pluviométricas e, dentro destas, a disponibilidade de dados, quanto a sua distribuição espacial na bacia do Rio dos Sinos, pode-se afirmar:

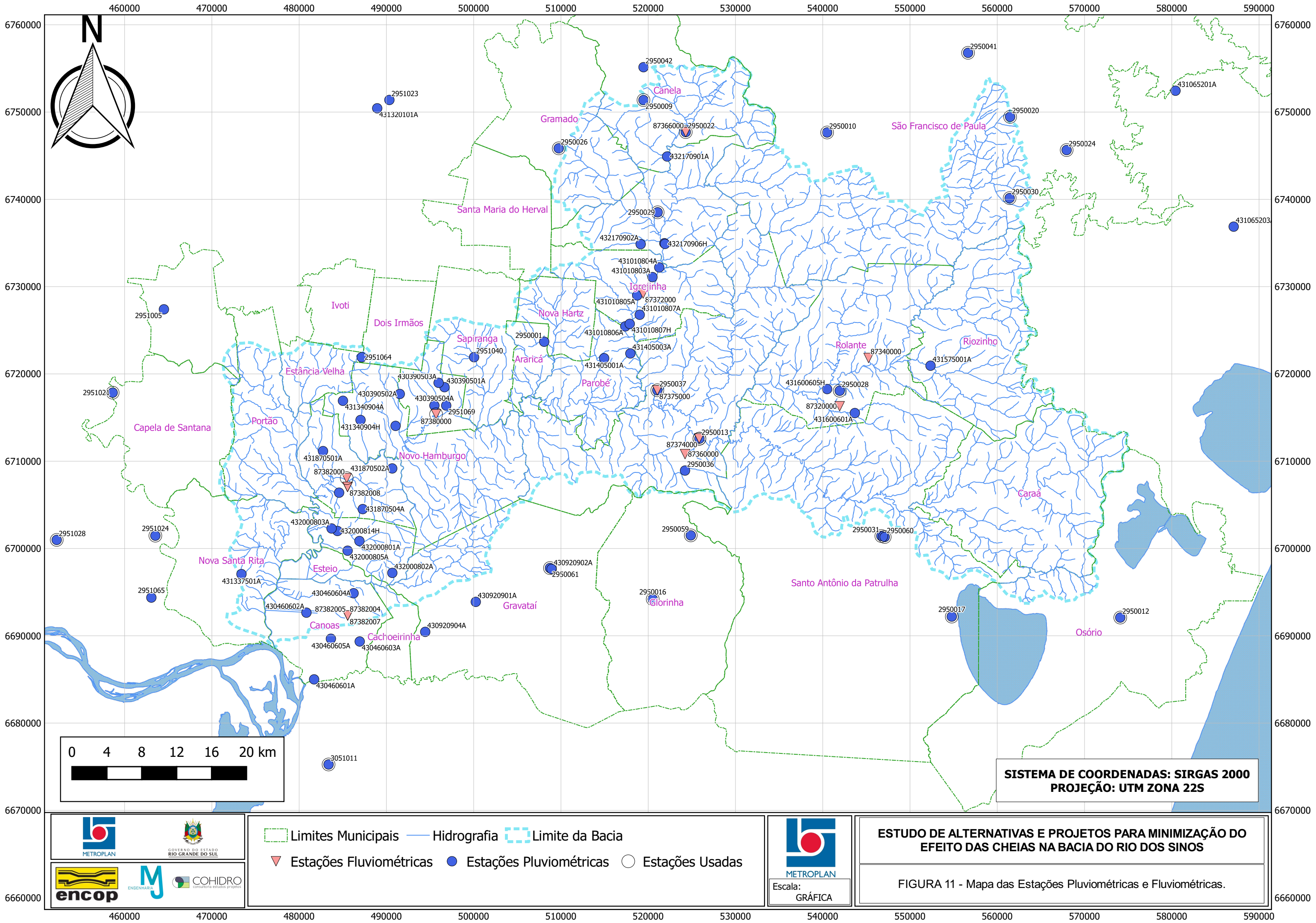
- O trecho das nascentes localizadas ao norte e nordeste da bacia está mais densamente ocupado, identificando-se 10 estações pluviométricas com boa disponibilidade de dados;
- O trecho das nascentes localizadas ao sul da bacia também está densamente ocupado, identificando-se 10 estações pluviométricas com boa disponibilidade de dados;
- O trecho das nascentes ao leste, conta com apenas duas estações (Santa Tereza e Colônia Rizícola) com boa disponibilidade de dados, o que poderia ser melhor monitorado, haja vista área de contribuição significativa, principalmente na área dos municípios de Carará e Riozinho;
- O trecho de jusante, próximo a foz, apresenta três estações com boa disponibilidade de dados, Porto Alegre, Porto Garibaldi e Montenegro, essa região apresenta uma densidade de ocupação elevada, e as diferenças de intensidade de precipitação são evidentes.

As estações telemétricas do CEMADEN cobriram bastante esta deficiência, mas devido à sua recente instalação as séries disponíveis ainda são curtas.

- Apesar da grande disponibilidade de dados verificada, atualmente muitas estações não estão em funcionamento, principalmente na porção norte e nordeste da bacia, onde estão localizadas algumas das nascentes do Rio dos Sinos. Nesta região, atualmente somente uma estação pluviométrica do CEMADEN está em operação (Brasil Raft Park), que por apresentar dados recentes (2015 e 2016), não foi utilizada no estudo.

Sugere-se assim um estudo para aumentar a densidade de estações pluviométricas nas porções norte e nordeste da bacia, ou reativar locais anteriormente monitorados, de modo a fornecer informações mais detalhadas sobre o regime hidrológico local desta bacia.

O trecho baixo e médio da bacia dos Sinos encontra-se atualmente bem monitorado em relação à precipitação embora a instalação das estações sejam recentes e desta forma não perfazem uma série com duração significativa.



Quadro 11 - Estações Pluviométricas com Disponibilidade de Dados

ID	DADO	TIPO	NOME	CÓDIGO	LONGITUDE	LATITUDE	CIDADE	OPERADOR
1	DIÁRIO	PLU	ARARICA	2950001	508036	6723650	SAPIRANGA	CEEE
2	DIÁRIO	PLU	CANELA	2950009	519411	6751336	CANELA	CEEE
3	DIÁRIO	PLU	CAPÃO DOS COXOS	2950010	540459	6747624	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
4	DIÁRIO	PLU	COLÔNIA RIZICOLA N.1	2950012	574051	6692048	OSÓRIO	IRGA
5	DIÁRIO	PLU	ENTREPELADO	2950013	525824	6712543	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	CEEE
6	DIÁRIO	PLU	GLORINHA	2950016	520471	6694160	GRAVATAÍ	CPRM
7	DIÁRIO	PLU	LAGOA DOS BARROS	2950017	554741	6692160	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	DEPCR
8	DIÁRIO	PLU	MORRINHOS	2950020	561426	6749414	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
9	DIÁRIO	PLU	PASSO DO LOURO	2950022	524256	6747671	SÃO LEOPOLDO	CEEE
10	DIÁRIO	PLU	POTREIRO NOVO	2950024	567905	6745609	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
11	DIÁRIO	PLU	REMANIA	2950026	509701	6745809	GRAMADO	CEEE
12	DIÁRIO	PLU	ROLANTE	2950028	541901	6718034	ROLANTE	CEEE
13	DIÁRIO	PLU	SANDER	2950029	521037	6738481	TRÊS COROAS	CEEE
14	DIÁRIO	PLU	SANTA TERESA	2950030	561376	6740106	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
15	DIÁRIO	PLU	SANTO ANTÔNIO	2950031	546670	6701394	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	CEEE
16	DIÁRIO	PLU	TAQUARA	2950036	524172	6708890	TAQUARA	INMET
17	DIÁRIO	PLU	TAQUARA	2950037	524172	6708890	TAQUARA	DEPRC
18	DIÁRIO	PLU	VÁRZEA SÃO JOÃO	2950041	556611	6756752	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
19	DIÁRIO	PLU	CANELA	2950042	519411	6751336	CANELA	INMET
20	DIÁRIO	PLU	AGROPECUÁRIA ANJU	2950059	524832	6701465	GLORINHA	CPRM
21	DIÁRIO	PLU	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	2950060	547056	6701282	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	CPRM
22	DIÁRIO	PLU	MORUNGAVA	2950061	508693	6697721	GRAVATAÍ	ANA
23	DIÁRIO	PLU	CAÍ	2951005	464457	6727364	SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	CEEE
24	DIÁRIO	PLU	MONTENEGRO	2951021	458584	6717815	MONTENEGRO	ANA
25	DIÁRIO	PLU	NOVA PETRÓPOLIS	2951023	490295	6751349	NOVA PETRÓPOLIS	CEEE
26	DIÁRIO	PLU	PORTO GARIBALDI	2951024	463476	6701432	MONTENEGRO	CPRM
27	DIÁRIO	PLU	SAPUCAIA DO SUL	2951028	452173	6700946	SAPUCAIA DO SUL	CPRM
28	DIÁRIO	PLU	TOCA	2951040	500000	6721880	SAPIRANGA	ANA
29	DIÁRIO	PLU	NOVO HAMBURGO	2951064	487126	6721873	NOVO HAMBURGO	INMET
30	DIÁRIO	PLU	TRIUNFO	2951065	463016	6694339	TRIUNFO	INMET
31	DIÁRIO	PLU	CAMPO BOM	2951069	496807	6716340	CAMPO BOM	INMET
32	DIÁRIO	PLU	ARROIO DA DIVISA	2950002	540498	6758704	SÃO FRANCISCO DE PAULA	ANA
33	DIÁRIO	PLU	CERRITO	2950011	550227	6762432	SÃO FRANCISCO DE PAULA	CEEE
34	DIÁRIO	PLU	VIAMÃO	3050006	520912	6671998	VIAMÃO	INMET
35	DIÁRIO	PLU	PORTO ALEGRE	3051011	483324	6675218	PORTO ALEGRE	INMET
36	HORÁRIO	PLU	CENTRO	431320101A	488898	6750395	NOVA PETRÓPOLIS	CEMADEN
37	HORÁRIO	PLU	FIGUEIRA	431010803A	520442	6731058	IGREJINHA	CEMADEN
38	HORÁRIO	PLU	FIGUEIRA 2	431010804A	521219	6732165	IGREJINHA	CEMADEN
39	HORÁRIO	PLU	BOM PASTOR	431010805A	518694	6728956	IGREJINHA	CEMADEN

ID	DADO	TIPO	NOME	CÓDIGO	LONGITUDE	LATITUDE	CIDADE	OPERADOR
40	HORÁRIO	PLU	INVERNADA	431010806A	517333	6725412	IGREJINHA	CEMADEN
41	HORÁRIO	PLU	XV DE NOVEMBRO	431010807A	518981	6726739	IGREJINHA	CEMADEN
42	HORÁRIO	PLU	IGREJINHA	431010807H	517837	6725700	IGREJINHA	CEMADEN
43	HORÁRIO	PLU	ARROIO DO MANTEIGA	431870501A	482689	6711119	SÃO LEOPOLDO	CEMADEN
44	HORÁRIO	PLU	FEITORIA	431870502A	490621	6709134	SÃO LEOPOLDO	CEMADEN
45	HORÁRIO	PLU	VICENTINA	431870503A	484533	6706357	SÃO LEOPOLDO	CEMADEN
46	HORÁRIO	PLU	SANTA TERESA	431870504A	561376	6740106	SÃO LEOPOLDO	CEMADEN
47	HORÁRIO	PLU	LARANJEIRAS	431405001A	514907	6721759	PAROBÉ	CEMADEN
48	HORÁRIO	PLU	PARAÍSO	431405003A	517909	6722309	PAROBÉ	CEMADEN
49	HORÁRIO	PLU	BRASIL RAFT PARK	432170901A	522125	6744872	TRÊS COROAS	CEMADEN
50	HORÁRIO	PLU	VILA DOS PINHEIROS	432170902A	519092	6734828	TRÊS COROAS	CEMADEN
51	HORÁRIO	PLU	CENTRO	432170903A	488898	6750395	TRÊS COROAS	CEMADEN
52	HORÁRIO	PLU	TRÊS COROAS	432170906H	521883	6734856	TRÊS COROAS	CEMADEN
53	HORÁRIO	PLU	NOVA SANTA RITA	431337501A	473342	6697028	NOVA SANTA RITA	CEMADEN
54	HORÁRIO	PLU	QUATRO COLONIAS	430390501A	496613	6718445	CAMPO BOM	CEMADEN
55	HORÁRIO	PLU	IMIGRANTE	430390502A	491485	6717666	CAMPO BOM	CEMADEN
56	HORÁRIO	PLU	BARRINHA	430390503A	495935	6718943	CAMPO BOM	CEMADEN
57	HORÁRIO	PLU	BAIRRO K	430390504A	495453	6716339	CAMPO BOM	CEMADEN
58	HORÁRIO	PLU	RIO BRANCO	430460601A	481669	6684967	CANOAS	CEMADEN
59	HORÁRIO	PLU	MATHIAS VELHO	430460602A	480787	6692611	CANOAS	CEMADEN
60	HORÁRIO	PLU	ESTÂNCIA VELHA	430460603A	486893	6689307	CANOAS	CEMADEN
61	HORÁRIO	PLU	SÃO LUIS	430460604A	486191	6694835	CANOAS	CEMADEN
62	HORÁRIO	PLU	MARECHAL RONDON	430460605A	483591	6689624	CANOAS	CEMADEN
63	HORÁRIO	PLU	CENTRO	431575001A	488898	6750395	RIOZINHO	CEMADEN
64	HORÁRIO	PLU	MORADA DO VALE I	430920904A	494401	6690410	GRAVATAÍ	CEMADEN
65	HORÁRIO	PLU	MORUNGAVA	430920902A	508693	6697721	GRAVATAÍ	CEMADEN
66	HORÁRIO	PLU	PARQUE ITACOLOMI	430920901A	500193	6693847	GRAVATAÍ	CEMADEN
67	HORÁRIO	PLU	CANUDOS	431340902A	491004	6714009	NOVO HAMBURGO	CEMADEN
68	HORÁRIO	PLU	NOVO HAMBURGO	431340904H	487126	6721873	NOVO HAMBURGO	CEMADEN
69	HORÁRIO	PLU	SEC. DE OBRAS	431340904A	484974	6716884	NOVO HAMBURGO	CEMADEN
70	HORÁRIO	PLU	ALTO ROLANTINHO	431600601A	543633	6715479	ROLANTE	CEMADEN
71	HORÁRIO	PLU	ROLANTE	431600605H	541901	6718034	ROLANTE	CEMADEN
72	HORÁRIO	PLU	VARGAS	432000801A	486860	6700820	SAPUCAIA DO SUL	CEMADEN
73	HORÁRIO	PLU	Arroio JosÁ© Joaquim	432000814H	484346	6701969	SAPUCAIA DO SUL	CEMADEN
74	HORÁRIO	PLU	COLONIAL	432000803A	483669	6702256	SAPUCAIA DO SUL	CEMADEN
75	HORÁRIO	PLU	PARAÍSO	432000805A	485509	6699710	SAPUCAIA DO SUL	CEMADEN
76	HORÁRIO	PLU	SANTA LUZIA	432000802A	490631	6697167	SAPUCAIA DO SUL	CEMADEN
77	HORÁRIO	PLU	RESTAURANTE MIRADOR	431065201A	580381	6752409	ITATI	CEMADEN
78	HORÁRIO	PLU	ITATI	431065203A	587047	6736835	ITATI	CEMADEN

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 12 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1939-1959)

Estação	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
02950001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950002	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950009	0	0	59	92	100	100	100	100	100	100	76	100	100	37	100	100	100	100	100	100	100
02950010	0	0	0	0	0	0	0	0	59	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950011	0	0	33	75	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950012	0	0	0	0	0	0	100	92	100	100	83	100	100	100	100	100	100	100	100	33	33
02950013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	100	100	100	100
02950016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950017	0	0	0	0	0	28	100	100	100	74	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950020	0	0	45	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950022	0	0	0	0	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	25	0
02950024	0	0	0	0	0	0	0	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950026	0	0	0	0	0	40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950029	0	0	0	0	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950030	0	0	0	0	0	0	0	88	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950031	0	0	0	0	0	100	100	100	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100	100	100	92	100	100	100	100	100
02950041	0	0	0	0	0	0	0	0	59	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951021	0	0	0	0	64	18	7	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02951023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951040	0	0	100	100	100	84	75	100	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951064	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03050006	100	100	100	100	100	100	100	100	94	94	80	68	92	100	100	67	0	0	0	0	0
03051011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 13 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1960-1979)

Estação	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
02950001	0	0	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950009	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
02950010	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
02950011	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
02950012	100	100	92	100	67															0
02950013	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	100	100	100
02950017	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100	0
02950020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	95
02950022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950024	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950026	100	100	92	100	100	50	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	0
02950028	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950029	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
02950030	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	0
02950031	0	0	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	92	100	100	100	100	100	100
02950036	0	100	100	100	100	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950037	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	0
02950041	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	0
02950042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	58	49
02950059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951005	0	0	9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
02951021	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02951023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	92	100	100	100	100	100	100	100	100
02951028	0	0	0	0	33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02951040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951064	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02951065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
02951069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03050006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03051011	0	100	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 14 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (1980-1999)

Estação	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
02950001	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2950002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950013	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950016	100	100	100	90	96	91	96	100	98	91	12	0	0	75	100	100	99	100	100	100
02950017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950020	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950028	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950031	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
02950036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950042	47	67	23	92	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	100	97	79	96	98	84	89	100
02950060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	99	100	96	100	92	100	100	100
02950061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	51	100	100	98	96	100	98	97
02951005	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951021	100	100	100	100	100	83	75	100	100	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
02951024	100	100	100	100	100	92	100	100	92	100	100	100	100	100	92	100	97	100	100	100
02951028	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	84	100	100	100	100	100	100	100	100
02951040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951064									74	73	0	0	0	0	95	98	73	0	62	0
02951065	49	61	66	100	0	0	0	0	78	0	0	0	0	0	99	98	99	99	99	0
02951069						100	0	0	83	83	98	98	98	97	96	99	98	98	98	0
03050006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03051011	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 15 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Diários) (2000-2016)

Estação	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
02950001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2950002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950016	100	100	100	100	100	100	100	83	91	83	67	100	100	100	100	100	42
02950017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950028	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
02950029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950031	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
02950036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02950059	100	100	100	100	70	96	94	58	100	83	75	100	100	100	91	67	33
02950060	100	99	99	98	100	100	99	67	100	60	46	87	83	92	83	95	33
02950061	90	96	91	93	97	81	94	38	83	7	0	0	0	0	0	0	0
02951005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951023	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951024	100	100	100	100	99	100	98	67	100	83	67	100	100	100	100	99	40
02951028	100	100	100	100	100	100	100	75	100	66	59	100	100	100	100	97	33
02951040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951064	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02951069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03050006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03051011	100	33	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92	100	33

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 16 - Disponibilidade Percentual de Dados Pluviométricos (Horários) (2000-2016)

Estação	2015	2016	Estação	2015	2016	Estação	2015	2016
431320101A	42	100	432170903A	42	0	430920901A	42	100
431010803A	42	100	431337501A	42	100	431340902A	42	100
431010804A	17	13	430390501A	63	25	431340904H	33	100
431010805A	42	88	430390502A	63	100	431340904A	42	100
431010806A	42	100	430390503A	42	100	431600601A	42	0
431010807A	42	13	430390504A	42	100	431600605H	8	100
431010807H	8	100	430460601A	63	100	432000801A	42	100
431870501A	25	13	430460602A	63	38	432000814H	0	25
431870502A	42	100	430460603A	25	100	432000803A	42	100
431870503A	42	100	430460604A	63	100	432000805A	42	100
431870504A	42	100	430460605A	0	13	432000802A	42	100
431405001A	42	50	431575001A	42	100	431065201A	63	100
431405003A	42	88	430920904A	42	100	431065203A	63	100
432170901A	0	13	430920902A	42	100	432170906H	8	100
432170902A	42	25						

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.1.2 Séries Fluviométricas

A Figura 11 acima, apresenta a localização das estações fluviométricas e seu entorno no contexto da bacia com dados disponíveis.. O Quadro 17 apresenta mais informações sobre as estações fluviométricas, tipos de dados disponíveis e operador.

Algumas estações são de operação convencional com dado de periodicidade diária e outras são telemétricas com disponibilidade de múltiplos dados diários (Quadro 18 a Quadro 27).

Diferentemente da situação verificada na análise das estações pluviométricas não existe uma boa distribuição de estações fluviométricas com dados de vazão diários na bacia, na qual somente existem três estações com dados nos últimos 10 anos.

Apenas 4 estações possuem dados de vazão diária (Quadro 22 e Quadro 23): Taquara Montante, Campo Bom, São Leopoldo e Taquara, na qual todas estão localizadas no Rio dos Sinos.

Existem quatro estações com registros de resumo de descarga (Quadro 24 a Quadro 27): Taquara Montante, Campo Bom, São Leopoldo e Taquara.

A partir destas informações e os registros de cotas as séries de vazão poderão ser reconstituídas, quando apropriado.

Quadro 17 - Estações Fluviométricas com Disponibilidade de Dados

ID	DADO	TIPO	NOME	CÓDIGO	LONGITUDE	LATITUDE	CIDADE	OPERADOR
1	DIÁRIO	FLU	TAQUARA - MONTANTE	87374000	525795	6712576	TAQUARA	CPRM
2	DIÁRIO	FLU	TAQUARA	87375000	520999	6718093	TAQUARA	ANA
3	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO	87382000	485401	6708020	SÃO LEOPOLDO	CPRM
4	DIÁRIO	FLU	CAMPO BOM	87380000	495647	6715342	CAMPO BOM	CPRM
5	DIÁRIO	FLU	USINA ROLANTE	87320000	541894	6716262	ROLANTE	ANA
6	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 1	87382008	485499	6707023	SÃO LEOPOLDO	ANA
7	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 2	87382007	485518	6692286	SÃO LEOPOLDO	ANA
8	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 3	87382006	485499	6707023	SÃO LEOPOLDO	ANA
9	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 4	87382005	485518	6692286	SÃO LEOPOLDO	ANA
10	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 5	87382004	485518	6692286	SÃO LEOPOLDO	ANA
11	DIÁRIO	FLU	SÃO LEOPOLDO 6	87382003	485499	6707023	SÃO LEOPOLDO	ANA
12	DIÁRIO	FLU	ENTREPELADO	87360000	524176	6710774	TAQUARA	CEEE
13	DIÁRIO	FLU	IGREJINHA	87372000	519373	6729176	IGREJINHA	ANA
15	DIÁRIO	FLU	PASSO DO LOURO	87366000	524256	6747671	SÃO LEOPOLDO	ANA
16	DIÁRIO	FLU	ROLANTE	87340000	545206	6721789	ROLANTE	CEEE

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 18 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1939-1959)

Estação	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
87380000	9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
87360000	0	0	0	0	0	0	0	0	46	96	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100
87372000	0	0	79	83	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	45	0	0	0	0	0
87366000	0	0	0	75	83	83	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
87340000	0	0	0	1	1	0	3	0	46	100	100	100	100	100	100	16	100	100	100	100	100
87382000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87320000	0	0	71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	58	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 19 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1960-1980)

Estação	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
87380000	8	33	41	8	19	83	100	92	96	100	100	100	100	100	100	93	92	100	100	100	100
87360000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87372000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87366000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87340000	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	100	100	100	100	100	100	100
87382008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	93	92	89	91
87382007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0
87382006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	93	64	89	91
87382005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	93	2	8	0
87382004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	79	84	83	91
87382003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	77	82	29	89
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87320000	0	0	0	0	0	0	8	100	96	100	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 20 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluviométricos – Cota (Diários) (1981-2001)

Estação	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
87380000	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
87360000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87372000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87366000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87340000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382000	100	100	100	100	83	100	83	92	95	79	60	92	79	74	62	92	77	100	100	100	100
87382008	85	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382006	89	74	100	98	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382004	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382003	89	53	100	96	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87375000	0	0	0	0	0	16	86	33	66	0	0	0	15	54	33	36	100	24	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	100	100	100	100	100
87320000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 21 - Disponibilidade Percentual de Dados Fluvimétricos – Cota (Diários) (2002-2016)

Estação	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
87380000	100	100	100	100	83	75	93	94	100	100	100	100	100	100	33
87360000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87372000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87366000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87340000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382000	100	100	100	100	83	75	100	100	100	100	100	98	98	83	10
87382008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	100	75	99	93	83	75	100	82	96	100	92	91	91	87	42
87320000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 22 - Disponibilidade de Dados Fluvimétricos - Vazão (Diários) (1973-1994)

Estação	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87380000	100	100	93	92	100	100	100	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100
87382000	37	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	83	100	83	92	95	79	60	92	54	63
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	13	49

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 23 - Disponibilidade de Dados Fluvimétricos - Vazão (Diários) (1995-2016)

Estação	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
87374000	0	36	100	100	100	100	100	100	75	99	93	99	0	100	82	95	91	91	90	90	86	42
87380000	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	83	75	93	94	100	100	100	100	100	100	33
87382000	62	92	77	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	100	100	92	92	100	97	96	83	10
87375000	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 24 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1940-1961)

Estação	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
87380000	41	8	6	6	4	0	0	0	0	3	22	7	3	2	5	5	0	0	2	0	0	0
87382000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 25 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1962-1983)

Estação	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
87380000	11	0	3	14	18	26	26	30	24	35	31	27	25	22	9	13	17	10	2	8	8	6
87382000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25	24	16	15	16	12	2	9	19	6
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 26 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (1984-2005)

Estação	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
87380000	6	6	6	6	6	6	0	0	4	4	6	8	6	7	9	10	8	8	16	4	0	0
87382000	6	6	6	6	4	6	0	0	6	4	4	8	4	6	7	8	8	6	12	4	4	8
87375000	0	0	2	8	8	6	0	0	0	3	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
87374000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	8	6	6	7	14	4	4	8

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 27 - Resumo de Descarga, quantidade de campanhas (2006-2016)

Estação	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
87380000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87382000	5	2	6	4	3	5	4	4	3	3	1
87375000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87374000	2	2	5	4	5	9	5	3	3	3	1

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.2 Séries Climatológicas

A seguir estão apresentadas as variáveis climáticas utilizadas no estudo com as respectivas informações.

✓ **Precipitação:**

As séries climatológicas de precipitação foram obtidas a partir da base de dados do Hidroweb, na área de estudo foram identificadas estações pluviométricas de diferentes órgãos, como: ANA, CPRM, INMET, CEMADEM, CEEE, IRGA e DEPRC.

✓ **Umidade Relativa do Ar**

As séries foram obtidas por meio da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET, localizada nas proximidades da bacia estudada, os dados são apresentados por meio de médias mensais em porcentagem

✓ **Pressão Atmosférica:**

As séries foram obtidas por meio da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET, localizada nas proximidades da bacia estudada, os dados são apresentados por médias mensais na unidade de pascais (hPa).

✓ **Insolação:**

As séries foram obtidas por meio da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET, localizada nas proximidades da bacia estudada, os dados são apresentados por médias mensais na unidade horas de insolação.

✓ **Nebulosidade:**

As séries foram obtidas por meio da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET, localizada nas proximidades da bacia estudada, os dados são apresentados por médias mensais na unidade de décimas partes.

✓ **Evaporação:**

As séries foram obtidas por meio da estação meteorológica de Porto Alegre do INMET, localizada nas proximidades da bacia estudada, os dados são apresentados por médias mensais na unidade de milímetros (mm). As informações foram obtidas por meio do uso do evaporímetro de Piche.

✓ **Evapotranspiração Real e Potencial:**

Os dados de evapotranspiração Real e Potencial foram obtidos por meio do produto MOD16, oriundo da missão MODIS. Os dados do satélite MODIS captam duas imagens diárias da terra em 36 bandas.

A grande frequência para obtenção de dados prejudica a resolução espacial das informações, entretanto, possibilita uma boa resolução temporal.

O algoritmo MOD16 (Mu et al., 2011) foi concebido para estimar a evapotranspiração global da superfície a partir de imagens do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) (Terra e Aqua) e dados meteorológicos provenientes do Global Modeling and Assimilation Office (GMAO).

O algoritmo adapta a equação de Penman-Monteith para uso com dados de sensoriamento remoto, conforme equação a seguir:

$$E = \left(\frac{\Delta \cdot (R_L - G) + \rho_A \cdot c_p \cdot \frac{(e_s - e_d)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \right) \cdot \frac{1}{\lambda \cdot \rho_w}$$

Onde:

E: taxa de evaporação da água (m/s)

λ: calor latente de vaporização (MJ/kg)

Δ: taxa de variação da pressão de saturação do vapor com a temperatura do ar (MJ/m².s);

R_L: é a radiação líquida que incide na superfície (MJ/m².s);

G: fluxo de energia para o solo (MJ/m².s);

ρ_A: massa específica do ar (kg/m³);

ρ_w: massa específica do vapor (kg/m³);

c_p: calor específico do ar úmido (MJ/kg.°C);

e_s: pressão de saturação do vapor (kPa);

e_d: pressão de ar de vapor de água no ar (kPa);

γ: constante psicrométrica (kPa/°C);

r_s: resistência superficial da vegetação (s/m);

r_a: resistência aerodinâmica (s/m).

A equação de Penman-Monteith representa dois processos relacionados a condições da atmosfera, tem peso forte para dados climáticos e meteorológicos, e também para a radiação (do balanço de energia), combinando as condições atmosféricas e radioativas.

A equação tem a vantagem que nenhuma variável tem um peso muito grande, se uma variável estiver errada, não representa um erro final grande, pois o erro acaba sendo distribuído.

Os dados de entrada MODIS requeridos para o algoritmo MOD16 possuem resolução espacial entre 500m e 1km e incluem os produtos globais de uso e cobertura da terra, índice de área foliar, radiação fotossinteticamente ativa e albedo, o produto foi disponibilizado ao público no ano de 2013.

Com relação aos parâmetros meteorológicos necessários para o algoritmo, são utilizados dados de reanálise diários do GMAO referentes à radiação solar incidente, temperatura do ar e pressão de vapor da água, com resolução espacial de 1,00° x 1,25° (Zhao et al., 2005).

Em suma, os dados MOD16 possuem 1 km de resolução espacial e abrangem uma superfície de ≈109 milhões de km² (MORAES; OLIVEIRA, 2015).

Em relação ao algoritmo, verificou-se que as estimativas de evapotranspiração apresentam melhores resultados a longo prazo e em grandes áreas.

Além disso, os resultados estão em um intervalo aceitável de acurácia, indicando um potencial significativo no monitoramento espacial e temporal do processo de evapotranspiração de forma contínua e sistemática a partir de informações obtidas por sensoriamento remoto (RUHOFF, 2011).

Para utilizar o produto MOD16, o usuário deve multiplicar os dados baixados por 0,1 para obter os valores de evapotranspiração (NTSG, 2016).

5.3 Demais Bases de Dados Utilizadas

Além dos dados hidrológicos propriamente ditos foram utilizadas outras bases de dados para construção dos modelos hidrológicos e hidrodinâmicos (Quadro 28).

Quadro 28 - Bases de Dados Utilizadas

Dado	Fonte
Limite da Bacia Hidrográfica	Plano de Bacia do Rio dos Sinos
Limites das Sub-bacias	Plano de Bacia do Rio dos Sinos
Sistema Viário	IBGE
Limites Municipais	IBGE
Hidrografia	Plano de Bacia do Rio dos Sinos
Manchas Urbanas	Plano de Bacia do Rio dos Sinos
Classificação de Uso Solo	Elaborado pelo consórcio
Localização das Estações Pluviométricas e Pluviométricas	ANA (Hidroweb) / CEMADEN

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.4 Seleção e Consistência de Dados Pluviométricos

O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos (Tucci, 2009).

Todavia podem ocorrer períodos sem informações ou com falhas nas observações devido a problemas de registro, equipamentos ou operação.

A análise de consistência dos dados pluviométricos deve ter como objetivo a identificação e correção de erros, bem como o preenchimento de falhas das séries.

A condição espacial da precipitação sugere sempre a necessidade de analisar os dados de conjuntos de estações de medição pluviométricas próximas para permitir o preenchimento de lacunas nos registros ou a substituição de dados observados e considerados errôneos.

Assim, deve-se lançar mão de estações situadas em bacias ou regiões vizinhas (Irani dos Santos et al., 2001) numa análise de registros pluviométricos.

A análise deve levar em conta o regime climático, do sistema de circulação geral e demais processos geradores das chuvas, da orografia, da existência de microclimas e demais fatores que possam influenciar na ocorrência das chuvas na região em estudo.

Em muitas ocasiões, totais pluviométricos bastante diferenciados entre estações próximas podem ser explicados por diferenças de altitude, pela localização das estações a barlavento ou sotavento, pela ocorrência de chuvas convectivas etc.

A atividade de consistência de dados inicia-se na avaliação de potenciais erros grosseiros nas observações. O banco de dados levantado para o presente trabalho apresenta tanto dados brutos quanto previamente consistidos, desta forma este tipo de falha nas séries não pode ser descartado.

As estações a serem analisadas devem ser selecionadas e separadas em dois grupos: estações principais e estações secundárias.

As estações principais são os locais a partir de cujos registros os resultados do estudo hidrológico em questão são obtidos e são identificadas a partir de algumas características consideradas básicas, como:

- localização adequada na bacia para os propósitos do estudo;
- grande extensão do período de observação (em geral, maior ou igual a 25 anos);
- poucos períodos de interrupção; presumivelmente bem operada com pouca ou nenhuma alteração na instalação

As estações secundárias têm como finalidade principal verificar a existência de erros de observação ou transcrição nos dados das estações principais.

Entretanto, em função dos resultados da análise de consistência, poderá uma estação secundária ser levada à condição de principal pela qualidade dos seus registros e das suas condições naturais.

De uma forma geral, as estações secundárias ou de apoio, devem ser selecionadas tendo como base, dentre outros, os seguintes aspectos:

- maiores coeficientes de correlação (no mínimo igual a 0,8);
- menores distâncias entre as estações (quando possível, com distâncias máximas de 200 km); períodos de dados coincidentes; e
- altitudes semelhantes entre as estações.

5.4.1 Séries e Períodos Selecionados

Para calibração do modelo e construção das séries de vazão é necessária a seleção de estações e períodos com dados disponíveis nas estações pluviométricas e fluviométricas.

Para tal foram utilizados os seguintes critérios:

- **Séries pluviométricas:**

- ✓ As estações selecionadas deverão apresentar o mínimo possível de falhas nos registros de dados;
- ✓ As estações selecionadas deverão estar distribuídas o mais homoganeamente possível na bacia;
- ✓ Períodos sem registros em uma estação deverão ser compensados com períodos com registros nas demais estações para efetuar-se o preenchimento de falhas;
- ✓ As séries deverão ser as mais longas e atualizadas possíveis;

As séries pluviométricas utilizadas no estudo são apresentadas no Quadro 29, assim como a justificativa para sua utilização ou não.

A partir dos dados disponíveis e sua qualidade foi proposto que o estudo hidrológico consista na análise de dados pluviométricos entre os períodos de janeiro de 1945 e março de 2015, perfazendo 70 anos e 2 meses..

Quadro 29 - Séries Pluviométricas Utilizadas

Código	Anos com Dados	Percentual Médio de Falhas	Período	Justificativa	Utilização
2950001	19	4,4%	1963-1980	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950002	1	0,0%	1964-1945	Poucos dados no período	DESCARTADA
2950009	34	2,6%	1941-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950010	32	1,3%	1947-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950011	34	0,0%	1941-1978	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950012	20	10,0%	1945-1964	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950013	26	2,2%	1955-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950016	39	7,8%	1976-2015	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950017	34	0,9%	1944-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950020	36	0,4%	1941-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950022	14	5,4%	1943-1958	Poucas falhas de período, série curta	UTILIZADA
2950024	25	2,0%	1946-1970	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2950026	34	1,7%	1944-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950028	51	0,0%	1961-2011	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950029	32	0,0%	1943-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950030	33	0,4%	1946-1980	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950031	54	2,5%	1944-2011	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950036	5	3,6%	1961-1965	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2950037	29	3,7%	1951-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950041	32	1,3%	1947-1978	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950042	8	41,4%	1975-1988	Muitas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2950059	26	13,5%	1991-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950060	26	13,0%	1991-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2950061	19	18,5%	1991-2008	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951005	19	4,8%	1963-1980	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2951021	45	3,8%	1943-1989	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951023	2	0,0%	1999-2000	Poucos dados no período	DESCARTADA
2951024	47	4,1%	1970-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA
2951028	53	4,8%	1964-2016	Poucas falhas no período, série longa	DESCARTADA
2951040	3	30,7%	1941-1947	Poucos dados no período	DESCARTADA
2951064	6	20,8%	1988-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2951065	11	19,8%	1979-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
2951069	12	4,5%	1985-1998	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
3050006	10	10,5%	1939-1954	Poucas falhas de período, série curta	DESCARTADA
3051011	56	3,4%	1961-2016	Poucas falhas no período, série longa	UTILIZADA

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

• **Séries fluviométricas:**

- ✓ As estações selecionadas deverão apresentar o mínimo possível de falhas nos registros de dados;
- ✓ O período de registro das estações fluviométricas deverá coincidir, pelo menos parcialmente, com os registros das estações pluviométricas, para calibração e aferição do modelo;
- ✓ As séries deverão ser as mais longas e atualizadas possíveis.

As séries fluviométricas utilizadas são apresentadas no Quadro 30.

Quadro 30 - Séries Fluviométricas Utilizadas.

Estação	Nome	Série Total	Início	Fim
87374000	TAQUARA - MONTANTE	20	1996	2016
87380000	CAMPO BOM	44	1973	2016
87382000	SÃO LEOPOLDO	44	1973	2016

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.5 Seleção e Consistência de Dados Fluviométricos

A seguir estão apresentadas as três estações fluviométricas utilizadas no estudo, juntamente com os dados de vazão turbinados na UHE Canastra.

A Figura 12 apresenta um perfil das três estações fluviométricas utilizadas.

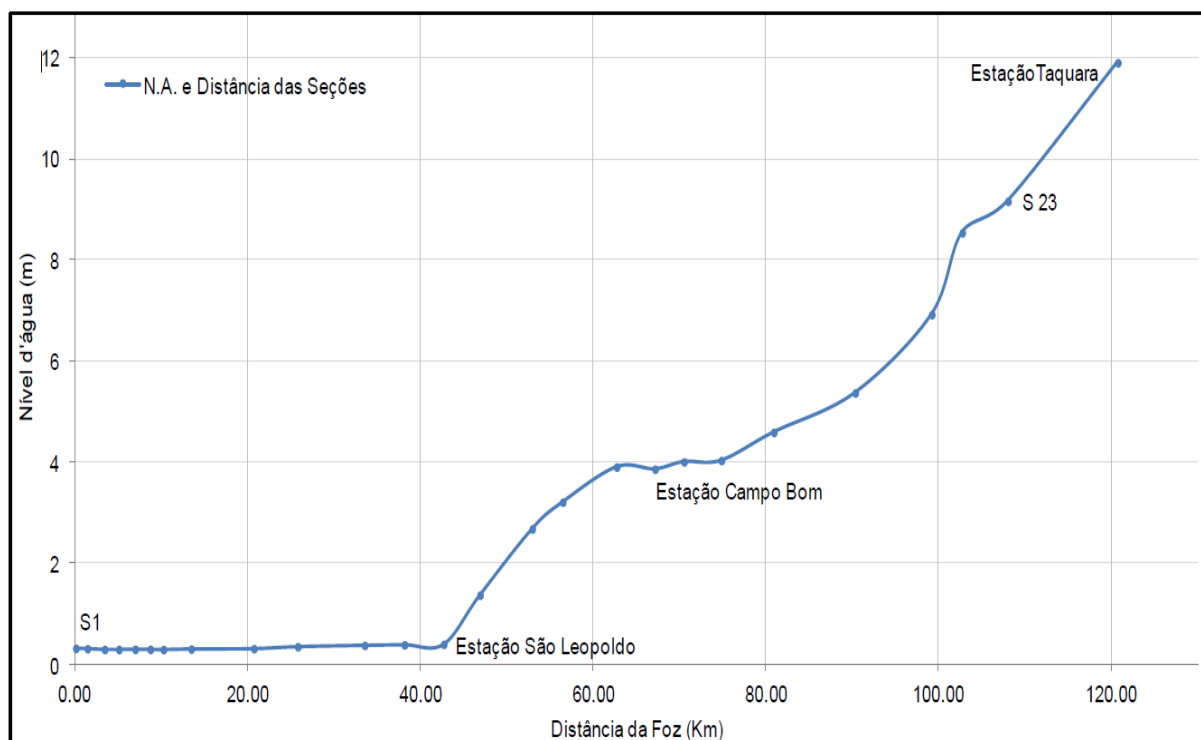


Figura 12 - Perfil das estações fluviométricas
 (Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.5.1 Estação Taquara Montante

A estação fluviométrica Taquara Montante se localiza no Alto Sinos, na porção sul. Sua área de contribuição é de 1.470km² correspondendo a 39% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

O Quadro 31 apresenta um resumo das características da estação Taquara Montante.

Analisando o cotograma e o hidrograma percebe-se uma suave diminuição nas cotas e vazões ao longo do período com dados disponíveis, tal fenômeno pode ser atribuído ao uso do arroz na região, presente nas regiões a montante desta estação.

A mudança na vazão também pode ser devida a variações climáticas na bacia do Rio dos Sinos, principalmente após a seca de 1940-50, onde pode-se observar uma tendência de incremento de vazões naturais no RS.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade dos dados observados. Ver Figura 22 adiante.

Quadro 31 - Resumo da Estação Taquara Montante.

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	43,1
Área [km²]	1.470 (39%)
Vazão Específica [l/s/km²]	29,35
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,50

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A Figura 13, a Figura 14 e a Figura 15 e apresentam as cotas médias anuais, vazões médias anuais e vazões máximas anuais dentro do período com dados disponíveis.

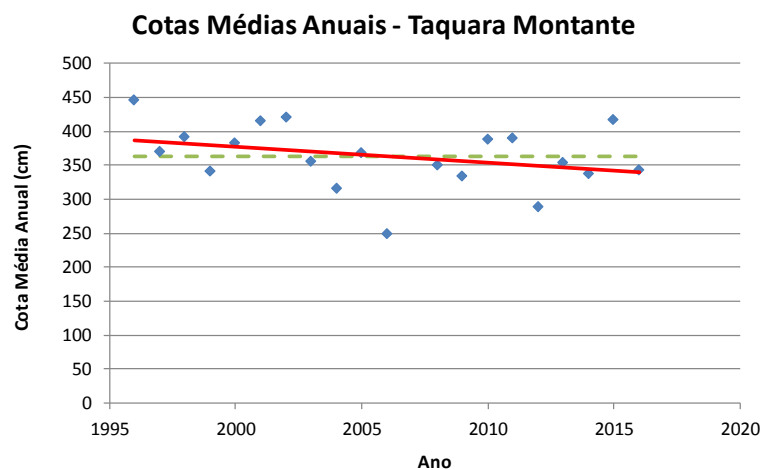


Figura 13 - Taquara Montante – Cotas médias anuais
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

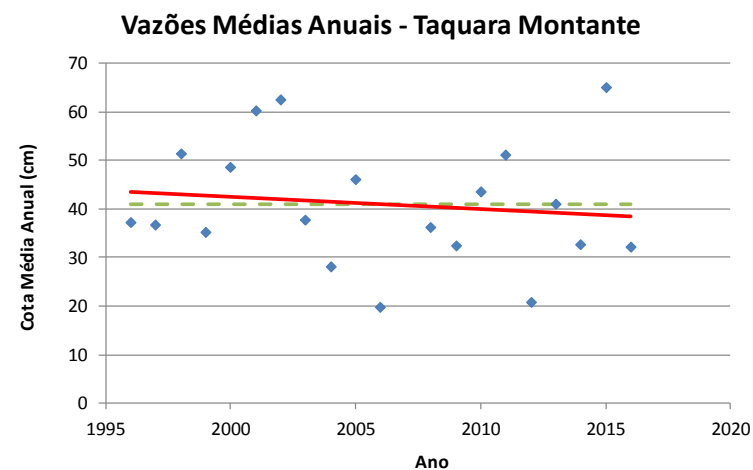


Figura 14 - Taquara Montante – Vazões médias anuais
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

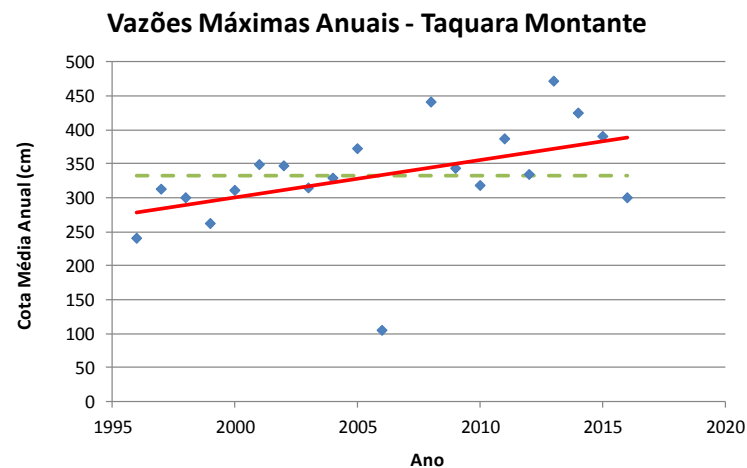


Figura 15 - Taquara Montante – Vazões máximas anuais.
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.5.2 Estação Campo Bom

A estação fluviométrica Campo Bom se localiza no Baixo Sinos, na porção oeste. Sua área de contribuição é de 2.686km² correspondendo a 79% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

O Quadro 32 apresenta um resumo das características hidrológicas da estação Campo Bom.

Analisando o cotograma e o hidrograma percebe-se um aumento nas cotas e vazões ao longo do período com dados disponíveis.

O aumento das vazões pode ser atribuído a transposição de vazões entre as bacias do rio Caí e Sinos, implantada através de um sistema integrado de reservatórios de regularização e uma canal artificial de transposição; registros históricos indicam a data de 09/1952 como início da operação desse sistema.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade da respectiva curva-chave e dos dados observados. Ver Figura 23 adiante.

Quadro 32 - Resumo das Características da Estação Campo Bom

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	70,9 (62,9 s/UHE Canastra)
Área [km²]	2.686 (79%)
Vazão Específica [l/s/km²]	23,4
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,49

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A Figura 16, a Figura 17 e a Figura 18 apresentam as cotas médias anuais, vazões médias anuais e vazões máximas anuais dentro do período com dados disponíveis.

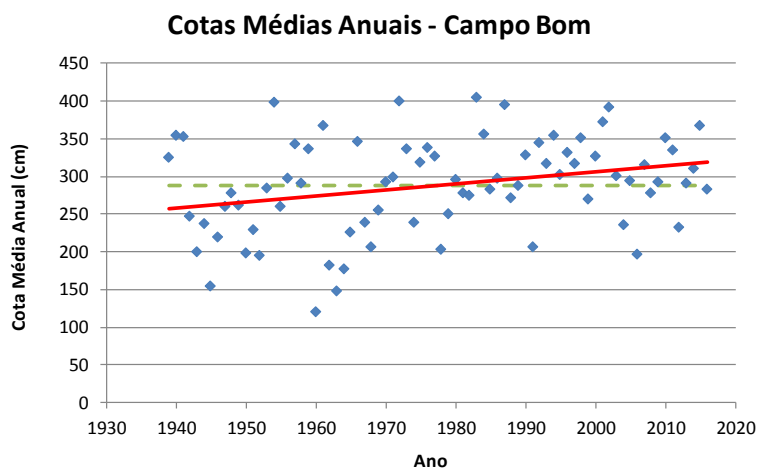


Figura 16 - Campo Bom – Cotas médias anuais.
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

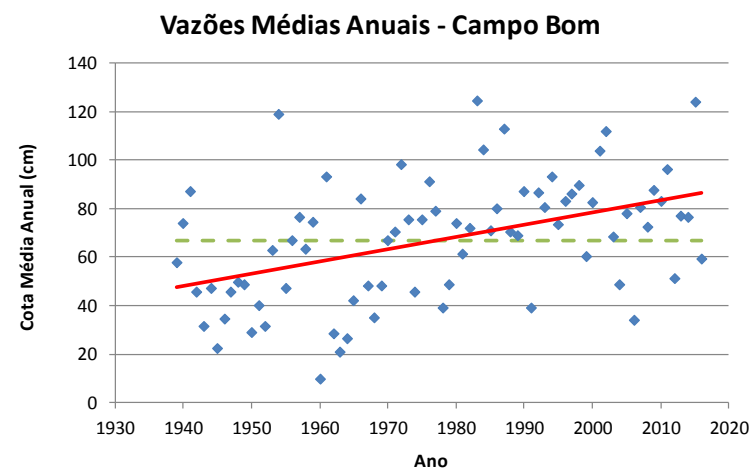


Figura 17 - Campo Bom – Vazões médias anuais.
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

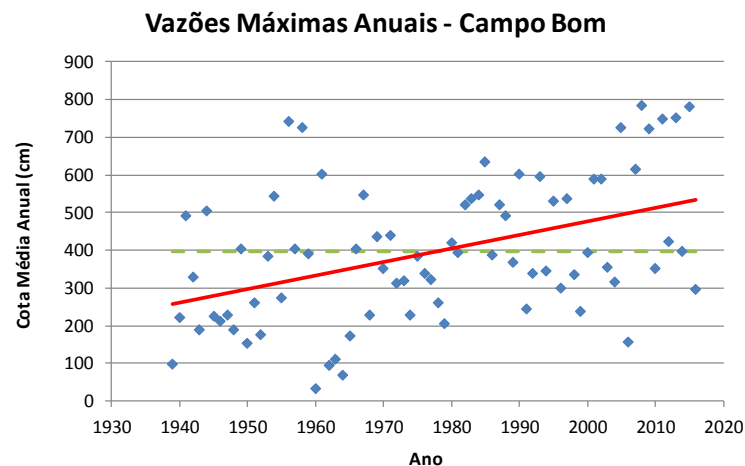


Figura 18 - Campo Bom – Vazões máximas anuais.
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.5.3 Estação São Leopoldo (ANA)

A estação fluviométrica São Leopoldo se localiza no Baixo Sinos, na porção oeste. Sua área de contribuição é de 2.952km² correspondendo a 85% da área total da bacia do Rio dos Sinos.

O Quadro 33 apresenta um resumo das características hidrológicas da estação São Leopoldo.

Analisando o cotograma percebe-se uma diminuição nas medições, e no hidrograma percebe-se um aumento nas vazões ao longo do período com dados disponíveis.

Entretanto, no período de dados disponíveis foram obtidas medições praticamente sem falhas, garantindo a qualidade da respectiva curva-chave e dos dados observados.

adiante.

Quadro 33 - Resumo da Estação São Leopoldo

Característica	Valor
Vazão Média de Longo Período [m³/s]	93,1 (85,1 s/UHE Canastra)
Área [km²]	2.952 (85%)
Vazão Específica [l/s/km²]	28,8
Coeficiente de Deflúvio Médio [-]	0,50

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A Figura 19, a Figura 20 e a Figura 21 apresentam as cotas médias anuais, vazões médias anuais e vazões máximas anuais dentro do período com dados disponíveis. Ver Figura 24, adiante.

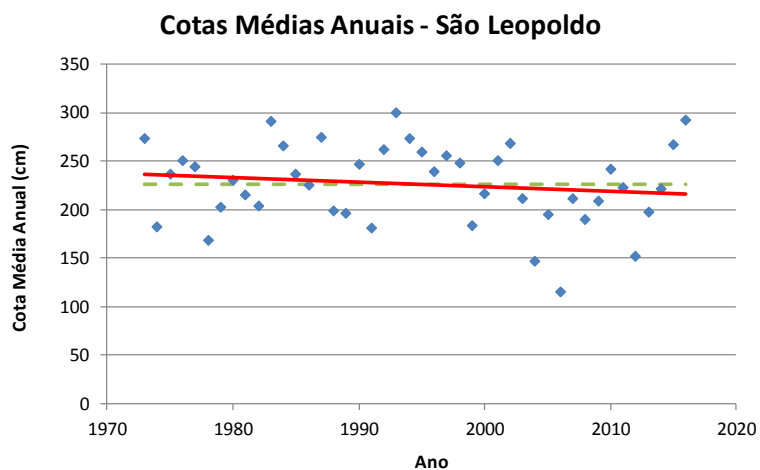


Figura 19 - São Leopoldo – Cotas médias anuais..
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

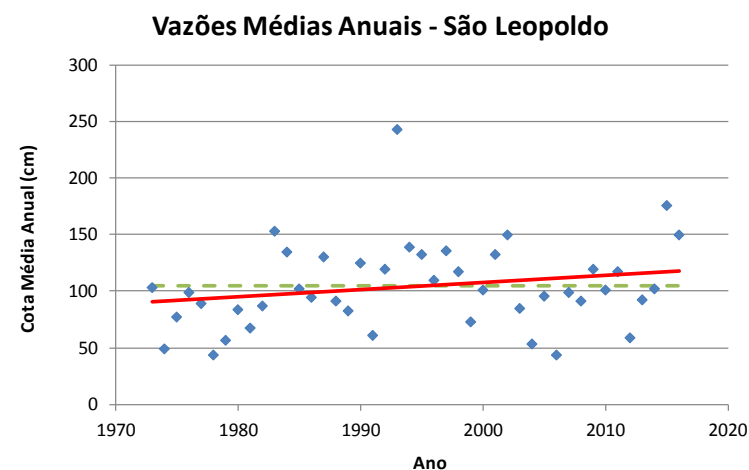


Figura 20 - São Leopoldo – Vazões médias anuais..
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

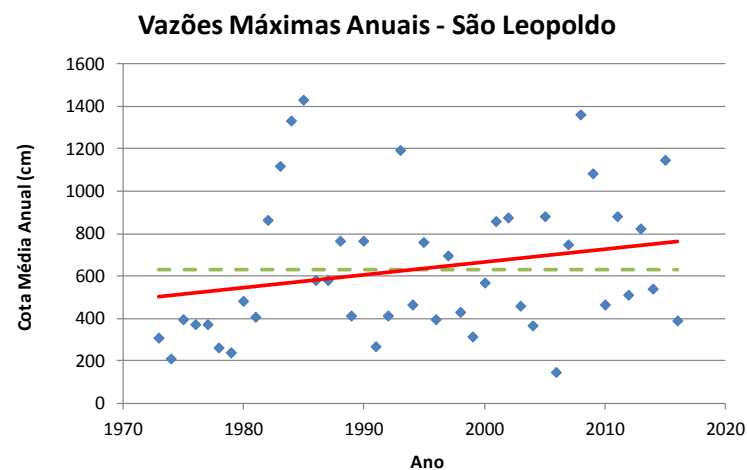


Figura 21 - São Leopoldo – Vazões máximas anuais anuais..
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A Figura 22, a Figura 23 e a Figura 24 apresentam respectivamente, as curvas de descargas da estações Taquara Montante, Campo Bom e São Leopoldo.

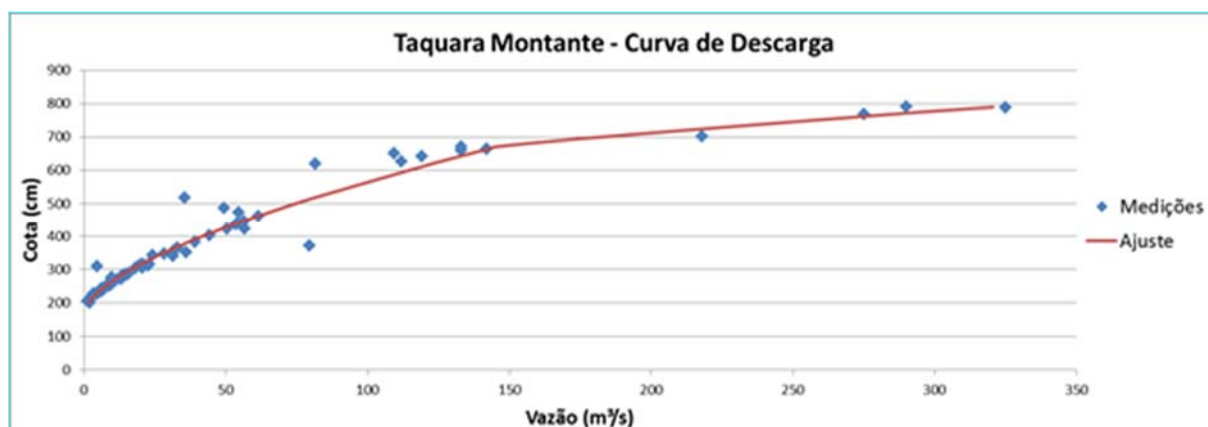


Figura 22 - Taquara Montante - Curva de Descarga
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

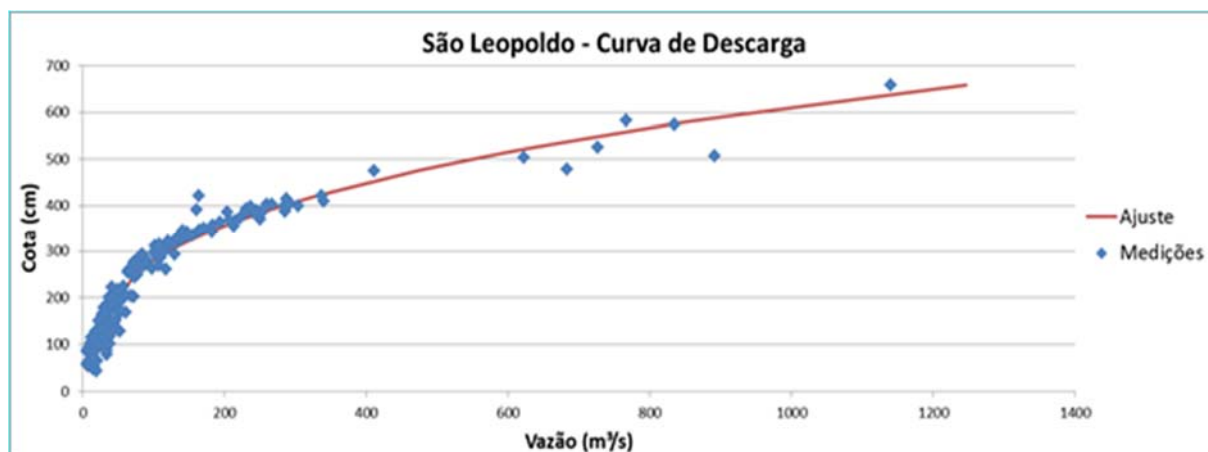


Figura 23 - Campo Bom - Curva de Descarga
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

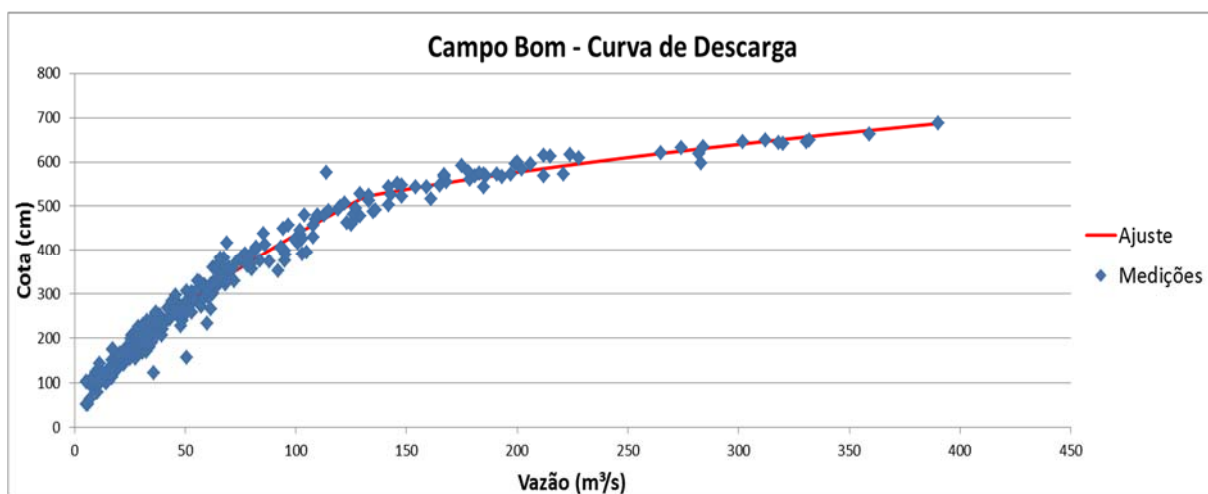


Figura 24 - São Leopoldo - Curva de Descarga
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.5.4 UHE Canastra

O reservatório da UHE Canastra está localizada no Médio Sinos, nas cabeceiras localizadas ao norte da bacia. Dentro da Bacia do Sinos a sua área não é representativa, entretanto, as suas vazões são oriundas da transposição do Rio Caí, contribuindo com alguma importância para as vazões mais baixas do Rio dos Sinos. As séries históricas da UHE foram fornecidas pela operadora da usina CEEE.

Conforme apresentado na Figura 25, os dados obtidos são referentes ao período compreendido entre os anos de 2002 e 2015, a vazão média verificada para todo o período foi de 8,3m³/s.

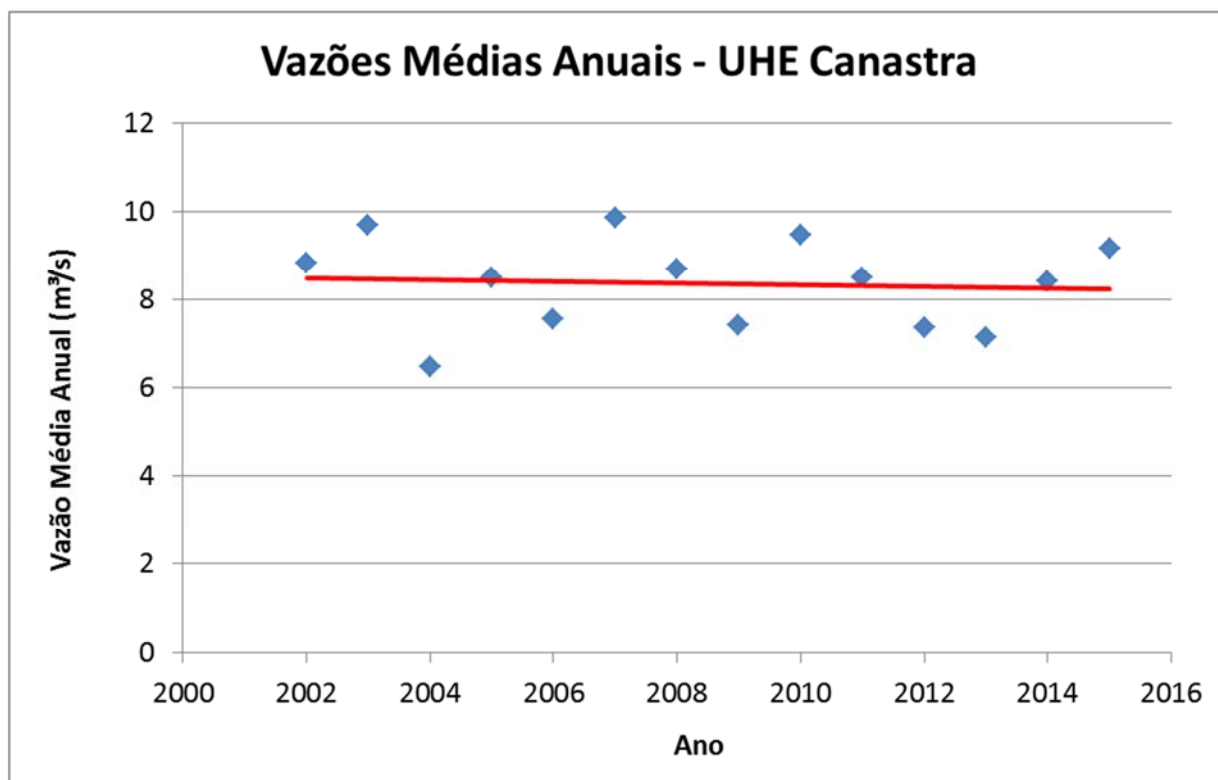


Figura 25 - UHE Canastra – Vazões turbinadas
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

5.6 Caracterização Climatológica da Bacia

A caracterização climatológica da região estudada contemplou os elementos capazes de garantir uma avaliação adequada dos principais mecanismos ou processos que definem o comportamento do clima regional, sua dinâmica no espaço geográfico estudado e sua interação com as características físicas deste espaço.

5.6.1 Classificação Climatológica

Segundo o sistema de Köppen, o clima tem a classificação de Cfa, isto é, um clima subtropical, caracterizando-se por chuvas em todos os meses e por temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio entre 3° e 18°C.

Os fatores climáticos registrados por longos períodos em pontos extremos da bacia mostram somente pequenas diferenças entre si, permitindo considerar a bacia como unidade climática homogênea.

A topografia, relativamente suave, também não favorece a formação de anormalidades microclimáticas de magnitude considerável.

5.6.2 Precipitação Total Mensal

O comportamento da precipitação total mensal média, mínima e máxima foi avaliado para vinte postos pluviométricos localizados na Bacia do Rio dos Sinos e áreas adjacentes.

Para a caracterização somente foram utilizados dados de precipitação completos para todo o respectivo ano, anos com falhas foram descartados.

No Quadro 34 a seguir, são apresentados os valores médios mensais.

Enquanto nas Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29 e Figura 30 adiante, estão apresentadas as informações de cada estação pluviométrica.

Quadro 34 - Precipitação Total Média Mensal.

Estação	Precipitação Total	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2950031	Média Mensal	110,5	125,1	104,1	93,1	96,2	129,0	135,8	133,4	127,1	114,1	104,2	118,1
	Mínima Mensal	0,0	25,4	5,2	10,2	0,0	35,8	4,1	20,0	17,6	29,5	0,0	16,6
	Máxima Mensal	252,8	273,7	212,8	249,0	252,0	374,3	294,9	389,5	330,0	249,4	256,3	260,5
3051011	Média Mensal	108,7	110,2	102,0	91,7	101,2	135,6	135,9	138,0	141,5	129,6	105,0	105,2
	Mínima Mensal	10,0	21,3	3,8	3,6	2,5	29,7	0,0	11,7	15,2	19,9	8,2	29,5
	Máxima Mensal	215,4	251,0	247,7	244,1	268,6	365,6	309,2	330,0	293,7	307,3	287,6	224,2
2951021	Média Mensal	95,6	98,4	75,6	76,8	75,5	111,9	105,7	114,9	118,6	102,8	83,5	88,2
	Mínima Mensal	5,4	25,1	7,6	8,1	1,4	11,8	18,5	10,8	17,4	9,6	0,4	1,4
	Máxima Mensal	242,5	224,2	171,9	196,6	239,2	373,4	307,9	331,6	353,2	239,6	236,5	207,6
2950022	Média Mensal	161,0	155,8	117,4	107,0	116,5	121,5	108,8	94,9	147,0	129,3	83,3	96,0
	Mínima Mensal	57,9	85,0	38,3	15,7	24,6	51,0	21,8	28,0	55,4	8,4	28,8	19,5
	Máxima Mensal	366,1	226,4	218,1	324,5	347,3	214,2	192,8	214,1	339,7	232,0	200,8	187,1
2950020	Média Mensal	141,0	126,1	129,9	84,6	86,8	119,3	115,8	133,9	152,7	119,5	92,0	120,4
	Mínima Mensal	18,2	48,4	32,6	15,5	11,2	31,2	19,4	21,0	22,0	25,3	17,2	24,0
	Máxima Mensal	323,6	288,0	278,1	228,0	261,1	269,0	274,3	285,9	409,2	312,8	246,4	293,6
2950060	Média Mensal	121,3	129,7	113,9	111,0	131,7	118,7	173,0	128,8	137,8	149,4	102,9	117,7
	Mínima Mensal	43,8	61,7	27,4	43,9	51,3	58,2	70,7	30,2	51,4	22,6	8,8	14,8
	Máxima Mensal	227,9	244,2	170,9	273,0	287,0	185,2	323,9	299,8	252,9	255,4	178,2	244,8
2950059	Média Mensal	125,5	131,9	113,6	110,4	91,2	109,0	151,7	145,0	130,2	153,8	103,1	120,0
	Mínima Mensal	31,4	60,5	37,7	41,9	31,6	42,4	27,9	23,3	57,9	32,5	3,9	29,9
	Máxima Mensal	228,6	365,3	179,7	228,5	244,4	171,6	296,4	462,7	243,1	237,0	182,1	230,1
2950017	Média Mensal	125,1	109,9	105,4	88,4	73,0	123,6	117,3	132,7	153,9	106,2	76,8	111,8
	Mínima Mensal	26,8	16,0	19,7	3,2	6,1	33,3	5,5	10,3	23,1	23,4	3,7	10,5
	Máxima Mensal	419,7	302,1	207,2	305,5	172,6	234,2	364,2	358,7	393,7	186,4	174,8	291,2
2950013	Média Mensal	122,4	132,9	113,9	79,6	83,6	106,4	113,2	137,8	142,3	113,5	92,1	119,4
	Mínima Mensal	19,7	39,5	35,0	12,0	4,2	27,6	17,2	16,4	18,3	15,6	24,2	41,2
	Máxima Mensal	236,8	344,8	239,0	177,2	223,1	209,4	227,8	294,8	404,4	244,2	189,0	237,4
2950012	Média Mensal	80,7	76,3	82,9	99,6	72,4	116,1	94,9	79,0	136,4	107,7	57,5	60,2
	Mínima Mensal	10,1	9,6	34,2	11,5	33,4	55,5	16,2	18,4	22,1	11,3	4,1	1,2
	Máxima Mensal	201,9	148,0	135,3	222,4	154,2	280,9	241,1	135,7	246,6	193,4	171,1	152,5

Estação	Precipitação Total	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2950010	Média Mensal	163,8	152,0	143,1	107,5	95,1	132,6	125,2	155,1	174,5	143,4	113,0	138,9
	Mínima Mensal	30,3	56,6	26,8	10,1	19,9	32,7	22,0	20,2	21,8	25,3	19,6	14,2
	Máxima Mensal	345,2	287,1	248,9	261,8	240,2	251,2	261,8	368,8	354,9	263,7	271,9	330,1
2950009	Média Mensal	187,0	180,3	173,5	117,8	105,9	149,0	141,9	176,6	206,6	172,5	132,2	158,3
	Mínima Mensal	49,4	67,2	35,1	10,5	19,9	42,0	41,0	22,1	54,8	41,2	40,6	0,0
	Máxima Mensal	445,4	339,7	442,1	318,4	242,5	319,9	341,6	419,8	587,2	347,5	244,2	379,3
2950061	Média Mensal	136,7	143,1	96,6	118,6	119,8	126,2	183,4	122,6	123,1	144,4	120,6	127,9
	Mínima Mensal	58,4	77,8	56,8	33,9	42,4	68,9	91,7	22,1	58,2	31,6	50,0	30,0
	Máxima Mensal	232,4	329,8	123,7	279,9	199,9	205,1	315,5	269,0	219,8	278,6	177,8	264,2
2950028	Média Mensal	150,4	152,8	131,8	105,8	108,8	147,0	158,2	148,2	149,1	141,0	122,4	138,0
	Mínima Mensal	0,0	40,3	27,9	0,0	8,6	25,2	36,4	29,4	14,8	16,7	10,6	21,4
	Máxima Mensal	382,7	333,6	317,9	256,3	261,2	547,6	326,2	331,4	390,6	275,0	294,1	310,8
2950026	Média Mensal	193,0	190,6	159,6	121,6	104,4	156,0	144,9	151,4	184,7	163,4	116,6	167,7
	Mínima Mensal	38,4	95,0	61,2	12,0	8,0	59,4	24,4	18,2	28,3	29,4	21,9	18,8
	Máxima Mensal	376,4	396,3	290,2	275,4	261,5	300,8	310,8	307,2	416,8	409,4	269,4	426,0
2950030	Média Mensal	180,9	165,7	157,5	110,0	101,2	126,6	131,2	155,3	185,7	146,4	125,0	142,6
	Mínima Mensal	14,4	62,0	70,1	8,7	26,4	35,6	20,6	27,5	40,7	44,6	21,6	11,2
	Máxima Mensal	411,0	343,6	288,5	382,6	373,1	284,5	313,2	384,4	444,0	280,1	249,8	296,6
2950029	Média Mensal	170,0	163,4	141,6	102,0	90,9	122,7	122,8	128,9	151,7	139,7	99,4	132,2
	Mínima Mensal	28,0	28,6	30,0	16,9	4,7	21,1	17,2	13,4	21,0	24,8	27,2	18,8
	Máxima Mensal	328,4	426,0	358,6	281,8	347,8	211,8	408,5	269,0	363,4	382,8	272,6	313,9
2951024	Média Mensal	117,8	109,5	100,9	115,0	98,3	135,2	167,9	135,2	143,8	146,4	125,7	110,8
	Mínima Mensal	4,0	3,8	20,2	0,4	25,0	28,0	30,4	25,0	33,5	38,1	8,2	13,9
	Máxima Mensal	352,6	218,3	281,8	262,0	206,2	359,4	385,4	279,7	275,9	426,3	329,4	264,5
2950037	Média Mensal	131,7	150,7	120,4	100,2	78,6	119,4	102,1	128,9	144,9	116,1	92,5	116,9
	Mínima Mensal	29,8	23,0	52,3	7,8	4,8	22,0	10,2	24,8	27,7	16,0	1,6	5,3
	Máxima Mensal	316,2	297,2	202,0	265,2	171,7	272,4	232,5	289,1	406,3	270,0	199,1	271,5
2950041	Média Mensal	140,4	134,3	139,6	90,1	87,1	117,9	112,3	146,0	157,6	132,7	96,2	123,1
	Mínima Mensal	0,0	39,6	55,8	16,2	18,3	35,7	15,0	0,0	29,4	17,4	24,4	9,0
	Máxima Mensal	414,4	356,0	282,2	270,3	228,6	301,0	215,0	294,5	381,8	362,6	267,3	309,4

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

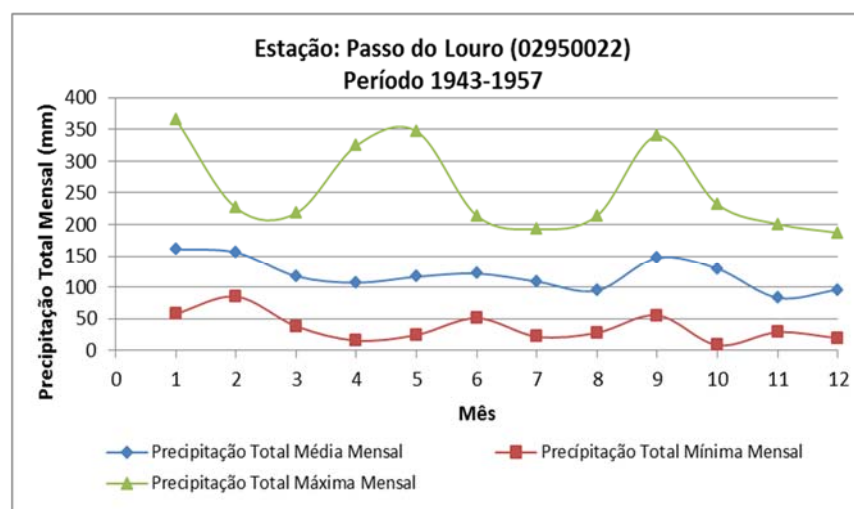
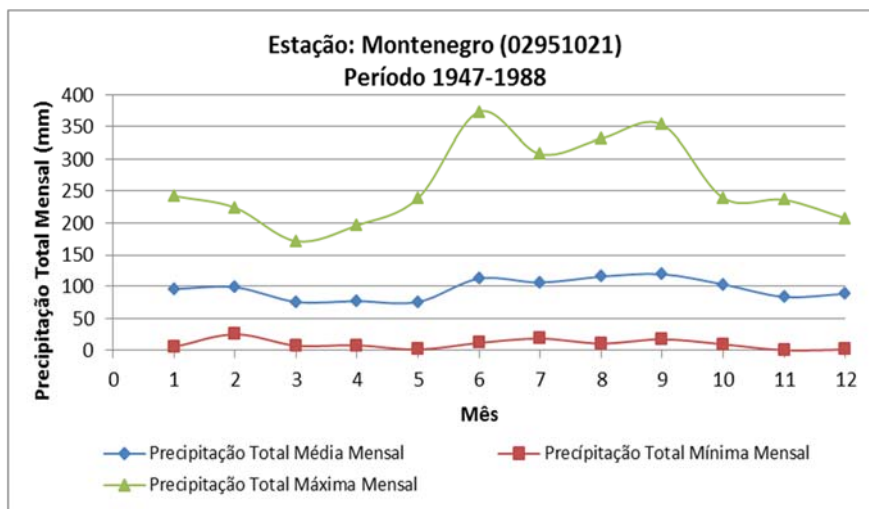
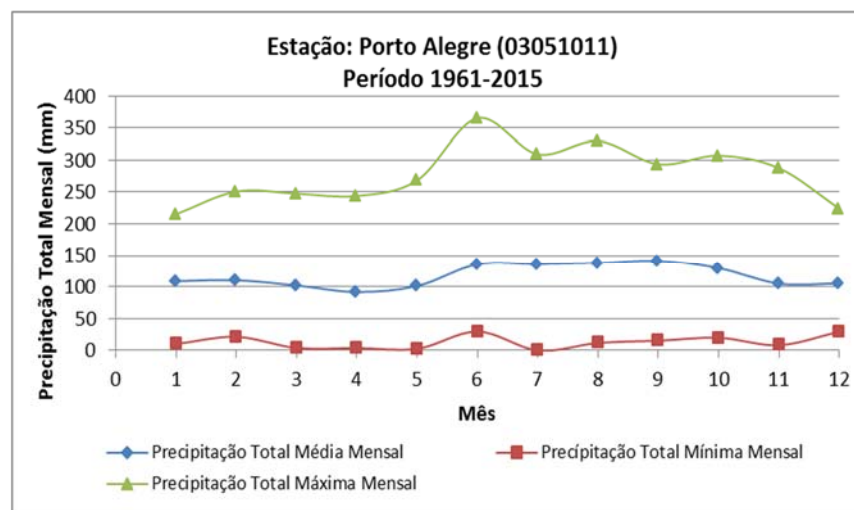
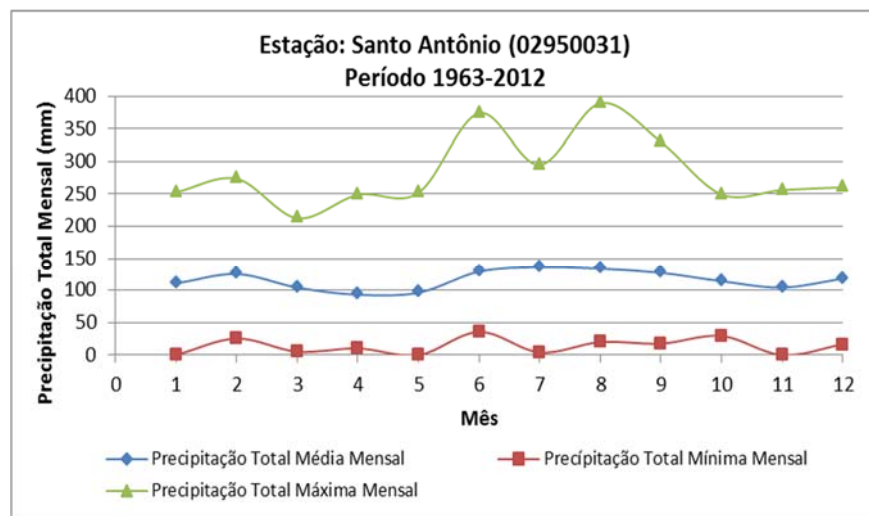


Figura 26 - Precipitação Total Mensal (A)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

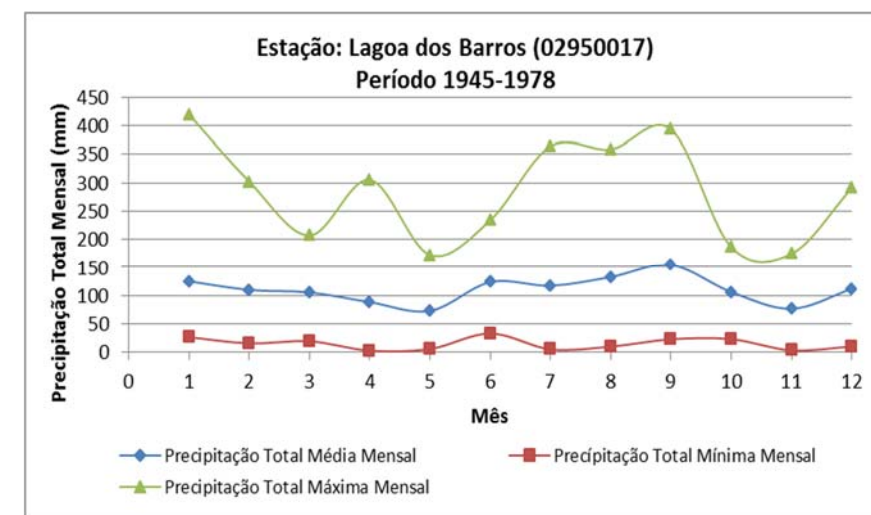
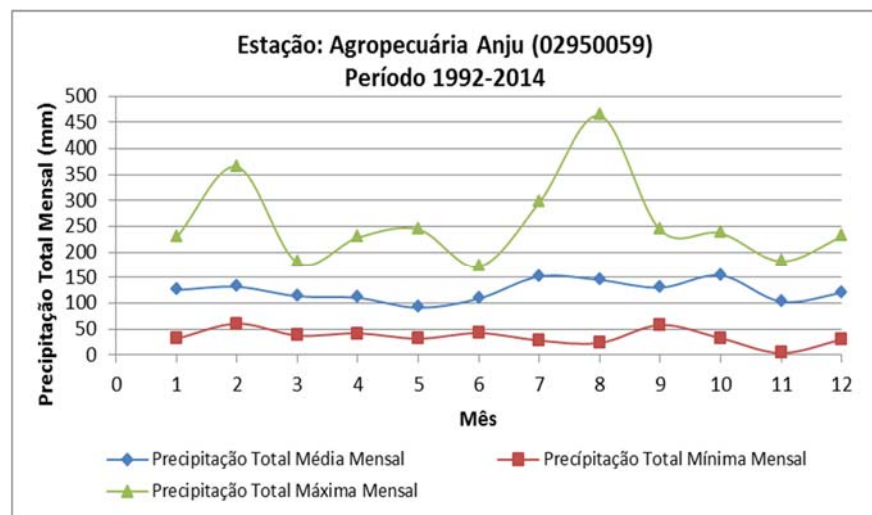
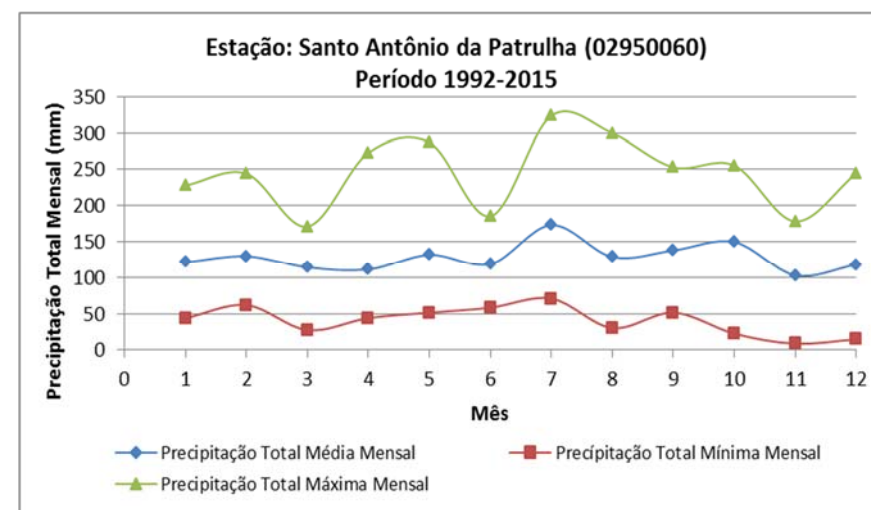
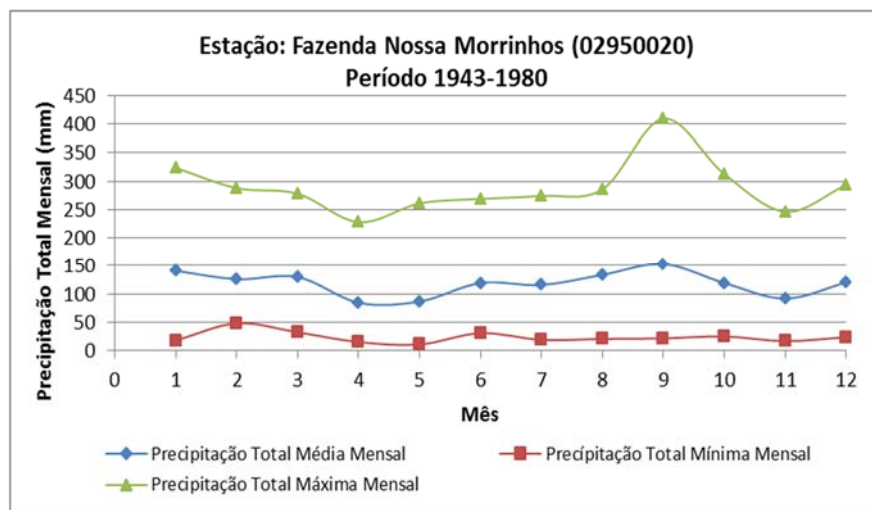


Figura 27 - Precipitação Total Mensal (B)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

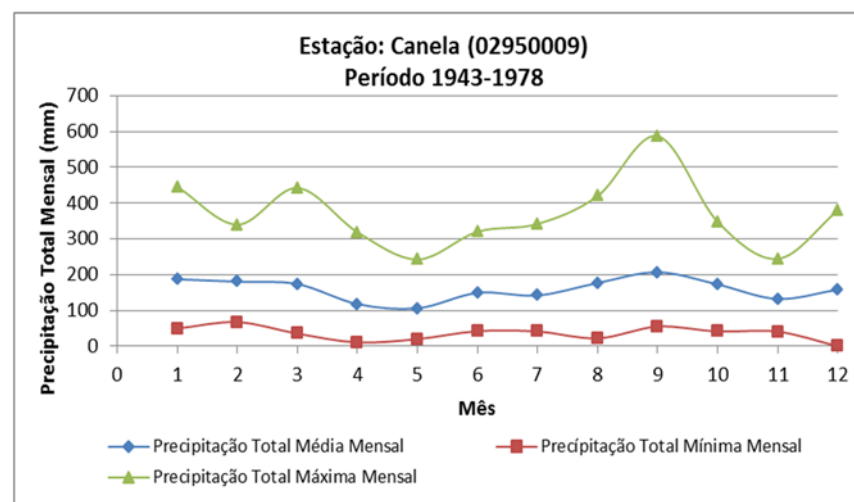
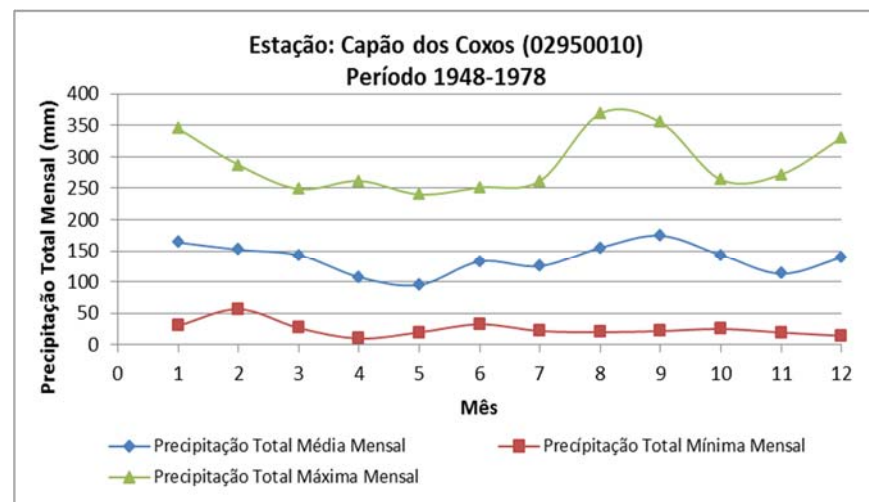
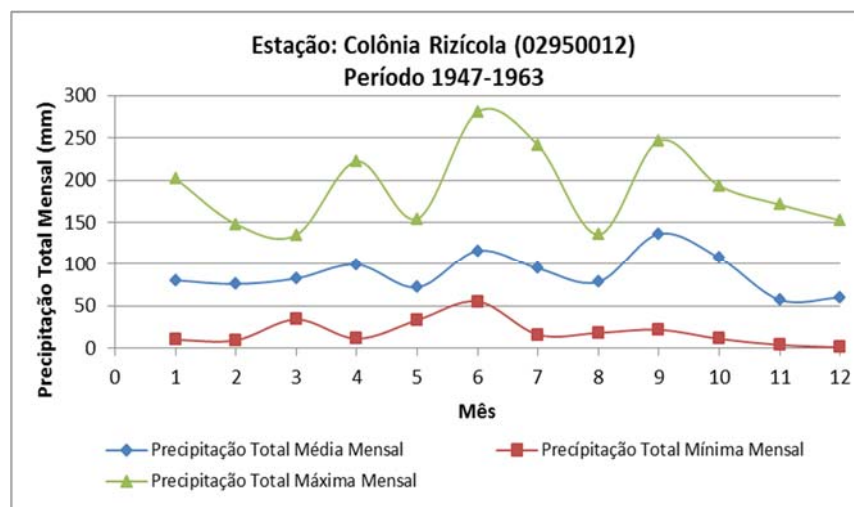
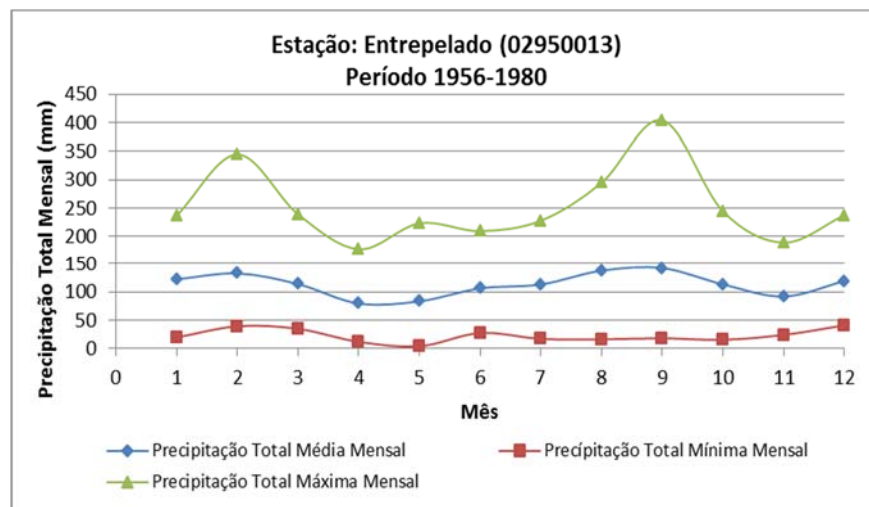


Figura 28 - Precipitação Total Mensal (C)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

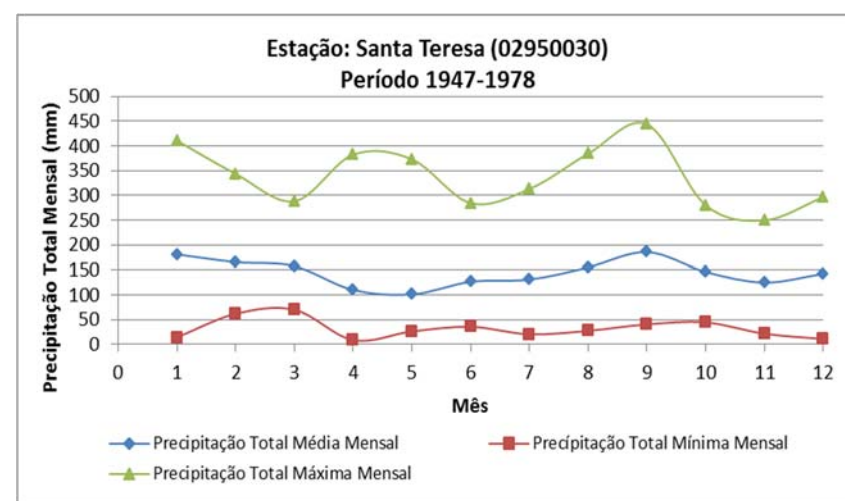
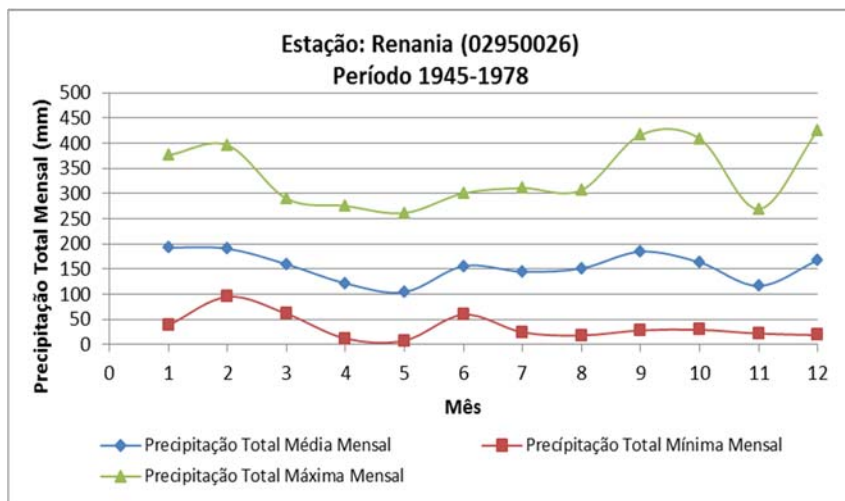
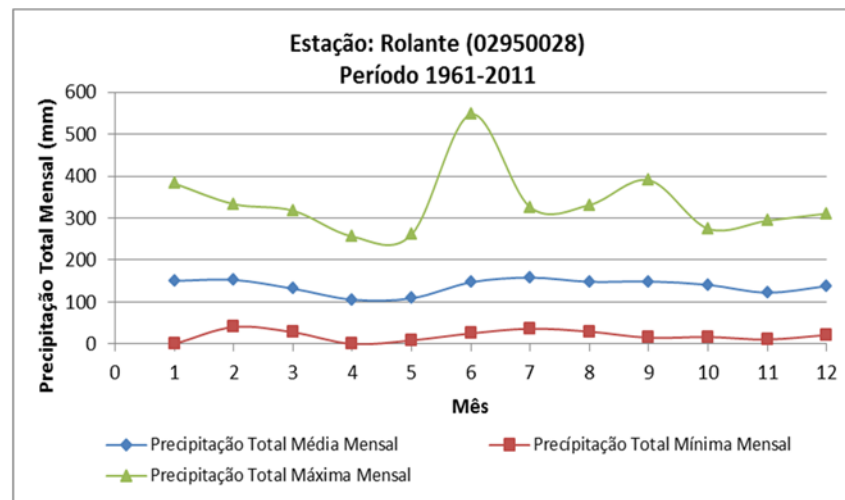
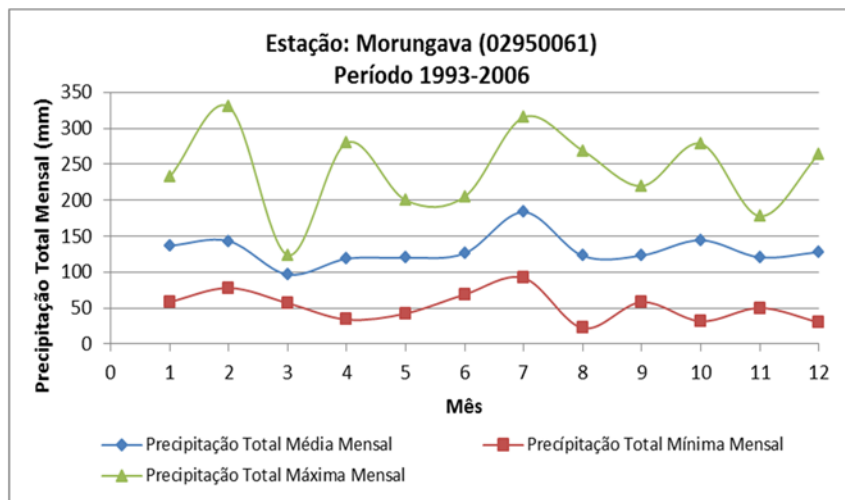


Figura 29 - Precipitação Total Mensal (D)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

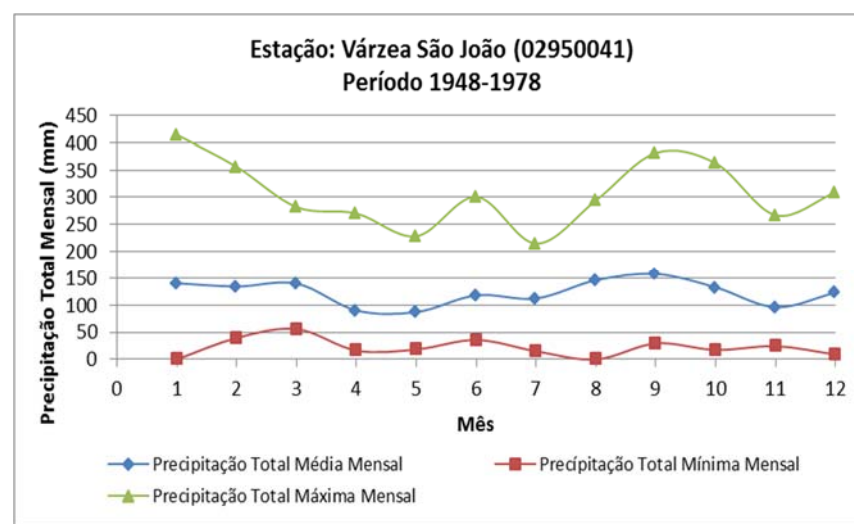
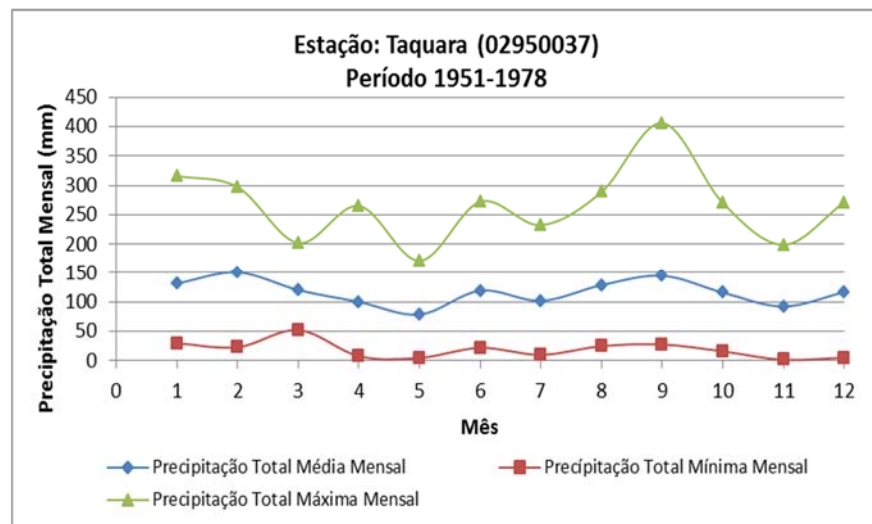
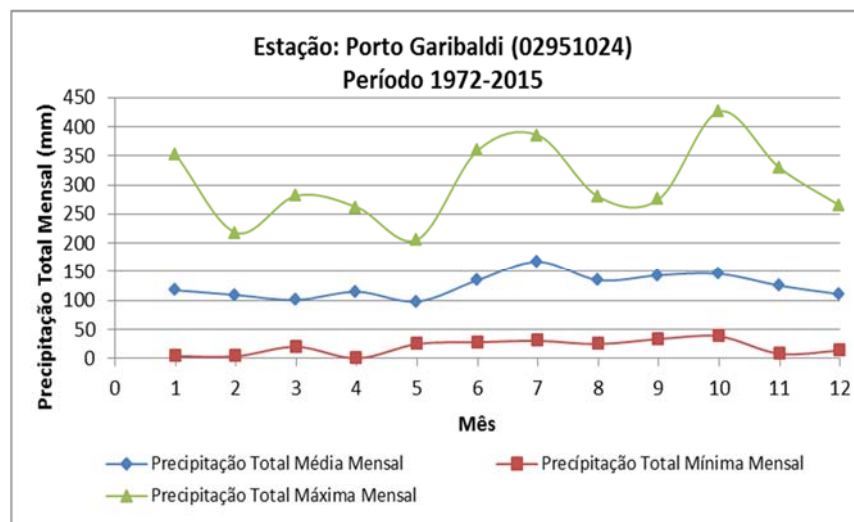
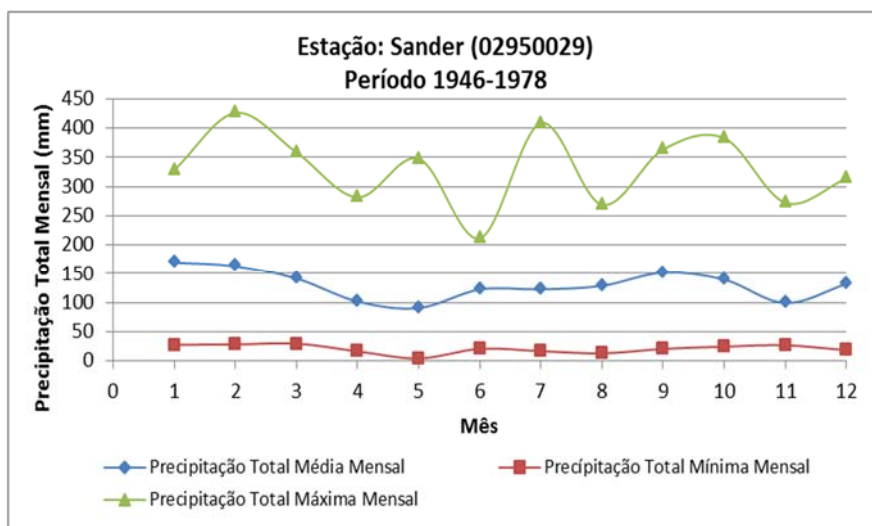


Figura 30 - Precipitação Total Mensal (E)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

As precipitações também foram avaliadas de forma trimestral e anual, conforme apresentado no Quadro 35 a seguir.

Quadro 35 - Precipitação Total Trimestral e Anual

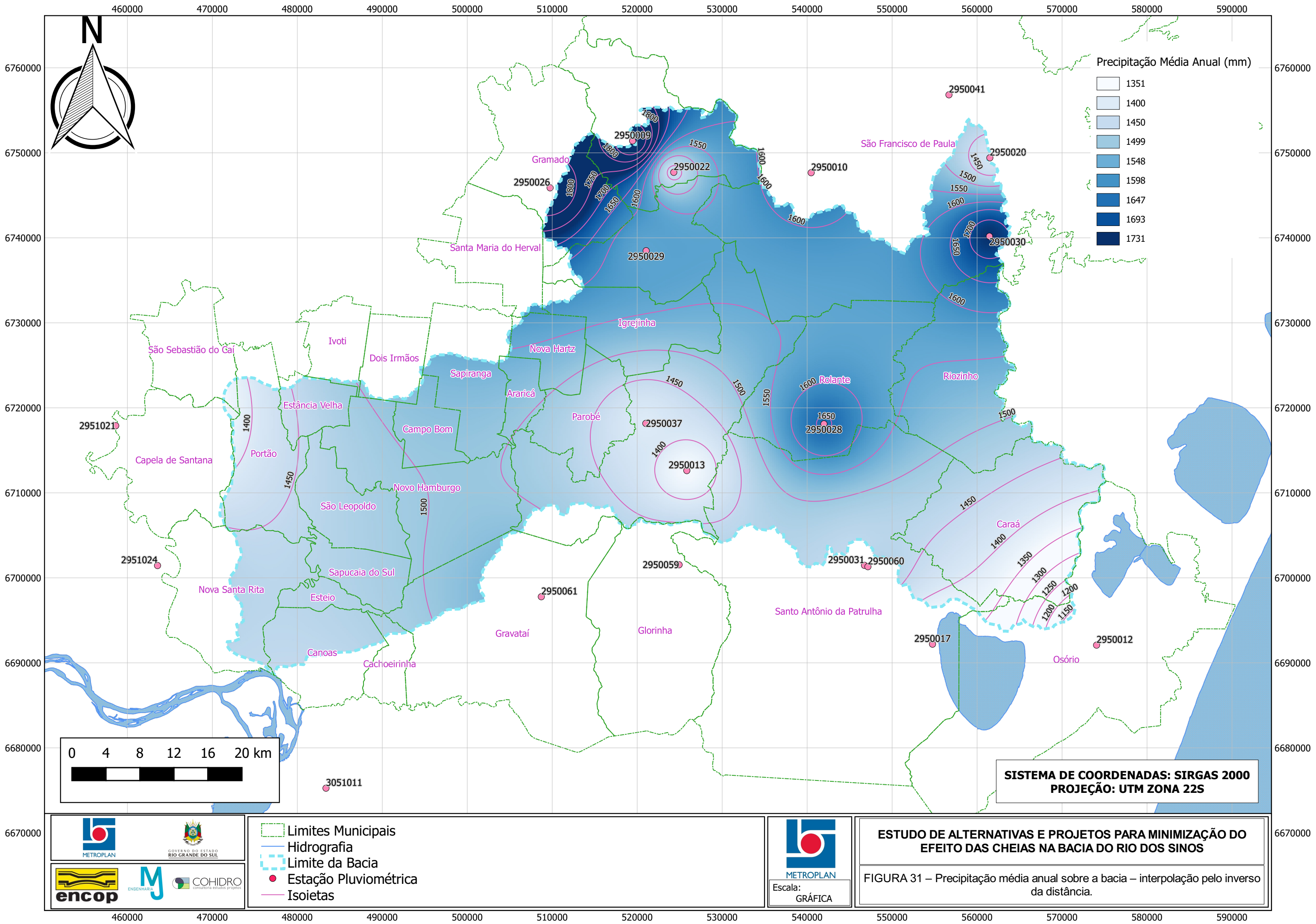
Código	Nome	Anual	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
2950009	CANELA	1901,6	180,3	124,2	175,0	154,3
2950010	CAPÃO DOS COXOS	1644,3	153,0	111,7	151,6	131,8
2950012	COLÔNIA RIZICOLA N.1	1063,8	80,0	96,0	103,4	75,1
2950013	ENTREPELADO	1357,2	123,1	89,9	131,1	108,3
2950017	LAGOA DOS BARROS	1323,9	113,5	95,0	134,6	98,2
2950020	MORRINHOS	1422,0	132,3	96,9	134,2	110,6
2950022	PASSO DO LOURO	1438,5	144,8	115,0	116,9	102,9
2950026	RENANIA	1853,9	181,1	127,3	160,3	149,2
2950028	ROLANTE	1653,4	145,0	120,5	151,8	133,8
2950029	SANDER	1565,3	158,3	105,2	134,5	123,8
2950030	SANTA TERESA	1728,2	168,0	112,6	157,4	138,0
2950031	SANTO ANTÔNIO	1390,7	113,3	106,1	132,1	112,1
2950037	TAQUARA	1402,5	134,3	99,4	125,3	108,5
2950041	VÁRZEA SÃO JOÃO	1477,2	138,1	98,4	138,6	117,3
2950059	AGROPECUÁRIA ANJU	1485,4	123,7	103,5	142,3	125,6
2950060	SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA	1536,0	121,6	120,5	146,5	123,4
2950061	MORUNGAVA	1562,9	125,4	121,5	143,0	131,0
2951021	MONTENEGRO	1147,5	89,9	88,1	113,1	91,5
2951024	PORTO GARIBALDI	1506,4	109,4	116,2	149,0	127,6
3051011	PORTO ALEGRE	1404,5	107,0	109,5	138,5	113,3

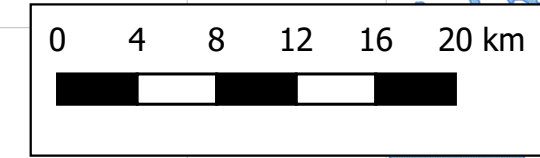
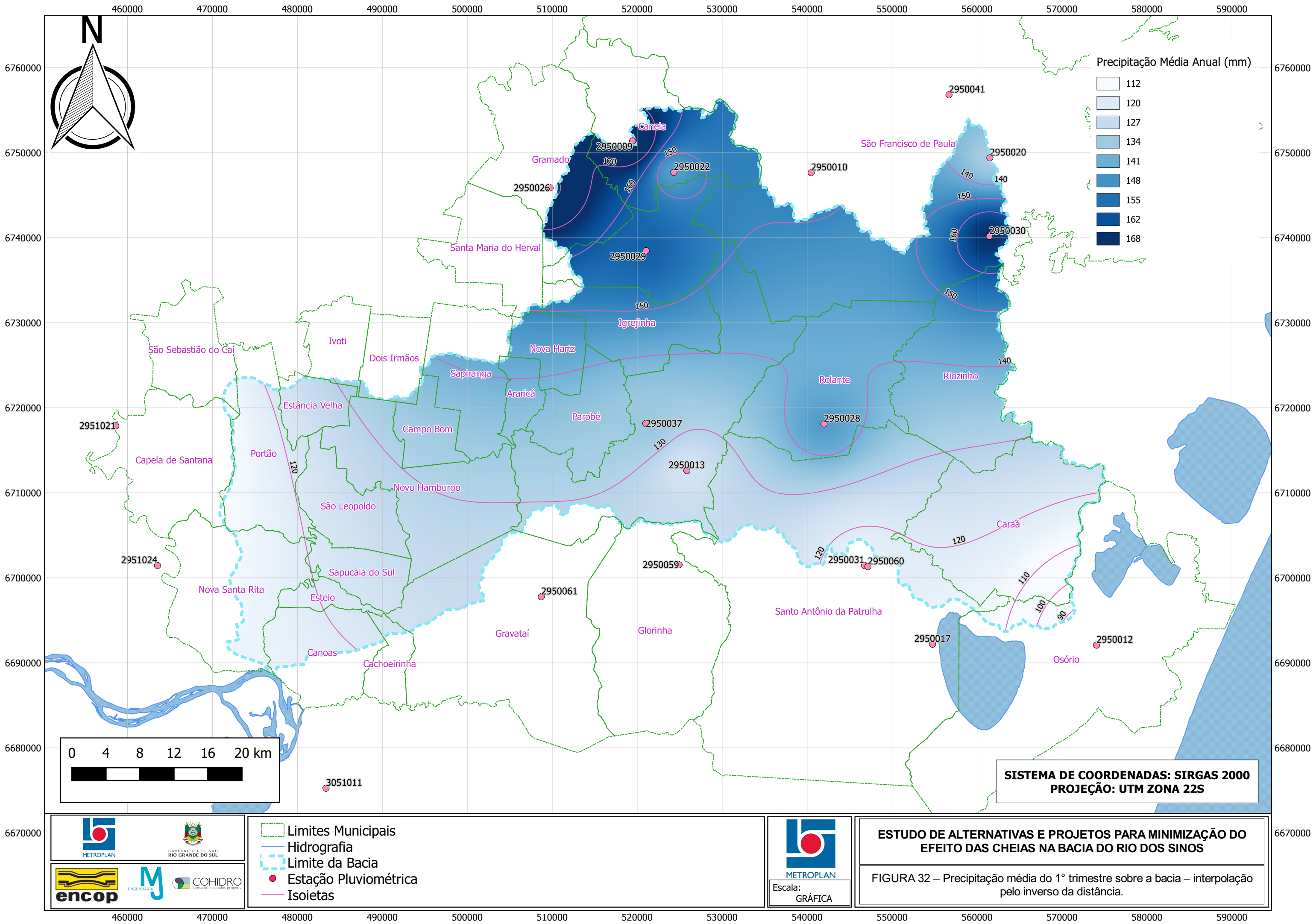
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Em relação às precipitações anuais, percebe-se que a estação 2950009, localizada no município de Canela, e a estação 2950026, localizada no município de Gramado, apresentaram os maiores valores anuais, com 1901,6mm e 1853,9mm, respectivamente.

Enquanto que os menores valores são verificados na estação 2950012, localizada no município de Osório, e na estação 2951021, localizada no município de Montenegro, com 1063,8mm e 1147,5mm, respectivamente.

As Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, e Figura 35 a seguir, apresentam a distribuição espacial das precipitações totais médias anuais e trimestrais na Bacia do Rio dos Sinos





SISTEMA DE COORDENADAS: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: UTM ZONA 22S





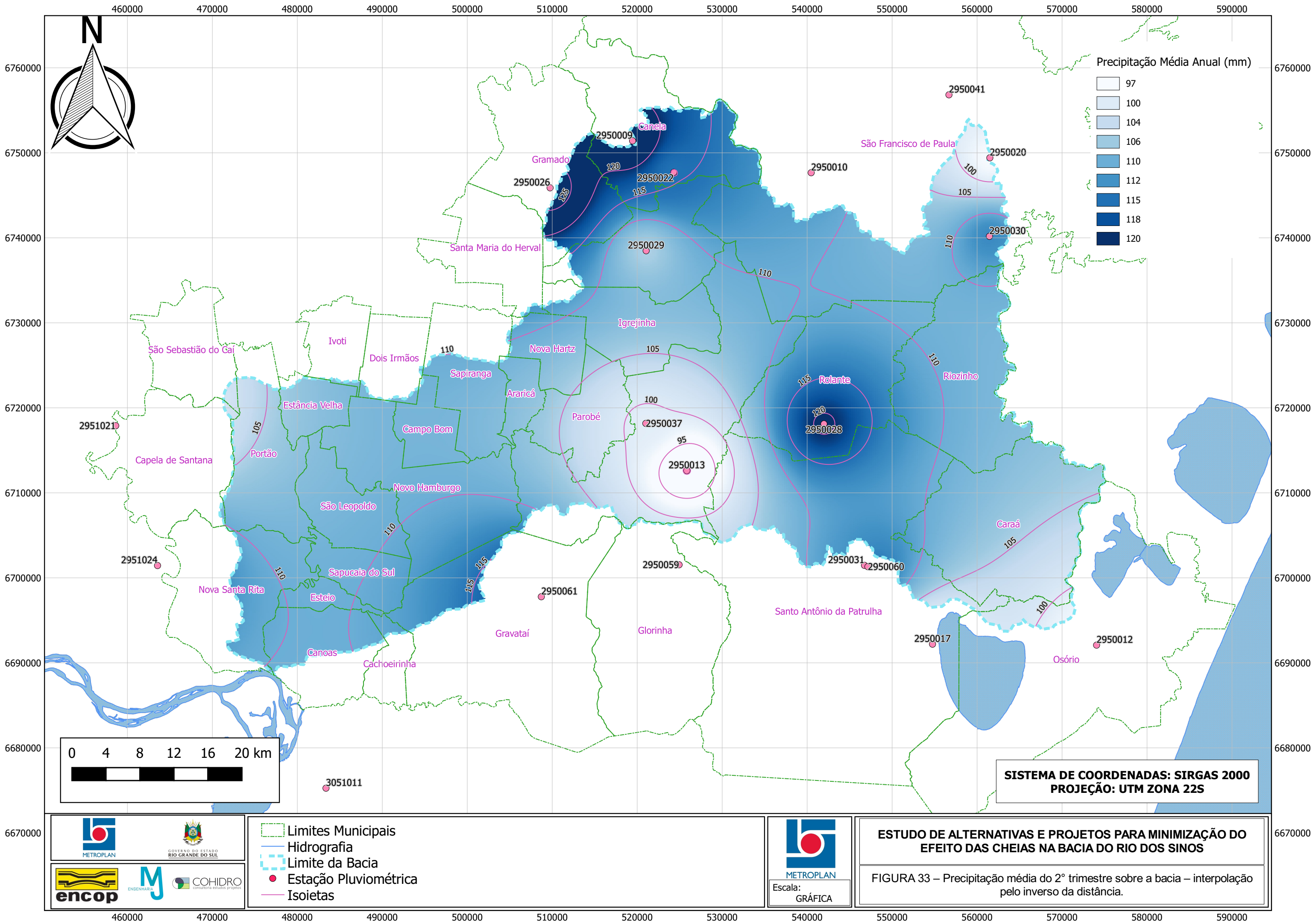
- Limites Municipais
- Hidrografia
- Limite da Bacia
- Estação Pluviométrica
- Isoietas

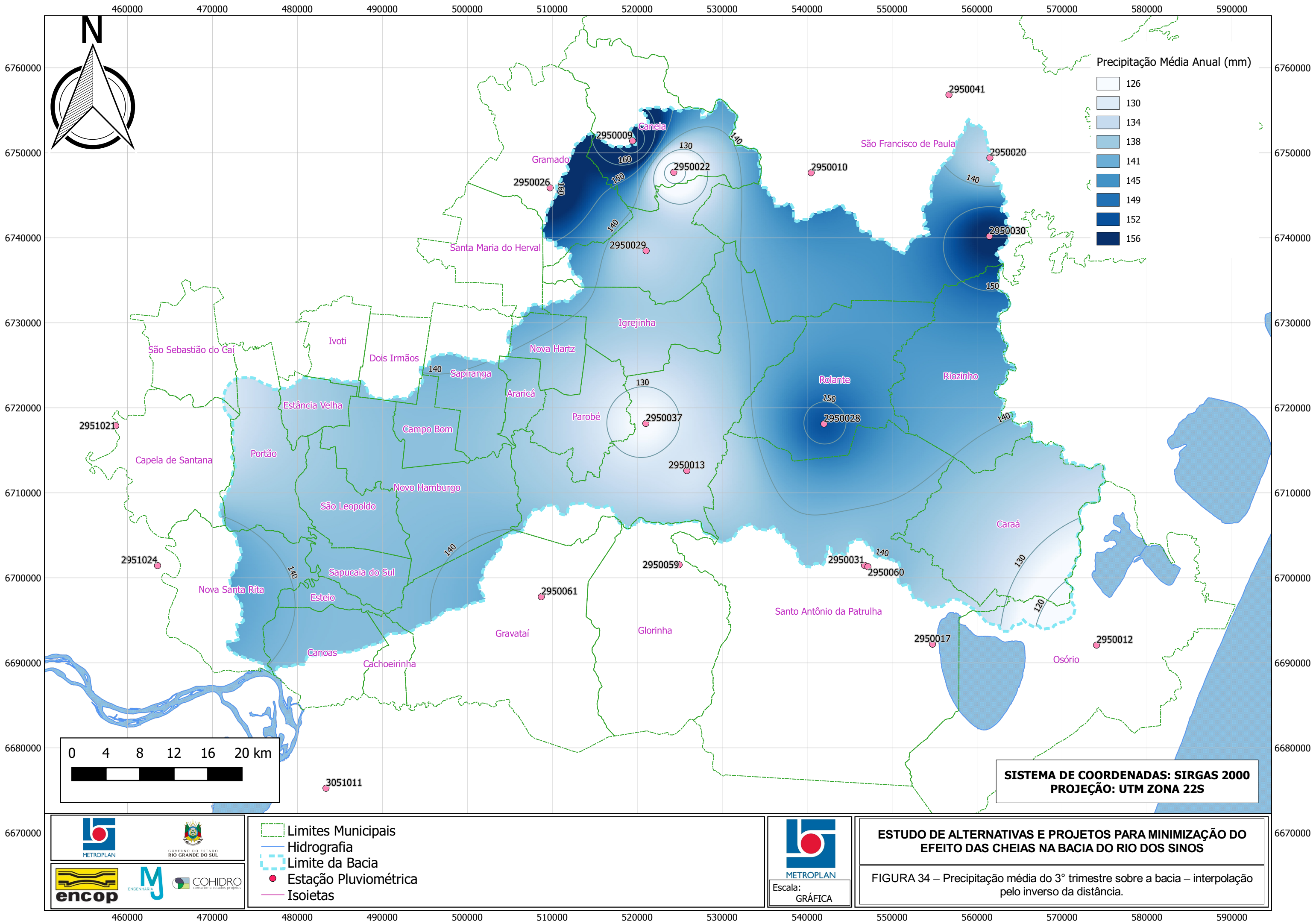


Escala:
GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

FIGURA 32 – Precipitação média do 1º trimestre sobre a bacia – interpolação pelo inverso da distância.



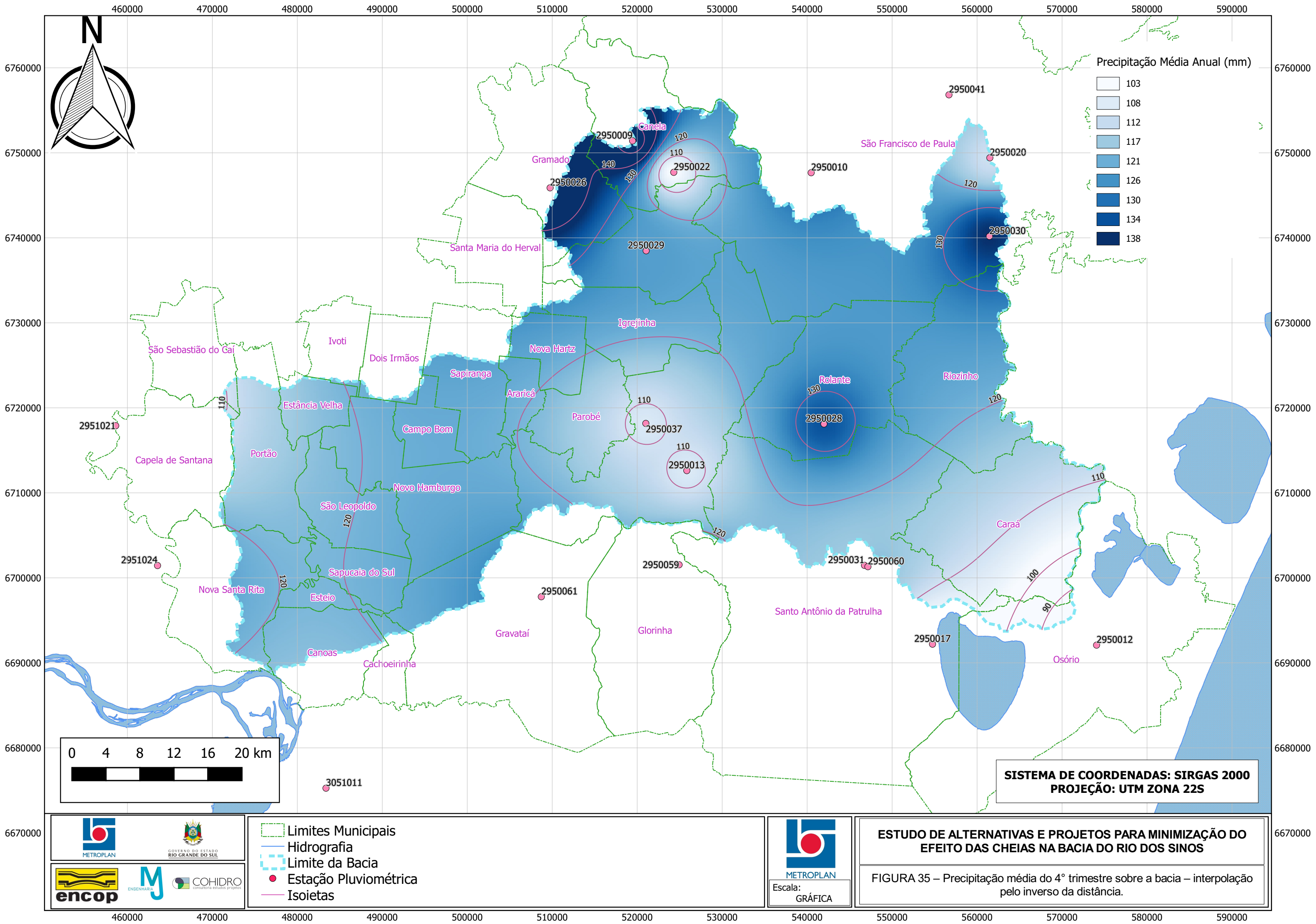


- Limites Municipais
- Hidrografia
- Limite da Bacia
- Estação Pluviométrica
- Isoietas


Escala:
GRÁFICA

ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

FIGURA 34 – Precipitação média do 3º trimestre sobre a bacia – interpolação pelo inverso da distância.



- Limites Municipais
- Hidrografia
- Limite da Bacia
- Estação Pluviométrica
- Isoietas



ESTUDO DE ALTERNATIVAS E PROJETOS PARA MINIMIZAÇÃO DO EFEITO DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO DOS SINOS

FIGURA 35 – Precipitação média do 4º trimestre sobre a bacia – interpolação pelo inverso da distância.

5.6.3 Umidade Relativa do Ar - Média Mensal

A maior umidade relativa média registrada foi 82,5% no mês de junho e a mínima foi 70,7% no mês de dezembro. A umidade relativa do ar média anual é de 76,5%. A Figura 36 apresenta a evolução da umidade relativa média mensal ao longo do ano.

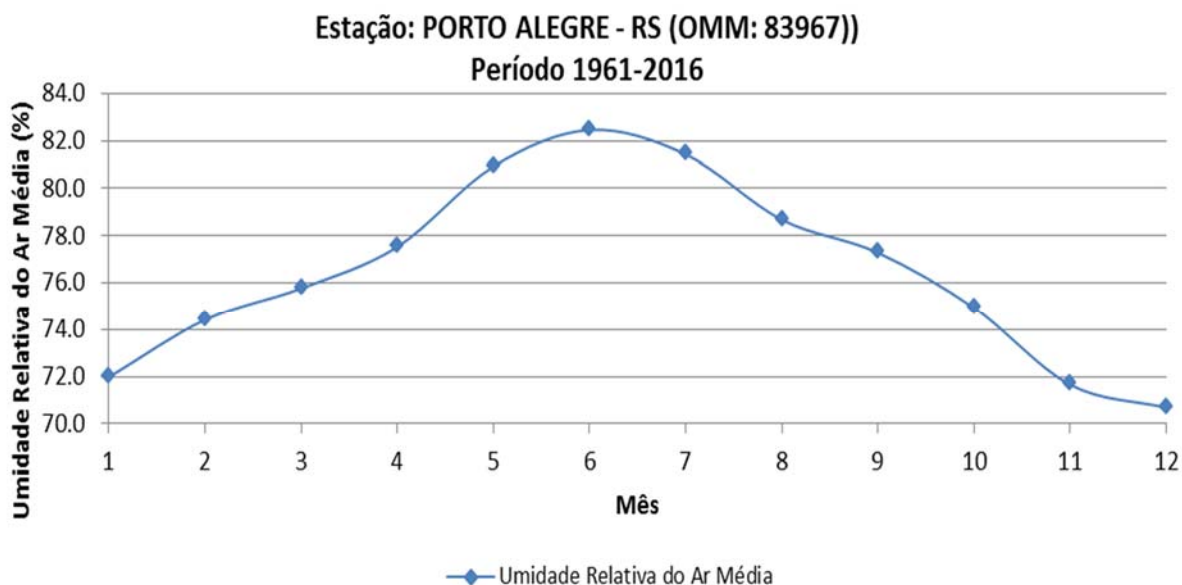


Figura 36 - Umidade Relativa Média do Ar.
(Fonte: INMET)

5.6.4 Insolação

A insolação média da estação foi de 2198,1 horas/ano. O menor valor de insolação média mensal foi de 126,0 horas (junho) e o maior valor foi de 242 horas (dezembro). A Figura 37 a seguir ilustra a insolação média mensal no decorrer do ano.

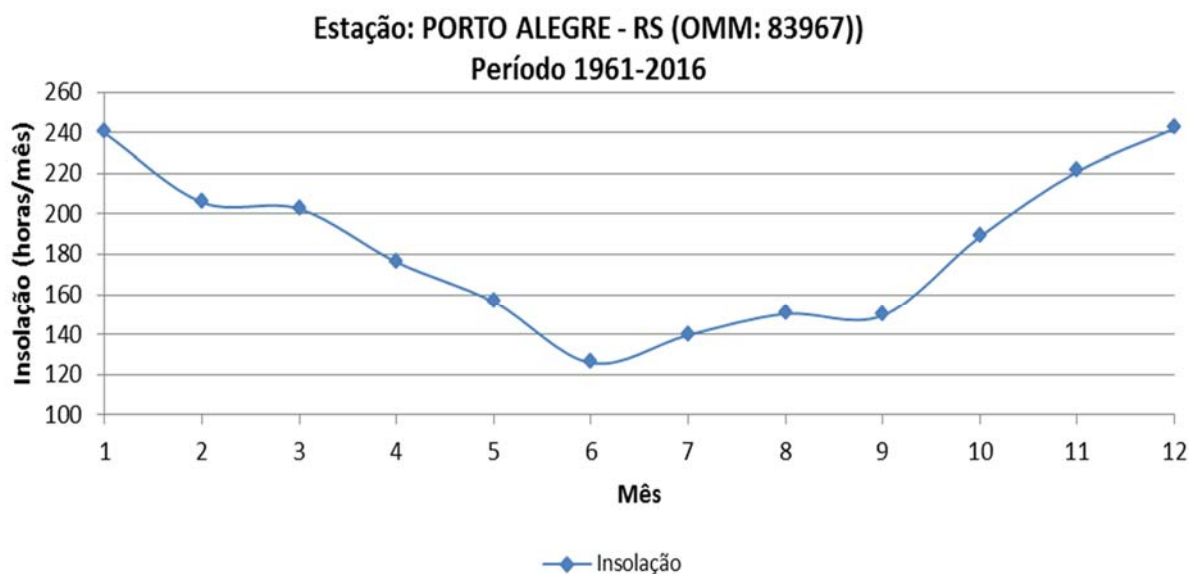


Figura 37 - Insolação Total.
(Fonte: INMET)

5.6.5 Nebulosidade - Média Mensal

A nebulosidade média mensal apresenta pequena variação ao longo do ano. A nebulosidade máxima ocorre no mês de setembro (5,2 décimas partes) e a mínima em abril (4,3 décimas partes).

A média anual da nebulosidade fica em torno de 4,8 décimas partes, como pode ser visto na Figura 38.

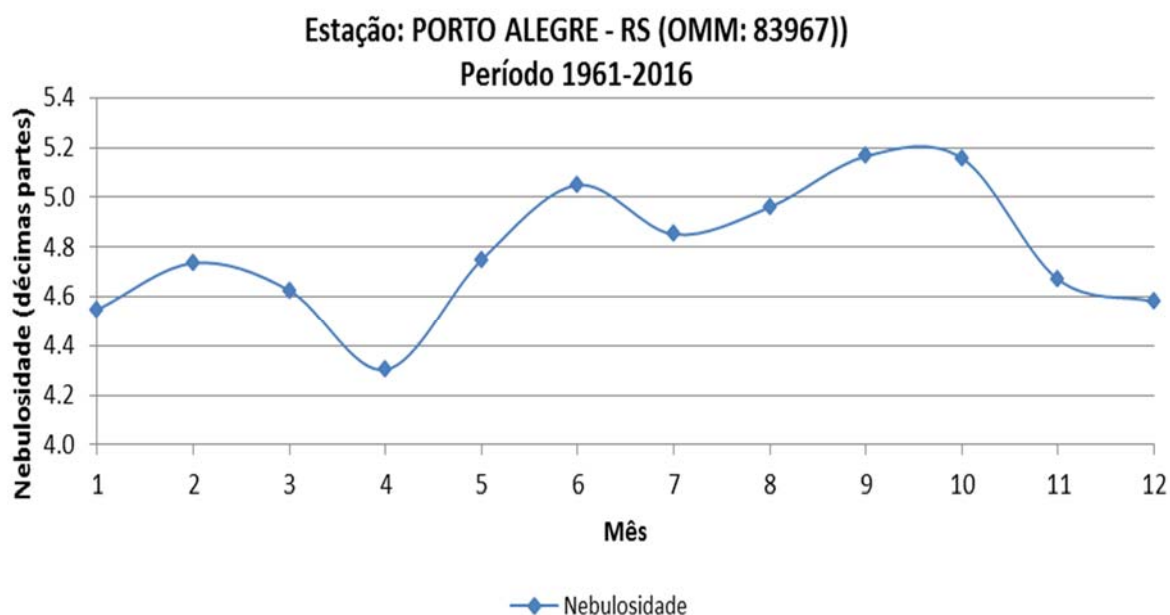


Figura 38 - Nebulosidade Total.
(Fonte: INMET)

5.6.6 Temperatura - Média Mensal

A temperatura média anual na região em estudo é de 19,6°C. As temperaturas médias mensais na região variam entre 15,6°C e 25,1°C, sendo os meses mais frios, junho e julho, e os mais quentes, janeiro e fevereiro.

Observa-se nitidamente a sazonalidade bem marcada da temperatura ao longo do ano, com períodos de inverno e verão bem definidos, o que é característica intrínseca da região sul do Brasil.

O período de inverno (meses mais frios) ocorre de maio a setembro, enquanto que o período de verão (meses mais quentes), de dezembro a março.

Este comportamento temporal está apresentado na Figura 39. As temperaturas médias máximas mensais giram em torno de 25,1 °C e as médias mínimas mensais em torno de 15,6°C.

As maiores temperaturas médias máximas observadas foram de 29,5°C, 30,5°C e 30,3°C e ocorreram nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente. A temperatura mínima média mensal atingiu seu menor valor nos meses de junho e julho, chegando a 10,5°C.

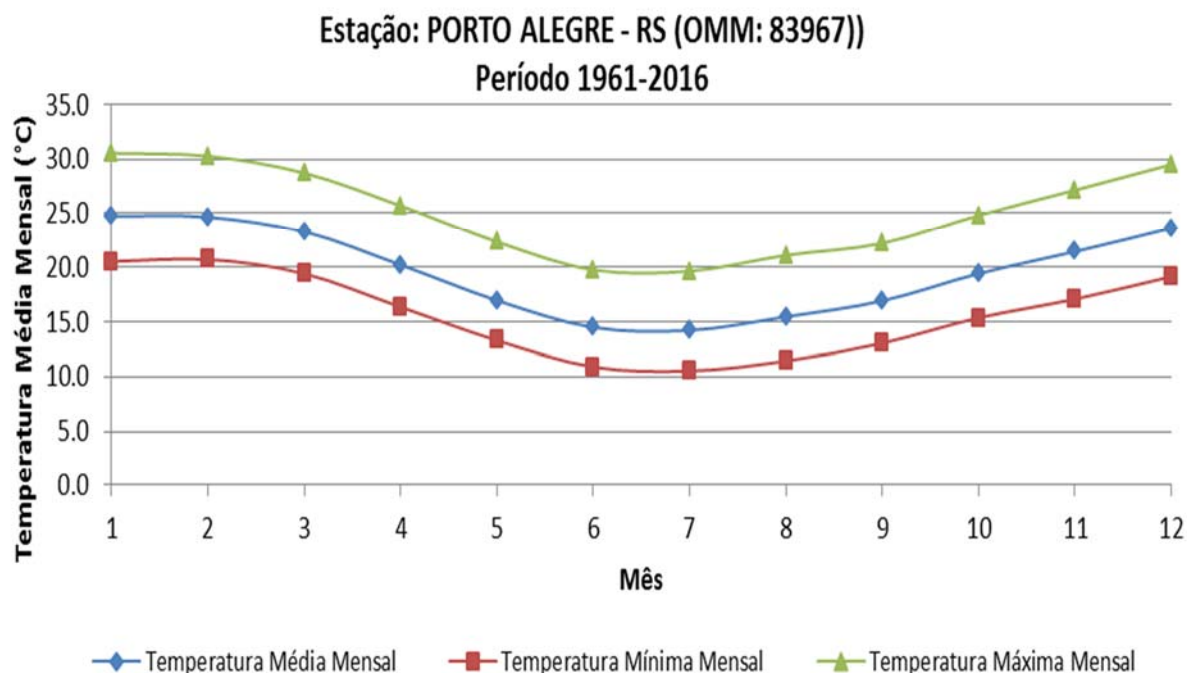


Figura 39 - Temperatura Média Mínima e Máxima Mensal
(Fonte: INMET)

5.6.7 Pressão Atmosférica - Média Mensal

A pressão atmosférica média mensal alcança seu máximo valor no mês de agosto (1015hPa) e valor mínimo no mês de março (1001hPa) perfazendo uma amplitude de apenas 14hPa (Figura 40).

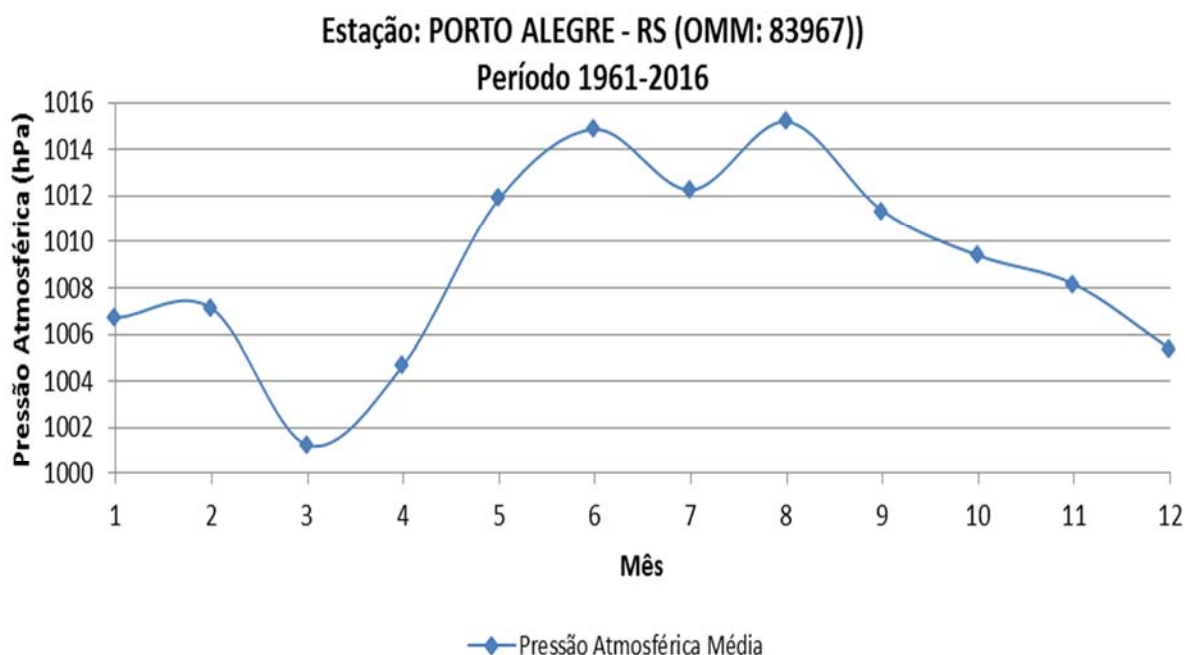


Figura 40 - Pressão Atmosférica Média Mensal.
(Fonte: INMET)

5.6.8 Evaporação - Média Mensal

A evaporação média anual na região do estudo é de 867,2 mm/ano. No mês de dezembro é registrada a maior evaporação, onde ocorrem déficits da ordem de 109,6 mm, enquanto que no mês de junho se registra a evaporação mínima que é de apenas 39,9. A Figura 41 mostra o desenvolvimento da evaporação média mensal no decorrer do ano.

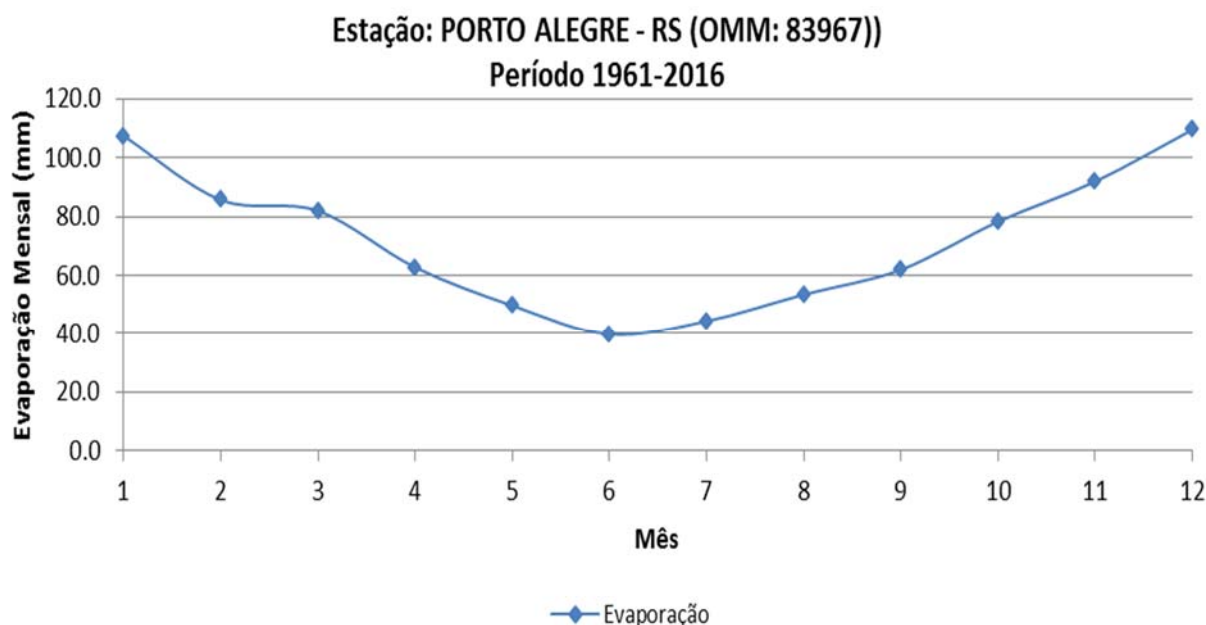


Figura 41 - Evaporação Média Mensal.
(Fonte: INMET)

5.6.9 Evapotranspiração Potencial e Real (MOD16)

A seguir estão apresentados os dados de evapotranspiração potencial médios obtidos por meio do MOD16 para a Bacia do Rio dos Sinos no período compreendido entre 2000 e 2014. Ver Quadro 36 a seguir:

Quadro 36 - Evapotranspiração Potencial Mensal (Média, Mínima e Máxima) (2000 a 2014).

Mês	Evapotranspiração Potencial Média	Evapotranspiração Potencial Máxima	Evapotranspiração Potencial Mínima
Janeiro	209,5	227,6	179,5
Fevereiro	174,4	188,6	149,9
Março	166,7	175,8	157,7
Abril	121,8	130,3	113,4
Maio	83,5	93,7	70,0
Junho	64,6	70,4	55,2
Julho	71,2	85,3	61,6
Agosto	97,1	109,3	80,9
Setembro	123,2	139,2	110,1
Outubro	170,7	182,4	154,7
Novembro	197,4	210,2	178,8
Dezembro	218,8	234,1	208,8

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Avaliando-se mensalmente, tem-se no mês de dezembro a maior média histórica, com 218,8mm, na qual o maior valor anual registrado na série nesse mês foi de 234,1mm. Enquanto que o mês de junho apresentou a menor média histórica, com 64,6mm, o menor valor anual registrado para a série no mês foi de 55,2mm.

Em relação à evapotranspiração potencial média, conforme observado na Figura 42, verifica-se que os meses de verão apresentam os maiores valores, enquanto que os meses mais frios mostraram uma grande redução na evapotranspiração.

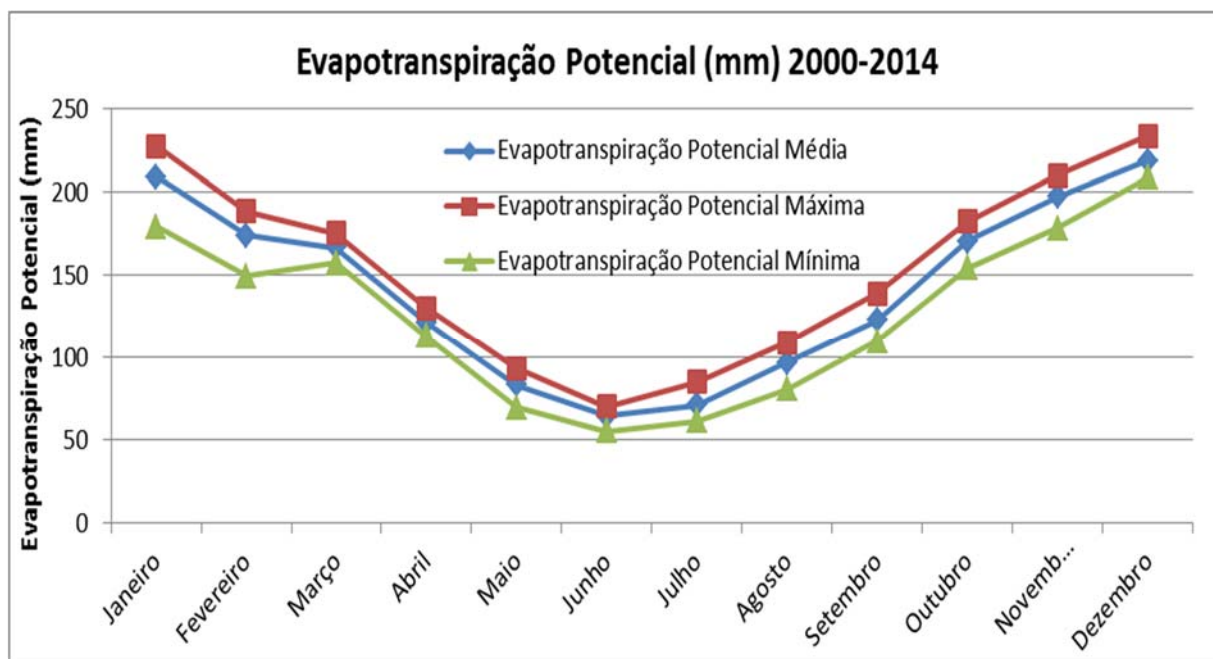


Figura 42 - Evapotranspiração Potencial Média Mensal MODIS MOD16 (2000-2014)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A seguir no Quadro 37, estão apresentados os dados de evapotranspiração real médios obtidos por meio do MOD16 para a Bacia do Rio dos Sinos no período compreendido entre 2000 e 2014.

Quadro 37 - Evapotranspiração Real Mensal (Média, Mínima e Máxima) (2000 a 2014).

Mês	Evapotranspiração Real Média	Evapotranspiração Real Máxima	Evapotranspiração Real Mínima
Janeiro	142,9	151,0	131,7
Fevereiro	124,8	134,7	110,9
Março	121,2	127,4	112,5
Abril	89,6	96,8	84,5
Maio	62,0	68,2	53,6
Junho	46,7	53,0	41,3
Julho	46,8	56,3	38,8
Agosto	59,6	71,6	51,2
Setembro	77,7	85,1	70,8
Outubro	112,6	119,7	104,6
Novembro	129,5	135,6	122,5
Dezembro	141,9	147,3	126,8

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Avaliando-se mensalmente, tem-se no mês de janeiro a maior média histórica, com 142,2mm, na qual o maior valor anual registrado na série para esse mês foi de 151,0mm. Enquanto que o mês de julho apresentou a menor média histórica, com 46,7mm, o menor valor anual registrado para a série no mês foi de 38,8mm.

Em relação à evapotranspiração real média mensal, conforme observado na Figura 43, verifica-se que os meses de verão apresentam os maiores valores, enquanto que os meses mais frios mostraram uma grande redução na evapotranspiração, assim como observado na evapotranspiração potencial.

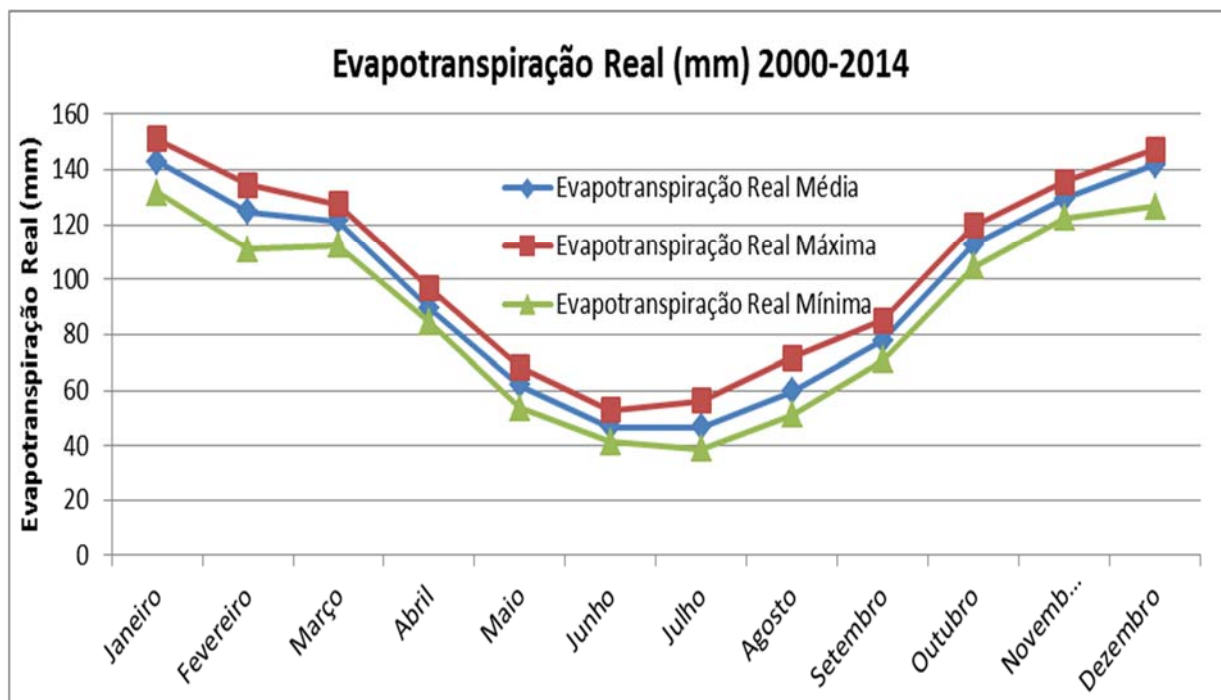


Figura 43 - Evapotranspiração Real Média Mensal. – MODIS MOD16 (2000-2014)
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

6 DISCRETIZAÇÃO DA BACIA DOS SINOS E AJUSTE DO MODELO HIDROLÓGICO

6.1 Conceito

O emprego de modelos é usual em diversas áreas do conhecimento em que é necessário representar fenômenos de grande escala (temporal e/ou espacial), de grande perigo, avaliação de cenários futuros ou quando o custo financeiro é proibitivo.

Estudos hidrológicos em sua maioria fazem uso de modelagem para obter os resultados necessários por meio de uma representação simplificada e conceitualizada dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica

Desta forma, modelos hidrológicos computacionais representam por meio de equações os componentes, superficial, subsuperficial e subterrâneo do escoamento, assim como os processos de evapotranspiração, interceptação e armazenamento.

Por meio da modelagem é possível espacializar as informações fluviométricas na bacia, ou seja, obter as vazões nos pontos de interesse, locais que não dispunham de estações fluviométricas.

No presente estudo faz-se necessário o uso da modelagem hidrológica computacional para quantificar os efeitos das cheias na Bacia do Rio dos Sinos.

Para tanto o modelo adotado e que atende adequadamente aos requisitos de representação destes fenômenos é o desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica (*Hydrologic Engineer Center*) do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), disponibilizado em uma plataforma computacional não comercial de uso livre e que vem sendo atualizado continuamente.

Os aspectos gerais de concepção da modelagem são distintos para cada resultado almejado.

No Quadro 38 são apresentados estes aspectos gerais os quais serão contemplados pelo modelo adotado.

Quadro 38 - Aspectos da concepção do modelo hidrológico para o estudo de cheias na Bacia

Aspectos Gerais da Concepção do Modelo Hidrológico			
Interesse	Tipo de Modelo	Calibração	Resultados
Cheias	Chuva-Vazão + Hidrodinâmico (por Evento)	Eventos de cheia (registrados)	Mancha de Inundação para Hidrograma de Projeto

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Para a modelagem da bacia em questão foi preconizado o uso do modelo HEC-HMS na versão 4.2. A descrição do modelo adotado e os parâmetros de controle adotados são apresentados a seguir.

6.2 Descrição dos Módulos do Modelo

A plataforma HEC (*Hydrologic Engineering Center*), desenvolvida pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), dispõe de módulos hidráulicos e hidrológicos para simulação, entre os quais os mais importantes são o módulo HEC-RAS – hidráulico e o módulo HEC-HMS – hidrológico.

O módulo de propagação de escoamento simula tanto escoamento permanente quanto não permanente, por meio da resolução das equações de continuidade e de quantidade de movimento, representando desta forma efeitos de jusante (remanso).

A descrição completa e detalhada é disponível em USACE –HEC-RAS (2010).

O módulo HMS (*Hydrologic Modeling System*) simula vários processos hidrológicos, dentre eles, destaca-se o processo de transformação chuva-vazão em sistemas de bacias hidrográficas urbanas e rurais.

Esta transformação é por meio da técnica do hidrograma unitário sendo disponível optar pelo método de Clark, Snyder ou SCS.

Já a representação do escoamento de base tem como alternativas, dentro do modelo vazão de base constante por mês, recessão exponencial e reservatório linear.

Os hidrogramas produzidos pelo modelo podem ser usados em estudos de disponibilidade de água, drenagem urbana, previsão de vazão, avaliação de impactos de urbanização, projeto de barramentos, regularização de vazões, hidrologia de banhados, entre outros.

O modelo assume que uma bacia hidrográfica é reproduzida como um grupo interligado de áreas, e os processos hidrológicos podem ser representados pelos parâmetros que refletem as condições médias dentro da área.

6.2.1 Componentes do Modelo Chuva-Vazão

O processamento do modelo hidrológico no HEC-HMS requer inicialmente a entrada de dados da bacia hidrográfica, bem como dados meteorológicos.

As especificações de controle definem os períodos e passo de tempo da simulação. Os dados de entrada consistem nas séries hidrológicas e climatológicas (precipitação, vazão, evaporação, etc.) que são parâmetros ou condições de contorno dos modelos de bacia e meteorológicos.

Posteriormente, são escolhidos os métodos para o cálculo das perdas, de transformação chuva-vazão, de composição do escoamento de base, de propagação em rios; considerando parâmetros relacionados a tais métodos, como a área das sub-bacias, tempo de concentração, fatores de perda por infiltração, evapotranspiração, e perdas em sumidouros.

A Figura 44 apresenta um fluxograma básico de construção do modelo.

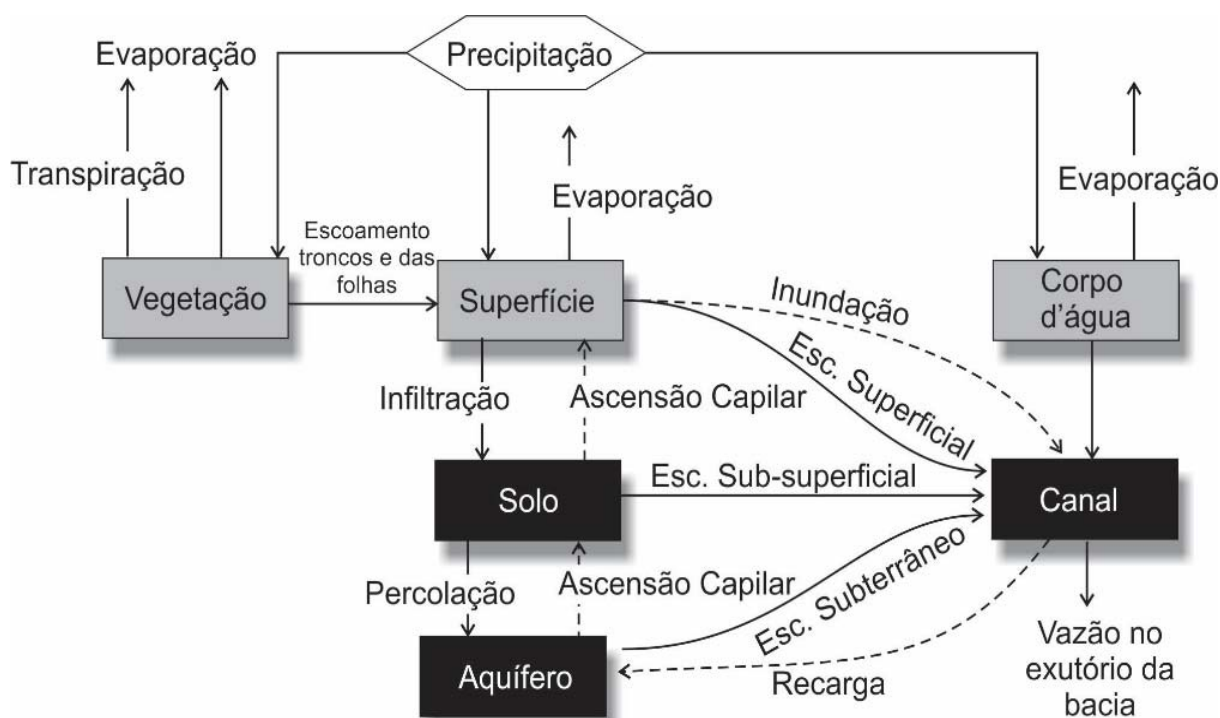


Figura 44 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica.
(Fonte: USACE-HEC-HMS, 2000)

6.2.2 Componente Modelo da Bacia

O modelo da bacia representa o componente físico da bacia hidrográfica.

Nesta categoria são inseridos e manipulados os dados referentes à geometria da bacia hidrográfica, sendo representado o esquema hidrológico da área, com as sub-bacias, os trechos de rios, possíveis reservatórios, junções e divisões dos canais.

Inclui, neste componente, a definição dos métodos e respectivos parâmetros referentes a perda por infiltração, evaporação, interceptação, os métodos de transformação chuva-vazão, de cálculo do escoamento de base e propagação em rios.

Este modelo é construído pela adição e conexão destes elementos hidrológicos. Estes elementos usam modelos matemáticos para descrever os processos físico da bacia (Quadro 39).

Os limites de bacia foram definidos através de da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (Escala 1:50.000), elaborados pela Centro de Ecologia/Laboratório de Geoprocessamento-UFRGS através da digitalização de cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) e do Instituto de Geografia e Estatística (IBGE).

Para esta etapa do trabalho (Estudos Hidrológicos) esta informação possui detalhe suficiente e condiz com o que foi utilizado no Plano de Bacia. Para as etapas seguintes, onde são necessários detalhes maiores para a construção do modelo hidrológico, foram utilizadas informações dos levantamentos aerofotogramétricos, levantamentos topobatimétricos, levantamentos topográficos e dados de satélite STRM.

Para cada um dos elementos do componente hidrológico, é disponível uma série de diferentes funções (modelos) para representar o processo físico em questão.

Cada uma destas diferentes funções pode ou não ser adequada para determinada condição específica.

A função utilizada para cada processo específico é apresentada nas seções seguintes.

Quadro 39 - Componentes do Modelo Hidrológico

Elemento Hidrológico	Descrição
Sub-bacia	Representa os processos hidrológicos das sub-bacias do modelo. Agrupa as funções matemáticas de conversão em chuva-vazão (infiltração, escoamento direto, interceptação, etc.)
Trecho	Representa os canais de adução do escoamento das sub-bacias. O parâmetro de entrada é a vazão nos exutórios destas. A vazão de saída é calculada através de uma função de propagação, atenuação e perda do hidrograma de entrada.
Junção	Representa a soma de escoamento de um ou mais exutórios de sub-bacias. A vazão de saída consiste apenas na soma simples sem armazenamento.
Fonte	Representa um elemento que introduz uma vazão no modelo da bacia. Esta vazão é manualmente definida pelo usuário. Pode ser usado para determinar a vazão bombeada de outra bacia, por exemplo.
Sumidouro	Representa o exutório de uma bacia. Recebe o escoamento de outros elementos do componente hidrológico. Consiste no fim lógico do modelo.
Reservatório	Representa um reservatório e consiste em funções hidrológicas de armazenamento e atenuação do hidrograma. O escoamento de entrada pode ser proveniente de um ou mais componentes hidrológicos. O armazenamento pode ser representado por uma função de vazão-armazenamento, elevação-armazenamento-vazão ou elevação-área-vazão. Uma ou mais saídas podem ser específicas neste componente.
Derivação	Representa as retiradas de vazão do sistema. Pode estar conectada a um ou mais elementos hidrológicos. Suas funções podem ser consideradas como uma captação com bombeamento, um vertedouro lateral ou qualquer outra curva de descarga.

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

6.2.3 Especificação de Controle

Refere-se aos períodos de tempo para os quais foram realizados os cálculos, incluindo data e horário de início e fim do determinado período, bem como o intervalo ou passo computacional.

A Figura 45 apresenta os componentes hidrológicos relacionados acima e sua composição no processo de determinação da saída do modelo hidrológico, isto é, o hidrograma simulado.

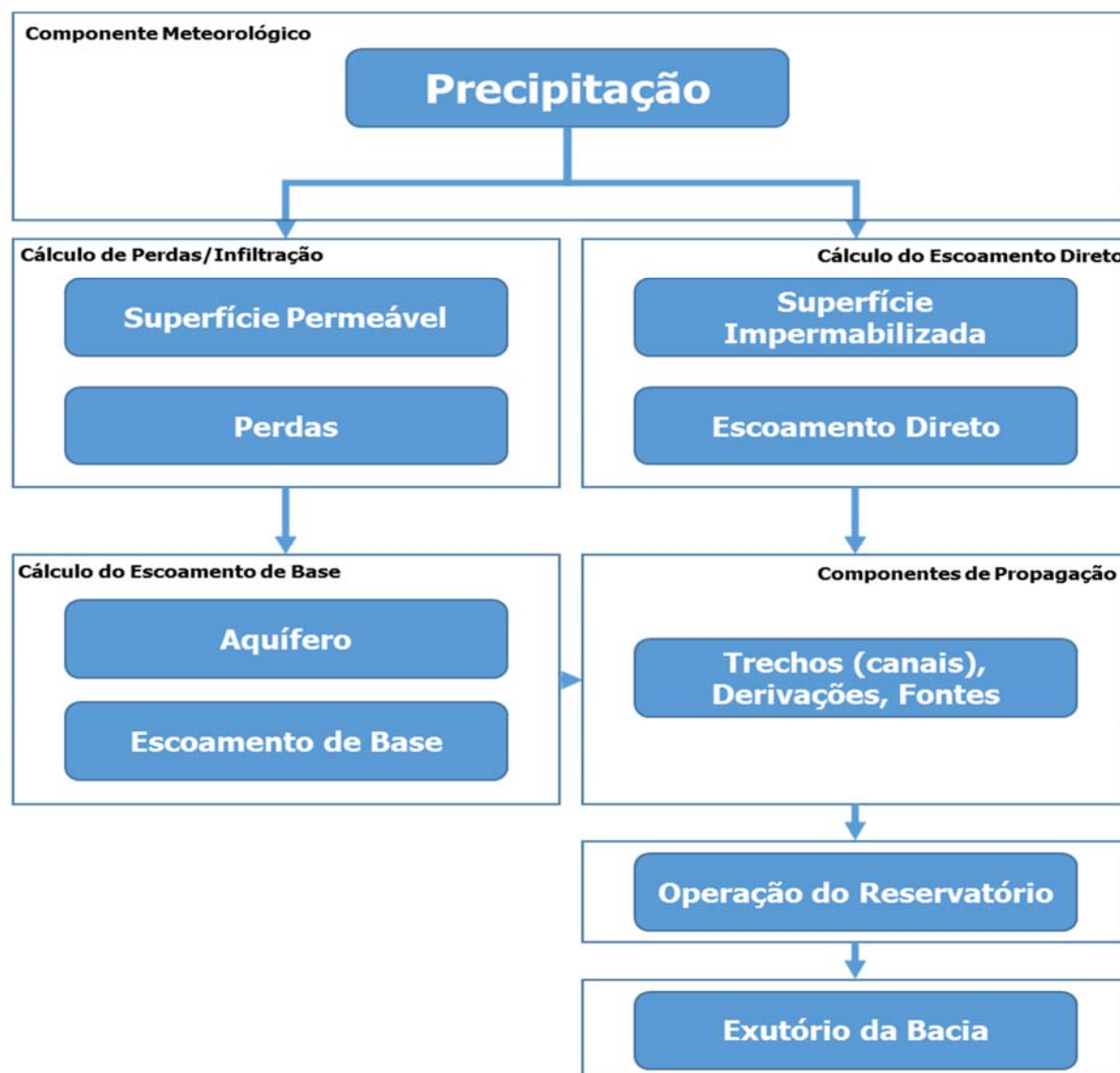


Figura 45 - Fluxograma Simplificado do Processo de Cálculo de Vazão.
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

6.3 Divisão de Sub-Bacias

O Elemento “Sub-bacia” (*subbasin*) do modelo HEC-HMS representa os processos hidrológicos das sub-divisões da área da bacia (as sub-bacias do Sinos) e, assim, agrupa as funções matemáticas de conversão em chuva-vazão (infiltração, escoamento direto, interceptação, etc.).

A divisão das sub-bacias para a construção do modelo hidrológico obedeceu aos seguintes critérios:

- Respeitando a divisão da caracterização Baixa, Médio, Alto Sinos;
- Considerando áreas relativamente homogêneas quanto ao uso do solo e declividade;
- Considerando a maior necessidade de detalhamento na análise das áreas urbanizadas, principalmente o Baixo Sinos;
- Considerando os pontos de controle importantes para a calibração do modelo como as Estações Fluviométricas existentes;

A partir destes conceitos foram criadas 120 sub-bacias dentro do modelo hidrológico:

- 25 sub-bacias no Alto Sinos;
- 58 sub-bacias no Médio Sinos;
- 38 sub-bacias no Baixo Sinos.

O método de denominação das sub-bacias consideradas no modelo indica a localização desta no conceito de Alto, Médio ou Baixo Sinos. Como por exemplo:

- MAG01 – sub-bacia 1 pertencente ao Alto Sinos.
- MMG18 – sub-bacia 18 pertencente ao Médio Sinos.
- MBG10 – sub-bacia 10 pertencente ao Baixo Sinos.

A classificação em Alto, Médio e Baixo Sinos é a mesma utilizada ao longo de todo este trabalho e no Plano de Bacia.

O Quadro 40 apresenta a nomenclatura das sub-bacias adotadas no modelo hidrológico e uma breve descrição naquelas com características notáveis.

A Figura 46 adiante, mostra esta mesma informação espacializada no contexto da bacia e a Figura 47 mostra a nomenclatura dos trechos adotados no modelo para representação da rede de drenagem.

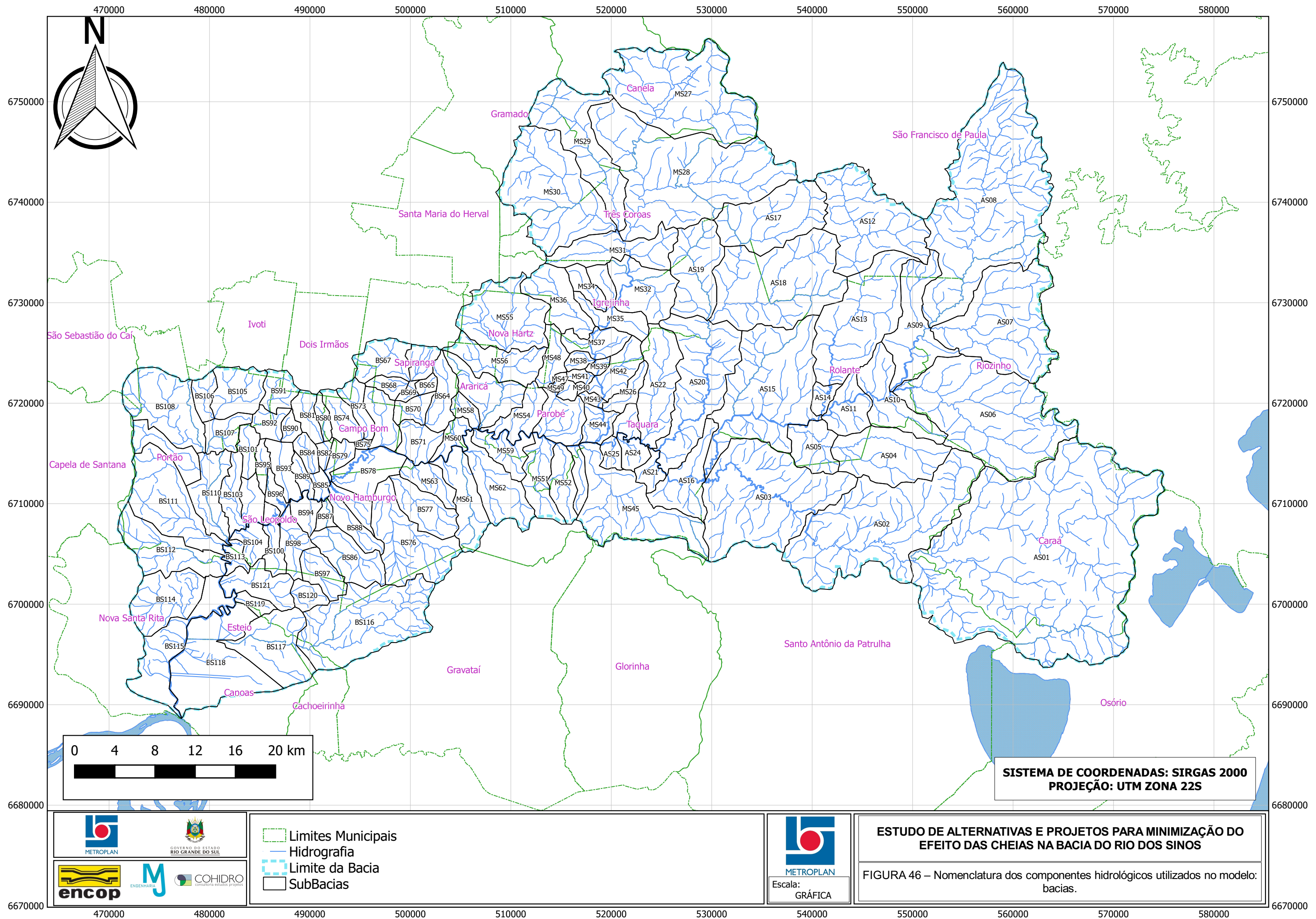
Quadro 40 - Nomenclatura das sub-bacias adotadas no modelo hidrológico.

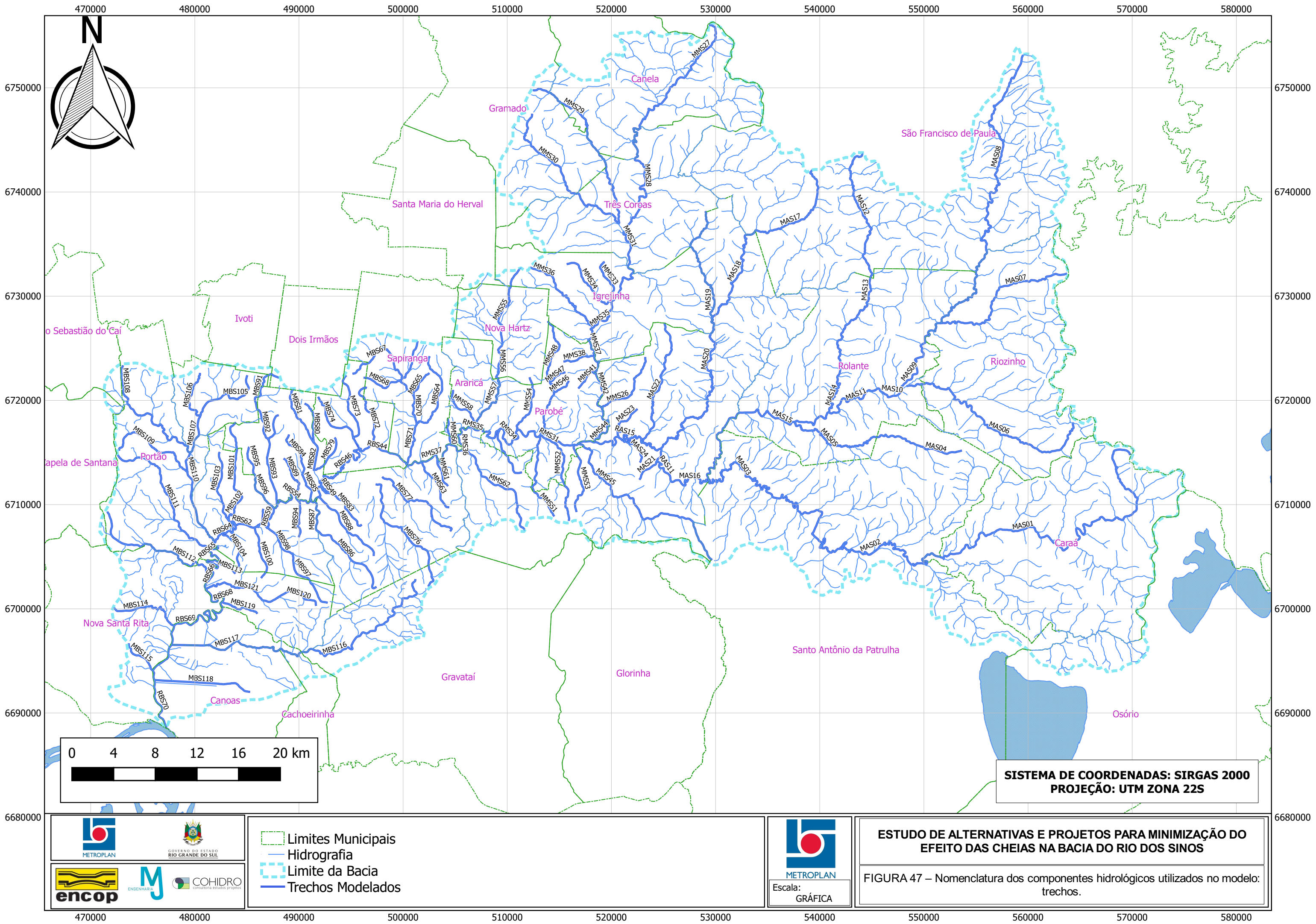
Subbacia	Área (km ²)	Localização	Descrição
AS01	370,7	Alto Sinos	Arroio Caraá
AS02	136,8	Alto Sinos	-
AS03	111,6	Alto Sinos	-
AS04	49,3	Alto Sinos	-
AS05	20,5	Alto Sinos	Arroio Riozinho
AS06	125,2	Alto Sinos	-
AS07	89,6	Alto Sinos	-
AS08	187,3	Alto Sinos	-
AS09	43,9	Alto Sinos	-
AS10	33,0	Alto Sinos	-
AS11	19,6	Alto Sinos	-
AS12	73,1	Alto Sinos	Rio Areia
AS13	74,3	Alto Sinos	Rio Areia
AS14	6,1	Alto Sinos	Área Urbana de Rolante
AS15	100,9	Alto Sinos	-
AS16	28,3	Alto Sinos	-
AS17	53,3	Alto Sinos	-
AS18	96,8	Alto Sinos	-
AS19	40,4	Alto Sinos	-
AS20	72,0	Alto Sinos	-
AS21	7,2	Alto Sinos	-
AS22	38,2	Alto Sinos	Área Urbana de Taquara
AS23	6,9	Alto Sinos	Área Urbana de Taquara
AS24	7,9	Alto Sinos	-
AS25	5,8	Alto Sinos	-
BS100	8,3	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo

Subbacia	Área (km²)	Localização	Descrição
BS101	8,4	Baixo Sinos	Arroio Cerquinha
BS102	9,8	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
BS103	13,2	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
BS104	9,6	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
BS105	22,9	Baixo Sinos	Área Urbana de Estância Velha
BS106	8,6	Baixo Sinos	Arroio Açude
BS107	12,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Estância Velha
BS108	44,4	Baixo Sinos	Área Urbana de Portão
BS109	16,5	Baixo Sinos	Área Urbana de Portão
BS110	23,8	Baixo Sinos	-
BS111	49,7	Baixo Sinos	-
BS112	36,1	Baixo Sinos	-
BS113	5,5	Baixo Sinos	-
BS114	33,1	Baixo Sinos	Área Urbana de Nova Santa Rita
BS115	39,3	Baixo Sinos	Área Urbana de Bento Círio
BS116	80,1	Baixo Sinos	-
BS117	40,3	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapucaia do Sul/Esteio/Canoas
BS118	67,1	Baixo Sinos	Área Urbana de Esteio/Canoas
BS119	5,2	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapucaia do Sul
BS120	8,3	Baixo Sinos	-
BS121	20,8	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapucaia do Sul
BS64	15,6	Baixo Sinos	Arroio Bambu
BS65	3,2	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapiranga
BS66	8,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapiranga
BS67	19,1	Baixo Sinos	-
BS68	6,0	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapiranga
BS69	2,6	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapiranga
BS70	8,4	Baixo Sinos	Área Urbana de Sapiranga
BS71	14,0	Baixo Sinos	-
BS72	15,4	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom e Sapiranga
BS73	10,0	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom
BS74	12,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom
BS75	1,4	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom
BS76	48,9	Baixo Sinos	-
BS77	22,3	Baixo Sinos	-
BS78	23,1	Baixo Sinos	-
BS79	6,8	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom
BS80	4,8	Baixo Sinos	Área Urbana de Campo Bom / Arroio Feitosa
BS81	10,0	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS82	3,3	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS83	8,6	Baixo Sinos	-
BS84	6,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS85	4,5	Baixo Sinos	-
BS86	25,0	Baixo Sinos	-
BS87	4,1	Baixo Sinos	Área Urbana de Feitoria
BS88	11,7	Baixo Sinos	-
BS89	5,4	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS90	4,5	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo

Subbacia	Área (km ²)	Localização	Descrição
BS91	11,6	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS92	8,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS93	12,7	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS94	8,1	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
BS95	5,5	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo
BS96	5,5	Baixo Sinos	Área Urbana de Novo Hamburgo/São Leopoldo
BS97	14,3	Baixo Sinos	-
BS98	13,5	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
BS99	2,8	Baixo Sinos	Área Urbana de São Leopoldo
MS26	8,4	Médio Sinos	Área Urbana de Taquara
MS27	101,2	Médio Sinos	-
MS28	147,1	Médio Sinos	-
MS29	55,3	Médio Sinos	-
MS30	85,9	Médio Sinos	-
MS31	33,5	Médio Sinos	-
MS32	31,5	Médio Sinos	Área Urbana de Três Coroas
MS33	6,7	Médio Sinos	-
MS34	8,8	Médio Sinos	-
MS35	14,3	Médio Sinos	Área Urbana de Igrejinha
MS36	27,3	Médio Sinos	-
MS37	14,2	Médio Sinos	Área Urbana de Igrejinha
MS38	4,2	Médio Sinos	Área Urbana de Parobé
MS39	2,8	Médio Sinos	-
MS40	1,0	Médio Sinos	-
MS41	3,1	Médio Sinos	Área Urbana de Parobé
MS42	17,2	Médio Sinos	-
MS43	2,6	Médio Sinos	-
MS44	10,3	Médio Sinos	-
MS45	65,7	Médio Sinos	-
MS46	2,9	Médio Sinos	Área Urbana de Parobé
MS47	1,5	Médio Sinos	Área Urbana de Parobé
MS48	11,5	Médio Sinos	-
MS49	0,9	Médio Sinos	Área Urbana de Parobé
MS50	19,7	Médio Sinos	-
MS51	21,2	Médio Sinos	-
MS52	15,8	Médio Sinos	-
MS53	7,7	Médio Sinos	-
MS54	16,2	Médio Sinos	-
MS55	49,0	Médio Sinos	Área Urbana de Nova Hartz
MS56	26,8	Médio Sinos	Área Urbana de Araricá
MS57	26,2	Médio Sinos	-
MS58	6,1	Médio Sinos	-
MS59	16,0	Médio Sinos	-
MS60	8,3	Médio Sinos	-
MS61	27,1	Médio Sinos	-
MS62	30,8	Médio Sinos	-
MS63	13,4	Médio Sinos	-

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)





6.4 Determinação dos Parâmetros Hidrológicos

6.4.1 Coeficiente CN e impermeabilização

Para determinação dos parâmetros hidrológicos a serem considerados no modelo a ser utilizado deverá ser realizada uma classificação do uso do solo de acordo com a resposta hidrológica típica de cada região.

As classificações consideradas são correspondentes a tipos hidrológicos específicos da Bacia do Rio dos Sinos, não necessariamente aplicáveis a qualquer outra bacia. Considerando que a análise do presente estudo é regional e não pontual as classes hidrológicas apontadas indicam um comportamento hidrológico de grande escala, ou seja, as classes apontadas apresentam os parâmetros médios da sub-bacia analisada.

A seguir são apresentadas as 8 classes hidrológicas propostas distintas e características da região do estudo.

- **Área Urbanizada de Baixa Densidade:** composta principalmente de edificações unifamiliares, significativo percentual de área dos lotes não edificada, algumas pequenas praças/áreas esportivas e ruas pavimentadas ou não. Representa geralmente os subúrbios e frentes de expansão de urbanização dos municípios. Apresenta baixa a média capacidade de infiltração local direta e grande variabilidade na disponibilidade de serviços públicos de drenagem.
- **Área Urbanizada de Alta Densidade:** composta das áreas urbanas consolidadas, centros comerciais ou áreas mais antigas da cidade, apresentando edificações multifamiliares, estacionamentos, ruas pavimentadas e alto índice de ocupação dos lotes. Apresenta baixíssima capacidade de infiltração direta e alta disponibilidade de serviços de drenagem.
- **Área Industrial:** composta de indústrias que ocupam uma grande área, mas com índice de edificação baixo. O lote geralmente apresenta áreas para movimento de veículos/maquinário, buffers de segurança/ambientais e zonas de futura expansão. Apresenta baixa a média capacidade de infiltração local direta, projeto de drenagem intra-lote bem resolvido e boa disponibilidade de serviços de drenagem pública.
- **Mata/Reflorestamento:** representa as áreas com vegetação de grande porte com média a alta densidade vegetal e significativa cobertura. Somente são consideradas nesta classe áreas com tamanho significativo suficiente para impactar na resposta hidrológica. Apresentam valores característicos de interceptação e evapotranspiração.
- **Campo:** áreas com campo nativo ou lavoura não manejada diretamente. Apresentam características hidrológicas superficiais bastante uniformes se comparadas com as demais classes.
- **Lavoura:** áreas de cultivo manejado, na bacia do estudo principalmente arroz. Apresentam técnicas de manejo da drenagem e irrigação que tornam a resposta hidrológica em grande escala significativamente diferente dos Campos, mesmo se a cobertura vegetal e solo forem semelhantes.

- **Água:** todos os corpos hídricos consolidados com baixa variação de área alagada. Na bacia do Rio dos Sinos consistem principalmente de açudes e reservatórios construídos.
- **Banhado/Campo Úmido:** os banhados apresentam características hidrológicas diferenciadas dos corpos hídricos consolidados e foram tratados a parte.
- **Solo:** solo exposto sem cobertura vegetal.
- **Mista:** algumas bacias analisadas podem apresentar características que as fazem pertencer a 2 ou mais classes hidrológicas e assim os coeficientes hidrológicos foram ponderados entre o percentual de cada uma.

A partir da análise do mapa de solos do IBGE foram determinados que apenas as classes hidrológicas B C e D existem no contexto da bacia.

Baseados na classificação do uso do solo feito para o presente estudo e dados de imagem aerofotogramétricos realizados neste estudo foram classificados os tipos de uso de solo para a bacia.

A partir do cruzamento destas duas informações foram determinados os coeficientes CN e a taxa de impermeabilização de cada sub-bacia de acordo com o Quadro 41.

Quadro 41 - Coeficiente CN e Impermeabilização para as diferentes classes de uso de solo

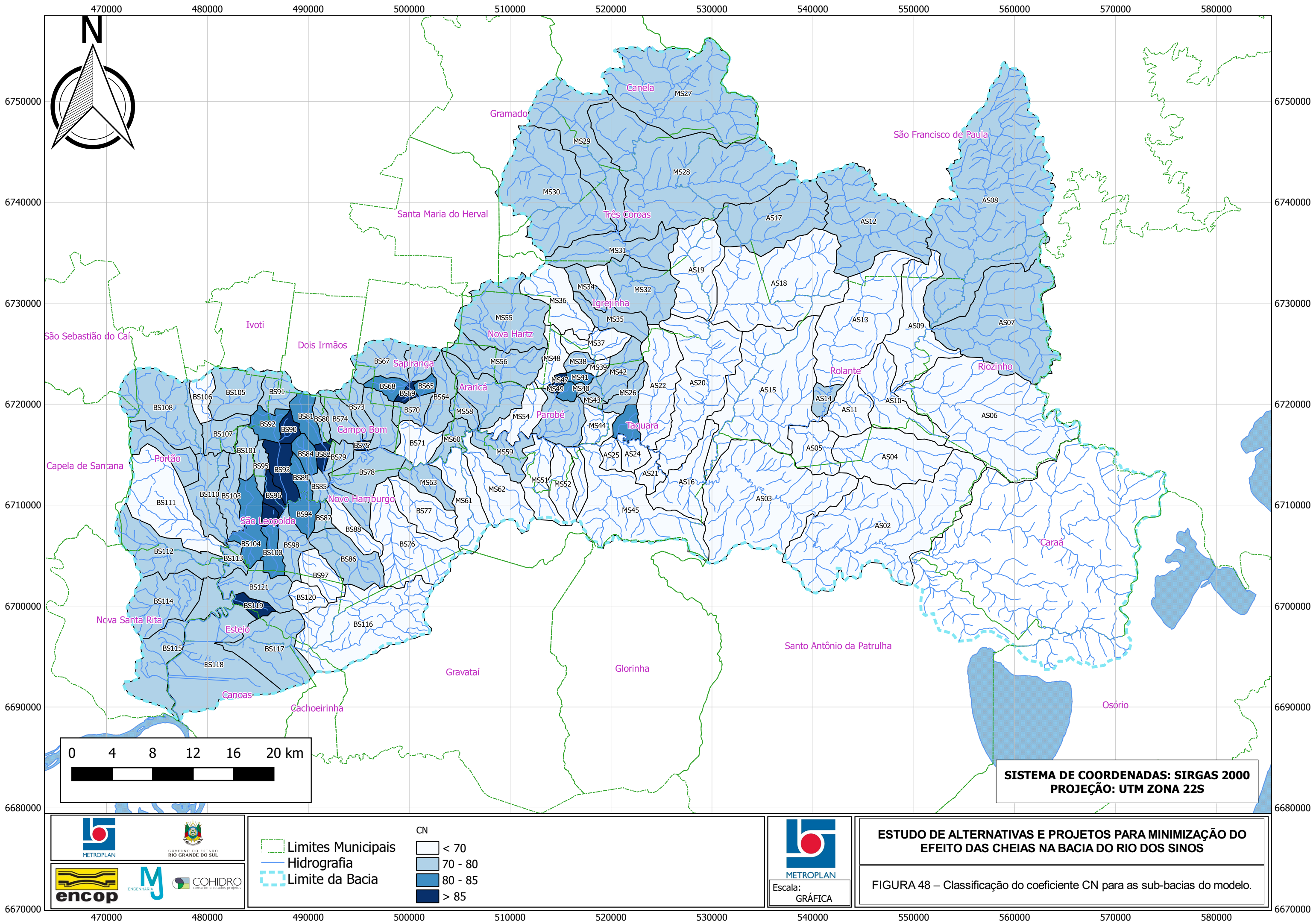
Classificação	CN			Impermeabilização
	B	C	D	
Área Urbanizada de Baixa Densidade	85	90	92	40%
Área Urbanizada de Alta Densidade	92	94	95	50%
Área Industrial	70	74	80	30%
Mata/Reflorestamento	55	70	77	0%
Campo	65	77	77	0%
Lavoura	65	70	77	2%
Solo	48	50	60	
Água	-	-	-	0%
Banhado/Campo Úmido	92	94	94	0%

Adaptado de Urban Hydrology for Small Watersheds (USDA, 1986).

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

A Figura 48 mostra o coeficiente CN final adotado e a Figura 49 mostra impermeabilização adotada, respectivamente.

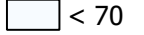
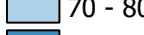
Nas áreas urbanas onde o Plano Diretor indica valores máximos estes serão adotados para representar as situações futuras e elaboração de cenários.





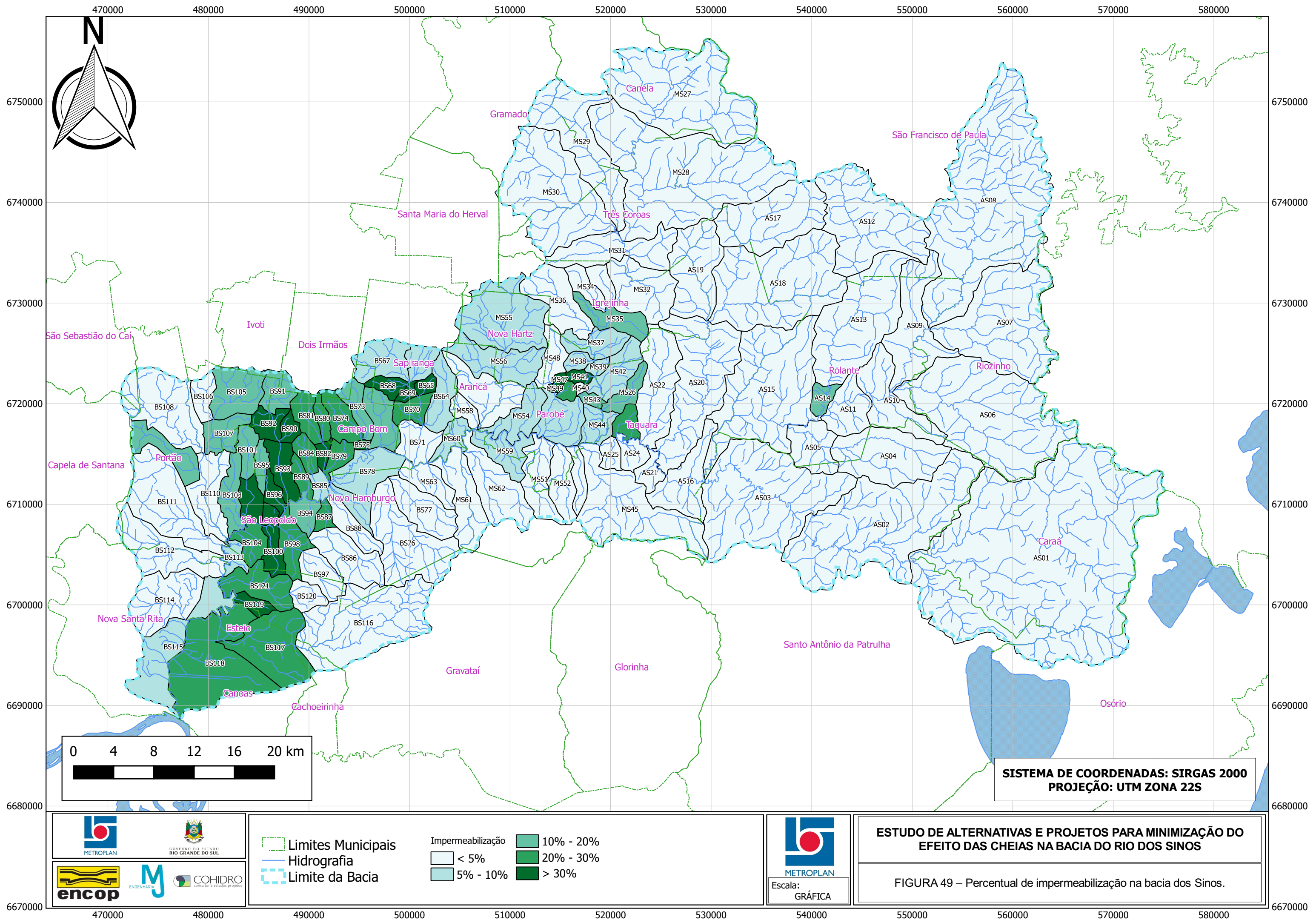


- Limites Municipais
- Hidrografia
- Limite da Bacia

CN	
	< 70
	70 - 80
	80 - 85
	> 85



Escala:
GRÁFICA



6.4.2 Escoamento Superficial

✓ Para o modelo de Eventos de Cheias (SCS Curve Number)

A função de geração de descarga líquida do modelo hidrológico HEC-HMS, adotada em toda a bacia do Rio dos Sinos, e destinada à geração de chuvas efetivas foi preconizada pelo Soil Conservation Service (SCS).

Essa função requer a calibração de um parâmetro CN (Curve Number), associado ao tipo e ao uso do solo, bem como ao estado inicial de umidade do solo, conforme o equacionamento subsequente:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$I_a = 0,2.S$$

$$P_e = \frac{(P - 0,2.S)^2}{P + 0,8S}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Onde:

Pe: precipitação efetiva ou escoamento Superficial (mm);

P: precipitação total (mm);

S: capacidade máxima de infiltração (mm);

Ia: abstrações iniciais (mm);

CN: parâmetro curve number.

Assim, para a determinação deste parâmetro distribuído em toda a bacia foram relacionados os mapas de uso e classificação dos solos.

6.4.3 Hidrogramas

O hidrograma unitário sintético utilizado neste estudo foi o estimado pelo Método de Snyder, na versão HEC-HMS, que depende do tempo de retardamento, da vazão de pico e da duração total do escoamento, ou seja, para a definição da base do hidrograma.

Com o módulo HEC-HMS foi possível espacializar as informações fluviométricas na bacia, ou seja, obter as vazões nos pontos de interesse.

Em locais que não dispunham de estações fluviométricas, por exemplo, foram obtidas as vazões de saída de cada sub-bacia.

O tempo de retardamento (t_p) é definido como o tempo entre o centro de massa da precipitação efetiva (escoamento superficial direto) e o pico do hidrograma e está representado na equação a seguir.

$$t_p = C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0,3}$$

Onde:

t_p : tempo de retardamento (h);

L : comprimento do rio principal (km);

L_c : distância do centro de gravidade da bacia (km), medido ao longo do curso principal, desde a seção considerada até a projeção do centro de gravidade sobre o rio;

C_t : coeficiente numérico, variável entre 1,8 e 2,2, sendo os menores valores para bacias com grandes inclinações.

6.4.4 Propagação de Vazões

O método selecionado para a propagação de vazões é o da onda cinemática. Este método resolve a equação da continuidade em conjunto com uma equação simplificada de conservação de quantidade de momento em cada trecho do modelo.

Este método também permite que a vazão e área hidráulica varie espacialmente e temporalmente no trecho modelado, possibilitando desta forma, a representação de hidrogramas com picos valores atenuados e retardos no tempo de ocorrência.

Neste modelo as equações de continuidade e quantidade de movimento são resolvidas na forma de equações diferenciais parciais: equação da continuidade ou de conservação de massa e equação da conservação de momento:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Q \cdot V}{\partial x} + g \cdot A_T \cdot \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Onde:

Q é a vazão;

t é o tempo;

A_T é a área da seção;

q_l é o aporte lateral de vazão;

z é a cota (ou nível);

V é a velocidade;

g é a aceleração da gravidade;

S_f é a declividade da linha de energia;

x é a distância ao longo do rio.

A resolução das equações exige que as condições do escoamento sejam conhecidas nos extremos do problema. Como condições de contorno de montante podem ser inseridas séries de vazão ou de nível na seção mais a montante.

As condições de contorno de jusante podem ser vazões, níveis, ou uma relação entre vazões e níveis tal como uma curva-chave ou a equação de Manning para uma dada declividade da linha d'água.

Em termos operacionais, apresenta-se, a seguir, o equacionamento e a metodologia deste modelo, sendo apresentadas as funcionalidades e rotinas utilizadas. Mais detalhes sobre o programa podem ser observados nos manuais do mesmo (HEC-RAS, 2010).

Considerando duas seções consecutivas em um canal, a expressão da conservação da energia utilizada no programa HEC-RAS é a representada pela Equação a seguir.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} + h_e$$

Onde:

Y_1 e Y_2 são as profundidades da água nas seções transversais;

Z_1 e Z_2 são as cotas de fundo no canal principal;

V_1 e V_2 são as velocidades médias (vazão total / área total de escoamento);

α_1 e α_2 são os coeficientes de ponderação da velocidade;

g é aceleração gravitacional;

h_e é a perda de energia.

A perda de energia é composta de uma perda linear e uma perda singular, que é calculada pelo comprimento do trecho ponderado pela vazão. A perda de carga ainda é calculada individualmente para o canal principal e as margens (planícies de inundação).

6.4.5 Evapotranspiração

A Evapotranspiração será computada para cada sub-bacia através de valores estimados pelo método de Penman (ver capítulo de Caracterização Climatológica).

6.4.6 Interceptação

A interceptação é a retenção de parcela da precipitação acima da superfície do solo, tal que esta não infiltra ou transforma-se em escoamento superficial. A interceptação pode ocorrer devido à vegetação ou outra forma de obstrução ao escoamento.

Este volume é retido e, por evaporação, retorna à atmosfera. A interceptação funciona como um reservatório que pode reduzir ou retardar os picos de hidrograma de cheias.

Na interceptação vegetal o mecanismo de retenção da precipitação consiste no armazenamento de chuvas nas árvores, arbustos ou demais plantas com folhas de tamanho significativo.

A metodologia a ser usada para a representação da interceptação é a de Dynamic Canopy onde o volume acumulado nos reservatórios das folhas é preenchido ou deplecionado de acordo com a capacidade máxima, precipitação e evapotranspiração no período.

A cobertura vegetal considerou uma variação temporal da capacidade de retenção de acordo com as características principais de cada sub-bacia. Foram definidas 3 variações mensais de capacidade de retenção: lavoura, mata/floresta e urbana (sem variação e valor mínimo).

Tais variações consideraram a forma de cultura e crescimento do arroz (principal cultura da região) e da variação da capacidade foliar da mata nativa.

6.4.7 Escoamento de base

O escoamento de base, isto é, aquele produzido pela drenagem do aquífero subterrâneo, é aquele que consiste na produção de água durante as estações secas, desta forma, é fundamental para a determinação da estiagem na bacia.

O método utilizado será o de Reservatório Linear (Linear Reservoir Baseflow). Em tal método a infiltração calculada é computada como uma vazão de entrada em um reservatório linear. Este método conserva massa no contexto da bacia.

6.5 Espacialização da Precipitação nas Sub-bacias

A definição das áreas de influência de cada posto pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos foi realizada pelo método dos Polígonos de Thiessen no período com dados pluviométricos entre jan/1945 e dez/2015.

Atribuiu-se assim, para cada dia deste período e para cada sub-bacia, a precipitação correspondente do polígono do posto que contivesse o centroide da sub-bacia.

As falhas de dados de precipitação não foram preenchidas, isto foi contornado gerando-se para cada combinação de disponibilidade de dados uma disposição distinta dos polígonos.

Visto que a região apresenta grande homogeneidade de precipitações, principalmente para as mais intensas, que são geradas por eventos frontais com grande abrangência e uniformidade.

Ainda, devido às sub-bacias terem em média áreas de drenagem da ordem de 30 km² a variabilidade espacial internamente a elas é pouco significativa, sendo aceitável adotar o valor da precipitação do posto mais próximo.

6.6 Calibração do Modelo

Para a realização da calibração do modelo hidrológico a resposta em pontos de controle específicos foi comparada com os dados fluviométricos observados.

O modelo é considerado calibrado quando a dispersão entre os resultados observados e os resultados simulados é a menor possível.

6.6.1 Calibração e Validação do Modelo para Eventos de Cheia

A calibração do modelo de cheia foi realizada através da seleção dos eventos de cheias mais importantes dentro do período de análise (2002 a 2016). Para cada uma das 3 estações fluviométricas analisadas foram selecionados 3 períodos onde tenham ocorrido os maiores deflúvios.

O período com a maior vazão de pico foi selecionado como série de calibração e os demais foram indicados como períodos de aferição. O passo de tempo utilizado no modelo foi de 1 (um) dia.

Os seguintes períodos foram selecionados (o primeiro período indica a vazão de pico):

Taquara Montante:

- 01/08/2013 a 20/09/2013
- 20/04/2008 a 20/05/2008
- 20/08/2005 a 20/09/2005

Campo Bom:

- 01/07/2011 a 18/08/2011
- 20/04/2008 a 20/05/2008
- 20/08/2005 a 20/09/2005

São Leopoldo:

- 01/07/2011 a 18/08/2011
- 04/07/2010 a 28/08/2010
- 20/08/2005 a 20/09/2005

Os procedimentos utilizados para calibração do modelo envolvem análises de ajuste dos hidrogramas observados e simulados em conjunto com medidas de desempenho quantitativas dos ajustes.

Para a avaliação quantitativa dos ajustes foi utilizado o indicador de eficiência Nash-Sutcliffe das vazões, o coeficiente representa o quanto os resultados obtidos com o modelo são melhores que um modelo alternativo representado pelas vazões médias de longo período observadas.

Os valores do coeficiente variam entre menos infinito e 1 (um), valores próximos a 1(um) indicam que os resultados do modelo são muito superiores à média de longo período, valores próximos a zero indicam que os resultados são parecidos com a média, enquanto que valores negativos indicam que o modelo é pior do que a média.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (QC_i - QO_i)^2}{\sum_{i=1}^N (QO_i - QO_m)^2}$$

Os Quadro 42, Quadro 43 e Quadro 44 abaixo, apresentam a qualidade dos ajustes realizados para calibração do modelo de eventos de cheias, para as 3 estações analisadas.

Quadro 42 - Taquara Montante - Qualidade do ajuste para eventos selecionados

Período	Máx(simulado)	Máx(Observado)	ΔQ	%	NS
01/08/2013 a 20/09/2013	606	471	135	22%	0,87
20/04/2008 a 20/05/2008	431	440	-9	-2%	0,96
20/08/2005 a 20/09/2005	279	359	-80	-29%	0,92

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 43 - Campo Bom - Qualidade do ajuste para eventos selecionados.

Período	Máx(simulado)	Máx(Observado)	ΔQ	%	NS
01/07/2011 a 18/08/2011	624	747	-123	-20%	0,90
20/04/2008 a 20/05/2008	816	793	23	3%	0,89
20/08/2005 a 20/09/2005	552	725	-173	-31%	0,93

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Quadro 44 - São Leopoldo - Qualidade do ajuste para eventos selecionados.

Período	Máx(simulado)	Máx(Observado)	ΔQ	%	NS
01/07/2011 a 18/08/2011	695	879	-184	-26%	0,75
04/07/2010 a 28/08/2010	543	461	82	15%	0,85
20/08/2005 a 20/09/2005	642	878	-236	-37%	0,92

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

As Figura 50, Figura 51 e Figura 52 a seguir, apresentam os eventos de chuvas observados e simulados.

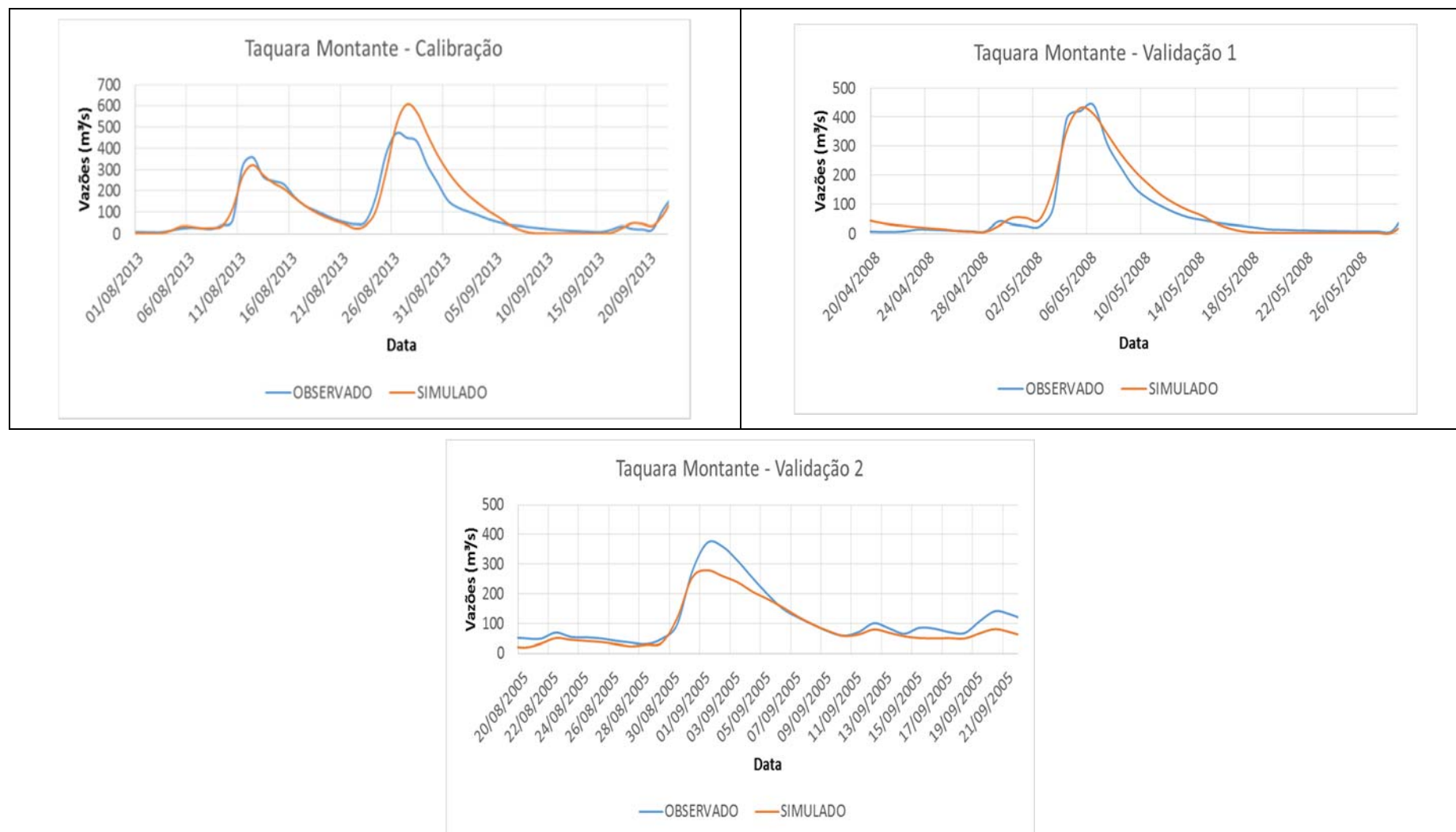


Figura 50 - Taquara Montante – Resultados da calibração
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

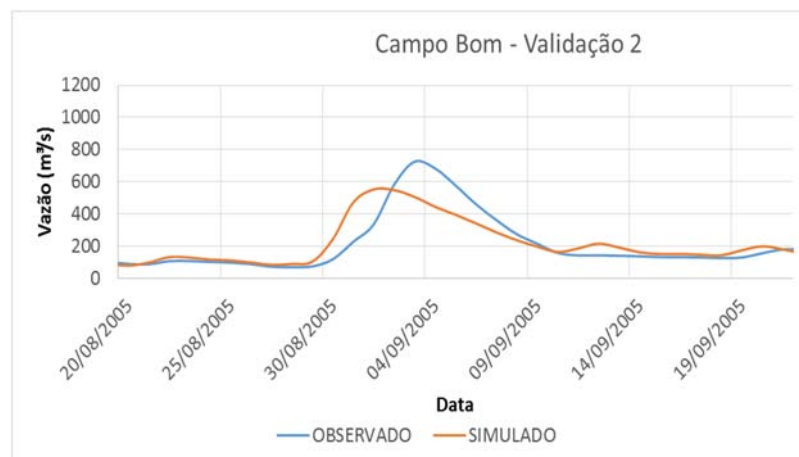
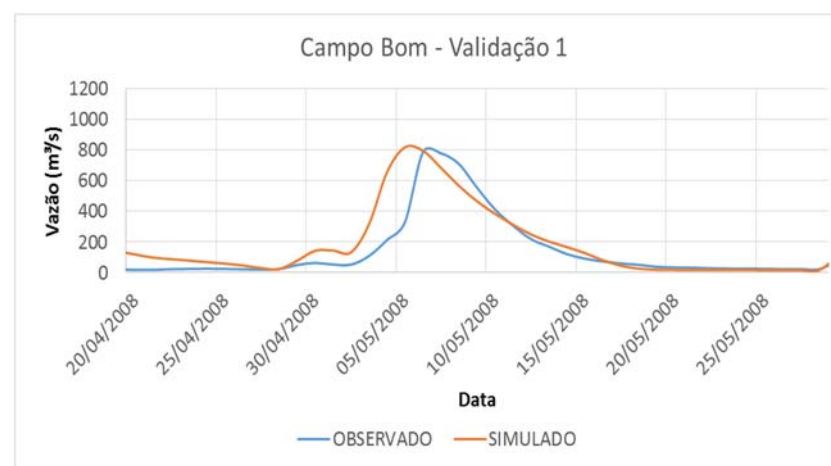
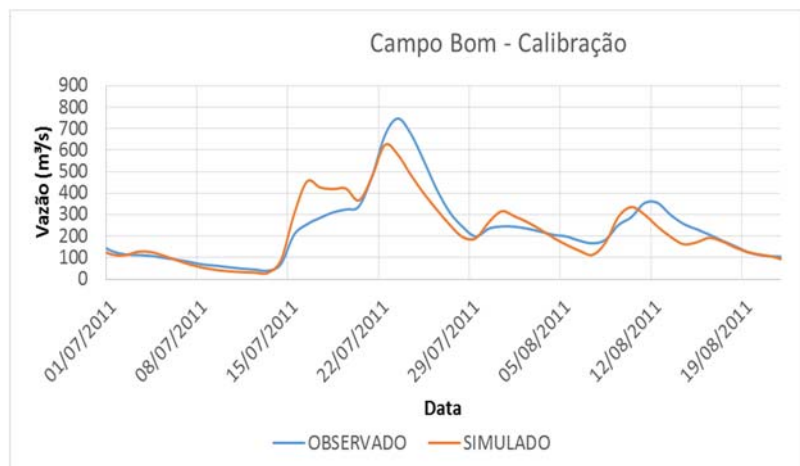


Figura 51 - Campo Bom – Resultados da calibração
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

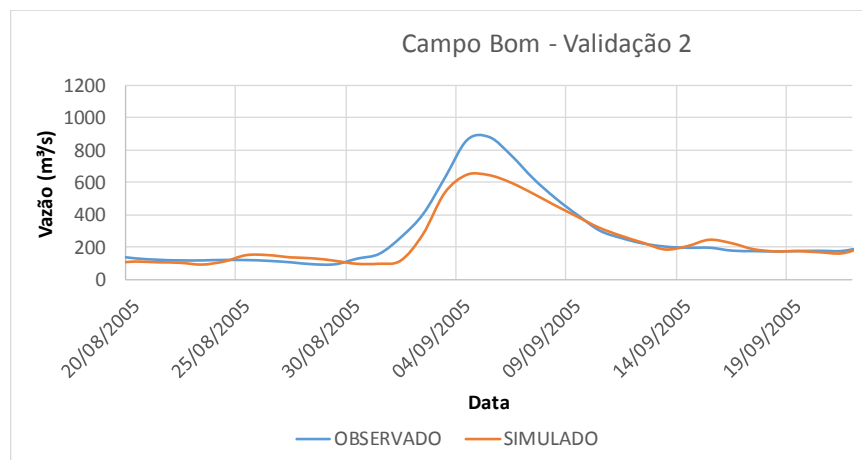
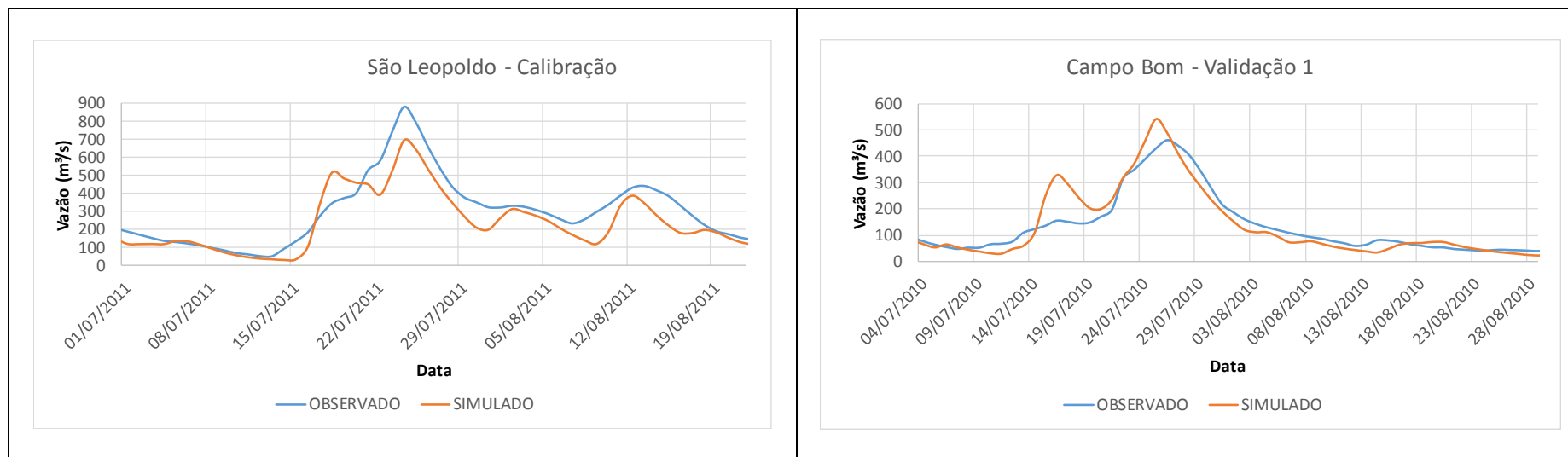


Figura 52 - São Leopoldo – Resultados da calibração
(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

7 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos estudos hidrológicos referentes aos períodos de eventos de cheias.

Conforme já citado anteriormente a mudança temporal das condições hidrológicas da bacia que ocorre devido as alterações de uso do uso, urbanização, alteração das práticas agrícolas, alteração da ocupação urbanas, etc, demanda que se deixe claro o que representam os resultados obtidos no trabalho.

Os resultados obtidos correspondem à resposta hidrológica da bacia no tempo e espaço (hidrogramas) para eventos de precipitação considerando as condições hidrológicas existentes atualmente na área.

De tal maneira que a distribuição de vazões observadas em longo período na bacia do dos Sinos e em cada ponto de controle poderá ser distinta das vazões-resultado da simulação. Tal é esperado e consistente com as observações levantadas acima.

O período de simulação utilizado para reprodução das séries fluviométricas (simulação contínua) foi de 01/01/1945 até 31/12/2015, consistindo de 70 anos de dados. Isto permite a extrapolação estatística com segurança até períodos de 100 anos de tempo de retorno.

7.1 Eventos de Cheias

Segundo Tucci (2009) os hidrogramas de projeto são usualmente determinados com base na precipitação. O hidrograma pode ser associado a precipitações máximas prováveis e precipitações associadas a risco ou probabilidade de ocorrência. O segundo método é o utilizado no contexto da bacia do Rio dos Sinos.

O hidrograma de projeto é obtido através da precipitação de projeto aplicada a cada sub-bacia e a propagação da mesma através dos canais e reservatórios até a seção de interesse.

Devido à dimensão da bacia do Rio dos Sinos a discretização da precipitação é indispensável para caracterização dos eventos de chuvas extremas.

Devido à metodologia utilizada (modelo chuva-vazão) o hidrograma de projeto resultante terá seu risco associado às precipitações e não aos hidrogramas passantes em trecho da bacia.

As precipitações de projeto analisadas foram aquelas com tempo de retorno de: 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos.

7.1.1 Distribuição Espacial das Precipitações

A precipitação máxima pontual não é a mesma para toda a bacia (apenas para bacias de pequenas dimensões). Durante um evento chuvoso as precipitações máximas ocorrem sobre uma pequena área, reduzindo-se com o espaço.

Para a estimativa da precipitação média, função da precipitação máxima pontual será adotado um coeficiente de abatimento K_A , tal que:

$$K_A = 1 - 0,25 \frac{\sqrt{A}}{\beta}$$

$$\beta = 0,054t + 12,9$$

Onde:

K_A = coeficiente de abatimento (entre 0 e 1);

A = área em km²;

t = duração do evento em minutos.

Para bacias menores do que 25 km² o coeficiente foi considerado foi de $K_A = 1$.

7.1.2 Distribuição Temporal das Precipitações

O passo de tempo de discretização da precipitação deve ser menor ou igual a 1/5 do tempo de concentração e 1/3 do tempo de pico.

O Quadro 45 apresenta o tempo de concentração para as sub-bacias do modelo.

Devido à quantidade de sub-bacias e à variação de características suas características o intervalo de tempo de precipitação deve ser compatível com cada uma destas. Desta forma o intervalo de tempo escolhido para a representação dos eventos de chuva foi de 5 minutos.

Quadro 45 - Tempo de Concentração para as sub-bacias do modelo.

Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)
MAS01	900	MBS106	300	MBS79	270	MMS36	420
MAS02	720	MBS107	240	MBS80	270	MMS37	240
MAS03	720	MBS108	540	MBS81	330	MMS38	210
MAS04	510	MBS109	420	MBS82	210	MMS39	180
MAS05	330	MBS110	420	MBS83	270	MMS40	120
MAS06	720	MBS111	540	MBS84	270	MMS41	120
MAS07	510	MBS112	510	MBS85	210	MMS42	210
MAS08	900	MBS113	180	MBS86	390	MMS43	180
MAS09	420	MBS114	360	MBS87	210	MMS44	300
MAS10	240	MBS115	240	MBS88	390	MMS45	720
MAS11	330	MBS116	720	MBS89	240	MMS46	180
MAS12	510	MBS117	480	MBS90	210	MMS47	180
MAS13	540	MBS118	420	MBS91	300	MMS48	330
MAS14	270	MBS119	240	MBS92	210	MMS49	120
MAS15	720	MBS120	270	MBS93	330	MMS50	270
MAS16	330	MBS121	390	MBS94	240	MMS51	420
MAS17	480	MBS64	390	MBS95	210	MMS52	390
MAS18	450	MBS65	210	MBS96	270	MMS53	360
MAS19	480	MBS66	270	MBS97	330	MMS54	330
MAS20	720	MBS67	390	MBS98	330	MMS55	390
MAS21	210	MBS68	270	MBS99	120	MMS56	240
MAS22	510	MBS69	180	MMS26	360	MMS57	330
MAS23	210	MBS70	210	MMS27	510	MMS58	270
MAS24	270	MBS71	270	MMS28	570	MMS59	300
MAS25	210	MBS72	360	MMS29	720	MMS60	180
MBS100	300	MBS73	360	MMS30	570	MMS61	210
MBS101	330	MBS74	330	MMS31	180	MMS62	480
MBS102	330	MBS75	120	MMS32	360	MMS63	300
MBS103	360	MBS76	510	MMS33	270		
MBS104	300	MBS77	450	MMS34	330		
MBS105	360	MBS78	420	MMS35	270		

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

7.1.3 Precipitações Extremas

Um evento crítico de chuva pode ser construído artificialmente com base em características estatísticas de eventos observados e registrados.

Estas características estatísticas e parâmetros são levados em conta através de dois elementos básicos: **(a)** período de retorno **Tr** da precipitação de projeto (anos) e **(b)** duração crítica do evento (min) igual ou superior ao tempo de concentração.

É usual representar as precipitações extremas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF) das precipitações sobre a bacia contribuinte.

Expressas sob forma de tabelas ou equações, as curvas IDF fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno.

A equação IDF apresenta a seguinte formatação:

$$I = \frac{a * Tr^b}{(t + c)^d}$$

Onde:

I = intensidade de chuva, em mm/h; **Tr** = tempo de retorno (anos); **t** = duração (minutos);

a, b, c, d = coeficientes da equação

[*] Para as diversas sub-bacias do Rio dos Sinos, foram adotados: **a**= conf. Quadro 46 abaixo Sampaio (2011), **b** = 0,137 **c**=8,97 e **d**=0,758.

A metodologia considera diferentes coeficientes para a distribuição de chuvas extremas de acordo com a localização na bacia.

Quadro 46 - Coeficiente 'a' da Equação IDF

Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)
MAS01	1098,61	MBS106	1003,08	MBS79	1003,08	MMS36	1003,08
MAS02	1003,08	MBS107	1003,08	MBS80	1003,08	MMS37	1003,08
MAS03	1003,08	MBS108	1003,08	MBS81	1003,08	MMS38	1003,08
MAS04	1003,08	MBS109	1003,08	MBS82	1003,08	MMS39	1003,08
MAS05	1003,08	MBS110	1003,08	MBS83	1003,08	MMS40	1003,08
MAS06	1098,61	MBS111	1003,08	MBS84	1003,08	MMS41	1003,08
MAS07	1098,61	MBS112	1003,08	MBS85	1003,08	MMS42	1003,08
MAS08	1098,61	MBS113	1003,08	MBS86	1003,08	MMS43	1003,08
MAS09	1098,61	MBS114	1003,08	MBS87	1003,08	MMS44	1003,08
MAS10	1003,08	MBS115	1003,08	MBS88	1003,08	MMS45	955,31
MAS11	1003,08	MBS116	1003,08	MBS89	1003,08	MMS46	1003,08
MAS12	1003,08	MBS117	1003,08	MBS90	1003,08	MMS47	1003,08
MAS13	1003,08	MBS118	1003,08	MBS91	1003,08	MMS48	1003,08
MAS14	1003,08	MBS119	1003,08	MBS92	1003,08	MMS49	1003,08
MAS15	1003,08	MBS120	1003,08	MBS93	1003,08	MMS50	1003,08
MAS16	1003,08	MBS121	1003,08	MBS94	1003,08	MMS51	955,31
MAS17	1003,08	MBS64	1003,08	MBS95	1003,08	MMS52	955,31
MAS18	1003,08	MBS65	1003,08	MBS96	1003,08	MMS53	955,31

Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)	Sub-Bacia	Tp (mim)
MAS19	1003,08	MBS66	1003,08	MBS97	1003,08	MMS54	1003,08
MAS20	1003,08	MBS67	1003,08	MBS98	1003,08	MMS55	1003,08
MAS21	1003,08	MBS68	1003,08	MBS99	1003,08	MMS56	1003,08
MAS22	1003,08	MBS69	1003,08	MMS26	1003,08	MMS57	1003,08
MAS23	1003,08	MBS70	1003,08	MMS27	1003,08	MMS58	1003,08
MAS24	1003,08	MBS71	1003,08	MMS28	1003,08	MMS59	955,31
MAS25	1003,08	MBS72	1003,08	MMS29	1003,08	MMS60	1003,08
MBS100	1003,08	MBS73	1003,08	MMS30	1003,08	MMS61	955,31
MBS101	1003,08	MBS74	1003,08	MMS31	1003,08	MMS62	955,31
MBS102	1003,08	MBS75	1003,08	MMS32	1003,08	MMS63	955,31
MBS103	1003,08	MBS76	955,31	MMS33	1003,08		
MBS104	1003,08	MBS77	955,31	MMS34	1003,08		
MBS105	1003,08	MBS78	1003,08	MMS35	1003,08		

(Fonte: Consórcio Metroplan Bacia do Rio dos Sinos)

Os hietogramas de projeto foram obtidos a partir do método dos blocos alternados, cujas etapas foram:

- seleção da duração total da precipitação (**td**) e do intervalo de discretização (**dt = 5min**);
- obtenção da precipitação a partir da relação IDF;
- transformação das intensidade em alturas de precipitação acumuladas até o último intervalo de tempo;
- cálculo dos incrementos dos totais acumulados por intervalo;
- rearranjo dos incrementos ou blocos, obtidos em uma sequência tal que, no centro da duração da precipitação se situe o bloco maior e, em seguida, os demais.

7.1.4 Condições Iniciais

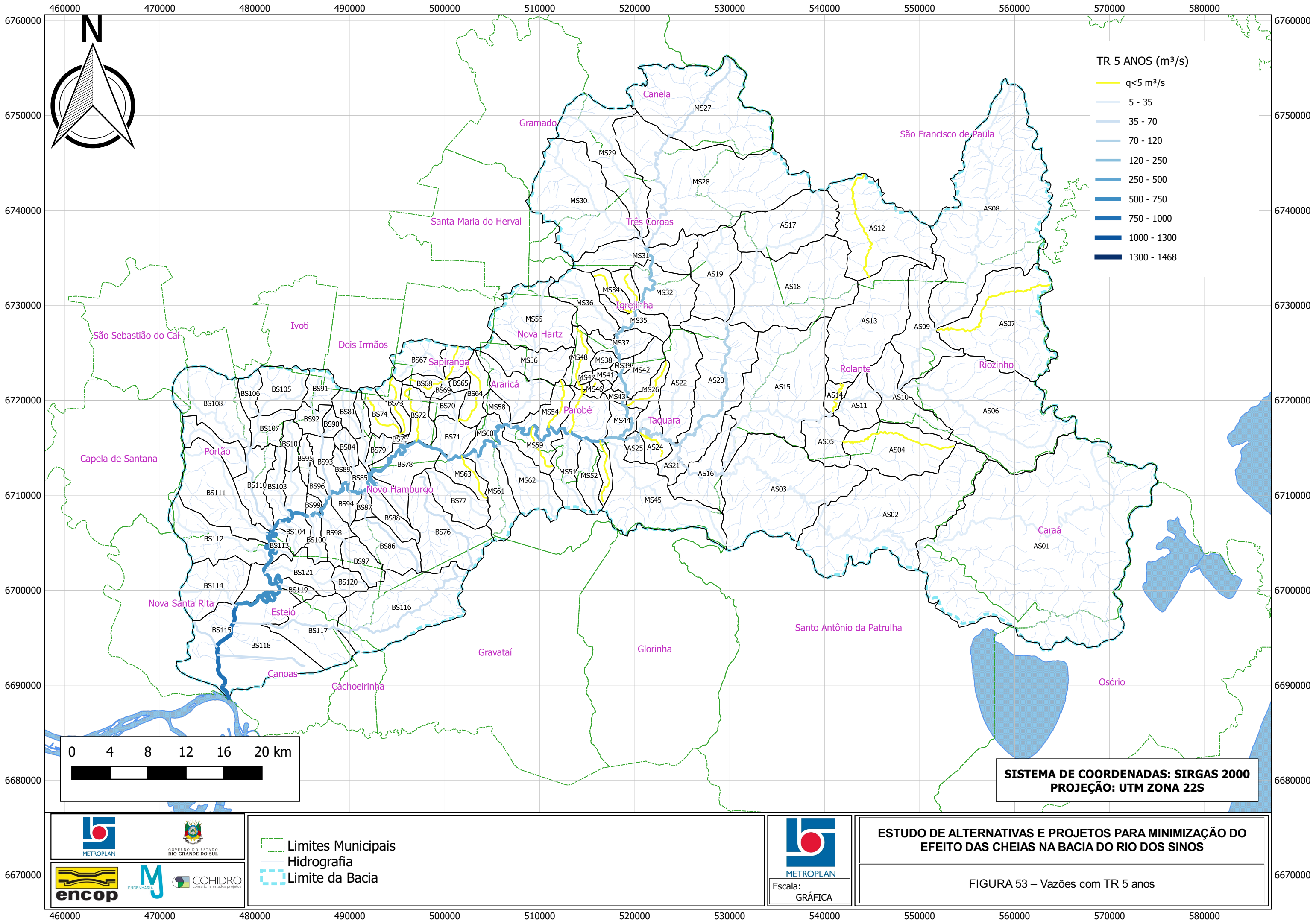
As condições iniciais adotadas para o modelo escolhido devem procurar condições desfavoráveis de projeto e com chance de ocorrência. As seguintes condições iniciais foram adotadas:

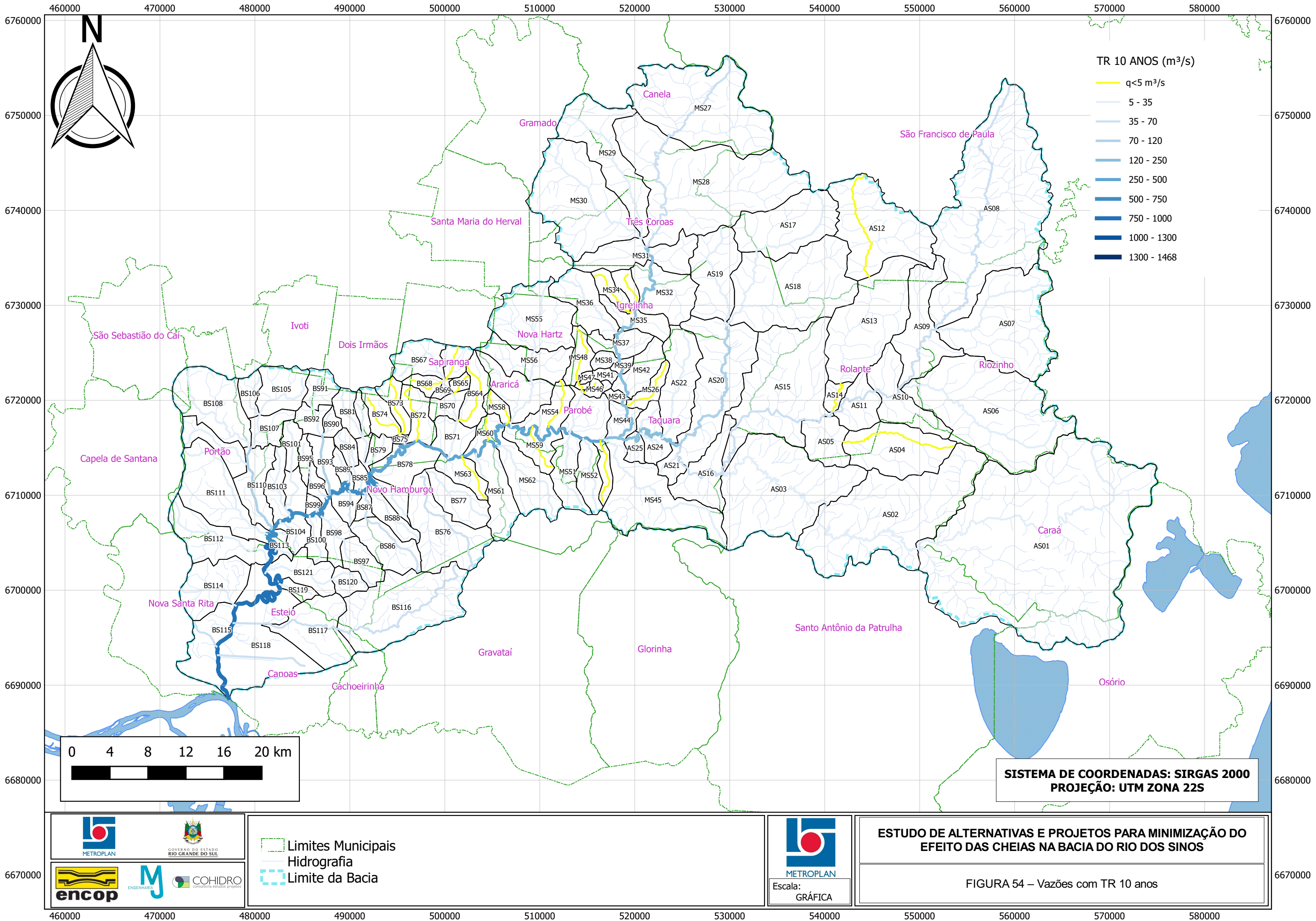
- Capacidade disponível de interceptação: 0%
- Capacidade disponível de retenção no solo: 0%

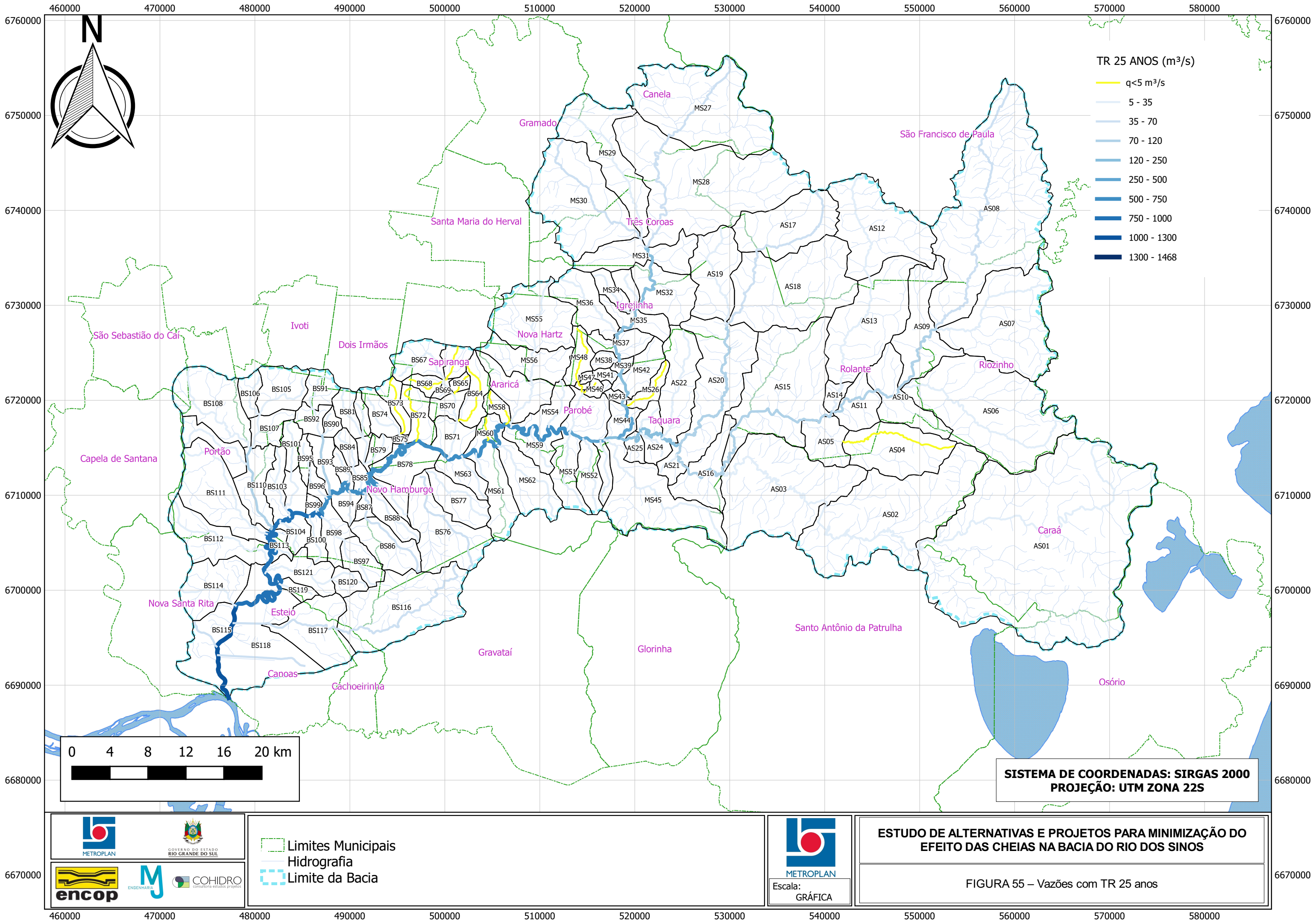
7.1.5 Resultados

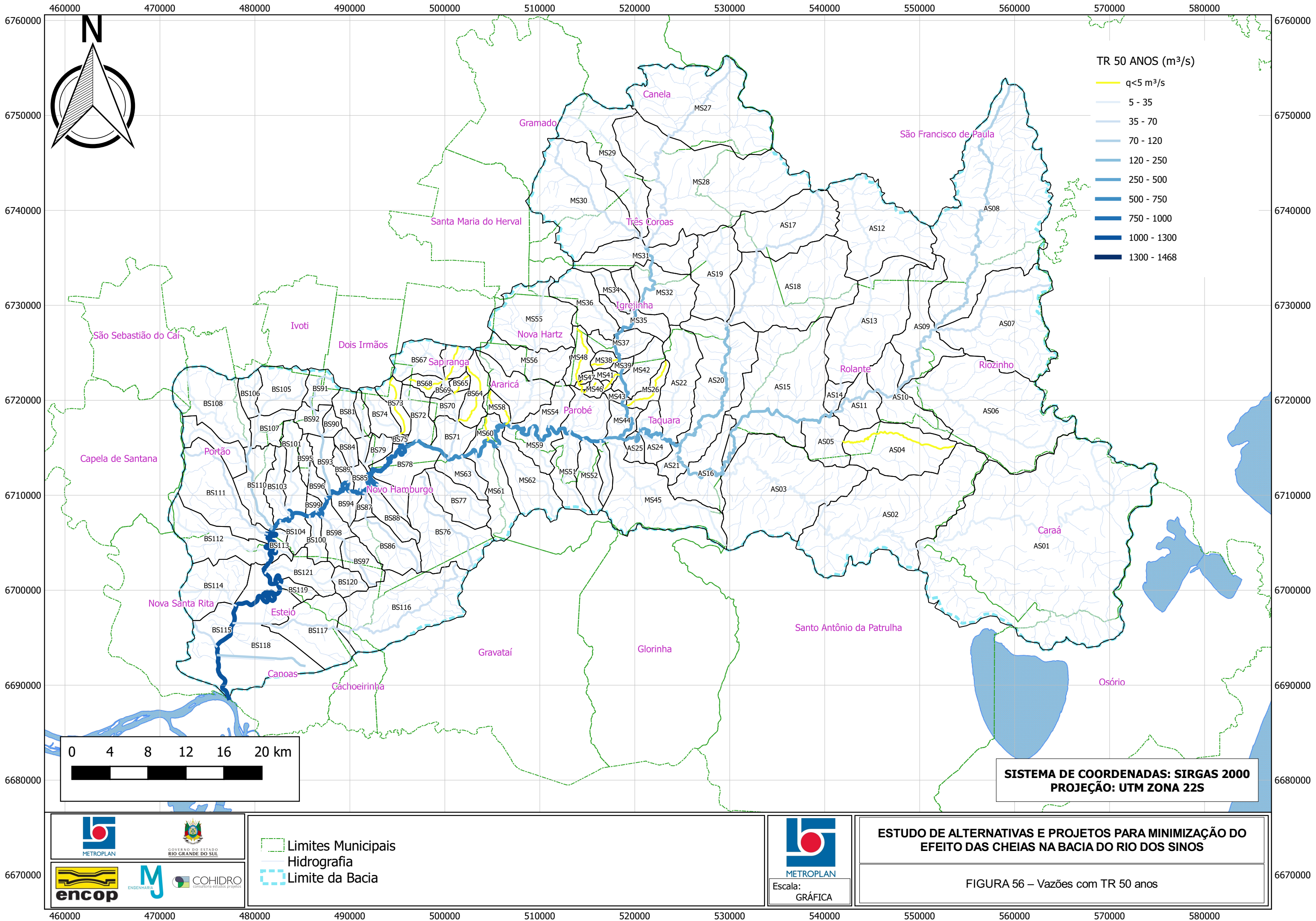
As Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56 e Figura 57 apresentam as vazões com tempo de referência TR = 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

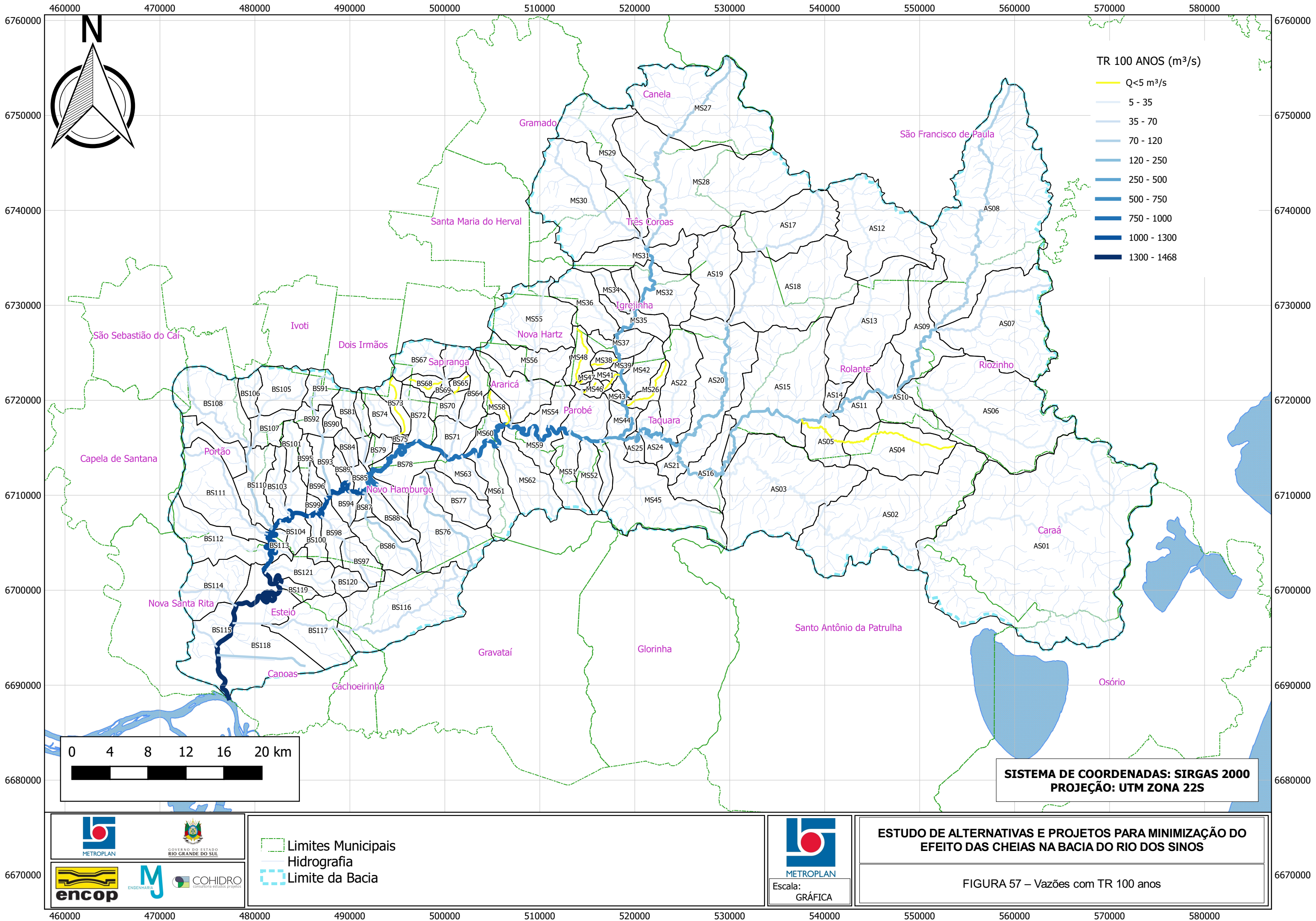
A análise dos eventos de cheia serão complementadas no Relatório dos Estudos Hidrodinâmicos











8 REFERÊNCIAS

BASTOS, M. A. (2014) - Estimativa de Vegetação para o Mapeamento de Lavouras de Arroz Irrigado na Bacia do Rio Gravataí no Estado do Rio Grande do Sul – Dissertação de Mestrado;

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DO RIO DOS SINOS (2014) – Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DO CENTRO DE ECOLOGIA UFRGS (2002) - Classificação de vegetação do RS;

MODIS GLOBAL EVAPOTRANSPIRATION PROJECT (2016) - Numerical Terradynamic Simulation Group. (MOD16). Disponível em: <<http://www.ntsug.umd.edu/project/mod16>>. Acesso em: 06 out. 2016.

MORAES, E. C.; OLIVEIRA, G. (2015) - Utilização de dados MOD16 para análise da evapotranspiração em remanescentes florestais da Mata Atlântica no estado de São Paulo entre 2000 e 2010. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17, João Pessoa. Anais. João Pessoa: Inpe, 2015. p. 1059 - 1066.

MU, Q.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. (2011) - Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. Remote Sensing of Environment, v. 115, n. 8, p. 1781-1800.

RUHOFF, A. L. (2011) - Sensoriamento remoto aplicado à estimativa da evapotranspiração em biomas tropicais. 2011. 166 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TUCCI C. E. M. (2009) – Hidrologia – Ciência e Aplicação.

USACE –HEC-RAS (2010) - River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, US Army Corp of Engineers – Hydrologic Engineering Center. Davis (CA). January - 2010.

USACE-HEC-HMS (2000) – Hydrologic Modeling System – Technical Reference Manual.

ZHAO, M.; HEINSCH, F. A.; NEMANI, R.; RUNNING, S. W. (2005) - Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set. Remote Sensing of Environment, v. 95, n. 2, p. 164-176.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.

SAMPAIO, Marcela Vilar. Determinação e Espacialização das Equações de Chuvas Intensas em Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2011. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.