



Prefeitura de
Joinville

PDD PIRAÍ E CUBATÃO

ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE
DRENAGEM DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS
DOS RIOS PIRAÍ E CUBATÃO

CONTRATO N° 820/2024

ETAPA II - ESTUDOS PRELIMINARES
PRODUTO 04 (P04) - ESTUDO DE PERMEABILIDADE
PRECIPITAÇÕES E CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS
VOLUME 01 - TOMO 02 - RIO PIRAÍ - TRECHO 01 PI-CP1

Junho de 2025

ELABORAÇÃO:

NIPPON KOEI LAC



GEASA



**azimute
ENGENHARIA**



**MPB
Engenharia**

Anexo: Estudo de Permeabilidade, Precipitações e Características (27671236)

SEI 24.0.219622-4 / pg. 1

Responsável Técnico: Beatriz Villela Benitez Cotas

Assinatura:

PROJETO VIVA CIDADE 2

REVITALIZAÇÃO AMBIENTAL E URBANA DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRAÍ E CUBATÃO**
PDD PIRAÍ E CUBATÃO

ETAPA II–ESTUDOS PRELIMINARES

**PRODUTO 04 (P04) – ESTUDO DE PERMEABILIDADE,
PRECIPITAÇÕES E CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS**
VOLUME 1 – TOMO 02 – RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1

Contrato Nº 820/2024

JUNHO DE 2025

ELABORAÇÃO: Consórcio Nippon Koei LAC – Geasa – Azimute – MPB (4W026)

QUADRO DE REVISÕES		
Código do arquivo digital:		4W026-P04-REL-11602-ED-00-01-VF– TOMO 02-PI-CP1
VF	16/06/2025	Versão Final
E	30/05/2025	Revisão Geral
D	30/04/2025	Revisão Geral
C	21/03/2025	Revisão Geral
B	15/01/2025	Revisão Geral
A	31/10/2024	Emissão inicial
Rev.	Data	Modificação

SUMÁRIO

1.0 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	7
1.0 -INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	8
1.1 - Introdução	8
1.2 - Objetivos	9
1.2.1 - Objetivos Específicos	10
2.0 - SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1	11
2.0 -SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1	12
3.0 - ESTUDO DE PERMEABILIDADE	14
3.0 -ESTUDO DE PERMEABILIDADE	15
3.1 - Cenários de uso e cobertura do solo.....	15
3.2 - Cenário Atual	16
3.2.1 - Pedologia	16
3.2.2 - Definição das Classes.....	18
3.2.3 - Metodologia para o Mapeamento do Uso e ocupação do Solo.....	19
3.2.4 - Mapa de uso e cobertura do solo correspondente ao cenário atual: Sub-Bacia Rio Pirai - Trecho 02 PI- CP2	19
3.2.5 - Cálculo do CN - Sub Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1	22
3.2.6 - Sistema Viário – Situação atual.....	24
3.3 - Cenário futuro	27
3.3.1 - Zoneamento	28
3.3.2 - Mapa de uso e cobertura do solo correspondente ao cenário futuro	30
3.3.3 - Cálculo do CN Futuro Sub Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1	34
3.3.4 - Comparação Cenário Atual e Futuro Sub Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1	37
3.3.1 - Sistema Viário – situação futura.....	38
4.0 - ESTUDO DE PRECIPITAÇÕES	40
4.0 -ESTUDO DE PRECIPITAÇÕES	41
5.0 - ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS	45
5.0 -ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS.....	46
5.1.1 - Rede de Drenagem.....	49
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
6.0 -REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	13
FIGURA 2 - MAPA DE PEDOLOGIA DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	17
FIGURA 3 – MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO PARA A SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	21
FIGURA 4 - PONTE AFONSO ALTRAK (ANTIGA PONTE COBERTA).....	24
FIGURA 5 - RODOVIA SC 413 CRUZANDO O RIO PIRAÍ.....	25
FIGURA 6 - SISTEMA VIÁRIO ATUAL - SUB-BACIA RIO PIRAÍ TRECHO 01 PI-CP1.....	26
FIGURA 7 – MAPA DE ZONEAMENTO PARA A SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.	32
FIGURA 8 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO FUTURO PARA A SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.	33
FIGURA 9 - - SISTEMA VIÁRIO FUTURO - SUB-BACIA RIO PIRAÍ TRECHO 01 PI-CP1.....	39
FIGURA 10 - CURVA IDF PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAÍ (BHRP).....	43
FIGURA 11 – MAPA DAS ESTAÇÕES DA DEFESA CIVIL	44
FIGURA 12 - MODELO PROPOSTO NO HMS.....	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÁREA DAS MICROBACIAS DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01.....	12
TABELA 2 - GRUPO HIDROLÓGICO DAS MICROBACIAS.	16
TABELA 3 - TIPOS DE USOS DO SOLO E CN ADOTADOS	19
TABELA 4 - ÁREAS E PERCENTAGENS DOS USOS DO SOLO ATUAL NAS MICROBACIAS.....	20
TABELA 5 – VALORES PONDERADOS DE CN POR TIPO DE SOLO E USO DO SOLO PARA AS MICROBACIAS DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	23
TABELA 6 - ZONEAMENTO POR MICROBACIA	29
TABELA 7 - ÁREAS E PERCENTAGENS DOS USOS DO SOLO FUTURO NAS MICROBACIAS – CENÁRIO 01	30
TABELA 8 - ÁREAS E PERCENTAGENS DOS USOS DO SOLO FUTURO NAS MICROBACIAS – CENÁRIO 02	31
TABELA 9 - VALORES PONDERADOS DE CN FUTURO POR TIPO DE SOLO E USO DO SOLO PARA CADA MICROBACIA DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1 – CENÁRIO 01.....	35
TABELA 10 - VALORES PONDERADOS DE CN FUTURO POR TIPO DE SOLO E USO DO SOLO PARA CADA MICROBACIA DA SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1 – CENÁRIO 02	36
TABELA 11 - COMPARAÇÃO CENÁRIO ATUAL E FUTURO – RIO PIRAÍ TRECHO 01 PI-CP1	37
TABELA 12 – EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAÍ	41
TABELA 13 - VALORES DE INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO (MM/H) PARA OS TEMPOS DE RETORNO DE 5 A 100 ANOS E DURAÇÃO DE 5 A 1440 MINUTOS PARA PORÇÃO CENTRAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAÍ- ESTAÇÃO JOINVILLE RVPSC.	42
TABELA 14 - VALORES DE ALTURA DE LÂMINA D'ÁGUA (MM) PARA OS TEMPOS DE RETORNO DE 5 A 100 ANOS E DURAÇÃO DE 5 A 1440 MINUTOS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAÍ.	42
TABELA 15 – TEMPO DE CONCENTRAÇÃO SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	47
TABELA 16 – LAG TIME SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1.....	47
TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DAS MICROBACIAS DA SUB-BACIA	48
TABELA 18 - CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA REDE DE DRENAGEM	50
TABELA 19 - PONTOS DE JUNÇÃO E PROPAGAÇÃO	51

LISTA DE SIGLAS

ADF – Altura-Duração-Frequência

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

AUAC – Área Urbana de Adensamento Controlado

AUAE – Área Urbana de Adensamento Especial

AUAP – Área Urbana de Adensamento Prioritário

AUAS – Área Urbana de Adensamento Secundário

AUPA – Área Urbana de Proteção Ambiental

BHRC – Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAF – Comissão de Acompanhamento e Fiscalização

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CETESB - Centro Tecnológico de Saneamento Básico

CN – Curva Número do SCS

DNOS - Departamento Nacional de Obras Sanitárias

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

HEC – *Hydrologic Engineering Center* (Centro de Engenharia Hidráulica – USACE)

HEC-HMS – *River Analysis System* (software de simulação hidrológica)

HEC-RAS – *River Analysis System* (software de simulação hidrodinâmica)

IAT- PR - instituto Água e Terra

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

PDDS – Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável

PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville

QGIS - *Quantum GIS*

RHN - Rede Hidrometeorológica Nacional

RVPSC- Rede de Viação Paraná-Santa Catarina

SCS – *Soil Conservation Service*

SGB - Serviço Geológico do Brasil

SIMGeo – Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas

1.0 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.0 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 - Introdução

A Prefeitura Municipal de Joinville fez publicar o edital SP Nº: 190/2023 visando à contratação de Empresa para a realização do **Elaboração do Plano Diretor de Drenagem das Bacias Hidrográficas dos Rios Pirai e Cubatão (PDD Pirai e Cubatão)** incluindo para cada bacia: diagnóstico e prognóstico, modelagens hidrológicas e hidráulicas (HEC-HMS e HEC-RAS em regime transiente), estudos de alternativas de soluções que visem a mitigação dos riscos de inundação, considerando a integração socioambiental dos corpos hídricos, definindo medidas estruturais e não estruturais para um horizonte de projeto de 25 anos", doravante denominado **"Elaboração do PDD Pirai e Cubatão"**.

O Consórcio NIPPON KOEI LAC – GEASA – AZIMUTE – MPB (4W026) apresentou sua Proposta para o certame em questão, sagrando-se vencedora no processo licitatório, firmando contrato com a Prefeitura Municipal de Joinville.

No intuito de lidar com as enchentes e alagamentos que assolam a região, se faz necessária a adoção de uma abordagem interdisciplinar, bem como com a implantação de políticas públicas fortemente voltadas para a questão da drenagem urbana. Nesse sentido, a Prefeitura Municipal de Joinville (PMJ) almeja buscar soluções eficazes, tanto estruturais quanto não estruturais para mitigar e reduzir os impactos decorrentes das inundações e alagamentos em áreas vulneráveis.

O P04 está distribuído conforme o ofício SEI nº0023416061/2024 contendo dois volumes principais, Volume 01 – Bacia do Rio Pirai e Volume 02 – Bacia do Rio Cubatão, além dos tomos para cada sub-bacia. A Bacia Hidrográfica do Rio Pirai possui 18 sub-bacias e a Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão possui 12 sub-bacias. Dessa forma esse produto é composto de dois volumes principais (01 e 02) e 30 Tomos. O Volume 01 – Bacia do Rio Pirai traz as metodologias adotadas, premissas, resultados e memórias de cálculo das análises para a bacia hidrográfica estudada. Os Tomos apresentam de maneira resumida os resultados dos estudos do Produto 04 específicos por sub-bacia. A sequência e nomenclatura das sub-bacias do Bacia Hidrográfica do Rio Pirai estão destacadas a seguir:

SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAI

- TOMO 01 – Nascente do Rio Pirai PI-NAS
- **TOMO 02 – Rio Pirai - Trecho 01 PI-CP1**
- TOMO 03 – Rio Pirai - Trecho 02 PI-CP2
- TOMO 04 – Rio Pirai - Trecho 03 PI-CP3
- TOMO 05 – Rio Pirai - Trecho 04PI-CP4
- TOMO 06 – Rio Pirai - Trecho 05 PI-CP5
- TOMO 07 – Rio Pirai - Trecho 06 PI-CP6
- TOMO 08 – Rio Pirai - Trecho 07 PI-CP7
- TOMO 09 – Rio Pirai - Trecho Exutório PI-EX
- TOMO 10 – Nascente do Rio do Salto PI-RS
- TOMO 11 – Nascente do Rio Motuca PI-NM
- TOMO 12 – Exutório do Rio Motuca PI-EM
- TOMO 13 – Nascente do Rio Águas Vermelhas PI-AVN
- TOMO 14 – Rio Águas Vermelhas - Trecho 01 PI-AV1
- TOMO 15 – Rio Águas Vermelhas - Trecho Exutório PI-AVE
- TOMO 16 – Nascente do Rio Arataca PI-AR
- TOMO 17 – Nascente do Rio Novo Pirai PI-NP
- TOMO 18 - Nascente do Rio Jacu PI-JC

O presente relatório, nomeado como Tomo 02 – Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1 é parte integrante da divisão do Volume 01 – Bacia do Rio Pirai e descreve, especificamente, os dados relacionados a Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1.

1.2 - Objetivos

Este produto tem como finalidade realizar um estudo detalhado e atualizado sobre a permeabilidade do solo, precipitações e características fisiográficas do município, com foco na elaboração de parâmetros e metodologias para os estudos hidrológicos e hidráulicos subsequentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pirai.

1.2.1 - Objetivos Específicos

Conforme especificado do TDR, são objetivos específicos dos trabalhos previstos no presente relatório:

- Análise detalhada dos métodos e critérios já utilizados no município para estudos hidrológicos e hidráulicos com o intuito de garantir que os parâmetros adotados estejam atualizados e em conformidade com a legislação vigente;
- Verificação dos limites das sub-bacias hidrográficas principais do município, as áreas de drenagem e os pontos de confluência;
- Análise do comportamento pluviométrico e fluviométrico da região por meio da atualização e consolidação dos estudos existentes, considerando elementos como o tempo de concentração da bacia, a propagação das ondas de cheia e a classificação hidrológica do solo, além da perda de energia por atrito, variações nas seções dos cursos d'água e dados municipais de chuva disponíveis nas proximidades das áreas de intervenção;
- Determinação das curvas de intensidade, duração, período de recorrência e as cotas das máximas cheias observadas na região;
- Definição dos métodos de cálculo relacionados à macrodrenagem, com foco na coerência com a metodologia do PDDU (2011), permitindo simulações hidrológicas com software Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) e hidráulicas com software Hydrologic Engineering Center – River Analysis System HEC-RAS no regime transiente e considerando todos os processos hidrológicos pertinentes, a saber, o regime de chuvas intensas, a transformação chuva –vazão (obtenção da precipitação efetiva), a propagação nas bacias e nos leitos fluviais e o amortecimento em reservatórios;

2.0 - SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1

2.0 - SUB-BACIA RIO PIRAÍ – TRECHO 01 PI-CP1

A Sub-bacia do Rio Piraí – Trecho 01 PI-CP1 está situada na porção mais a montante da Bacia do Rio Piraí. Caracterizada como uma sub-bacia urbana, apresenta parte da área urbanizada e também áreas verdes na região de cabeceira e uma topografia predominantemente acidentada. Neste trecho ocorre a confluência do Rio do Salto com o Rio Piraí, um ponto significativo para o escoamento da rede hidrográfica local.

A sub-bacia possui área equivalente a 23,41 km², foi subdividida em sete microbacias e seus limites foram atualizados com base na delimitação realizada a partir dos dados hidrográficos enviados pela prefeitura. A Tabela 1 apresenta as microbacias e suas respectivas áreas e A Figura 1 ilustra a Sub-Bacia Rio Piraí – Trecho 01 PI-CP1 e suas microbacias, como também o talvegue principal.

Tabela 1 - Área das microbacias da Sub-Bacia Rio Piraí – Trecho 01

Código	Área da microbacia (km ²)
MB-01	2,29
MB-02	3,24
MB-03	1,17
MB-04	2,98
MB-05	2,77
MB-06	4,96
MB-07	6,01
Total	23,41

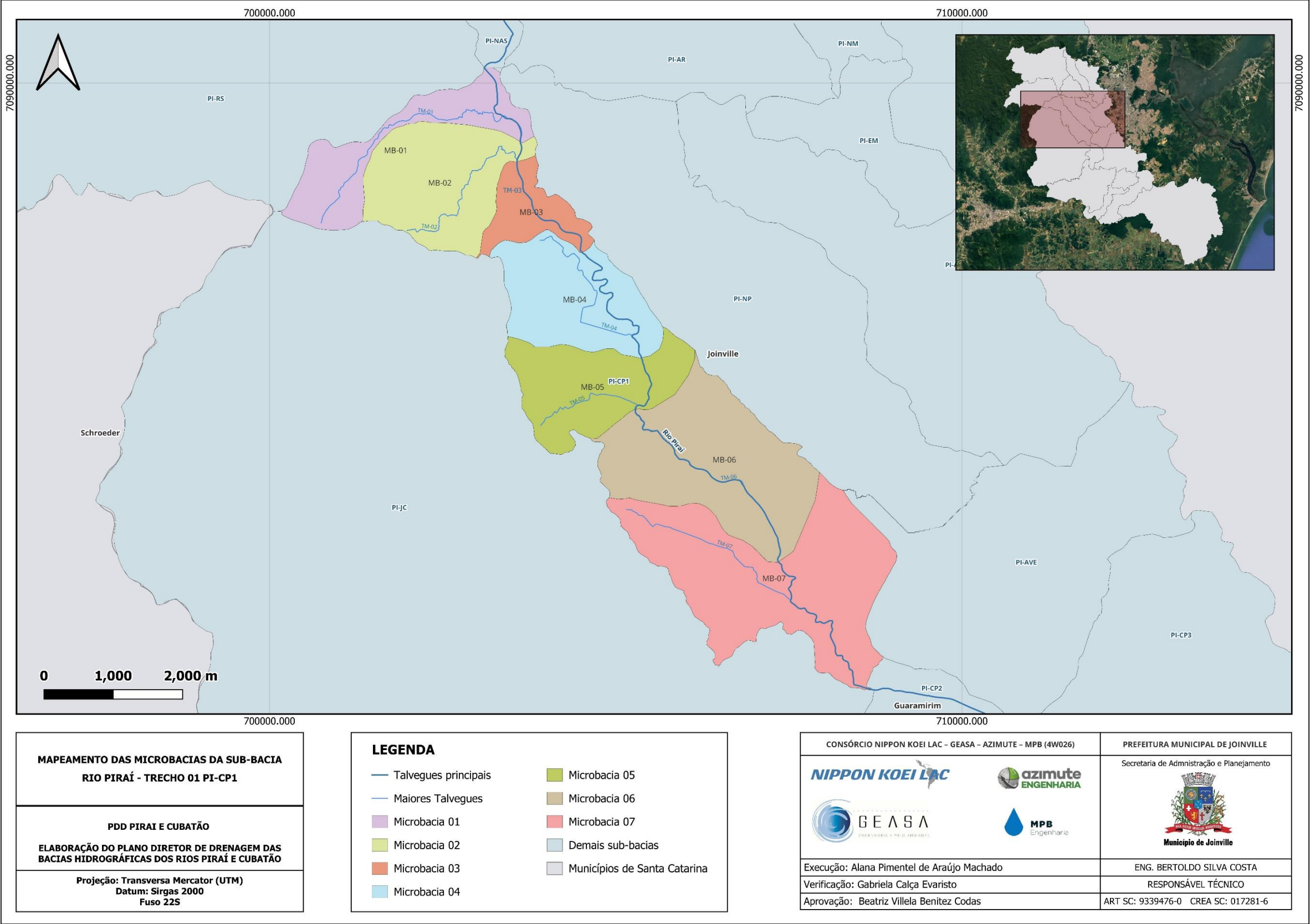


Figura 1 – Mapa de Localização da Sub-Bacia Rio Piraí – Trecho 01 PI-CP1.
Fonte: Consórcio 2025.

3.0 - ESTUDO DE PERMEABILIDADE

3.0 - ESTUDO DE PERMEABILIDADE

O estudo de permeabilidade visa caracterizar o solo e o uso do solo em bacias hidrográficas, constituindo uma base fundamental para a aplicação de modelos hidrológicos, uma vez que fornece dados fundamentais sobre a capacidade de infiltração e armazenamento de água da chuva no solo. As informações geradas permitem simular com precisão o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, promovendo uma visão integrada da dinâmica hídrica e contribuindo para uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos.

As análises se concentraram em dois cenários distintos: o cenário atual, que visou identificar o estado de impermeabilização vigente na Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1, e o cenário futuro, que consistiu na projeção de uso e ocupação da sub-bacia, permitindo prever as mudanças na taxa de impermeabilização ao longo do horizonte de planejamento. A análise foi conduzida com base nos critérios de zoneamento estabelecidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville.

No Volume Principal 01 está detalhado toda a metodologia utilizada para a classificação do uso e ocupação do solo atual e futuro, áreas permeáveis e impermeáveis e cálculo do CN (Curva-Número). Todos esses parâmetros serão aplicados no produto 07 (Diagnóstico e Prognóstico) para a definição das vazões de projeto e posteriormente modelagem hidráulica do principal curso d'água dessa sub-bacia.

3.1 - Cenários de uso e cobertura do solo

Os cenários de desenvolvimento urbano na bacia foram criados com o propósito de analisar o grau de impermeabilização do solo para estudos hidrológicos, levando em consideração tanto a ocupação atual quanto as projeções futuras para o período de planejamento do PDD (25 anos). Para isso, foram desenvolvidos dois cenários distintos de uso e cobertura do solo:

Cenário atual: Utilizado para calcular o CN nas sub-bacias, visando os estudos de diagnóstico de macrodrenagem. Este cenário reflete as condições presentes de ocupação e cobertura do solo na área de estudo;

Cenário futuro: Utilizado para calcular o CN nas sub-bacias nos estudos de prognóstico de macrodrenagem. Este cenário simula o desenvolvimento urbano previsto, considerando o aumento da impermeabilização decorrente da expansão, sem a implementação de medidas de mitigação ou

compensação. O objetivo é gerar um cenário crítico de impermeabilização para o horizonte de planejamento do PDD.

3.2 - Cenário Atual

O procedimento de mapeamento do uso e cobertura do solo no cenário atual foi conduzido nas seguintes etapas:

1. Obtenção de dados de uso e cobertura do solo;
2. Delimitação das superfícies impermeáveis, como ruas e edificações;
3. Identificação das áreas permeáveis localizadas dentro das zonas urbanas;
4. Consolidação do mapa de uso e cobertura do solo correspondente ao cenário atual;
5. Cálculo do CN por bacias e sub-bacias correspondentes.

3.2.1 - Pedologia

A classificação pedológica dos solos da sub-bacia como descrito no Volume Principal 1 foi realizada com base nos dados fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB). A partir deste levantamento, identificaram-se o total de 05 classes de solo para a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1 da Bacia Hidrográfica do Rio Pirai, conforme Figura 2. Na Tabela 2 é apresentado as áreas e os percentuais dos grupos hidrológicos para cada microbacia.

Tabela 2 - Grupo Hidrológico das Microbacias.

Microbacia	Grupo Hidrológico							
	A		B		C		D	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
01	0,00	0,00%	1,26	54,99%	1,03	45,01%	0,00	0,00%
02	0,00	0,00%	2,07	63,92%	1,17	36,08%	0,00	0,00%
03	0,00	0,00%	0,56	47,95%	0,61	52,05%	0,00	0,00%
04	0,00	0,00%	1,68	56,40%	1,12	37,62%	0,18	5,98%
05	0,00	0,00%	1,86	67,32%	0,00	0,01%	0,90	32,67%
06	0,00	0,00%	3,47	69,94%	0,00	0,00%	1,49	30,06%
07	0,00	0,00%	5,96	99,15%	0,00	0,00%	0,05	0,85%
Sub-bacia	0,00	0,00%	16,86	72,00%	3,93	16,79%	2,62	11,21%

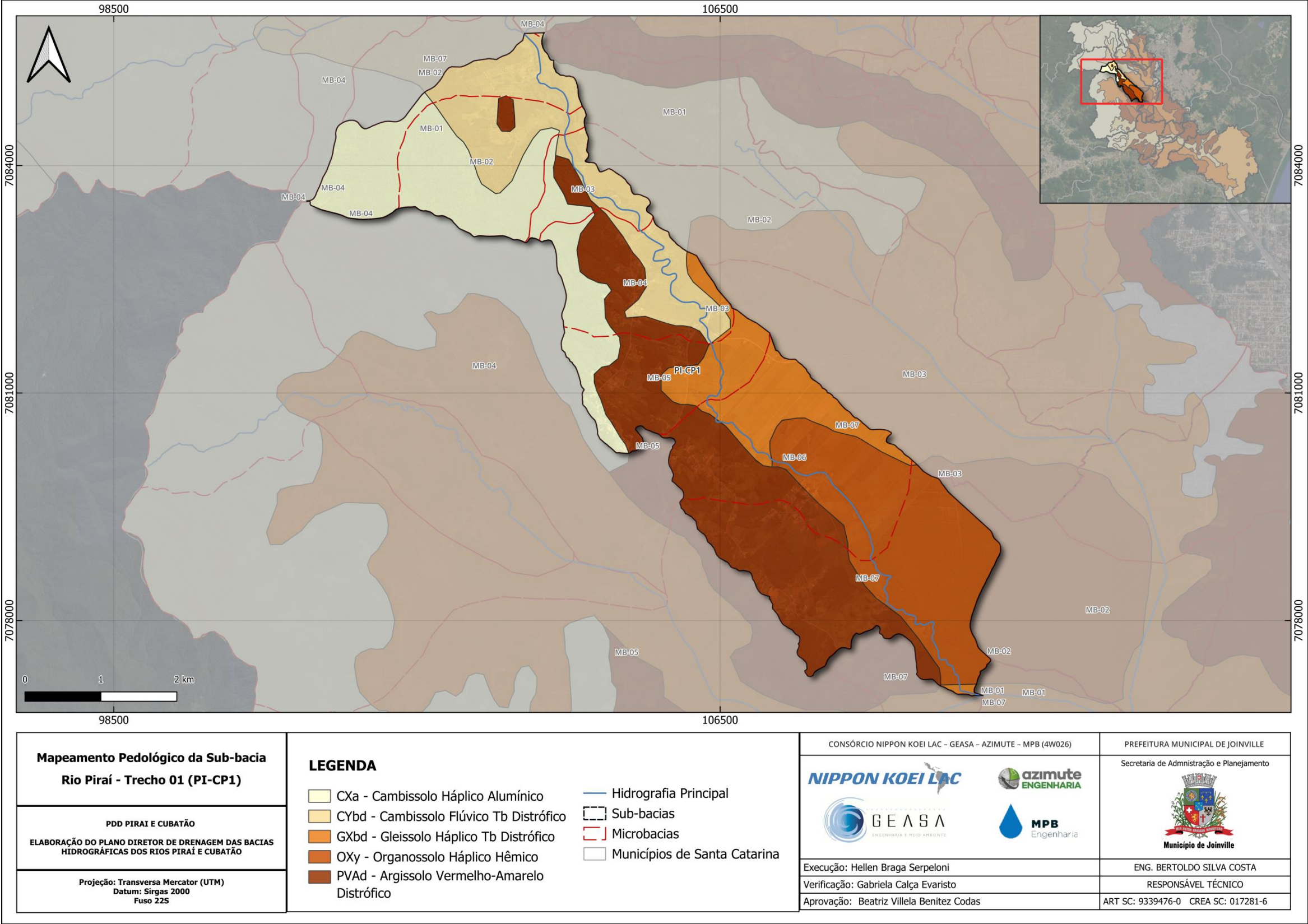


Figura 2 - Mapa de Pedologia da Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1.

Fonte: Consórcio 2025.

3.2.2 - Definição das Classes

A definição do uso e ocupação do solo é fundamental para promover o desenvolvimento urbano sustentável, de modo a garantir a organização do espaço de maneira eficiente e equilibrada. Essa prática objetiva harmonizar interesses econômicos, sociais e ambientais, prevenindo conflitos de uso e garantindo a preservação de recursos naturais.

As classes de uso e ocupação do solo são categorias que descrevem as diferentes finalidades e formas de aproveitamento de um terreno em um espaço geográfico. Sendo assim, para o estudo de permeabilidade, a definição das classes de uso e ocupação do solo são cruciais para o estudo de permeabilidade, pois cada classe apresenta diferentes níveis de cobertura do solo e consequentemente capacidade de infiltração de água.

O procedimento de definição das classes para o cenário atual da Bacia de Cubatão, foi conduzido considerando as características atuais do uso e ocupação do solo e a necessidade de definir de forma efetiva as principais classes existentes na área de estudo. Sendo assim, em concomitância com imagens de satélite atuais, foi definido para a área em questão, cinco classificações, sendo: Floresta, Agropecuária, Solo Exposto e Vegetação Rasteira, Área Impermeável e Corpos Hídricos e Mangues.

As áreas classificadas como áreas de Floresta, são áreas com espaços ocupados predominantemente por árvores de médio a grande porte, formando uma cobertura vegetal densa ou esparsa.

Agropecuária: Áreas utilizadas para atividades agrícolas e pecuárias, que incluem pastagens, plantações e outros usos relacionados ao setor agropecuário.

As áreas de solo exposto são áreas cujo terreno são desprovidas de cobertura vegetal ou qualquer tipo de revestimento, deixando o solo diretamente sujeito à ação de agentes erosivos. Enquanto, as áreas de vegetação rasteira são espaços cobertos por plantas de pequeno porte, como gramíneas, herbáceas e arbustos baixos, que formam uma camada de vegetação próxima ao solo.

As áreas definidas como impermeáveis são aquelas que não permitem a infiltração de água no solo, como áreas de edificações e vias.

Por fim, as áreas de corpos hídricos e mangues são as áreas de rios, lagoas, córregos, represas, aquíferos, oceanos e mangues.

A Tabela 3 apresenta os valores de CN adotados para cada tipo de uso do solo.

Tabela 3 - Tipos de usos do solo e CN adotados

Uso e cobertura	A	B	C	D
Floresta	36	60	70	76
Agropecuária	67	77	83	87
Solo Exposto e Vegetação Rasteira	36	60	73	79
Área Impermeável	98	98	98	98
Corpos D'água e Mangue	98	98	98	98

3.2.3 - Metodologia para o Mapeamento do Uso e ocupação do Solo

A definição do Uso e Ocupação do Solo para a Bacia do Piraí, foi realizada em concordância com a definição das classes de uso e cobertura do solo detalhadas no item acima. Após a definição inicial com base nas imagens de satélite do Sentinel-2, foi realizada uma composição de bandas espectrais para a área de estudo envolvida. A composição em questão baseou-se nas bandas espectrais 2, 3, 4 e 8, e a partir de então, foi possível compor uma imagem definida por uma resolução infravermelha. A utilização deste tipo de resolução foi baseada na maior diferença espectral gerada entre as classes de uso e ocupação definidas, permitindo assim, um detalhamento mais aprofundado. A metodologia detalhada encontra-se no Volume 01.

3.2.4 - Mapa de uso e cobertura do solo correspondente ao cenário atual: Sub-Bacia Rio Piraí - Trecho 02 PI-CP1

Os arquivos vetoriais gerados pelos procedimentos descritos anteriormente foram integrados para compor o mapa de uso e cobertura do solo da sub-bacia com cinco classe distintas: floresta, agricultura, solo exposto/vegetação rasteira, área impermeável e corpos d'água/mangue. Dessa maneira, o uso do solo da Sub-bacia Rio Piraí – Trecho 01 PI-CP1 apresenta um percentual de área impermeável (edificações, vias, corpos d'água e áreas de mangue), outro percentual de área permeável subdividido em classes diferentes (floresta, agropecuária, solo exposto/vegetação rasteira) pois apresentam valores distintos de permeabilidade.

A Tabela 4 apresenta todas as microbacias pertencentes à sub-bacia com suas respectivas áreas em km² de cada classe de uso e ocupação do solo, bem como as percentagens. A Figura 3 ilustra e detalha a distribuição do uso do solo na sub-bacia, conforme as classificações previamente mencionadas.

Tabela 4 - Áreas e Percentagens dos Usos do Solo Atual nas Microbacias

Microbacia	CLASSES									
	Permeável						Impermeável		Corpos Hídricos	
	Floresta		Agropecuária		Solo Exposto/vegetação Rasteira		Edificações e Vias		Rios e Mangues	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
01	1,85	80,61%	0,39	17,08%	0,00	0,00%	0,03	1,09%	0,03	1,22%
02	2,81	86,68%	0,37	11,28%	0,01	0,36%	0,01	0,34%	0,04	1,33%
03	0,77	66,01%	0,33	28,35%	0,02	2,00%	0,01	0,43%	0,04	3,21%
04	1,60	53,70%	1,17	39,25%	0,04	1,43%	0,11	3,63%	0,06	1,98%
05	1,21	43,88%	1,25	45,07%	0,01	0,48%	0,16	5,93%	0,13	4,65%
06	1,30	26,13%	3,16	63,66%	0,30	5,95%	0,10	2,08%	0,11	2,18%
07	4,17	69,42%	1,51	25,14%	0,11	1,85%	0,14	2,39%	0,07	1,20%
SUB-BACIA	13,71	58,55%	8,17	34,90%	1,49	6,37%	0,00	0,00%	1,98	8,45%

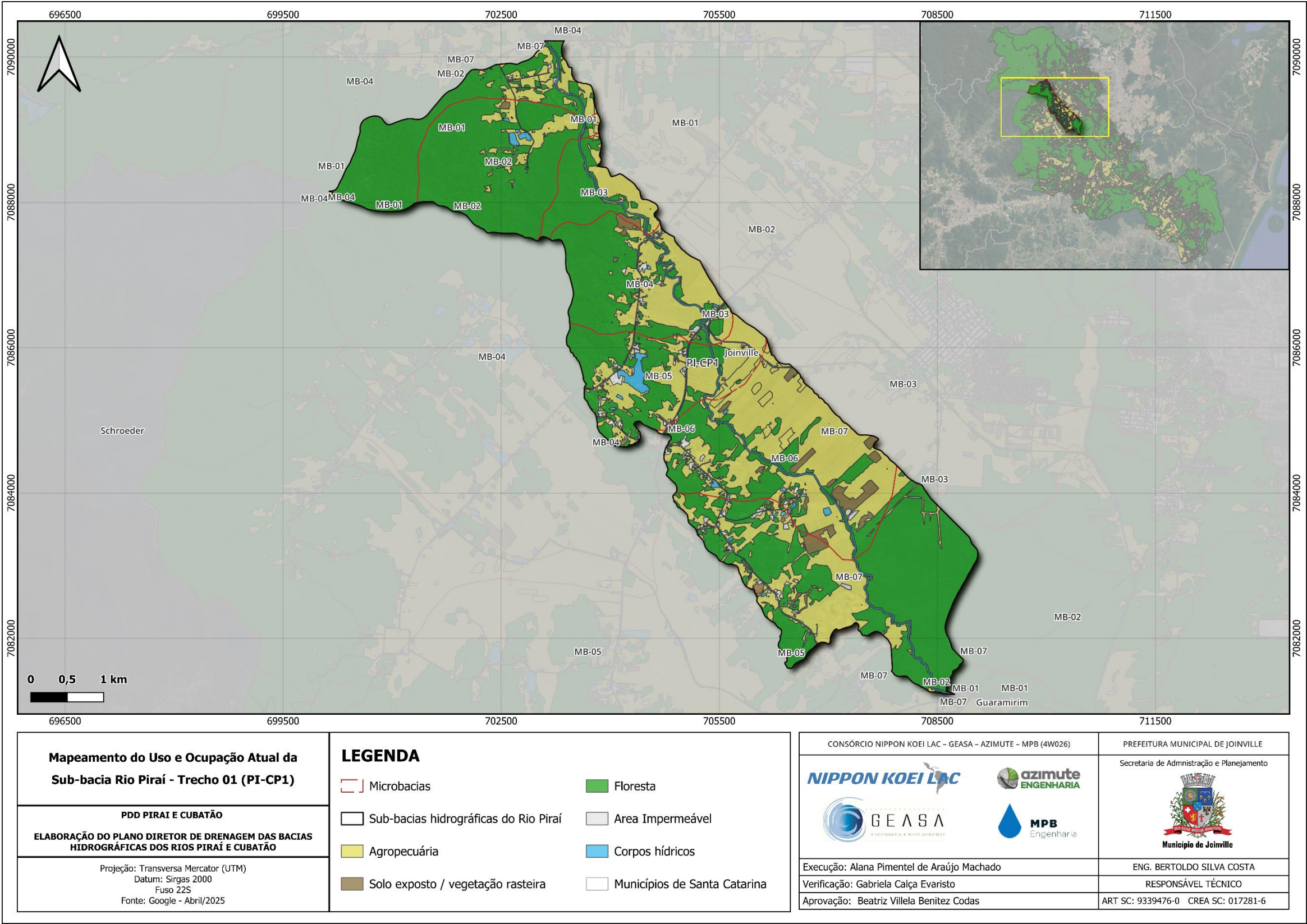


Figura 3 – Mapa de uso e cobertura do solo para a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1.

Fonte: Consórcio 2025.

3.2.5 - Cálculo do CN - Sub Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1

Com base na metodologia de cálculo do Curve Number (CN), foi determinado o valor médio de CN para as microbacias da Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1. Os coeficientes CN, aplicados de acordo com a cobertura do solo e o tipo de solo, foram ponderados com base na área de cada microbacia e estão detalhados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores ponderados de CN por tipo de solo e uso do solo para as microbacias da Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1

Sub-bacia	Classe	FLORESTA				AGROPECUÁRIA				SOLO EXPOSTO/VEGETAÇÃO RASTEIRA				IMPERMEÁVEL				CORPOS D'ÁGUA E MANGUE				TOTAL
	Grupo Hidrológico	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
MB01	Área	0,00	0,00	1,85	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
	%	0,00%	0,02%	80,58%	0,00%	0,00%	0,00%	17,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,09%	0,00%	0,00%	0,00%	1,22%	0,00%	0,00%
	CN	0,00	0,01	56,41	0,00	0,00	0,00	14,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	0,00
MB02	Área	0,00	0,08	2,73	0,00	0,00	0,01	0,36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
	%	0,00%	2,47%	84,21%	0,00%	0,00%	0,24%	11,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,36%	0,00%	0,00%	0,06%	0,28%	0,00%	0,00%	0,07%	1,26%	0,00%	0,00%
	CN	0,00	1,48	58,95	0,00	0,00	0,18	9,17	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,06	0,27	0,00	0,00	0,07	1,24	0,00	0,00
MB03	Área	0,00	0,19	0,58	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
	%	0,00%	16,58%	49,43%	0,00%	0,00%	0,01%	28,33%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,43%	0,00%	0,00%	0,00%	3,21%	0,00%	0,00%
	CN	0,00	9,95	34,60	0,00	0,00	0,01	23,52	0,00	0,00	0,00	1,46	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00	0,00
MB04	Área	0,00	0,72	0,88	0,00	0,00	0,21	0,96	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
	%	0,00%	24,28%	29,42%	0,00%	0,00%	7,12%	32,13%	0,00%	0,00%	0,39%	1,04%	0,00%	0,00%	1,57%	2,06%	0,00%	0,00%	0,01%	1,97%	0,00%	0,00%
	CN	0,00	14,57	20,60	0,00	0,00	5,48	26,67	0,00	0,00	0,23	0,76	0,00	0,00	1,54	2,02	0,00	0,00	0,01	1,93	0,00	0,00
MB05	Área	0,00	0,61	0,60	0,00	0,00	0,46	0,78	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,11	0,05	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	0,00
	%	0,00%	22,09%	21,79%	0,00%	0,00%	16,78%	28,29%	0,00%	0,00%	0,06%	0,42%	0,00%	0,00%	3,98%	1,94%	0,00%	0,00%	3,94%	0,71%	0,00%	0,00%
	CN	0,00	13,26	15,25	0,00	0,00	12,92	23,48	0,00	0,00	0,03	0,31	0,00	0,00	3,90	1,90	0,00	0,00	3,86	0,69	0,00	0,00
MB06	Área	0,00	0,76	0,14	0,40	0,00	0,63	1,26	1,27	0,00	0,05	0,07	0,18	0,00	0,08	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,05	0,00
	%	0,00%	15,28%	2,74%	8,11%	0,00%	12,79%	25,35%	25,52%	0,00%	0,92%	1,32%	3,72%	0,00%	1,60%	0,08%	0,40%	0,00%	0,52%	0,56%	1,10%	0,00%
	CN	0,00	9,17	1,92	6,16	0,00	9,85	21,04	22,20	0,00	0,55	0,96	2,94	0,00	1,57	0,08	0,39	0,00	0,51	0,55	1,08	0,00
MB07	Área	0,00	1,59	0,04	2,55	0,00	1,22	0,01	0,29	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00
	%	0,00%	26,46%	0,61%	42,35%	0,00%	20,26%	0,12%	4,76%	0,00%	1,85%	0,00%	0,00%	0,00%	2,29%	0,00%	0,09%	0,00%	0,22%	0,12%	0,86%	0,00%
	CN	0,00	15,88	0,43	32,19	0,00	15,60	0,10	4,14	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	2,25	0,00	0,09	0,00	0,21	0,12	0,84	0,00
SUB-BACIA	Área	0,00	3,96	4,74	5,02	0,00	2,55	0,08	5,57	0,00	0,17	0,00	0,32	0,00	0,38	0,03	0,16	0,00	0,15	0,00	0,33	23,47
	%	0,00%	16,89%	20,21%	21,39%	0,00%	10,85%	0,35%	23,71%	0,00%	0,73%	0,02%	1,38%	0,00%	1,63%	0,12%	0,68%	0,00%	0,65%	0,00%	1,40%	100%
	CN	0,00	10,13	14,15	16,26	0,00	8,35	0,29	20,63	0,00	0,44	0,01	1,09	0,00	1,60	0,12	0,66	0,00	0,63	0,00	1,37	75,74

3.2.6 - Sistema Viário – Situação atual

A sub-bacia do trecho 01 do Rio Pirai possui uma malha viária pouco desenvolvida. No trecho à montante, a Estrada da Serrinha, via rural, liga sítios e propriedades de agricultura na região. À jusante, em um trecho urbanizado, a Estrada Blumenau atravessa o Rio Pirai na Ponte Afonso Altrak (Antiga ponte coberta) como mostra a Figura 4. Vale destacar também a SC 413, rodovia Rodolfo Jahn, conhecida também como rodovia do arroz, que corta o Rio Pirai próximo ao Rancho da Vila (Figura 5)



Figura 4 - Ponte Afonso Altrak (Antiga ponte coberta).

Fonte: Google fotos, registro feito em setembro de 2022.



Figura 5 - Rodovia SC 413 cruzando o Rio Pirai.

Fonte: Google fotos, registro feito em março de 2024.

A Figura 6 apresenta o mapa da malha viária presente na bacia, com destaque para as vias que cruzam o Rio Pirai.

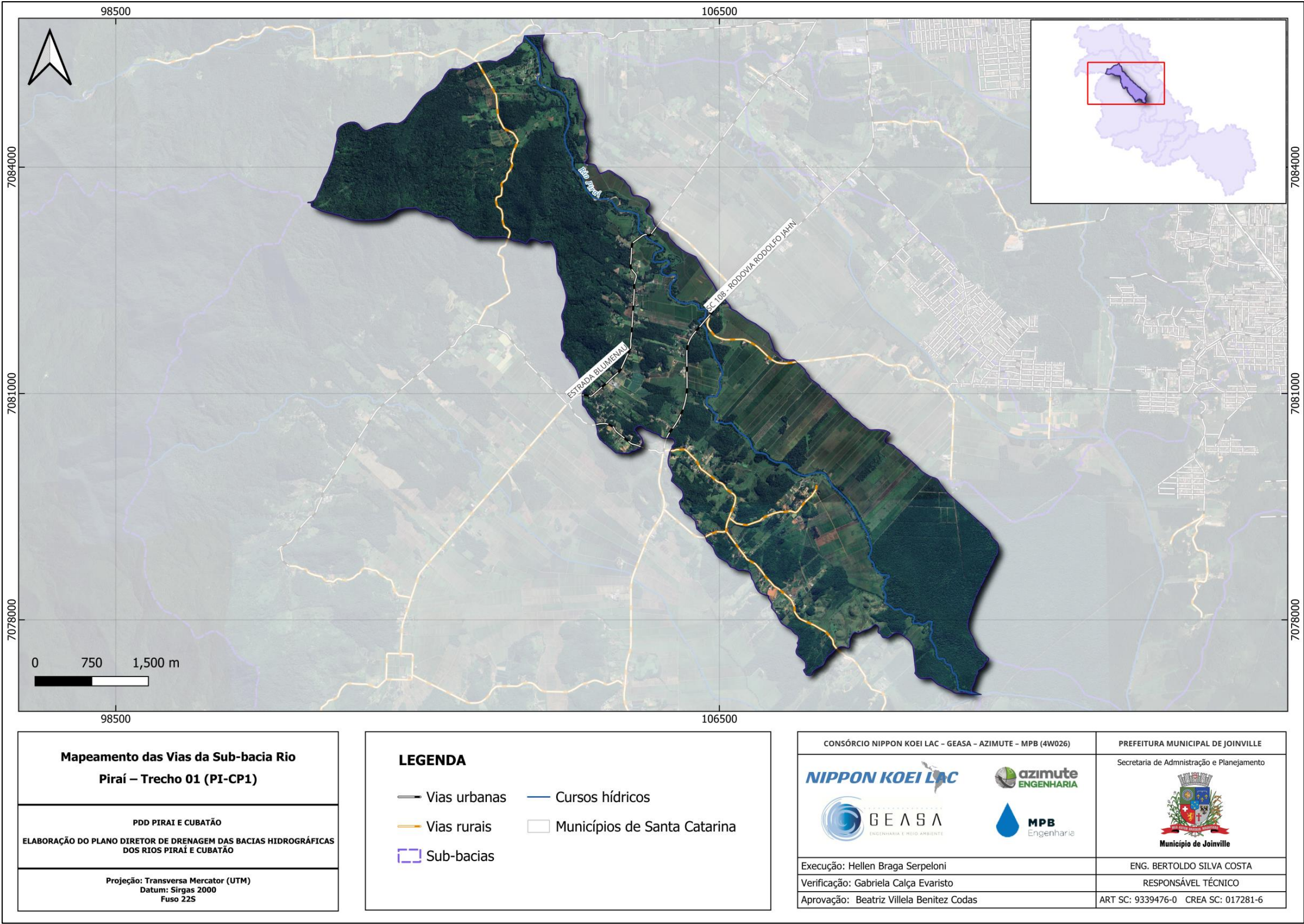


Figura 6 - Sistema Viário Atual - Sub-bacia Rio Pirai Trecho 01 PI-CP1
Fonte: Consórcio 2025.

3.3 - Cenário futuro

A análise do cenário futuro de desenvolvimento urbano nas bacias hidrográficas, com foco em estudos hidrológicos e planejamento de macrodrenagem, busca prever o aumento da impermeabilização do solo na região. Esse processo possibilita a projeção de um cenário crítico, permitindo estimar o impacto potencial na geração de escoamento superficial. A partir dessas previsões, é possível identificar riscos e elaborar estratégias de manejo hídrico que possam minimizar os efeitos negativos associados à urbanização e à impermeabilização crescente das bacias.

Para o uso futuro da bacia serão considerados dois cenários:

Cenário Futuro 1: porcentagem de ocupação (impermeabilização) somente no percentual definido na taxa de ocupação da Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017 de 5% para ARPA e 10% ARUC e AUPA. Esse cenário será utilizado para proposição de medidas estruturais e não estruturais.

Cenário Futuro 2: Considera a taxa de impermeabilidade de 20% em toda a macrozona ARPA, AUPA e ARUC. Para esse cenário será elaborada uma avaliação do comportamento das estruturas dimensionados para o Cenário Futuro 1.

A segmentação do cenário futuro em duas classificações distintas reveste-se de grande importância, uma vez que, ao longo do tempo, a taxa de ocupação das sub-bacias pode sofrer alterações significativas. Dessa forma, essa abordagem permite uma análise mais precisa e detalhada, possibilitando prever de maneira mais eficaz os impactos decorrentes do processo de urbanização nas soluções estruturais propostas. Tal distinção facilita a elaboração de estratégias adaptativas e a tomada de decisões fundamentadas, considerando as possíveis variações nas condições futuras da ocupação das sub-bacias.

3.3.1 - Zoneamento

No que se refere ao uso e ocupação do solo, a Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017, atualizou e estabeleceu os Instrumentos de Controle Urbanístico para a Estruturação e Ordenamento Territorial de Joinville. Esses instrumentos integram o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável (PDDS) do município, com o objetivo de promover a qualificação física e territorial da cidade, alinhando-se às diretrizes estratégicas estabelecidas. Neste estudo, o Plano Diretor é utilizado como base para orientar o cenário futuro de desenvolvimento urbano e ocupação do solo na bacia hidrográfica, permitindo projetar mudanças nas taxas de impermeabilização.

A macrozona urbana, de uma forma geral, a divisão territorial da área está descrita no relatório Volume Principal.

Neste estudo, a taxa de permeabilidade e de ocupação definida pelo PDDs, apresentado no Volume Principal, é utilizada para projetar o cenário futuro de ocupação do solo nas Bacias Hidrográficas do Rio Piraí (BHRP) e do Rio Cubatão (BHRC). Para as áreas que ainda não possuem desenvolvimento urbano, mas são indicadas pelo Plano Diretor como adequadas para urbanização, aplica-se a taxa mínima de permeabilidade estabelecida. Além disso, é considerada a taxa máxima de impermeabilização permitida nessas regiões, permitindo uma estimativa dos impactos futuros da urbanização sobre o escoamento superficial e a ocupação do solo. A Tabela 6 mostra o zoneamento por microbacia.

Tabela 6 - Zoneamento por Microbacia

Micro bacia	ZONEAMENTO TOMO 02																													
	AUAP		AUAS		AUAC		AUPA		ARPA		ARUC		Macrozona Rural - Araquari		Macrozona Rural - Balneário Barra do Sul		Macrozona Urbana - Araquari		Zona Rural (Nao indicada no Zoneamento)		Zona de Chacaras - Guaramirim		Zona de Ocupação Controlada 1 - Guaramirim		Zona de Ocupação Controlada 2 - Guaramirim		Zona de Parques - Guaramirim		ARUC AEU	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
1	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	1,105	48,18%	1,188	51,82%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00	0,000	0,00%
2	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,461	14,24%	2,778	85,76%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
3	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	1,166	100,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
4	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	2,979	100,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
5	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	2,766	100,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00	0,000	0,00%
6	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	4,962	100,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%
7	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	6,011	100,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000	0,00%

3.3.2 - Mapa de uso e cobertura do solo correspondente ao cenário futuro

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo no cenário projetado para o futuro, optou-se por manter as categorias classificatórias já presentes no cenário atual, garantindo uma continuidade de análise que facilite a comparação entre ambos os cenários. As classes utilizadas abrangem: Floresta, Agropecuária, Solo Exposto/Vegetação Rasteira, Área Impermeável e Corpos d'água e Mangue.

Para determinar a área correspondente a cada uma dessas classes, foi necessário considerar os parâmetros de zoneamento urbano estabelecidos na divisão territorial do município de Joinville, além de aplicar a taxa de ocupação e permeabilidade relacionada. A partir desse cálculo, a área resultante da aplicação da taxa de ocupação e permeabilidade foi, então, acrescida à classe Área Impermeável, enquanto a mesma quantia foi subtraída da classe de uso atual das microbacias pertencentes a sub-bacia (Tabela 7- Cenário 01 e Tabela 8– Cenário 02). A Figura 7 e a Figura 8 apresentam o zoneamento e o uso e ocupação futuro, respectivamente.

Tabela 7 - Áreas e Percentagens dos Usos do Solo Futuro nas Microbacias – Cenário 01

Microbacia	CLASSES									
	Permeável						Impermeável		Corpos Hídricos	
	Floresta		Agropecuária		Solo Exposto/vegetação Rasteira		Edificações e Vias		Rios e Mangues	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
01	1,83	79,59%	0,39	16,87%	0,00	0,00%	0,05	2,32%	0,03	1,22%
02	2,75	85,01%	0,36	11,06%	0,01	0,36%	0,07	2,24%	0,04	1,33%
03	0,70	59,80%	0,30	25,68%	0,02	1,81%	0,11	9,50%	0,04	3,21%
04	0,97	32,40%	0,71	23,68%	0,03	0,86%	1,22	41,08%	0,06	1,98%
05	1,09	39,49%	1,12	40,56%	0,01	0,43%	0,41	14,87%	0,13	4,65%
06	0,90	18,05%	2,18	43,97%	0,20	4,11%	1,57	31,69%	0,11	2,18%
07	3,76	62,48%	1,36	22,63%	0,10	1,67%	0,72	12,03%	0,07	1,20%
Sub-bacia	12,42	53,01%	7,40	31,60%	0,45	1,92%	2,68	11,44%	0,48	2,03%

Tabela 8 - Áreas e Percentagens dos Usos do Solo Futuro nas Microbacias – Cenário 02

Microbacia	CLASSES									
	Permeável						Impermeável		Corpos Hídricos	
	Floresta		Agropecuária		Solo Exposto/vegetação Rasteira		Edificações e Vias		Rios e Mangues	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
01	1,24	54,24%	0,26	11,50%	0,00	0,00%	0,76	33,04%	0,03	1,22%
02	1,84	56,81%	0,24	7,39%	0,01	0,24%	1,11	34,22%	0,04	1,33%
03	0,62	52,81%	0,26	22,68%	0,02	1,60%	0,23	19,70%	0,04	3,21%
04	0,95	31,75%	0,69	23,21%	0,03	0,84%	1,26	42,21%	0,06	1,98%
05	0,24	8,78%	0,25	9,01%	0,00	0,10%	2,14	77,47%	0,13	4,65%
06	0,35	7,02%	0,85	17,10%	0,08	1,60%	3,58	72,11%	0,11	2,18%
07	1,24	20,54%	0,45	7,44%	0,03	0,55%	4,22	70,27%	0,07	1,20%
Sub-bacia	10,97	46,84%	6,54	27,92%	0,40	1,70%	5,04	21,51%	0,48	2,03%

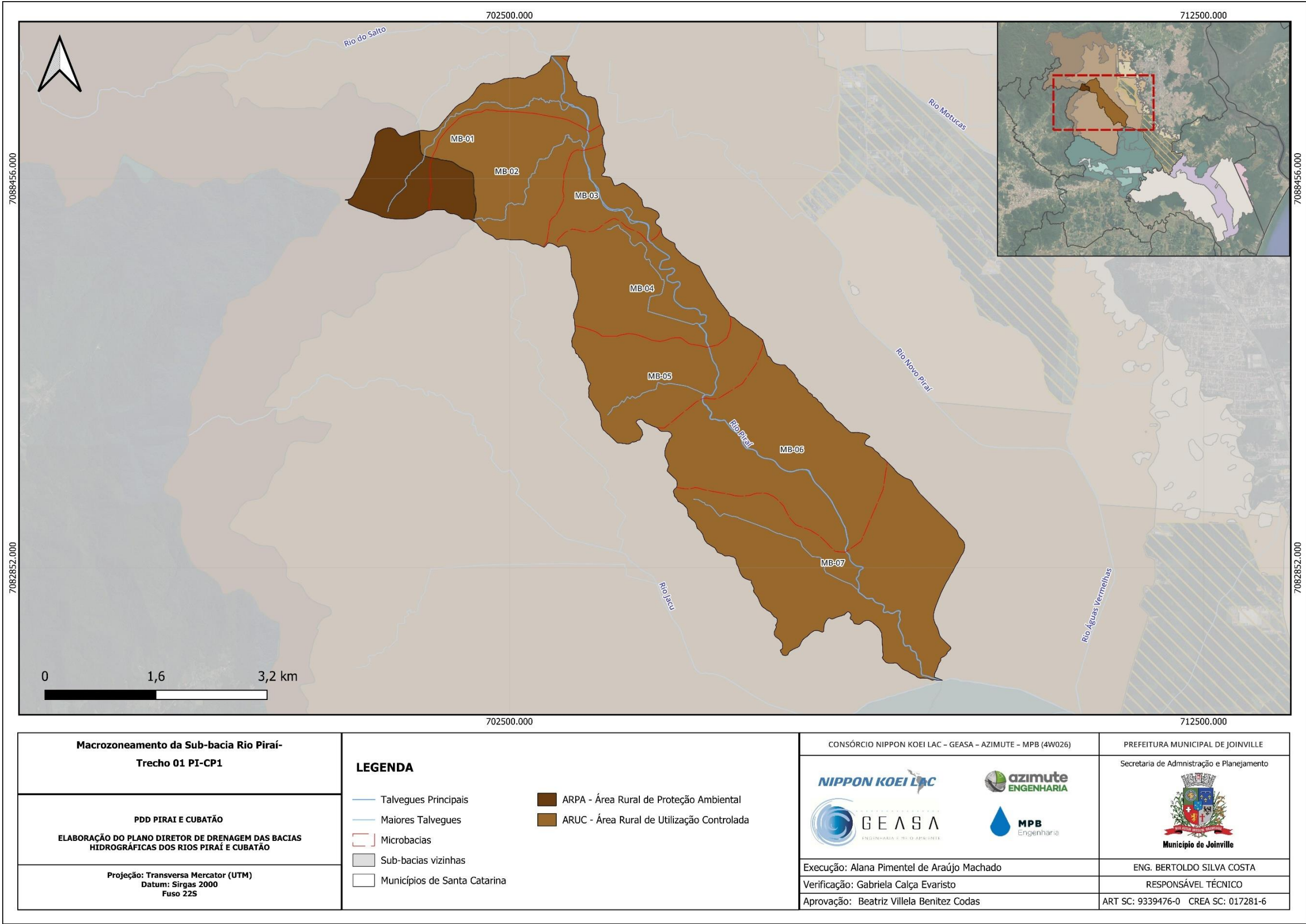


Figura 7 – Mapa de zoneamento para a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1.
Fonte: Consórcio 2025.

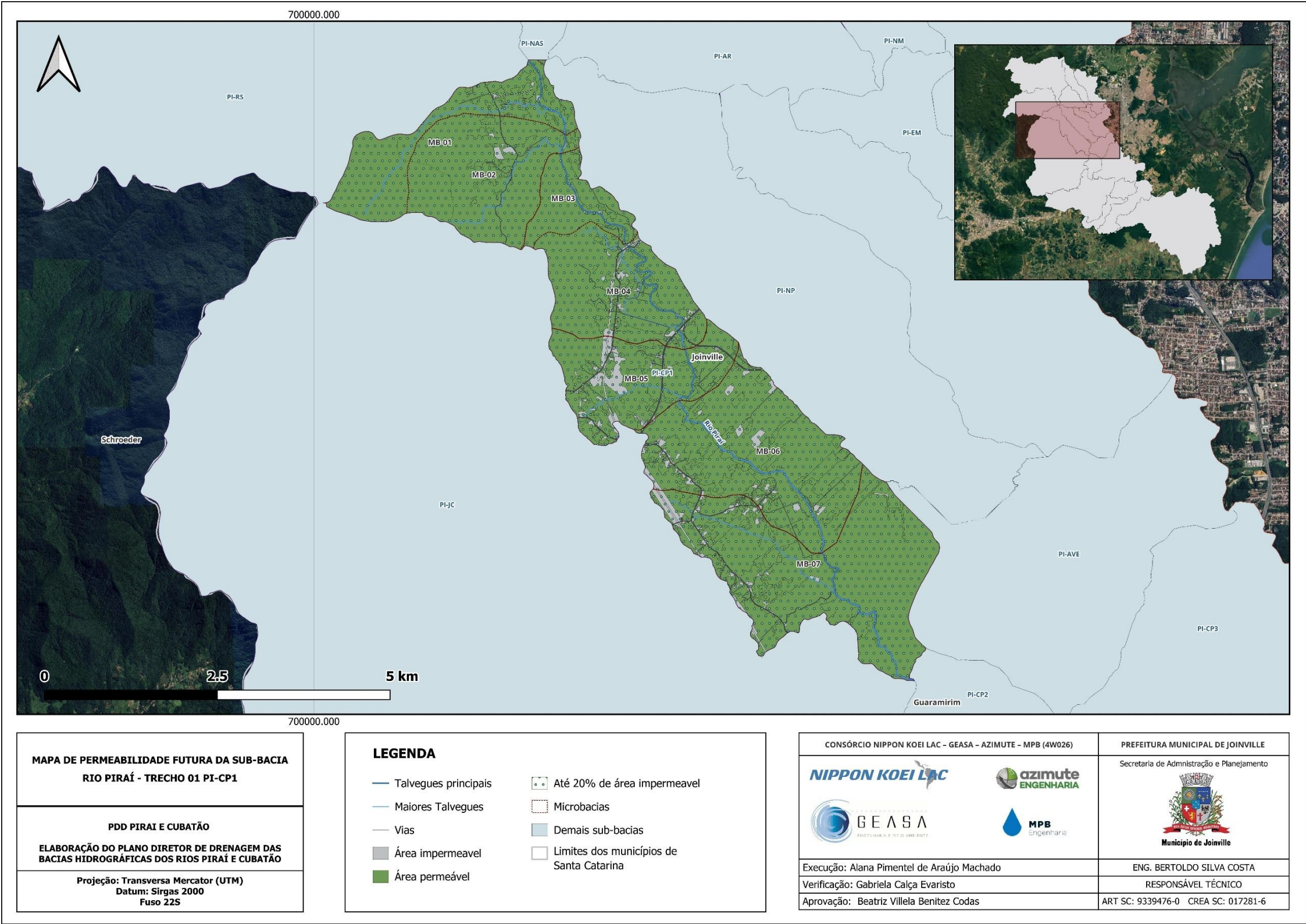


Figura 8 – Mapa de uso e ocupação futuro para a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1.

Fonte: Consórcio 2025.

3.3.3 - Cálculo do CN Futuro Sub Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1

Com base na metodologia de cálculo do Curve Number (CN), foram determinados os valores médios de CN para as microbacias da sub-bacia estudada considerando o cenário futuro 01 e cenário futuro 02. Os coeficientes CN, aplicados de acordo com a cobertura do solo e o tipo de solo, foram ponderados com base na área das microbacias e estão detalhados nas Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9 - Valores ponderados de CN Futuro por tipo de solo e uso do solo para cada microbacia da Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1 – Cenário 01

Sub-bacia	Classe	FLORESTA				AGROPECUÁRIA				SOLO EXPOSTO/VEGETAÇÃO RASTEIRA				IMPERMEÁVEL				CORPOS D'ÁGUA E MANGUE				TOTAL
	Grupo Hidrológico	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
MB01	Área	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	2,29
	%	0,00%	0,02%	79,57%	0,00%	0,00%	0,00%	16,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,32%	0,00%	0,00%	0,00%	1,22%	0,00%	100%
	CN	0,00	0,01	55,70	0,00	0,00	0,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	73,18
MB02	Área	0,00	0,08	2,68	0,00	0,00	0,01	0,35	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	3,24
	%	0,00%	2,42%	82,58%	0,00%	0,00%	0,23%	10,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,36%	0,00%	0,00%	0,11%	2,13%	0,00%	0,00%	0,07%	1,26%	0,00%	100%
	CN	0,00	1,45	57,81	0,00	0,00	0,18	8,99	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,11	2,08	0,00	0,00	0,07	1,24	0,00	72,19
MB03	Área	0,00	0,18	0,52	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	1,17
	%	0,00%	15,02%	44,78%	0,00%	0,00%	0,01%	25,67%	0,00%	0,00%	0,00%	1,81%	0,00%	0,00%	1,56%	7,93%	0,00%	0,00%	0,00%	3,21%	0,00%	100%
	CN	0,00	9,01	31,34	0,00	0,00	0,01	21,30	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00	0,00	1,53	7,78	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00	75,45
MB04	Área	0,00	0,44	0,53	0,00	0,00	0,13	0,58	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,42	0,80	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	2,98
	%	0,00%	14,65%	17,75%	0,00%	0,00%	4,30%	19,38%	0,00%	0,00%	0,23%	0,63%	0,00%	0,00%	14,19%	26,90%	0,00%	0,00%	0,01%	1,97%	0,00%	100%
	CN	0,00	8,79	12,42	0,00	0,00	3,31	16,09	0,00	0,00	0,14	0,46	0,00	0,00	13,90	26,36	0,00	0,00	0,01	1,93	0,00	83,41
MB05	Área	0,00	0,55	0,54	0,00	0,00	0,42	0,70	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,22	0,19	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	2,77
	%	0,00%	19,88%	19,61%	0,00%	0,00%	15,10%	25,46%	0,00%	0,00%	0,05%	0,38%	0,00%	0,00%	7,88%	6,99%	0,00%	0,00%	3,94%	0,71%	0,00%	100%
	CN	0,00	11,93	13,73	0,00	0,00	11,63	21,13	0,00	0,00	0,03	0,28	0,00	0,00	7,72	6,85	0,00	0,00	3,86	0,69	0,00	77,85
MB06	Área	0,00	0,52	0,09	0,28	0,00	0,44	0,87	0,87	0,00	0,03	0,05	0,13	0,00	0,52	0,46	0,59	0,00	0,03	0,03	0,05	4,96
	%	0,00%	10,55%	1,89%	5,60%	0,00%	8,83%	17,51%	17,62%	0,00%	0,63%	0,91%	2,57%	0,00%	10,56%	9,18%	11,95%	0,00%	0,52%	0,56%	1,10%	100%
	CN	0,00	6,33	1,33	4,26	0,00	6,80	14,54	15,33	0,00	0,38	0,66	2,03	0,00	10,35	9,00	11,71	0,00	0,51	0,55	1,08	84,85
MB07	Área	0,00	1,43	0,03	2,29	0,00	1,10	0,01	0,26	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,29	0,00	0,01	0,01	0,05	6,01
	%	0,00%	23,82%	0,55%	38,12%	0,00%	18,24%	0,11%	4,28%	0,00%	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	7,15%	0,07%	4,80%	0,00%	0,22%	0,12%	0,86%	100%
	CN	0,00	14,29	0,38	28,97	0,00	14,04	0,09	3,72	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	7,01	0,07	4,71	0,00	0,21	0,12	0,84	75,46
Sub-bacia	Área	0,00	3,89	4,65	4,92	0,00	2,50	0,08	5,46	0,00	0,17	0,00	0,32	0,00	0,51	0,12	0,37	0,00	0,15	0,00	0,33	23,47
	%	0,00%	16,56%	19,82%	20,98%	0,00%	10,64%	0,34%	23,26%	0,00%	0,71%	0,02%	1,36%	0,00%	2,18%	0,52%	1,58%	0,00%	0,65%	0,00%	1,40%	100%
	CN	0,00	9,94	13,87	15,94	0,00	8,19	0,28	20,23	0,00	0,43	0,01	1,07	0,00	2,14	0,51	1,55	0,00	0,63	0,00	1,37	76,17

Tabela 10 - Valores ponderados de CN Futuro por tipo de solo e uso do solo para cada microbacia da Sub-Bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1 – Cenário 02

Sub-bacia	Classe	FLORESTA				AGROPECUÁRIA				SOLO EXPOSTO/VEGETAÇÃO RASTEIRA				IMPERMEÁVEL				CORPOS D'ÁGUA E MANGUE				TOTAL
	Grupo Hidrológico	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
MB01	Área	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	2,29
	%	0,00%	0,02%	64,47%	0,00%	0,00%	0,00%	13,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,62%	0,00%	0,00%	0,00%	1,22%	0,00%	100%
	CN	0,00	0,01	45,13	0,00	0,00	0,00	11,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,21	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	77,89
MB02	Área	0,00	0,06	2,18	0,00	0,00	0,01	0,29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,63	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	3,24
	%	0,00%	1,98%	67,37%	0,00%	0,00%	0,19%	8,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%	0,00%	0,00%	0,60%	19,40%	0,00%	0,00%	0,07%	1,26%	0,00%	100%
	CN	0,00	1,19	47,16	0,00	0,00	0,15	7,33	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,59	19,01	0,00	0,00	0,07	1,24	0,00	76,95
MB03	Área	0,00	0,15	0,46	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,19	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	1,17
	%	0,00%	13,27%	39,54%	0,00%	0,00%	0,01%	22,67%	0,00%	0,00%	0,00%	1,60%	0,00%	0,00%	3,32%	16,38%	0,00%	0,00%	0,00%	3,21%	0,00%	100%
	CN	0,00	7,96	27,68	0,00	0,00	0,01	18,81	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	3,26	16,05	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00	78,09
MB04	Área	0,00	0,24	0,29	0,00	0,00	0,07	0,32	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,68	1,31	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	2,98
	%	0,00%	8,03%	9,73%	0,00%	0,00%	2,36%	10,63%	0,00%	0,00%	0,13%	0,34%	0,00%	0,00%	22,84%	43,94%	0,00%	0,00%	0,01%	1,97%	0,00%	100%
	CN	0,00	4,82	6,81	0,00	0,00	1,81	8,82	0,00	0,00	0,08	0,25	0,00	0,00	22,39	43,07	0,00	0,00	0,01	1,93	0,00	90,00
MB05	Área	0,00	0,49	0,48	0,00	0,00	0,37	0,63	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,11	0,02	0,00	2,77
	%	0,00%	17,67%	17,43%	0,00%	0,00%	13,42%	22,63%	0,00%	0,00%	0,05%	0,34%	0,00%	0,00%	11,77%	12,04%	0,00%	0,00%	3,94%	0,71%	0,00%	100%
	CN	0,00	10,60	12,20	0,00	0,00	10,33	18,79	0,00	0,00	0,03	0,24	0,00	0,00	11,53	11,80	0,00	0,00	3,86	0,69	0,00	80,09
MB06	Área	0,00	0,36	0,06	0,19	0,00	0,30	0,59	0,59	0,00	0,02	0,03	0,09	0,00	0,84	0,78	1,00	0,00	0,03	0,03	0,05	4,96
	%	0,00%	7,17%	1,29%	3,81%	0,00%	6,01%	11,91%	11,98%	0,00%	0,43%	0,62%	1,75%	0,00%	16,97%	15,69%	20,20%	0,00%	0,52%	0,56%	1,10%	100%
	CN	0,00	4,30	0,90	2,89	0,00	4,62	9,88	10,42	0,00	0,26	0,45	1,38	0,00	16,63	15,37	19,80	0,00	0,51	0,55	1,08	89,06
MB07	Área	0,00	1,27	0,03	2,04	0,00	0,97	0,01	0,23	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,72	0,01	0,57	0,00	0,01	0,01	0,05	6,01
	%	0,00%	21,17%	0,49%	33,88%	0,00%	16,21%	0,10%	3,80%	0,00%	1,48%	0,00%	0,00%	0,00%	12,01%	0,15%	9,51%	0,00%	0,22%	0,12%	0,86%	100%
	CN	0,00	12,70	0,34	25,75	0,00	12,48	0,08	3,31	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	11,77	0,14	9,32	0,00	0,21	0,12	0,84	77,96
Sub-bacia	Área	0,00	3,17	3,79	4,02	0,00	2,04	0,07	4,45	0,00	0,14	0,00	0,26	0,00	1,72	0,99	2,34	0,00	0,15	0,00	0,33	23,47
	%	0,00%	13,51%	16,17%	17,11%	0,00%	8,68%	0,28%	18,97%	0,00%	0,58%	0,01%	1,11%	0,00%	7,32%	4,23%	9,98%	0,00%	0,65%	0,00%	1,40%	100%
	CN	0,00	8,11	11,32	13,01	0,00	6,68	0,23	16,50	0,00	0,35	0,01	0,87	0,00	7,18	4,15	9,78	0,00	0,63	0,00	1,37	80,19

3.3.4 - Comparação Cenário Atual e Futuro Sub Bacia Rio Piraí – Trecho 01 PI-CP1

Como resultado do procedimento de projeção da urbanização para o cenário futuro, são apresentadas na Tabela 11 as áreas impermeáveis em cada microbacia.

Tabela 11 - Comparação Cenário Atual e futuro – Rio Piraí Trecho 01 PI-CP1

Microbacia	Área Permeável Atual	Área Permeável Futuro 01	Área Permeável Futuro 01	Área Impermeável Atual	Área Impermeável Futuro 01	Área Impermeável Futuro 02	CN Atual	CN Futuro 01	CN Futuro 02
01	97,69%	2,31%	91,69%	8,31%	78,15%	21,85%	72,87	73,18	77,89
02	98,33%	1,67%	89,62%	10,38%	78,66%	21,34%	71,68	72,19	76,95
03	96,35%	3,65%	86,72%	13,28%	77,08%	22,92%	73,11	75,45	78,09
04	94,38%	5,62%	84,95%	15,05%	75,51%	24,49%	73,81	83,41	90,00
05	89,43%	10,57%	80,48%	19,52%	71,54%	28,46%	75,61	77,85	80,09
06	95,74%	4,26%	86,17%	13,83%	76,59%	23,41%	78,96	84,85	89,06
07	96,42%	3,58%	86,78%	13,22%	77,14%	22,86%	72,96	75,46	77,96

3.3.1 - Sistema Viário – situação futura

Conforme apresentado no plano viário de 2024 disponibilizado pela prefeitura, está prevista a implantação da BR-07, até o presente momento, a construção aguarda parecer do órgão de planejamento urbano. A nova via, atravessa o Rio Pirai na Ponte Afonso Altrak como mostra o mapa da Figura 9.

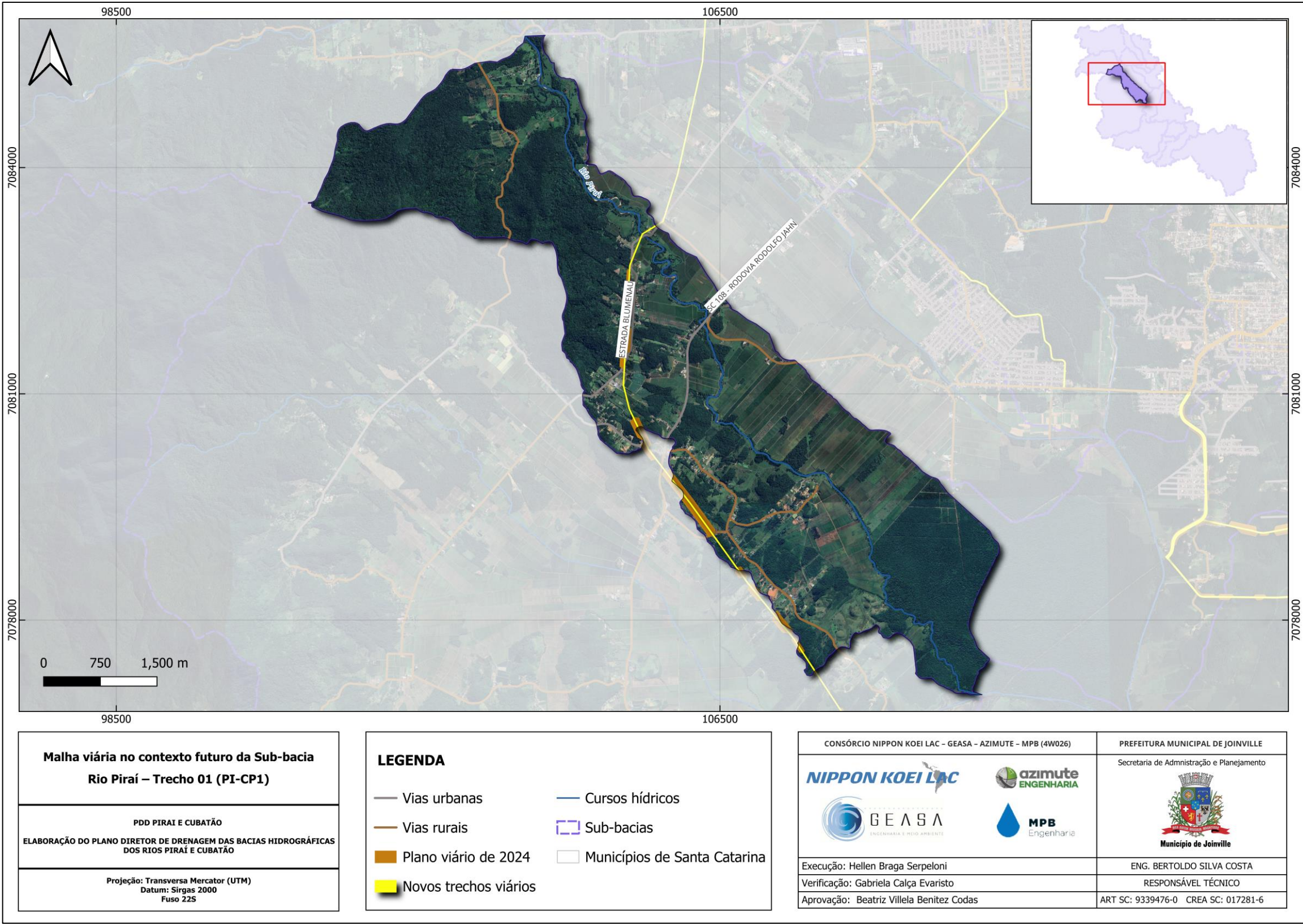


Figura 9 - - Sistema Viário Futuro - Sub-bacia Rio Pirai Trecho 01 PI-CP1
Fonte: Consórcio 2025.

4.0 - ESTUDO DE PRECIPITAÇÕES

4.0 - ESTUDO DE PRECIPITAÇÕES

O estudo de precipitações não se limita à análise das chuvas, como também abrange uma avaliação detalhada das vazões e níveis de água das Bacias Hidrográficas do Rio Pirai e do Rio Cubatão. Esses dados serão utilizados para aprimorar as simulações hidrológicas e hidráulicas das bacias em questão, proporcionando uma base sólida para a modelagem e análise dos processos hidrológicos e suas implicações práticas.

O objetivo do estudo de precipitações apresentado no Volume Principal, dentro do escopo do contrato vigente, é revisar e atualizar as análises de chuvas intensas presentes no PDDU 2011 para as bacias hidrográficas estudadas neste contrato. Este processo envolve a definição de novas relações entre Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e Altura-Duração-Frequência (ADF) para as bacias em estudo.

A análise detalhada da precipitação para a região foi apresentada no Relatório 4W026-P04-REL-11602-ED-00-01, no item 5.0 – Estudo de Precipitações. Com base nesse estudo, foi determinada a equação de chuvas intensas para a bacia, a partir da caracterização estatística dos eventos pluviométricos e da aplicação de métodos de ajuste a séries históricas de precipitação.

Diante da extensão da bacia hidrográfica em estudo, optou-se pela utilização de três estações pluviométricas com o objetivo de representar adequadamente o comportamento espacial da precipitação. Para a porção mais central foi utilizada a Estação Joinville RVPSC para o estudo. (Tabela 12)

Tabela 12 – Equações de chuvas intensas para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirai

Sub-bacias	Equação de Chuvas Intensas
PI-CP1, PI-CP2, PI-CP3, PI-CP4, PI-CP5, PI-CP6, PI-CP7, PI-EM, PI-AV1, PI-AVE, PI-NP, PI-JC	$I_{m,m} = \frac{498,202 \cdot TR^{0,184}}{(t_0 + 2,70)^{0,593}}$

Neste volume é demonstrado os resultados obtidos da determinação da equação das chuvas intensas para tempos de duração entre 5 e 1440 minutos e para tempos de retorno de 5 a 100 anos, conforme Tabela 13. Além disso, os valores de altura de água acumulada também foram obtidos e estão apresentados na Tabela 14. Para quaisquer dúvidas quanto à metodologia da determinação da equação consultar capítulo 5.0 do Volume 01.

Tabela 13 - Valores de intensidade de precipitação (mm/h) para os tempos de retorno de 5 a 100 anos e duração de 5 a 1440 minutos para porção central da Bacia Hidrográfica do Rio Pirai- Estação Joinville RVPSC.

Duração	Tempo de Retorno (anos)				
(min)	5	10	25	50	100
5	199,68	226,84	268,50	305,02	346,51
10	148,41	168,60	199,56	226,70	257,54
15	121,89	138,47	163,90	186,19	211,52
20	105,17	119,48	141,42	160,65	182,51
25	93,46	106,17	125,67	142,77	162,19
30	84,70	96,22	113,89	129,39	146,99
60	57,58	65,41	77,42	87,95	99,91
120	38,67	43,93	51,99	59,07	67,10
180	30,54	34,69	41,06	46,64	52,99
240	25,80	29,31	34,70	39,42	44,78
360	20,33	23,10	27,34	31,06	35,29
480	17,16	19,50	23,08	26,22	29,78
600	15,05	17,09	20,23	22,98	26,11
720	13,51	15,35	18,17	20,64	23,44
1440	8,97	10,19	12,06	13,70	15,56

Tabela 14 - Valores de altura de lâmina d'água (mm) para os tempos de retorno de 5 a 100 anos e duração de 5 a 1440 minutos para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirai.

Duração	Tempo de Retorno (anos)				
(min)	5	10	25	50	100
5	16,64	18,90	22,37	25,42	28,88
10	24,73	28,10	33,26	37,78	42,92
15	30,47	34,62	40,97	46,55	52,88
20	35,06	39,83	47,14	53,55	60,84
25	38,94	44,24	52,36	59,49	67,58
30	42,35	48,11	56,95	64,69	73,49
60	57,58	65,41	77,42	87,95	99,91
120	77,33	87,85	103,99	118,13	134,20
180	91,61	104,07	123,18	139,93	158,97
240	103,21	117,25	138,78	157,66	179,11
360	122,00	138,59	164,05	186,36	211,71
480	137,30	155,98	184,63	209,74	238,27
600	150,46	170,92	202,31	229,83	261,10
720	162,12	184,17	217,99	247,65	281,34
1440	215,20	244,47	289,37	328,73	373,44

A partir dos dados apresentados nas tabelas acima, pode-se perceber que a intensidade da chuva aumenta conforme o tempo de duração diminui, bem como, a intensidade também cresce com o aumento do período de retorno. Ou seja, as chuvas mais intensas ou ocorrem quando há grandes volumes de precipitação em curtos períodos e em intervalos de recorrência mais longos.

A Figura 10 apresenta as curvas IDF em relação ao tempo de retorno para a BHRP conforme metodologia apresentada no Volume 01 – Bacia do Rio Pirai.

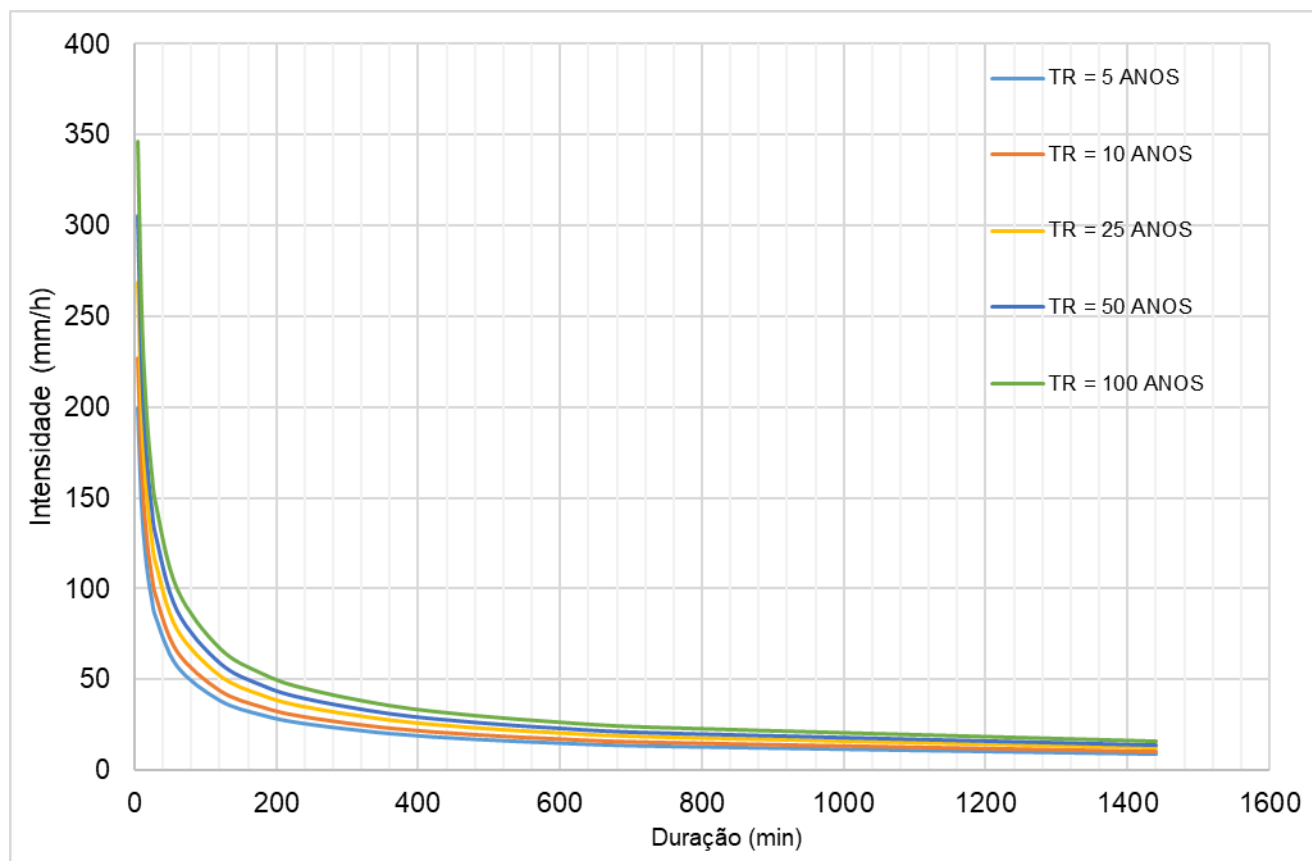


Figura 10 - Curva IDF para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirai (BHRP)

Para a BHRP, foram escolhidos os eventos de 09/02/2012 e 26/11/2022, uma vez que as estações da bacia apresentaram falhas para o evento de outubro selecionado para a BHRC, enquanto os outros dois eventos citados foram registrados de forma completa e representativa, principalmente pelas estações Estação Meteorológica CEASA – CEASA e Estação Meteorológica Rodovia do Arroz - Estr Sul. , na Figura 11 são apresentadas a seguir:

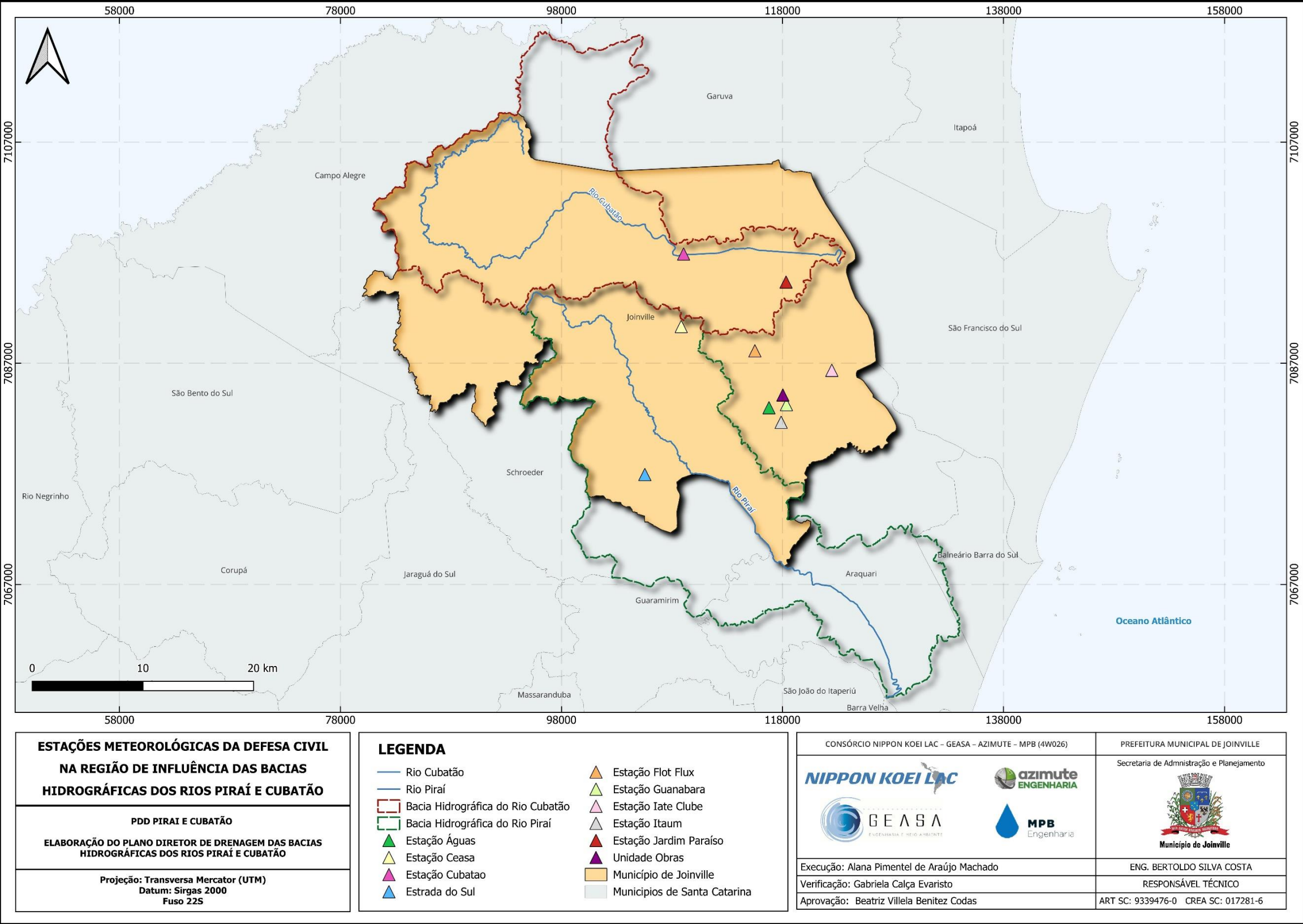


Figura 11 – Mapa das Estações da Defesa Civil

Fonte: Consórcio, 2025.

5.0 - ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

5.0 - ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

Este capítulo apresenta as características fisiográficas da Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1, detalhando informações sobre a sub-bacia e sua rede de drenagem, que servirão como parâmetros para modelos hidrológicos e hidráulicos. O capítulo é estruturado em duas seções principais:

1. **Característica da Sub-bacia:** Nesta seção, são descritas as características da Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1, incluindo sua área e respectivo tempo de concentração. Essas variáveis são fundamentais para a compreensão da resposta hidrológica da sub-bacia e para a modelagem da propagação do escoamento.
2. **Rede de Drenagem:** Esta seção aborda a rede de drenagem da sub-bacia, descrevendo o percurso do corpo hídrico principal, bem como os cálculos de comprimento, declividade. Essas informações são essenciais para a modelagem hidráulica e permitem uma análise detalhada do comportamento dos fluxos d'água.

Todos os dados utilizados e metodologias para a caracterização fisiográfica estão detalhados no Volume Principal.

Para o cálculo do tempo de concentração das sub-bacias da Bacia do Rio Pirai, as áreas foram divididas em bacias rurais e urbanas, cada qual com uma fórmula específica, conforme sugerido no estudo de Silveira (2005). Assim, para o cálculo do tempo de concentração nas sub-bacias da Bacia do Rio Cubatão, optou-se por utilizar a fórmula do Corps of Engineers nas sub-bacias rurais e a fórmula de *Carter* nas sub-bacias urbanas.

Desse modo, como a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 (PI-CP1) caracteriza-se como urbana, utilizou-se a fórmula de *Carter*, amplamente recomendada para bacias de pequeno porte com áreas impermeabilizadas. A fórmula de Carter é dada por:

$$Tc = 0.0977x L^{0,6} x S^{-0,3} \text{ (Equação 6)*}^1$$

onde:

- Tc representa o tempo de concentração em horas,
- L é o comprimento do talvegue principal em quilômetros,
- S é a declividade média do talvegue principal em m/m.

¹ Adaptada da Tc apresentada por McCuen et al (1984)

A fórmula de Carter, uma vez que apresentou resultados satisfatórios na estimativa do tempo de concentração. Esse método foi desenvolvido para bacias de baixa declividade ($<0,5\%$) e com área de contribuição de até 21 km², sendo especialmente adequado para cenários com infraestrutura urbana consolidada ou em desenvolvimento.

Ao aplicar essas metodologias, o estudo garante que as diferenças nas condições de escoamento entre bacias rurais e urbanas sejam consideradas, proporcionando maior precisão na simulação hidrológica e na modelagem de drenagem da Bacia do Rio Pirai. Essa abordagem permite que os tempos de resposta sejam estimados com base nas características específicas de cada tipo de bacia, facilitando o planejamento e o dimensionamento adequado das infraestruturas de drenagem.

A Tabela 15 apresenta os resultados dos cálculos para o tempo de concentração e precipitação de projeto.

Tabela 15 – Tempo de concentração Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1

Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1			
Código	Nome da Sub-bacia	Área da sub-bacia (km ²)	Tempo de concentração (min)
PI-CP1	Rio Pirai-Trecho 01 (PI-CP1)	23,59	195,34

Nesse item também é calculado o Lag Time que se refere ao tempo de retardo, estimado em (3/5) do valor de t_c por recomendação da metodologia SCS-*Soil Conservation Service* para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa de um hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente. Os dados utilizados nesse estudo referente ao *lag-time* são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Lag time Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1

Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1								
Código	Nome da Sub-bacia	Área da sub-bacia (km ²)	Extensão do talvegue (km)	Classificação	Declividade (m/m)	Tempo de concentração (min)	Lag Time(min)	Dur. Prec. De Projeto (horas)
PI-CP1	Rio Pirai – Trecho 01	23,59	13,51	Urbana	0,0015	195,34	117,20	3

Para a obtenção de uma análise mais detalhada e específica para o local, a Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 (PI-CP1) foi subdividida em SETE microbacias. Essa divisão foi desenvolvida através a com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS 3.34 e seu complemento SAGA GIS 2.3. Tendo como a base o MDE -SDS realizou-se o preenchimento de falhas e depressões, para a correção do MDE. Com o MDE corrigido seguiu-se para a definição da ordem dos cursos hídricos e dos canais de drenagem. Posteriormente, delimitou-se a microbacia utilizando a ferramenta *upslopearea* do SAGA GIS. através da definição do ponto do Exutório.

Através de procedimentos de cálculo em ambiente SIG, foram determinadas as áreas das quatro microbacias, em km². Os maiores talwegues e as delimitações foram identificados a partir de três diferentes fontes de informação: delimitação dos caminhos de drenagem através do Modelo Digital de Terreno (MDT) da bacia, denominado em SDS, a hidrografia disponibilizada pelo Simgeo, o MDE disponibilizado pela ANA, bem como a hidrografia apresentada por este mesmo órgão. As equações empregadas para o cálculo do tempo de concentração são aquelas sugeridas pelo estudo de Silveira (2005).

A extensão e a declividade do trecho de propagação dos trechos foram calculadas conforme metodologia apresentada no Volume Principal, fazendo uso da ferramenta *Profile Tools* do programa QGIS.

A Tabela 17 apresenta as características fisiográficas das microbacias.

Tabela 17 – Características fisiográficas das microbacias da sub-bacia

Sub-bacia Rio Pirai – Trecho 01 PI-CP1								
Microbacia	Área (km ²)	Cota Montante (m)	Cota Jusante (m)	Comprimento do maior talvegue (km)	Declividade (m/m)	Classificação	Tempo de concentração (min)	Lag Time(min)
MB 01	2,29	571,00	25,00	4,55	0,1200	Urbana	27,50	16,50
MB 02	3,24	216,00	38,00	2,86	0,0622	Urbana	25,36	15,22
MB 03	1,17	41,00	18,00	2,04	0,0113	Urbana	34,46	20,68
MB 04	2,98	45,00	15,00	3,16	0,0095	Urbana	47,34	28,40
MB 05	2,77	28,00	13,00	1,81	0,0083	Urbana	35,30	21,18
MB 06	4,96	16,00	8,00	3,47	0,0023	Urbana	76,44	45,86
MB 07	6,01	43,00	7,00	5,17	0,0070	Urbana	69,73	41,84

5.1.1 - Rede de Drenagem

A rede de drenagem principal de cada sub-bacia é composta por segmentos definidos entre os nós das microbacias, conforme os parâmetros estabelecidos no modelo hidrológico River Analysis System (software de simulação hidrológica) -HEC-HMS. Cada segmento é caracterizado por atributos fisiográficos, como largura, extensão, declividade e coeficiente de rugosidade (ou atrito), os quais influenciam diretamente o comportamento do escoamento nas simulações hidrológicas e hidráulicas. Esses parâmetros são fundamentais para a precisão do modelo, uma vez que representam as condições físicas da calha do rio.

A segmentação da rede de drenagem é determinada tanto pelas características físicas naturais, como confluências e bifurcações, quanto por aspectos técnicos relacionados à localização de pontos de controle. Esses pontos de controle são estabelecidos com base em dois critérios principais:

- Pontos de monitoramento hidrológico, utilizados para a calibração dos modelos, garantindo maior precisão nas previsões hidrológicas.
- Localização de intervenções na rede de drenagem, como obras de melhoria na infraestrutura de macrodrenagem, essenciais para a eficiência do sistema e a mitigação de inundações.

Essa abordagem assegura que a modelagem reflita fielmente a dinâmica da rede de drenagem, permitindo uma análise detalhada do comportamento hidrológico e hidráulico da bacia.

A rede de drenagem principal foi caracterizada na modelagem hidrológica por meio das variáveis de comprimento, largura, declividade e rugosidade (coeficiente de atrito). A atualização dessas variáveis foi realizada com base em diversas fontes de informação, garantindo precisão e consistência nos dados utilizados. As fontes incluem:

- Imagens de satélite de alta resolução, obtidas a partir da base do QGIS e do Google Earth;
- Consultas à ferramenta *Street View* do Google Earth, especialmente para a avaliação da rugosidade das superfícies;
- Levantamentos topobatimétricos e cadastrais e registros fotográficos de campo,

A verificação das extensões, larguras médias e declividades dos trechos foi realizada com base no material citado acima. Os coeficientes de rugosidade de Manning foram estimados conforme o tipo predominante de dispositivo e revestimento em cada trecho, seguindo os critérios descritos por Chow (1959) e conforme os coeficientes adotados no Plano Municipal de Saneamento Básico:

- Córrego natural com fundo pedregoso, sinuoso e vegetação nas margens: $n=0,045$;
- Canal retificado com fundo natural e vegetação nas margens: $n=0,035$;
- Canal construído com fundo natural e margens de alvenaria: $n=0,023$;
- Canal em Gabião-manta: $n=0,026$
- Canal em concreto com resíduos no fundo: $n=0,016$;
- Galeria / tubo de concreto com algum nível de resíduos no fundo: $n=0,016$.

Essa abordagem detalhada assegura a precisão na caracterização dos trechos da rede de drenagem, resultando em modelos hidrológicos e hidráulicos mais realistas e confiáveis. A Tabela 18 apresenta as características fisiográficas.

Tabela 18 - Características fisiográficas da rede de drenagem

Microbacia	Extensão do talvegue (km)	Declividade (m/m)	Rugosidade predominante (n)	Largura da seção	
				mín	máx
MB 01	4,55	0,1200	0,045	1,26	2,71
MB 02	2,86	0,0622	0,045	1,24	4,98
MB 03	2,04	0,0113	0,045	10,68	36,08
MB 04	3,16	0,0095	0,045	2,90	5,08
MB 05	1,81	0,0083	0,045	1,10	4,02
MB 06	3,47	0,0023	0,045	13,90	22,09
MB 07	5,17	0,0070	0,045	1,51	6,20

A Figura 12 e a Tabela 19 apresentam o modelo proposto do HMS com pontos de junção e propagação.

Tabela 19 - Pontos de Junção e Propagação

Ponto de Propagação	Coordenada	Coordenada	Ponto de Junção	Coordenada	Coordenada
	x	y		x	y
P-01	708097,8472	7082233,064	J-01	708709,8402	7081235,824
P-02	706625,0006	7084252,122	J-02	707348,9179	7083083,603
P-03	705501,3468	7085690,838	J-03	705285,2118	7085291,261
P-04	704906,828	7086874,497	J-04	705367,883	7086041,071
P-05	703967,9704	7088016,062	J-05	704506,0121	7087562,164
P-06	703631,2067	7089009,031	J-06	703573,1374	7088871,937
P-07	703245,0033	7089645,617	J-07	703622,0786	7089146,272
			J-08	703101,1999	7090217,273

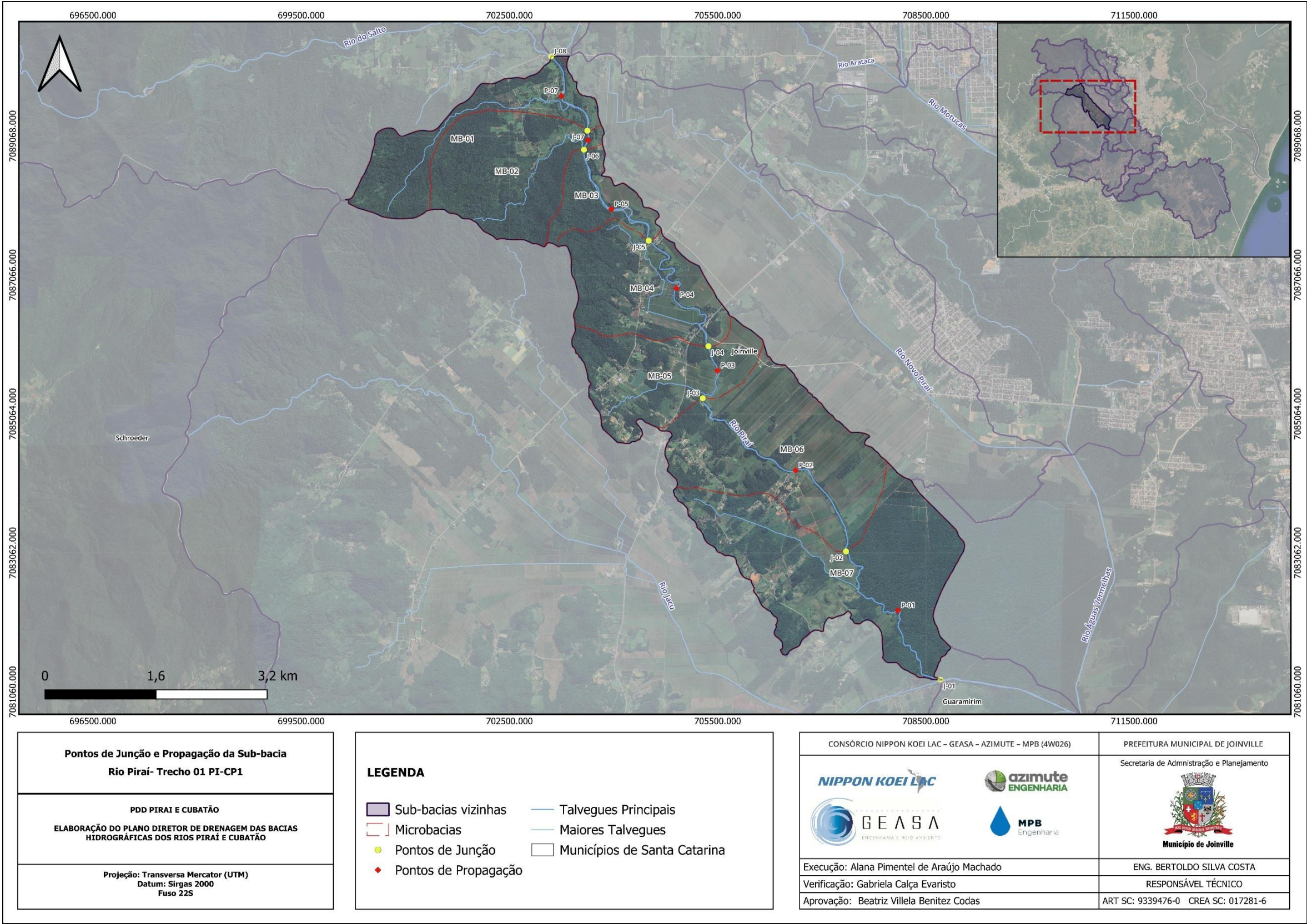


Figura 12 - Modelo Proposto no HMS.
Fonte: Consórcio, 2025.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Metadados ANA**. Acesso em 30 de setembro de 2024.

BACK, A. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. **Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina**. Meteorologia e Climatologia Agrícola. Revista. Abril 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SmRcmmccJSZnpGrvSbXqJwPt/>>.

BASSO, R. E.; ALLASIA, D. G.; TASS, R.; PICKBRENNER, K. **Revisão das Isozonas de Chuvas Intensas do Brasil**. Engenharia Sanitária Ambiental. V.27, n.4, p.635-641, 2016.

CAMPIOLI, VIEIRA, **Revista Brasileira de Geografia Física: Avaliação do Risco a Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte**, Joinville/SC, 2019.

CARTILHA GEOGRÁFICA BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CUBATÃO (NORTE) E CACHOEIRA, 1ª Edição, 2014.

CONSÓRCIO NIPPON KOEI LAC-GEASA-AZIMUTE-MPB (4W026). **Proposta Técnica**. Elaboração do Plano Diretor de Drenagem das Bacias Hidrográficas dos Rios Pirai e Cubatão (PDD Pirai e Cubatão), Maio/2024.

DAAE/CETESB. **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. Departamento de Águas e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento. São Paulo. 1986.

MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Hidrologia: princípio e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

PAFAFSTETTER, O. **Chuvas Intensas no Brasil**. 2ª edição, Rio de Janeiro, DNOS, 426p, 1982.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE (PMJ). **Solicitação de Propostas SP Nº 190/2023**, Janeiro/2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE (PMJ). **Termo de Referência SEI Nº 0013949953**. Elaboração do Plano Diretor de Drenagem das Bacias Hidrográficas dos Rios Pirai e Cubatão (PDD Pirai e Cubatão), Janeiro/2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE (PMJ). **Contrato Nº 820/2024**. Elaboração do Plano Diretor de Drenagem das Bacias Hidrográficas dos Rios Pirai e Cubatão (PDD Pirai e Cubatão), Junho/2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – PDDU-BHRC (2011)**. Disponível em: 934 <<https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-da-bacia-935hidrografica-do-rio-cachoeira/>> Acesso em: 17 set. 2024.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

SCS – **SoilConservation Service**. NationalEngineering Handbook. USDA, 1972.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Dados de pedologia, litologia e geomorfologia**. Acesso em 02 de outubro de 2024.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 10, jan/mar. Porto Alegre, pp 5-23. 2005.

SMAGALLA, J. et al. **Historias recentes das Inundações em Joinville: 2009-2019**. In. Encontro Nacional de Desastres, 2. 2020. Disponível em: <<https://anais.abrh.org.br/works/7297.>>

THOMÉ, V.M.R. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico de Drenagem e Manejo Das Águas Pluviais Urbanas**, abril de 2023.

TORRICO, J. J. TABORGA. **Práticas Hidrológicas**. Rio de Janeiro: Transcon. 1974.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, p952. 1993.

UBERTI. **Boletim técnico do levantamento da cobertura pedológica e da aptidão agrícola das terras da bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte**, março 2011