



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA

NT - NOTA TÉCNICA DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DO RIO CACHOEIRA



Consórcio

ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLI

Agosto/2009

951-PMJ-PDC-NT-P002
Rev. 0/C

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

**Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU – da Bacia Hidrográfica do Rio
Cachoeira no Município de Joinville**

NT – NOTA TÉCNICA
DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO
DO RIO CACHOEIRA

CONSÓRCIO ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLi

951-PMJ-PDC-NT-P002

Rev. 0/C

Agosto / 2009

APRESENTAÇÃO

Esta nota técnica apresenta o diagnóstico desenvolvido para a Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira, considerados os aspectos hidrológicos das sub-bacias e aspectos hidráulicos do leito do rio e de suas singularidades.

O diagnóstico hidrológico foi realizado através da comparação das vazões de pico dos hidrogramas gerados em cada sub-bacia contribuinte, aplicados a locais previamente selecionados ao longo do curso principal do rio Cachoeira, obtendo-se desta forma, para cada tempo de retorno, as vazões afluentes e escoadas pelo rio.

O diagnóstico hidráulico analisa de forma expedita, o comportamento do talvegue do rio Cachoeira, detendo-se na análise do escoamento através das singularidades existentes ao longo do rio, face à passagem das vazões de cheia, calculadas no diagnóstico hidrológico, obtendo-se desta forma, para cada tempo de retorno, uma avaliação, traduzida em grau de conformidade ou vulnerabilidade hidráulica de cada uma dessas singularidades.

Estas análises permitem numa primeira aproximação identificar com boa segurança e relativa precisão, os locais e áreas dispostas no leito do rio Cachoeira, que apresentam restrições ao escoamento em regime permanente e uniforme, configurando-se em prováveis indutores de áreas inundadas.

Convém destacar, que o diagnóstico definitivo será desenvolvido posteriormente, através de modelação hidrodinâmica do rio, introduzindo-se variáveis que permitam a obtenção de pontos cotados e níveis de água que serão comparados e calibrados por eventos de cheias havidas recentemente no município de Joinville.

ÍNDICE

PÁG.

APRESENTAÇÃO.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	8
1.1.1 Localização	8
1.1.2 Relevo.....	8
1.1.3 Vegetação	8
1.1.4 Clima.....	9
1.1.5 Hidrografia.....	9
2. METODOLOGIA	10
3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	11
3.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA E SUB-BACIAS.....	11
3.2 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	13
3.3 CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA.....	20
3.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA IMPERMEÁVEL E CN (NÚMERO DE CURVA)	23
3.4.1 Determinação da Área Impermeável.....	23
3.4.2 Determinação do CN	27
4. DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE PROJETO	32
4.1 CURVA IDF – INTENSIDADE – DURAÇÃO - FREQUÊNCIA	32
4.2 DURAÇÃO E ALTURA DE PRECIPITAÇÃO.....	36
4.2.1 Distribuição Temporal	36
4.2.2 Distribuição Espacial	37
5. SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA.....	40
5.1 MODELO TOPOLÓGICO.....	40
5.2 SUB BACIAS.....	41
5.3 CANAIS	42
5.4 JUNÇÕES.....	42
5.5 RESULTADOS OBTIDOS.....	42
5.5.1 Vazões de Pico	42
5.5.2 Hidrogramas	44
6. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO	65
6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	65
6.2 FORMULAÇÃO	85
6.3 CAPACIDADE DE VAZÃO.....	86

6.4	DIAGNÓSTICO	89
7.	CONCLUSÕES PRELIMINARES.....	94
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA 01 – DELIMITAÇÃO BACIA HIDROGRÁFICA RIO CACHOEIRA E SUB-BACIAS	12
FIGURA 02 – COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO CACHOEIRA...	14
FIGURA 03 – COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO PARA AS SUB-BACIAS DO RIO CACHOEIRA	17
FIGURA 04 – MAPA PEDOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE	21
FIGURA 05 – MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	22
FIGURA 06 – DENSIDADES DEMOGRÁFICAS DA BACIA DO RIO CACHOEIRA	25
FIGURA 07 – PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL DA BACIA DO RIO CACHOEIRA.....	26
FIGURA 08 – VALORES DO CN NAS SUB-BACIAS DO RIO CACHOEIRA	31
FIGURA 09 – COMPARAÇÃO DE IDFS ENTRE AS ESTAÇÕES PARA T=05 ANOS.....	33
FIGURA 10 – COMPARAÇÃO DE IDFS ENTRE AS ESTAÇÕES PARA T= 15 ANOS.....	33
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DE IDFS ENTRE AS ESTAÇÕES PARA T= 25 ANOS.....	34
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO DE IDFS ENTRE AS ESTAÇÕES PARA T= 50 ANOS.....	34
FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DE IDFS ENTRE AS ESTAÇÕES PARA T= 100 ANOS	35
FIGURA 14 – CHUVA DE PROJETO COM DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL	37
FIGURA 15 – CHUVA DE PROJETO COM DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL.....	38
FIGURA 16 – COMPARAÇÃO COM E SEM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL T=05 ANOS	39
FIGURA 17 – COMPARAÇÃO COM E SEM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL T= 10 ANOS	39
FIGURA 18 – COMPARAÇÃO COM E SEM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL T= 25 ANOS	39
FIGURA 19 – COMPARAÇÃO COM E SEM DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL T= 50 ANOS	39
FIGURA 21 – HIDROGRAMA J-01 DO MODELO HEC-HMS	45
FIGURA 22 – HIDROGRAMA J-02 DO MODELO HEC-HMS	46
FIGURA 23 – HIDROGRAMA J-03 DO MODELO HEC-HMS	47
FIGURA 24 – HIDROGRAMA J-04 DO MODELO HEC-HMS	48
FIGURA 25 – HIDROGRAMA J-05 DO MODELO HEC-HMS	49
FIGURA 26 – HIDROGRAMA J-06 DO MODELO HEC-HMS	50
FIGURA 27 – HIDROGRAMA J-07 DO MODELO HEC-HMS	51
FIGURA 28 – HIDROGRAMA J-08 DO MODELO HEC-HMS	52
FIGURA 29 – HIDROGRAMA J-09 DO MODELO HEC-HMS	53
FIGURA 30 – HIDROGRAMA J-10 DO MODELO HEC-HMS	54
FIGURA 31 – HIDROGRAMA J-11 DO MODELO HEC-HMS	55
FIGURA 32 – HIDROGRAMA J-12 DO MODELO HEC-HMS	56
FIGURA 33 – HIDROGRAMA J-13 DO MODELO HEC-HMS	57
FIGURA 34 – HIDROGRAMAS DOS NÓS DO MODELO HIDROLÓGICO	58
FIGURA 35 – INCREMENTO DE VAZÃO NO RIO CACHOEIRA PARA T=05 ANOS.....	61
FIGURA 36 – INCREMENTO DE VAZÃO NO RIO CACHOEIRA PARA T= 10 ANOS.....	62
FIGURA 37 – INCREMENTO DE VAZÃO NO RIO CACHOEIRA PARA T= 25 ANOS.....	63
FIGURA 38 – INCREMENTO DE VAZÃO NO RIO CACHOEIRA PARA T= 50 ANOS.....	64
FIGURA 39 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA	67
FOLHA 01 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	68
FOLHA 02 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	69

FOLHA 03 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	70
FOLHA 04 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	71
FOLHA 05 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	72
FOLHA 06 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	73
FOLHA 07 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	74
FOLHA 08 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	75
FOLHA 09 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	76
FOLHA 10 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	77
FOLHA 11 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	78
FOLHA 12 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	79
FOLHA 13 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	80
FOLHA 14 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	81
FOLHA 15 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	82
FOLHA 16 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	83
FOLHA 17 – LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS NO RIO CACHOEIRA.....	84
FIGURA 40 – GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE CAPACIDADE HIDRÁULICA E VAZÃO DE PICO	92

ÍNDICE DE QUADROS

PÁG.

QUADRO 01 COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E VELOCIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA	14
QUADRO 02 COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO DAS SUB-BACIAS.....	15
QUADRO 03 COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO DAS ÁREAS DE DRENAGEM.....	15
QUADRO 04 COMPARAÇÃO ENTRE VELOCIDADES NAS SUB-BACIAS	18
QUADRO 05 COMPARAÇÃO ENTRE VELOCIDADES NAS ÁREAS DE DRENAGEM.....	19
QUADRO 06 PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL NAS SUB-BACIAS.....	24
QUADRO 07 CN PARA ÁREAS URBANAS CONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL.....	27
QUADRO 07 CN PARA ÁREAS URBANAS CONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL	28
QUADRO 08 CN (CORRIGIDO) PARA ÁREAS URBANAS DESCONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL.....	29
QUADRO 09 NÚMERO DE CURVA PARA AS SUB-BACIAS.....	30
QUADRO 10 DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA CHUVA DE PROJETO	36
QUADRO 11 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE HUFF.....	36
QUADRO 12 COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL.....	38
QUADRO 13 PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO	41
QUADRO 14 CARACTERÍSTICAS DE CANAIS.....	42
QUADRO 15 VAZÃO DE PICO GERADA EM CADA SUB-BACIA.....	43
QUADRO 16 VAZÃO DE PICO GERADA EM CADA NÓ (JUNÇÃO) E CANAL (PROPAGAÇÃO).....	44
QUADRO 17 PERCENTUAL DE INCREMENTAL DE VAZÃO	59
QUADRO 17 PERCENTUAL DE INCREMENTAL DE VAZÃO	60
QUADRO 18 VAZÕES PARA OS NÓS EM CADA JUNÇÃO	65
QUADRO 19 COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING	86
QUADRO 20 CAPACIDADE HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS EXISTENTES	87
QUADRO 20 CAPACIDADE HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS EXISTENTES	88
QUADRO 21 COMPARATIVO ENTRE CAPACIDADE HIDRÁULICA E VAZÕES DE PICO PARA OS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA 5, 10, 25 E 50 ANOS	90
QUADRO 21 COMPARATIVO ENTRE CAPACIDADE HIDRÁULICA E VAZÕES DE PICO PARA OS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA 5, 10, 25 E 50 ANOS	91
QUADRO 22 VERIFICAÇÃO DO PERÍODO DE RECORRÊNCIA.....	93

1. INTRODUÇÃO

O diagnóstico preliminar, hidrológico e hidráulico, apresentado no seguimento, considera condicionantes e parâmetros de cálculo, específicos e devidamente justificados para a cidade de Joinville, bem como atende à metodologia aprovada pelo BID.

O diagnóstico apresenta a caracterização de todo o curso do rio Cachoeira, observadas as influências hidrológicas de seus afluentes, bem como identifica e qualifica o comportamento hidráulico dos dispositivos de drenagem que interferem no escoamento do fluxo da onda de cheia.

As capacidades hidráulicas das singularidades foram avaliadas através da fórmula de Manning, e as declividades extraídas da base cartográfica (2007).

Neste estudo, sem prejuízo aos resultados obtidos, não está sendo considerada a variável maré, que será introduzida nos estudos hidrodinâmicos.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

1.1.1 Localização

Joinville localiza-se na região Sul do País, município pólo da microrregião nordeste do Estado de Santa Catarina. Joinville é responsável por cerca de 20% das exportações catarinenses. A cidade concentra grande parte da atividade econômica na indústria, que gera um faturamento de 14,8 bilhões de dólares por ano, com destaque para os setores metalmeccânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico e farmacêutico. (Joinville, 2008)

1.1.2 Relevo

O relevo do município se desenvolve sobre terrenos cristalinos da Serra do Mar e uma área de Sedimentação Costeira. A parte oeste do território do município estende-se até os contrafortes da Serra do Mar, cujas escarpas se estendem desde o Estado do Rio de Janeiro, marginados em sentido leste por planícies deposicionais. (Joinville, 2008)

Destaca-se a Serra Queimada, atingindo o ponto 1.325 metros de altitude; na parte leste ocorre uma região de planícies, resultado de processos sedimentares aluvionais nas partes mais interioranas e marinhas na linha da costa, onde ocorrem os mangues. Justamente nesta unidade se desenvolve a ocupação humana (área agricultável e urbana), com altitudes que variam de 0 a 20 metros, e inseridos na região da planície ocorrem morros isolados, constituídos de formas de relevo arredondadas, conhecidas como “Mar de Morros” sendo o morro do Boa Vista o mais alto da área urbana, com 220 metros. (Joinville, 2008)

1.1.3 Vegetação

A vegetação da região de Joinville pode ser classificada, de forma geral, como Floresta Ombrófila Densa, parte integrante da Floresta Atlântica. Este tipo de vegetação assume

características diferenciadas conforme a altitude, o clima e o tipo de solo da região; e originalmente cobria quase toda a extensão do município. (Joinville, 2008)

1.1.4 Clima

O clima da região é do tipo úmido a superúmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem, apresentando três subclasses de microclima diferentes, devido às características do relevo. (Joinville, 2008)

Segundo a classificação de Thornthwaite, as três subclasses da região são: A B'4 ra' (superúmido) na planície costeira; B4 B'3 ra' (úmido) nas regiões mais altas; e B3 B'1 ra' (úmido) no planalto ocidental. A classificação Thornthwaite leva em consideração a precipitação acumulada no ano, a temperatura média anual e a altitude, entre outros fatores. A metodologia de classificação encontra-se disponível em bibliografias específicas. (Joinville, 2008)

1.1.5 Hidrografia

A região de Joinville apresenta um grande potencial em recursos hídricos, proporcionado pela combinação das chuvas intensas com a densa cobertura florestal remanescente. (Joinville, 2008)

A hidrografia local é fortemente influenciada por aspectos estruturais e geomorfológicos. A rede de drenagem natural da região apresenta formato dendrítico, com leitos encachoeirados e encaixados em vales profundos, com vertentes curtas nos cursos superior e médio. Nas planícies de inundação apresenta baixa declividade e grande sinuosidade natural. (Joinville, 2008)

O ordenamento hidrográfico do município é constituído por sete unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos, através das seguintes bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, Bacia Hidrográfica do Rio Piraí, Bacia Hidrográfica do Rio Itapocuzinho, Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste e Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Sul. (Joinville, 2008)

1.1.5.1 Rio Cachoeira

A bacia hidrográfica do rio Cachoeira está totalmente inserida na área urbana de Joinville. Drena uma área de 83,12 km² que representa 7,3% da área do município. Ao longo de seu curso de 14,9 km de extensão tem como afluentes principais: rio Alto Cachoeira, canal do rio Cachoeira, rio Morro Alto (ribeirão Ghifforn), riacho da rua Fernando Machado, nascentes de rio no Morro da Antartica, rio Princesinha ou riacho do Bela Vista, rio Bom Retiro, rio Mirandinha, riacho Saguacú ou riacho do Moinho, ribeirão Mathias, rio Jaguarão, rio Elling, rio Bucarein, riacho Curtume, rio Itaum-Açú, rio Itaum-Mirim e riacho Bupeva ou rio do Fátima. (Joinville, 2008)

Suas nascentes estão localizadas no bairro Costa e Silva nas proximidades da rua Rui Barbosa e Estrada dos Suíços entroncamento com a BR-101. (Joinville, 2008)

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira ocupa uma região relativamente plana. As nascentes encontram-se numa altitude de 40 metros. Na maior parte de seu curso, o canal principal situa-se entre 5,0 a 15,0 m de altitude. A foz encontra-se numa região estuarina sob a influência das marés, onde se encontram remanescentes de manguezais. Durante os períodos de maré alta, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do rio (remanso) até quase a metade de seu percurso (próximo à travessia da rua General Polidoro, segundo relato de moradores da região) causado pelo ingresso de água salgada através do canal. (Joinville, 2008)

As baixas altitudes junto à foz, associadas ao efeito das marés astronômicas e meteorológicas e das precipitações pluviométricas causam freqüentes problemas de inundações na região central do município, atingindo também alguns afluentes, principalmente os rios Itaum-Açú, Bucarein, Jaguarão e Mathias. (Joinville, 2008)

O processo de ocupação da cidade se deu ao longo do rio Cachoeira e seus afluentes e, hoje comporta 49 % da população do município – (242.575 hab.).

A área verde da bacia soma 13 km², concentrando-se nos Morros do Boa Vista, Iririú e nas nascentes de seus afluentes, onde a legislação federal restringe a ocupação populacional. (Joinville, 2008)

2. METODOLOGIA

Os estudos da bacia do rio Cachoeira têm o objetivo imediato de realizar o diagnóstico hidrológico dessa bacia e posteriormente possibilitar o estabelecimento das bases para a proposição das intervenções, bem como a definição do Plano de Ação, estudo componente, do Plano Diretor de Macrodrenagem.

Devido à inexistência de registros fluviométricos confiáveis e também pela necessidade de se ter uma ferramenta capaz de analisar o desenvolvimento da ocupação urbana, optou-se pela utilização de métodos indiretos para a obtenção dos hidrogramas de cheia do rio Cachoeira.

Nessa abordagem, a seqüência metodológica a ser utilizada é descrita resumidamente a seguir:

- ✓ determinação das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Cachoeira nas seções de interesse;
- ✓ determinação das chuvas de análise, adotando-se freqüências entre 5 a 50 anos, uma duração igual ou superior ao tempo de concentração da bacia hidrográfica e uma distribuição temporal crítica;
- ✓ classificação hidrológica dos solos com base no critério do “Soil Conservation Service” (National Engineering Handbook, 1975);

- ✓ determinação da chuva excedente através do método do “Soil Conservation Service Curve Number” (National Engineering Handbook, 1975);
- ✓ utilização do hidrograma sintético do “Soil Conservation Service” (National Engineering Handbook, 1975) para a transformação da chuva excedente em escoamento superficial;
- ✓ modelagem matemática e computacional da bacia hidrográfica do rio Cachoeira nas seções de interesse utilizando o modelo HEC-HMS (HEC-HMS, September, 2007);
- ✓ simulação do processo chuva-vazão para períodos de retorno (TR) entre 5 a 50 anos;
- ✓ determinação dos hidrogramas de cheia nas seções de interesse;
- ✓ caracterização da capacidade de escoamento do canal do rio Cachoeira nas seções de interesse;
- ✓ diagnóstico da bacia com base no comportamento da rede de drenagem considerando os hidrogramas de cheia obtidos e a capacidade de escoamento nas seções de estudo.

3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

3.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA E SUB-BACIAS

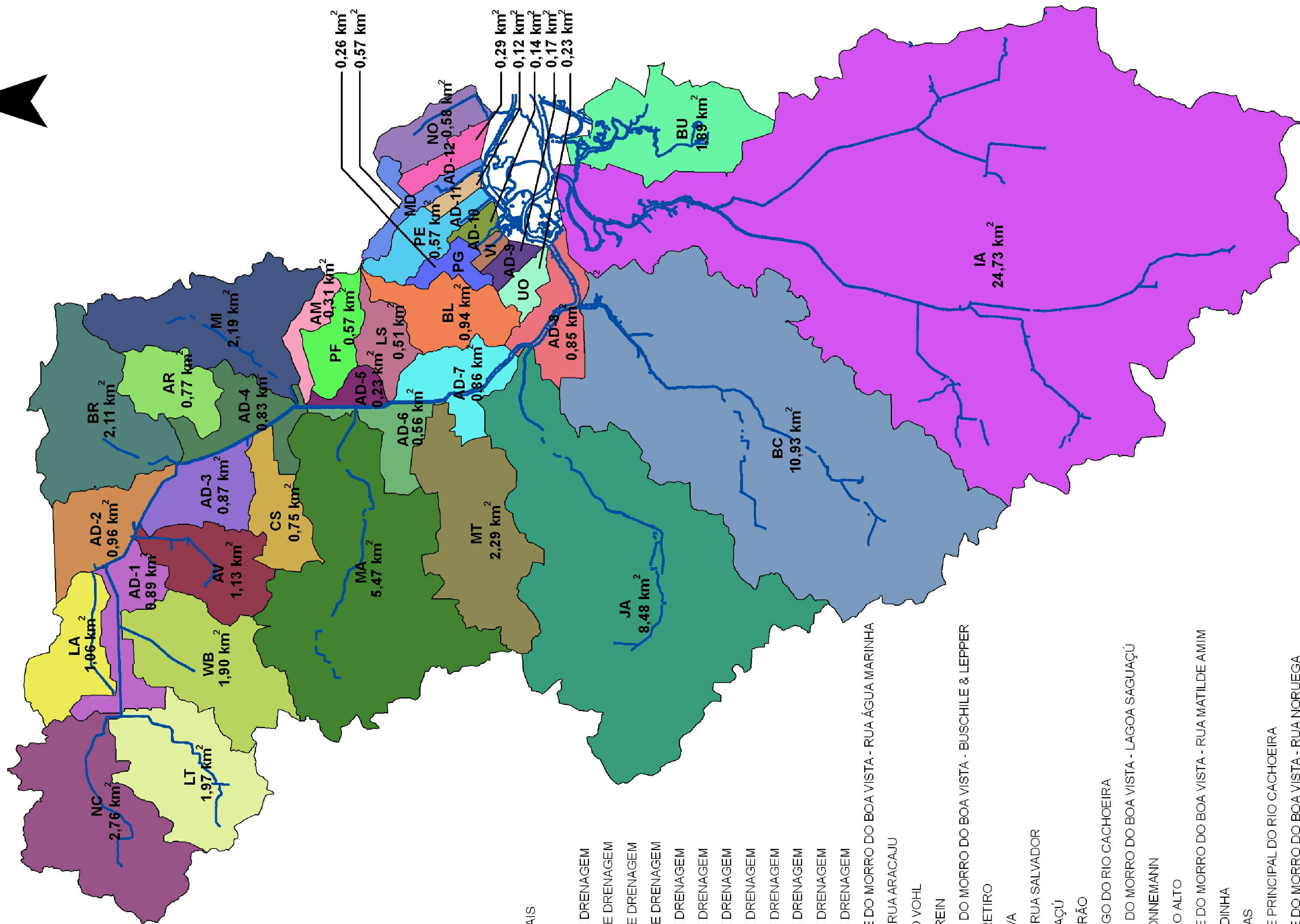
Utilizou-se a base cartográfica do município de Joinville na escala 1:1000 elaborada recentemente (2007), onde constam curvas de nível de 1 metro em 1 metro.

Para a elaboração da delimitação das sub-bacias realizou-se uma pesquisa e análise crítica dos projetos existentes na PMJ.

O Consórcio ressalta a dificuldade em se obter informações em projetos existentes devido à falta e precariedade das informações constantes. Os projetos não apresentam coordenadas, distâncias ou indicações do exato local do início da rede, razão pela qual foi adotado em muitos casos, como elemento balizador, a própria topografia do terreno e a divisão dos lotes nas quadras.

A bacia hidrográfica do rio Cachoeira apresenta uma área de 79,86 Km².

A seguir é apresentado o mapa (Figura 3.1) com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira e suas Sub-Bacias, além das áreas de drenagem existentes.



Legenda

— CANAIS FLUVIAIS

Sub-Bacias

AD-1, ÁREA DE DRENAGEM	AM, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA ÁGUA MARINHA
AD-10, ÁREA DE DRENAGEM	AR, CANAL DA RUA ARACAJU
AD-11, ÁREA DE DRENAGEM	AV, RIO ALVINO VOHL
AD-12, ÁREA DE DRENAGEM	BC, RIO BUCAREIN
AD-2, ÁREA DE DRENAGEM	BL, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - BUSCHILE & LEPPER
AD-3, ÁREA DE DRENAGEM	BR, RIO BOM RETIRO
AD-4, ÁREA DE DRENAGEM	BU, RIO BUPEVA
AD-5, ÁREA DE DRENAGEM	CS, CANAL DA RUA SALVADOR
AD-6, ÁREA DE DRENAGEM	IA, RIO ITAUM-AÇÚ
AD-7, ÁREA DE DRENAGEM	JA, RIO JAGUARÃO
AD-8, ÁREA DE DRENAGEM	LA, LEITO ANTIGO DO RIO CACHOEIRA
AD-9, ÁREA DE DRENAGEM	LS, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - LAGOA SAGUAÇÚ
AM, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA ÁGUA MARINHA	LT, RIO LUIZ TONNEMANN
AR, CANAL DA RUA ARACAJU	MA, RIO MORRO ALTO
AV, RIO ALVINO VOHL	MD, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA MATILDE AMIM
BC, RIO BUCAREIN	MI, RIO MIRANDINHA
BL, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - BUSCHILE & LEPPER	MT, RIO MATHIAS
BR, RIO BOM RETIRO	NC, NASCENTE PRINCIPAL DO RIO CACHOEIRA
BU, RIO BUPEVA	NO, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA NORUEGA
CS, CANAL DA RUA SALVADOR	PE, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA PEDRO ÁLVARES CABRAL
IA, RIO ITAUM-AÇÚ	PF, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - PARQUE DE FRANCE
JA, RIO JAGUARÃO	PG, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - PONTA GROSSA
LA, LEITO ANTIGO DO RIO CACHOEIRA	UO, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - UNIDADE DE OBRAS
LS, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - LAGOA SAGUAÇÚ	VI, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - VICK
LT, RIO LUIZ TONNEMANN	WB, RIO WALTER BANDT
MA, RIO MORRO ALTO	
MD, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA MATILDE AMIM	
MI, RIO MIRANDINHA	
MT, RIO MATHIAS	
NC, NASCENTE PRINCIPAL DO RIO CACHOEIRA	
NO, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA NORUEGA	
PE, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - RUA PEDRO ÁLVARES CABRAL	
PF, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - PARQUE DE FRANCE	
PG, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - PONTA GROSSA	
UO, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - UNIDADE DE OBRAS	
VI, VERTENTE DO MORRO DO BOA VISTA - VICK	
WB, RIO WALTER BANDT	

3.2 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para a determinação do tempo de concentração, o trabalho de Silveira apresenta 23 equações, dentre as quais, devido à pertinência dos parâmetros de aplicabilidade foram avaliadas as fórmulas de Carter, Picking, Espey-Winslow e Schaake.

Dentre estas, foi selecionada a fórmula de Carter por apresentar um erro menor em relação a média das demais fórmulas, e por não apresentar velocidades de escoamento excessivas.

A seguir são apresentadas as 4 equações de determinação do Tempo de Concentração utilizadas para a análise e a comparação de resultados que conduziram à escolha da fórmula de Carter, empregada neste estudo.

Equação de Carter:

$$Tc = 0,0977 \cdot L^{0,6} \cdot S^{-0,3};$$

Equação de Picking:

$$Tc = 0,0883 \cdot L^{0,667} \cdot S^{-0,333};$$

Equação de Espey-Winslow:

$$Tc = 0,343 \cdot \phi \cdot L^{0,29} \cdot S^{-0,143} \cdot Aimp^{-0,6};$$

Equação Schaake:

$$Tc = 0,0828 \cdot L^{0,24} \cdot S^{-0,16} \cdot Aimp^{-0,26};$$

Onde:

Tc = Tempo de Concentração (h);

L = Extensão do Talvegue Principal (Km);

S = Declividade Média (m/m);

$Aimp$ = Percentual de Área Impermeável (%);

ϕ = 0,3 (Área Urbana) 1,0 (Área Rural)

O Quadro 3.1 apresenta a comparação realizada para a Bacia do Rio Cachoeira.

QUADRO 3.1
COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E VELOCIDADE PARA A BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA

<i>Bacia Hidrográfica</i>	<i>Sigla</i>	<i>Tempo de Concentração (min)</i>			
<i>Bacia Cachoeira</i>	CA	Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
		166,67	218,24	104,55	41,02
		<i>Velocidade (m/s)</i>			
		Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
		0,17	0,13	0,26	0,67

Com as informações constantes do Quadro 3.1, apresenta-se a Figura 3.2 onde graficamente mostra-se a comparação efetuada pelo Consórcio.

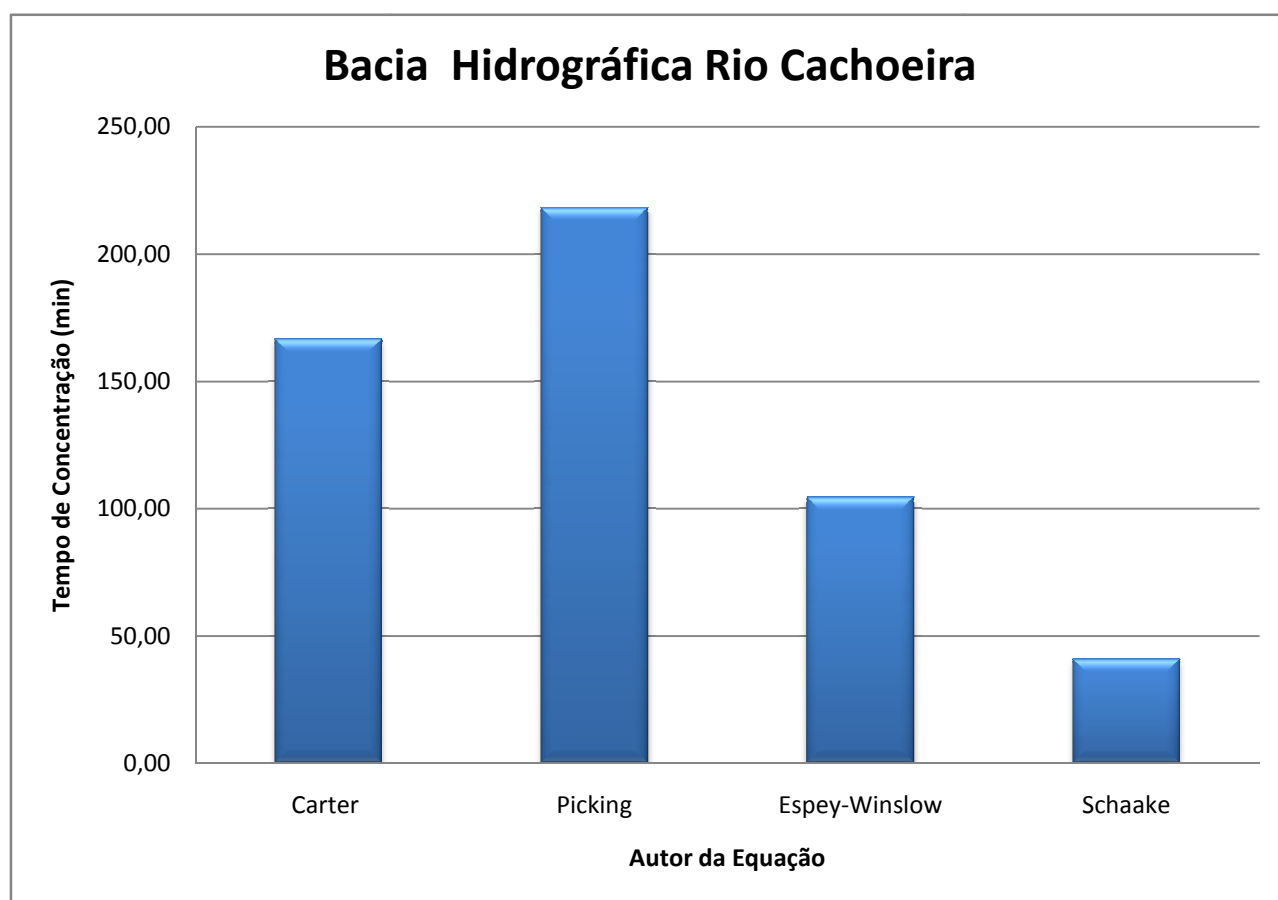


Figura 3.2 – Comparação entre Tempos de Concentração da Bacia Hidrográfica Rio Cachoeira

Em seguida é apresentada a comparação dos tempos de concentração para as sub-bacias do rio Cachoeira, com a mesma metodologia realizada para o rio Cachoeira.

Os quadros 3.2 e 3.3 apresentam a comparação entre tempos de concentração das Sub-Bacias e das Áreas de Drenagem, que são áreas marginais do rio Cachoeira que apresentam escoamento somente quando há precipitação.

QUADRO 3.2
COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO DAS SUB-BACIAS

Sub-Bacia	Sub-Bacia	Sigla	Tempo de Concentração (min)			
			Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
1	Nascente do Cachoeira	NC	48,71	55,63	71,22	26,07
2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	44,01	49,67	74,28	27,21
3	Rio Bom Retiro	BR	44,73	50,60	54,72	23,02
4	Rui Luiz Tonnenmann	LT	44,91	50,82	45,51	21,47
5	Rio Walter Brandt	WB	41,86	47,00	44,06	20,69
6	Rio Alvino Vohl	AV	29,85	32,28	45,31	19,29
7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	30,29	32,82	45,24	18,80
8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	22,32	23,38	43,87	17,15
9	Rio Mirandinha	MI	39,46	44,04	47,18	20,48
10	Rio Morro Alto	MA	61,21	71,71	79,52	28,35
11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	16,86	17,13	34,33	14,26
12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	14,29	14,24	31,42	13,19
13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacu	LS	14,45	14,43	31,64	13,30
14	Rio Mathias	MT	34,55	38,00	54,10	20,50
15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	20,01	20,71	37,66	15,56
16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	22,14	23,16	39,79	17,34
17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	16,60	16,82	34,62	15,47
18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	10,74	10,38	28,05	11,75
19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	16,51	16,72	34,52	14,15
20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	35,55	39,19	51,30	21,54
21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	43,52	49,08	70,08	25,79
22	Rio Jaguarão	JA	76,88	92,38	85,27	31,04
23	Rio Bupeva	BU	50,01	57,28	33,69	19,11
24	Rio Bucarein	BC	85,35	103,74	71,86	29,75
25	Rio Itaum-Açú	IA	84,17	102,22	75,52	28,83

QUADRO 3.3
COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO DAS ÁREAS DE DRENAGEM

Sub-Bacia	Sub-Bacia	Sigla	Tempo de Concentração (min)			
			Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
AD-1	Área de Drenagem 1	AD-1	14,46	14,42	86,11	21,91
AD-2	Área de Drenagem 2	AD-2	19,44	20,04	42,29	16,94
AD-3	Área de Drenagem 3	AD-3	20,75	21,55	41,17	16,98
AD-4	Área de Drenagem 4	AD-4	22,30	23,35	39,86	17,20
AD-5	Área de Drenagem 5	AD-5	14,66	14,64	31,86	14,18
AD-6	Área de Drenagem 6	AD-6	29,96	32,41	41,43	19,03
AD-7	Área de Drenagem 7	AD-7	19,25	19,82	34,75	15,90
AD-8	Área de Drenagem 8	AD-8	28,80	31,00	44,85	19,77
AD-9	Área de Drenagem 9	AD-9	15,85	15,97	33,85	14,76
AD-10	Área de Drenagem 10	AD-10	13,77	13,67	31,63	13,78
AD-11	Área de Drenagem 11	AD-11	20,45	21,20	38,29	16,81
AD-12	Área de Drenagem 12	AD-12	30,87	33,50	46,72	20,27

A seguir é apresentado o gráfico da comparação entre os tempos de concentração para cada sub-bacia do rio Cachoeira.

A Figura 3.3 tem por objetivo a melhor compreensão gráfica do estudo elaborado.

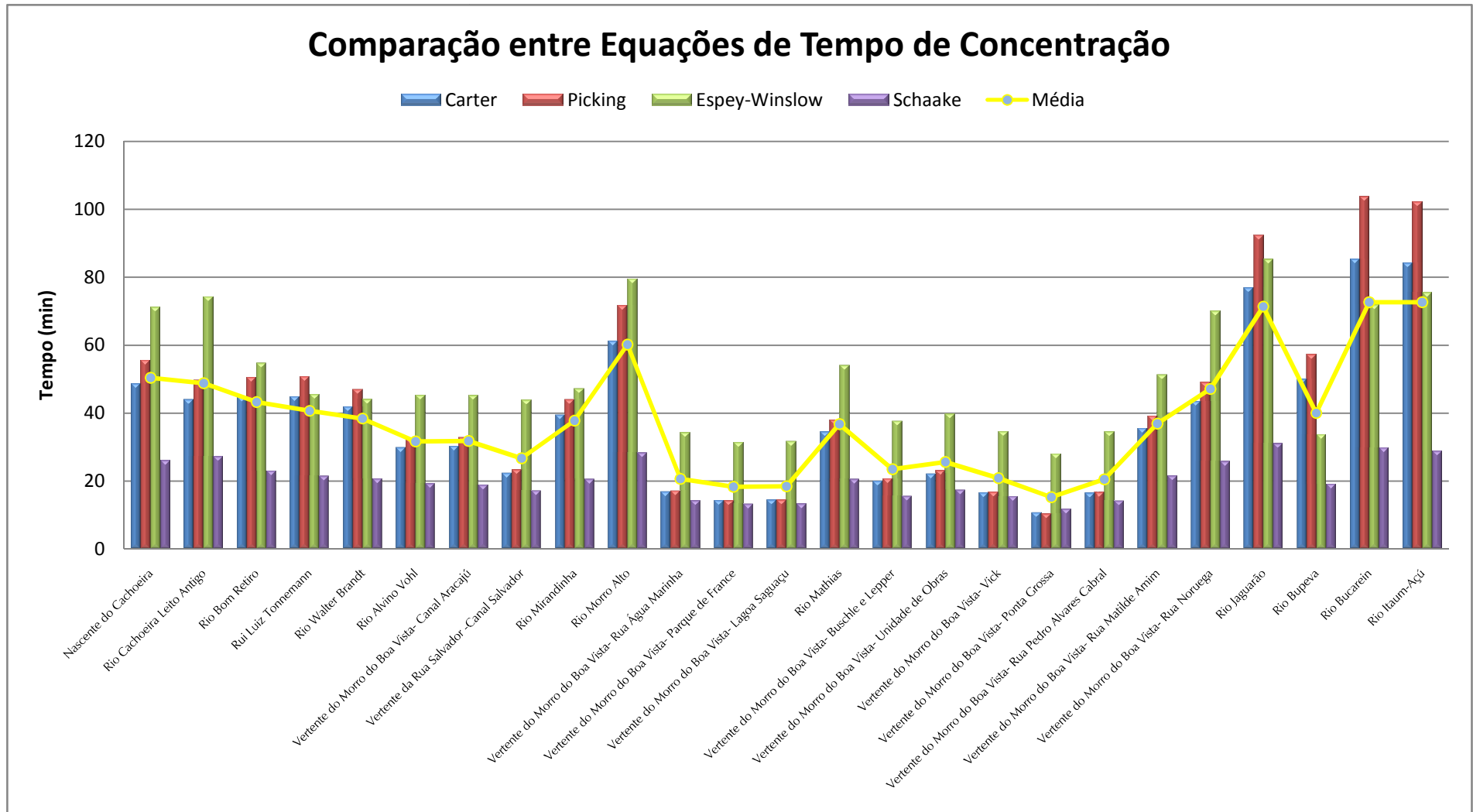


Figura 3.3 – Comparação entre Tempos de Concentração para as Sub-Bacias do Rio Cachoeira

Na sequência são apresentadas as velocidades calculadas conforme a fórmula utilizada, com o objetivo de se verificar as velocidades consideradas excessivas, no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

QUADRO 3.4
COMPARAÇÃO ENTRE VELOCIDADES NAS SUB-BACIAS

Sub-Bacia	Sub-Bacia	Sigla	Velocidade (m/s)			
			Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
1	Nascente do Cachoeira	NC	1,08	0,94	0,74	2,02
2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	0,63	0,56	0,37	1,01
3	Rio Bom Retiro	BR	0,62	0,54	0,50	1,20
4	Rui Luiz Tonnenmann	LT	0,61	0,54	0,61	1,28
5	Rio Walter Brandt	WB	0,66	0,59	0,63	1,33
6	Rio Alvino Vohl	AV	0,92	0,85	0,61	1,43
7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	0,91	0,84	0,61	1,47
8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	1,24	1,18	0,63	1,61
9	Rio Mirandinha	MI	0,70	0,63	0,58	1,35
10	Rio Morro Alto	MA	0,45	0,38	0,35	0,97
11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	1,63	1,61	0,80	1,93
12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	1,93	1,94	0,88	2,09
13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguazu	LS	1,91	1,91	0,87	2,07
14	Rio Mathias	MT	0,80	0,73	0,51	1,34
15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	1,38	1,33	0,73	1,77
16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	1,25	1,19	0,69	1,59
17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	1,66	1,64	0,80	1,78
18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	2,57	2,66	0,98	2,35
19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	1,67	1,65	0,80	1,95
20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	0,78	0,70	0,54	1,28
21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	0,63	0,56	0,39	1,07
22	Rio Jaguarão	JA	0,36	0,30	0,32	0,89
23	Rio Bupeva	BU	0,55	0,48	0,82	1,44
24	Rio Bucarein	BC	0,32	0,27	0,38	0,93
25	Rio Itaum-Açú	IA	0,33	0,27	0,37	0,96

QUADRO 3.5
COMPARAÇÃO ENTRE VELOCIDADES NAS ÁREAS DE DRENAGEM

Sub-Bacia	Sub-Bacia	Sigla	Velocidade (m/s)			
			Carter	Picking	Espey-Winslow	Schaake
AD-1	Área de Drenagem 1	AD-1	1,91	1,91	0,32	1,26
AD-2	Área de Drenagem 2	AD-2	1,42	1,38	0,65	1,63
AD-3	Área de Drenagem 3	AD-3	1,33	1,28	0,67	1,62
AD-4	Área de Drenagem 4	AD-4	1,24	1,18	0,69	1,60
AD-5	Área de Drenagem 5	AD-5	1,88	1,88	0,87	1,94
AD-6	Área de Drenagem 6	AD-6	0,92	0,85	0,67	1,45
AD-7	Área de Drenagem 7	AD-7	1,43	1,39	0,79	1,73
AD-8	Área de Drenagem 8	AD-8	0,96	0,89	0,61	1,39
AD-9	Área de Drenagem 9	AD-9	1,74	1,73	0,81	1,87
AD-10	Área de Drenagem 10	AD-10	2,00	2,02	0,87	2,00
AD-11	Área de Drenagem 11	AD-11	1,35	1,30	0,72	1,64
AD-12	Área de Drenagem 12	AD-12	0,89	0,82	0,59	1,36

Após análise comparativa dos resultados apresentados, o Consórcio optou por adotar a equação de Carter, porque esta expressão apresenta valores mais próximos da média em relação às demais equações.

Desse modo, o Consórcio valida para este estudo, a equação de Carter para o município de Joinville; mas recomenda a instalação de equipamentos de hidrometria, que venham em futuro próximo, permitir a obtenção de dados que possibilitem a determinação de uma equação local.

A seguir é apresentada a equação de Carter para utilização nos estudos hidrológicos da Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira.

Equação de Carter:

$$Tc = 0,0977 \cdot L^{0,6} \cdot S^{-0,3}$$

Onde:

Tc = tempo de concentração em horas (h);

L = extensão do talvegue em quilômetros (Km);

S = declividade do talvegue em metro por metro (m/m).

3.3 CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA

Para a determinação da classificação hidrológica do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, utilizaram-se informações já existentes no município.

As principais fontes de pesquisa foram o mapa de pedologia desenvolvido pela FUNDEMA e o mapa geológico elaborado pela Doutora Geóloga Mônica Lopes (Gonçalves, 1993).

Com as informações dos mapas o geólogo Fernão Paes de Barros membro da equipe técnica do Consórcio elaborou um parecer para a classificação hidrológica do solo da Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira.

Segundo esse parecer, cerca de 85% a 90% da área da Bacia do Rio Cachoeira encontra-se em área urbanizada. A área restante, 10% a 15% pode ser considerada como pertencente ao grupo B da classificação conforme o SCS (infiltração de 1 a 2×10^{-4} cm/s) ou grupo B conforme critério do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) com 20% a 60% de escoamento superficial.

A área urbanizada pode ser considerada como classe D da classificação SCS (infiltração $< 3 \times 10^{-5}$ cm/s) ou grupo D do DAEE com 75% a 95% de escoamento superficial.

Solo tipo D – são solos contendo argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando um maior escoamento superficial.

A seguir são apresentadas as figuras 3.4 e 3.5 contendo os mapas pedológico e geológico respectivamente.

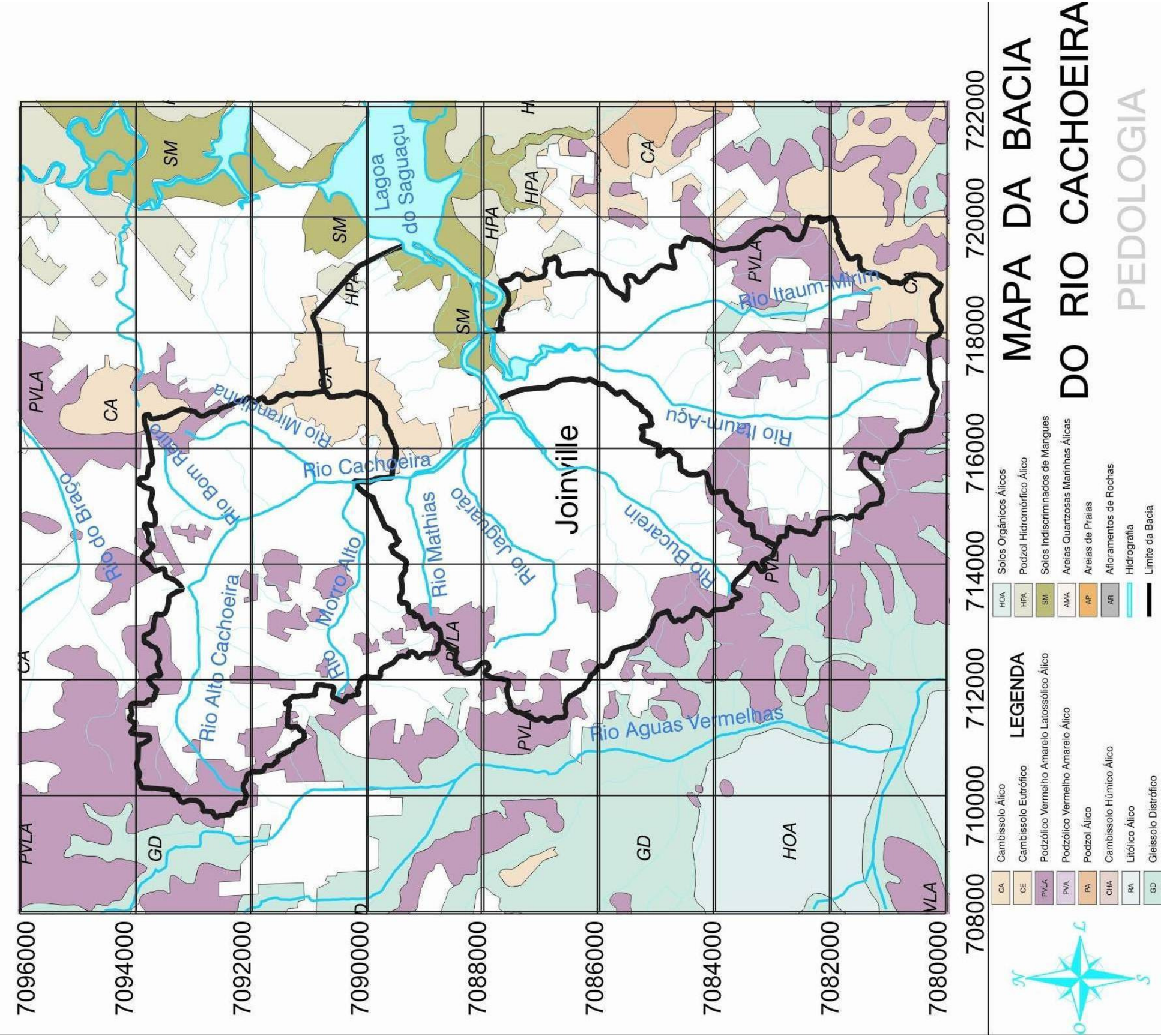


Figura 3.4 – Mapa Pedológico do Município de Joinville

Mapa Geológico Estrutural do Complexo Estuarino da Baía da Babitonga

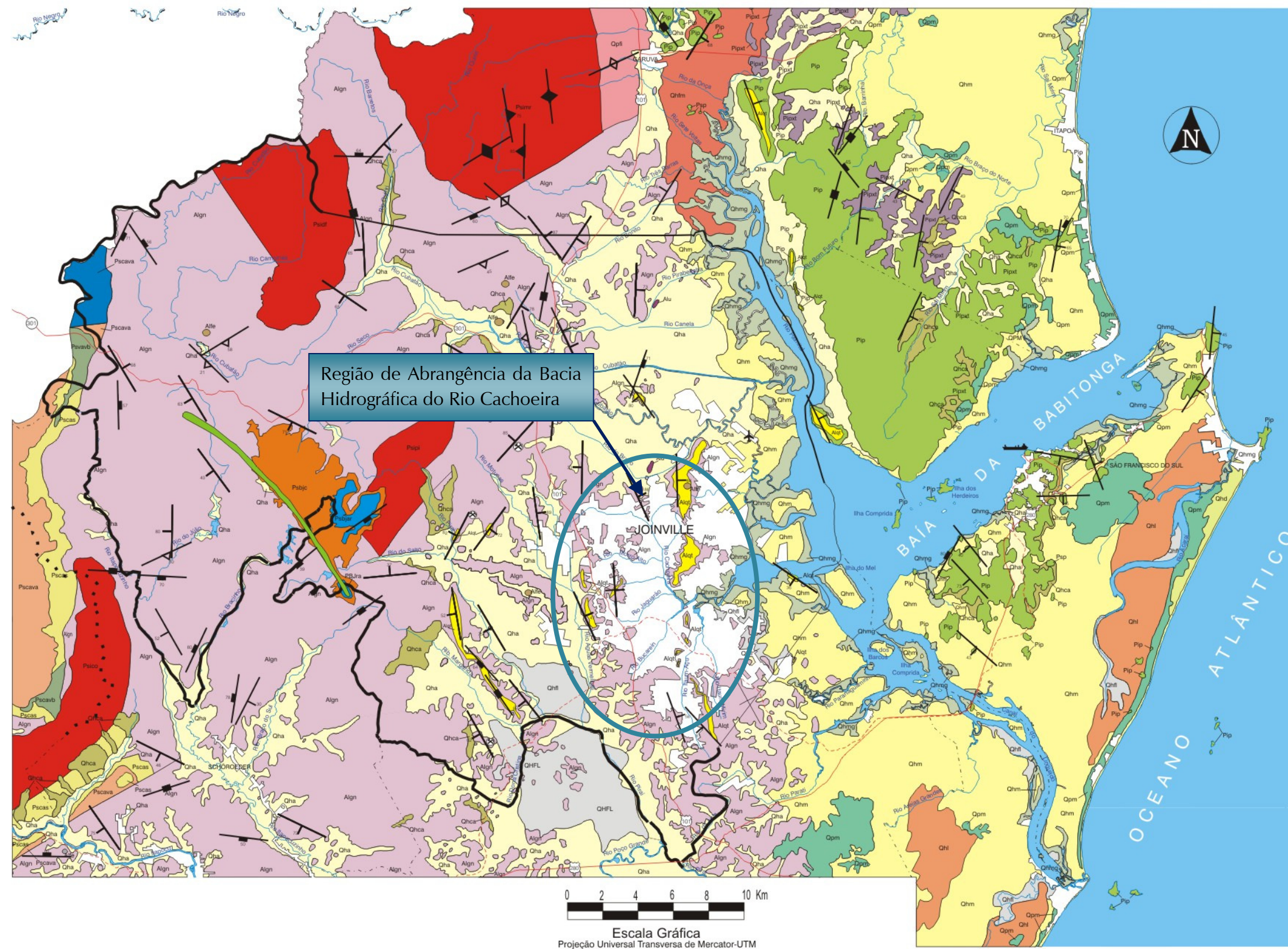


Figura 3.5 – Mapa Geológico da Região Nordeste do Estado de Santa Catarina

3.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA IMPERMEÁVEL E CN (NÚMERO DE CURVA)

3.4.1 Determinação da Área Impermeável

Para a determinação da área impermeável utilizou-se do estudo desenvolvido por Tucci, (Tucci) onde ele correlaciona a área impermeável com a densidade habitacional da região. A equação abaixo apresenta o resultado desta correlação:

$$A_{imp} = 0,00489 \cdot DH$$

Onde:

A_{imp} = percentual de área impermeável;

DH = densidade habitacional (habitantes / hectare).

A validade desta equação é para bacias predominantemente residenciais e com densidade habitacional não superior a 120 habitantes por hectare. Essa equação apresenta um ajuste de $R^2=0,997$.

O Quadro 3.6 apresenta o percentual de área impermeável em cada sub-bacia do rio Cachoeira. Os resultados foram obtidos através do estudo populacional desenvolvido pelo Consórcio (Consórcio ENGECORPS, 2009) a partir de informações populacionais recentes (2008) obtidas na Secretaria de Saúde do município de Joinville.

Na Figura 3.6 está apresentado o mapa com a densidade habitacional por bairros e na Figura 3.7 apresenta-se o percentual de área impermeável distribuído na bacia hidrográfica do rio Cachoeira.

Através da análise dos resultados obtidos, pode haver uma descaracterização da área impermeável da região central do município; isto se verifica ao obter-se uma densidade habitacional baixa, por ser uma região comercial e de prestação de serviços, decorrendo um percentual de área impermeável baixo.

Devido a esse aspecto contraditório, o Consórcio está realizando a correção do percentual de impermeabilização através do CN.

QUADRO 3.6
PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL NAS SUB-BACIAS

<i>BH</i>	<i>Nº</i>	<i>Sub-Bacias</i>	<i>Sigla</i>	<i>Área Total (Km²)</i>	<i>DH (Hab/Km²)</i>	<i>Área Impermeável (%)</i>
<i>BH do Rio Cachoeira</i>	1	Nascente do Cachoeira	NC	2,77	1.973	9,47%
	2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	1,03	1.673	8,03%
	3	Rio Bom Retiro	BR	2,10	2.821	13,54%
	4	Rui Luiz Tonnemann	LT	1,97	3.848	18,47%
	5	Rio Walter Brandt	WB	1,91	3.838	18,42%
	6	Rio Alvino Vohl	AV	1,14	2.790	13,39%
	7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	0,77	2.829	13,58%
	8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	0,75	2.329	11,18%
	9	Rio Mirandinha	MI	2,19	3.265	15,67%
	10	Rio Morro Alto	MA	5,47	1.948	9,35%
	11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	0,32	2.796	13,42%
	12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	0,58	2.835	13,61%
	13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacu	LS	0,52	2.829	13,58%
	14	Rio Mathias	MT	2,30	2.335	11,21%
	15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	0,94	2.750	13,20%
	16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	0,24	2.723	13,07%
	17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	0,10	2.723	13,07%
	18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	0,26	2.723	13,07%
	19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	0,58	2.723	13,07%
	20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	0,37	2.610	12,68%
	21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	0,60	1.827	8,41%
	22	Rio Jaguarão	JA	8,49	2.083	10,00%
	23	Rio Bupeva	BU	1,92	6.927	33,25%
	24	Rio Bucarein	BC	10,93	3.015	14,52%
	25	Rio Itaum-Açú	IA	24,73	2.744	13,17%
<i>Área de Drenagem</i>	-	Área de Drenagem 1	AD-1	0,89	533	16,20%
	-	Área de Drenagem 2	AD-2	0,96	2.215	6,28%
	-	Área de Drenagem 3	AD-3	0,87	2.442	11,73%
	-	Área de Drenagem 4	AD-4	0,83	2.731	13,11%
	-	Área de Drenagem 5	AD-5	0,24	2.829	13,58%
	-	Área de Drenagem 6	AD-6	0,57	3.248	15,59%
	-	Área de Drenagem 7	AD-7	0,87	3.048	14,63%
	-	Área de Drenagem 8	AD-8	0,85	2.756	13,23%
	-	Área de Drenagem 9	AD-9	0,17	2.723	13,07%
	-	Área de Drenagem 10	AD-10	0,15	2.723	13,07%
	-	Área de Drenagem 11	AD-11	0,13	2.723	13,07%
	-	Área de Drenagem 12	AD-12	0,28	2.723	13,07%

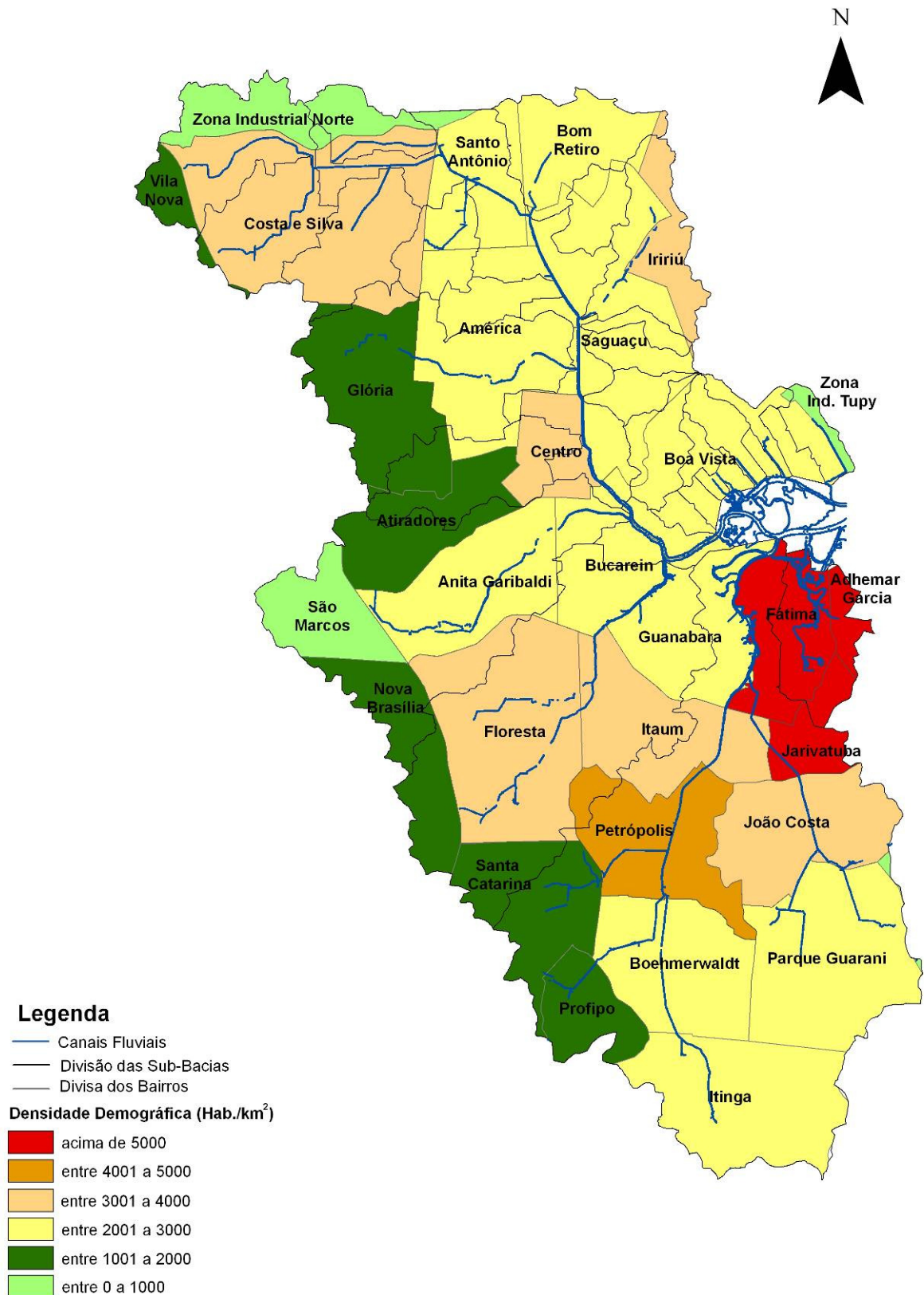


Figura 3.6 – Densidades Demográficas da Bacia do Rio Cachoeira

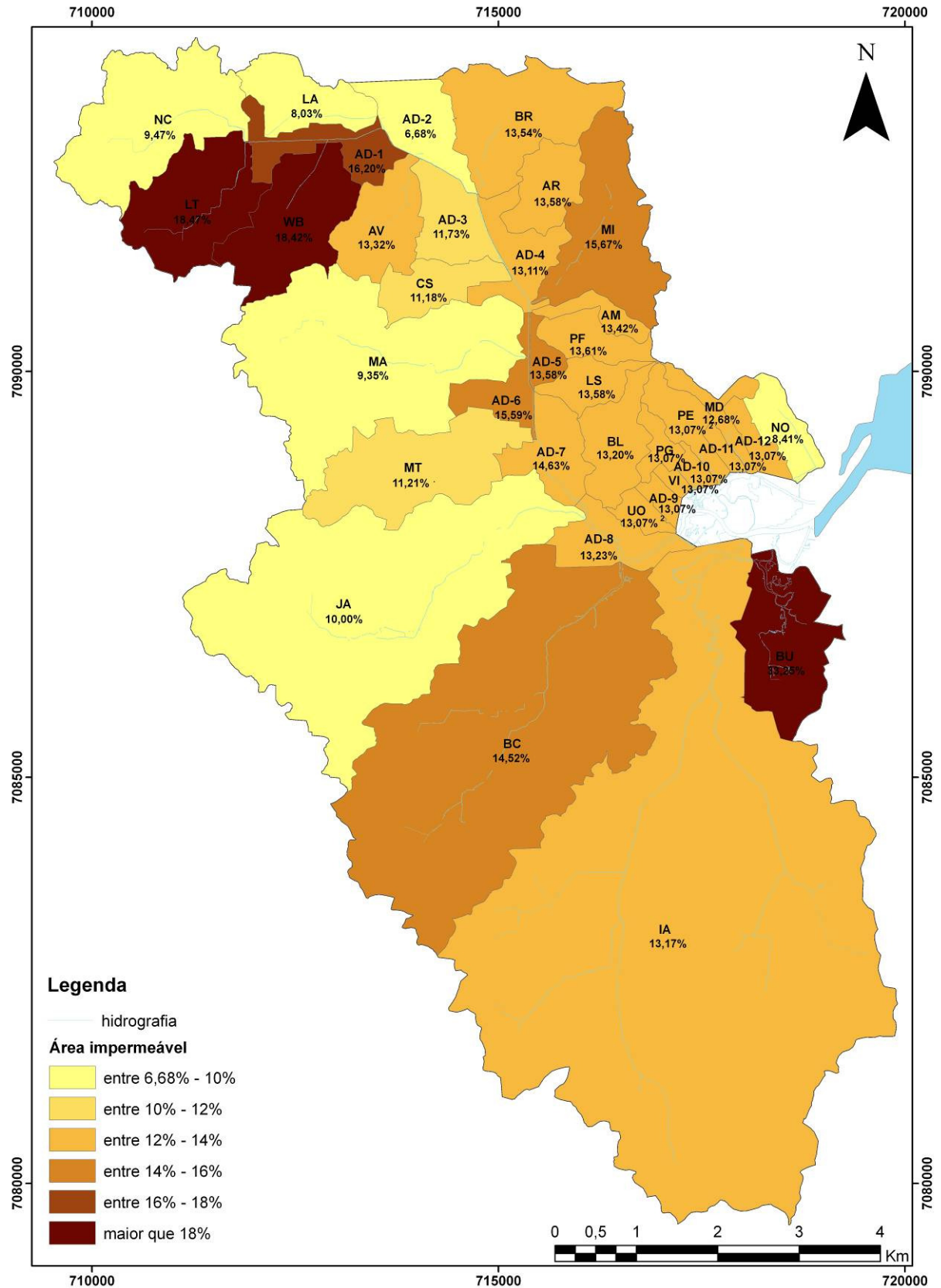


Figura 3.7 – Percentual de Área Impermeável da Bacia do Rio Cachoeira

3.4.2 Determinação do CN

Durante as tormentas a infiltração representa o fenômeno físico principal destacando-se em relação aos demais – interceptação, armazenamento, evaporação e evapotranspiração – quanto à retenção do volume precipitado no processo de formação de escoamento superficial.

Desta forma, a capacidade de retenção dos solos das bacias hidrográficas foi avaliada através da metodologia sugerida pelo Soil Conservation Service (SCS). Esta metodologia consiste em avaliar o Número da Curva – CN (Curve Number) a partir do uso e da ocupação do solo da bacia, da cobertura vegetal e do tipo de solo.

Conforme já dito, as análises efetuadas com base nas características pedológicas e geológicas da bacia do rio Cachoeira mostraram que os solos expostos da bacia pertencem ao grupo D da classificação hidrológica do SCS.

O Quadro 3.7, obtido a partir do National Engineering Handbook (National Engineering Handbook, 2004) apresenta os valores de CN em função da classificação hidrológica do solo e características da ocupação urbana.

A foto interpretação das ortofotos existentes e recentes (2007) do município de Joinville possibilitou avaliar o grau de urbanização de cada sub-bacia e a determinação dos valores de CN com base nos valores estabelecidos no National Engineering Handbook.

QUADRO 3.7

CN PARA ÁREAS URBANAS CONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL

Número de Curva (CN) para Áreas Urbanas					
Descrição de Cobertura Descrição do Tipo e Condição Hidrológica	Percentual médio de Área Impermeável	CN para Grupo de Solo Hidrológico			
		A	B	C	D
Zonas Urbanas Desenvolvidas					
Espaços Abertos (Jardins, parques, campos de golfe, cemitérios, etc)					
Más Condições (cobertura gramada < 50%)		68	79	86	89
Condições Razoáveis (cobertura gramada entre 50% e 75%)		49	69	79	84
Boas Condições (cobertura gramada > 75%)		39	61	74	80
Áreas Impermeáveis					
Estacionamentos pavimentados, lotes, telhados, etc		98	98	98	98
Ruas e Rodovias					
Pavimentadas com guias e drenagem		98	98	98	98
Pavimentadas com valas de drenagem		83	89	92	93
Cascalho		76	85	89	91
Barro		72	82	87	89

Continua...

QUADRO 3.7
CN PARA ÁREAS URBANAS CONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL

Número de Curva (CN) para Áreas Urbanas					
<i>Descrição de Cobertura</i> <i>Descrição do Tipo e Condição Hidrológica</i>	<i>Percentual médio de</i> <i>Área Impermeável</i>	<i>CN para Grupo de Solo</i> <i>Hidrológico</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Áreas Urbanas não Ocupadas					
Paisagem Natural (apenas áreas permeáveis)		63	77	85	88
Paisagem Artificial (barreiras impermeáveis, vegetação com 2,5 a 5 cm com cascalho)		96	96	96	96
Distritos Urbanos					
Comercial e Negócios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Distritos Residenciais com lotes médios					
500 m2 (casas)	65	77	85	90	92
1000 m2	38	61	75	83	87
1350 m2	30	57	72	81	86
2000 m2	25	54	70	80	85
4050 m2	20	51	68	79	84
8100 m2	12	46	65	77	82
Áreas Urbanas em Desenvolvimento					
Implantação de Novas Áreas (Apenas áreas permeáveis, sem vegetação)		77	86	91	94

Fonte (National Engineering Handbook, 2004)

Outro aspecto que deve ser considerado na avaliação do Número de Curva (CN) é a condição de umidade antecedente do solo.

No presente estudo considerou-se a condição II – situação média na época das chuvas, ou seja, as chuvas nos últimos 5 dias anteriores ao da precipitação de projeto totalizam entre 15 e 40 milímetros. Estes valores (Condição II) são os apresentados no quadro 07.

Conhecendo-se o CN tabelado pela metodologia do SCS que é um valor relativo à Área Impermeável, com a metodologia adotada pelo Consórcio realizou-se uma correção da tabela do CN para áreas permeáveis, decorrendo dessa forma uma tabela corrigida com os valores dos CNs, que estão apresentados no Quadro 3.8 a seguir.

Foi utilizada a fórmula do National Engineering Handbook apresentada abaixo.

$$CN_C = CN_P + \left(\frac{P_{IMP}}{100} \right) \cdot (98 - CN_P)$$

Onde:

CN_c = Número de Curva (CN) Composto;

CN_p = Número de Curva (CN) Permeável;

P_{IMP} = Percentual impermeável;

QUADRO 3.8
CN (CORRIGIDO) PARA ÁREAS URBANAS DESCONSIDERANDO PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL

<i>Número de Curva (CN) para Áreas Urbanas</i>					
<i>Descrição de Cobertura</i> <i>Descrição do Tipo e Condição Hidrológica</i>	<i>Percentual médio de Área Impermeável</i>	<i>CN para Grupo de Solo Hidrológico</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Zonas Urbanas Desenvolvidas</i>					
Espaços Abertos (Jardins, parques, campos de golfe, cemitérios, etc)					
Más Condições (cobertura gramada < 50%)		68	79	86	89
Condições Razoáveis (cobertura gramada entre 50% e 75%)		49	69	79	84
Boas Condições (cobertura gramada > 75%)		39	61	74	80
<i>Áreas Impermeáveis</i>					
Estacionamentos pavimentados, lotes, telhados, etc		98	98	98	98
<i>Ruas e Rodovias</i>					
Pavimentadas com guias e drenagem		98	98	98	98
Pavimentadas com valas de drenagem		83	89	92	93
Cascalho		76	85	89	91
Barro		72	82	87	89
<i>Áreas Urbanas não Ocupadas</i>					
Paisagem Natural (apenas áreas permeáveis)		63	77	85	88
Paisagem Artificial (barreiras impermeáveis, vegetação com 2,5 a 5 cm com cascalho)		96	96	96	96
<i>Distritos Urbanos</i>					
Comercial e Negócios		72	81	87	89
Industrial		49	69	78	84
<i>Distritos Residenciais com lotes médios</i>					
500 m ² (casas)		38	61	75	81
1000 m ²		38	61	74	80
1350 m ²		39	61	74	81
2000 m ²		39	61	74	81
4050 m ²		39	61	74	81
8100 m ²		39	61	74	80
<i>Áreas Urbanas em Desenvolvimento</i>					
Implantação de Novas Áreas (Apenas áreas permeáveis, sem vegetação)		77	86	91	94

O Quadro 3.9 apresenta os valores de CN das áreas permeáveis resultantes da metodologia empregada e utilizados no diagnóstico.

Observa-se que para a bacia do rio Cachoeira os CNs variaram entre os valores de 74 a 82

QUADRO 3.9
NÚMERO DE CURVA PARA AS SUB-BACIAS

Nº	Sub-Bacias	Sigla	CN	Nº	Sub-Bacias	Sigla	CN
1	Nascente do Cachoeira	NC	78	19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	78
2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	78	20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	79
3	Rio Bom Retiro	BR	80	21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	80
4	Rui Luiz Tonnemann	LT	78	22	Rio Jaguarão	JÁ	79
5	Rio Walter Brandt	WB	80	23	Rio Bupeva	BU	79
6	Rio Alvino Vohl	AV	78	24	Rio Bucarein	BC	80
7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	79	25	Rio Itaum-Açú	IA	79
8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	79	-	Área de Drenagem 1	AD-1	80
9	Rio Mirandinha	MI	79	-	Área de Drenagem 2	AD-2	79
10	Rio Morro Alto*	MA	74*	-	Área de Drenagem 3	AD-3	80
11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	78	-	Área de Drenagem 4	AD-4	80
12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	78	-	Área de Drenagem 5	AD-5	78
13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacu	LS	77	-	Área de Drenagem 6	AD-6	80
14	Rio Mathias	MT	80	-	Área de Drenagem 7	AD-7	78
15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	78	-	Área de Drenagem 8	AD-8	78
16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	79	-	Área de Drenagem 9	AD-9	79
17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	82	-	Área de Drenagem 10	AD-10	79
18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	79	-	Área de Drenagem 11	AD-11	81
				-	Área de Drenagem 12	AD-12	81

*Bacia estuda pela PMJ

A Figura 3.8 apresenta os CN das sub-bacias que compõem a bacia do rio Cachoeira e que servem de parâmetro para a modelagem hidrológica. Através deste mapa podemos ter uma visão geral sobre o comportamento da bacia.

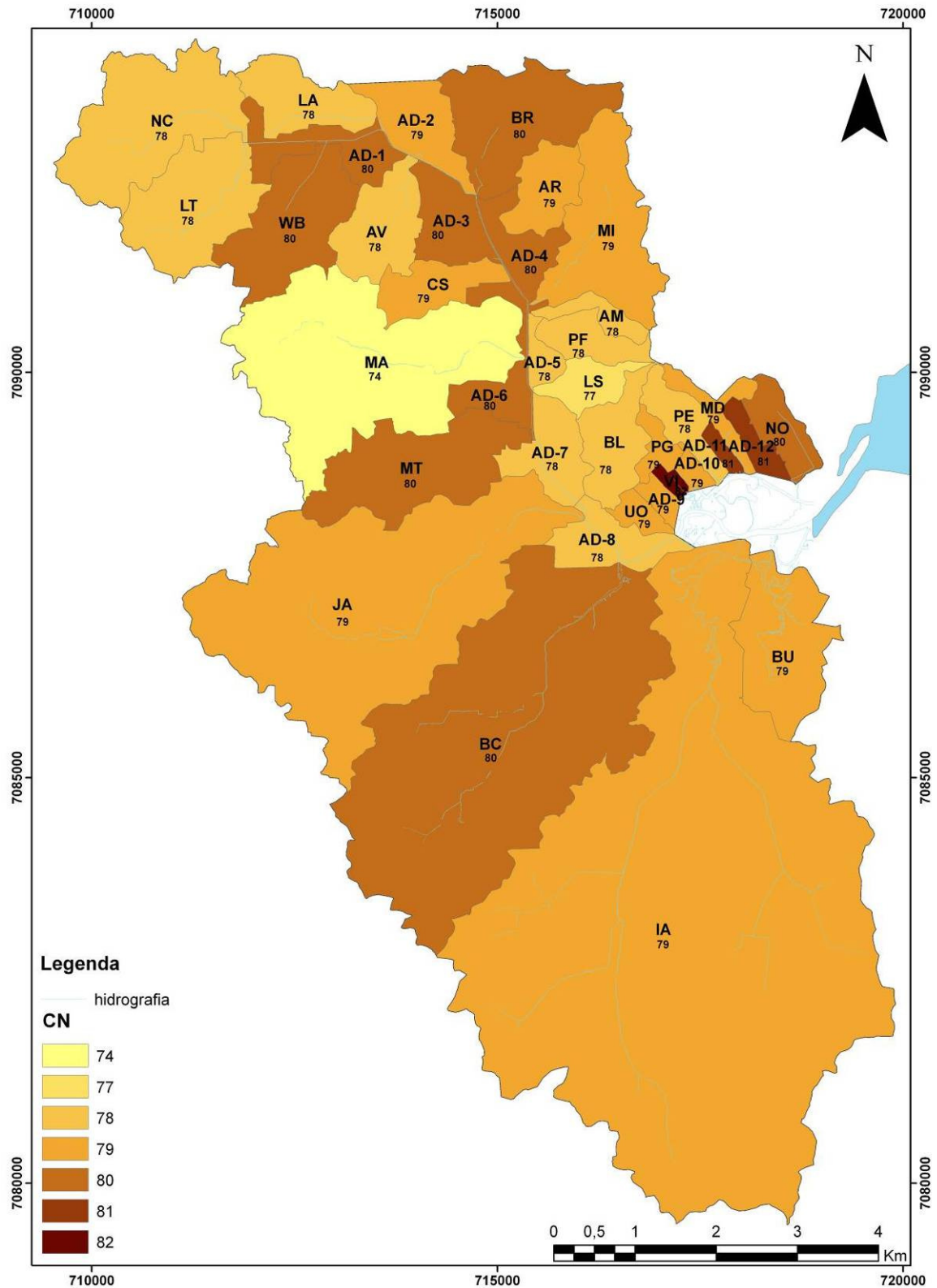


Figura 3.8 – Valores do CN nas Sub-Bacias do Rio Cachoeira

4. DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

4.1 CURVA IDF – INTENSIDADE – DURAÇÃO - FREQUÊNCIA

Lopes estudou as intensidades das precipitações ocorridas em Joinville tendo analisado 6 equações IDF, das quais seguiu-se a apresentação, em 2006, do trabalho “Estudo Comparativo entre Equações de Chuvas para o Município de Joinville – SC” (Lopes, 2006).

A seguir são apresentadas as equações utilizadas na comparação entre as estações RVPSC (2648014) e UNIVILLE (2648036).

- Back Epagri (2002) 2648014

$$i = \frac{641,7 \cdot T^{0,2290}}{(t + 8,8)^{0,6859}}$$

- Simões e Ramos (ln) (2003) 2648014

$$i = \frac{5,0097 \cdot \ln(T) + 7,098}{(t + 8)^{0,6644}}$$

- Lopes e Ramos 1,14 (2006) 2648014

$$i_{T,d} = \frac{1,14 \cdot e^{1,5 \cdot \ln(\ln(d)/7,3)} \cdot \{75,802 - 27,068 \cdot \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})] - 15,622\}}{d}$$

- Negri e Ramos (potência) (2002) 2648036

$$i = \frac{20,503 \cdot T^{0,1666}}{(t + 13,6)^{0,779}}$$

- Negri e Ramos (ln) (2002) 2648036

$$i = \frac{[5,4489 \cdot \ln(T) + 18,241]}{(t + 13,6)^{0,779}}$$

- Lopes e Ramos 1,14 (2006) 2648036

$$i_{T,d} = \frac{1,14 \cdot e^{1,5 \cdot \ln(\ln(d)/7,3)} \cdot \{97,756 - 19,068 \cdot \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})] - 11,005\}}{d}$$

Onde: T= Período de Retorno (anos)

t, d = duração da chuva (minutos ou horas)

As figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam as curvas IDF analisadas nesse trabalho para os períodos de retorno de 5 a 50 anos.

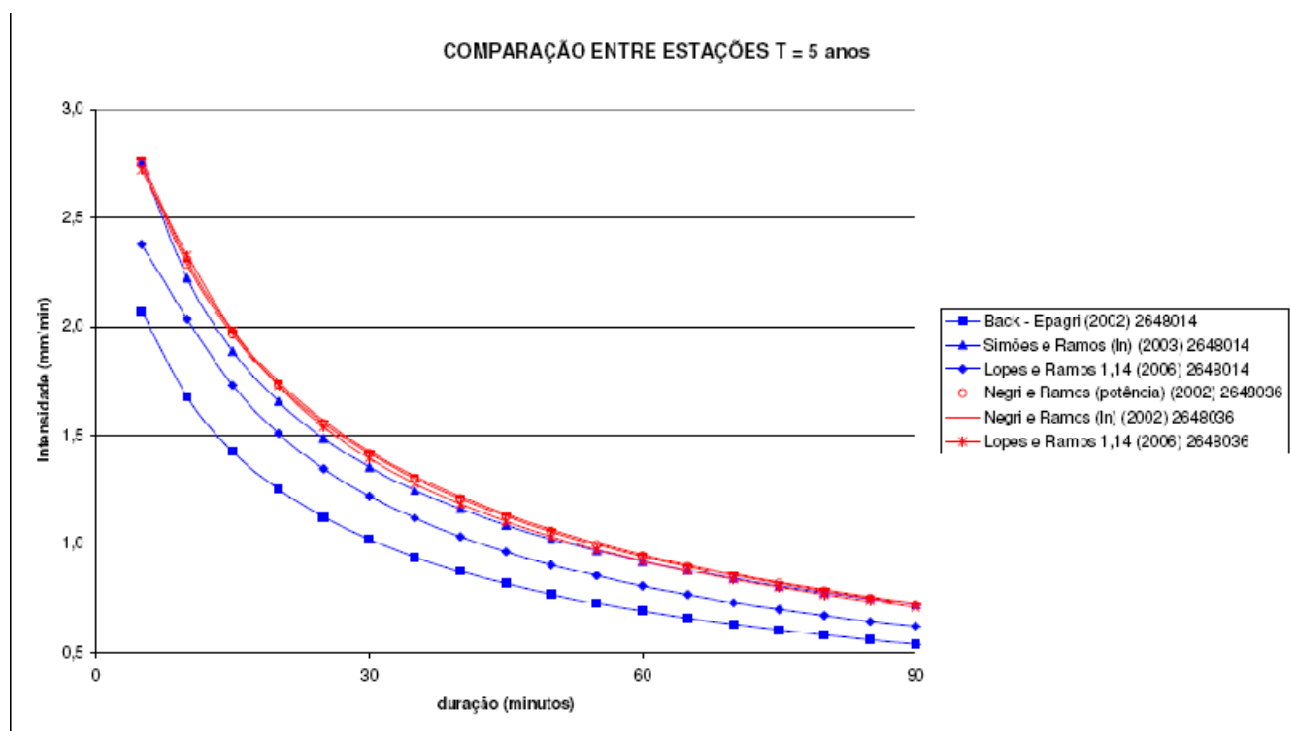


Figura 4.1 – Comparação de IDFs entre as Estações para T=05 Anos

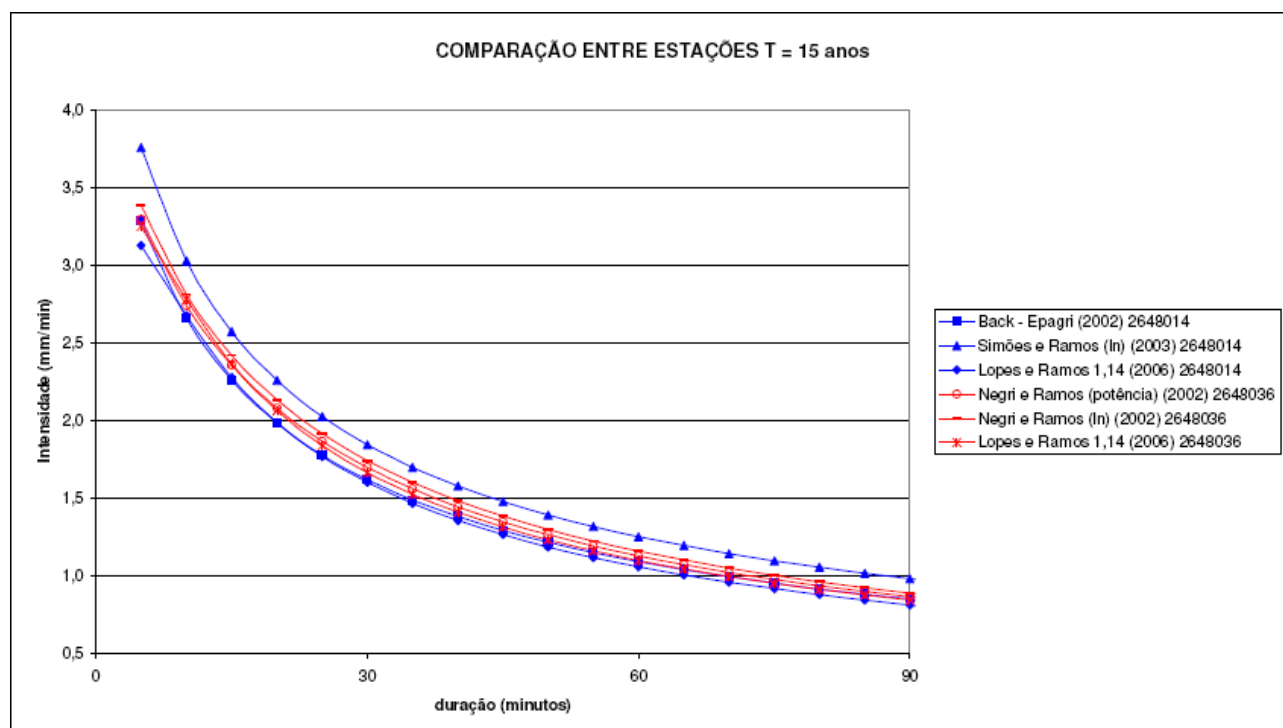


Figura 4.2 – Comparação de IDFs entre as Estações para T=15 Anos

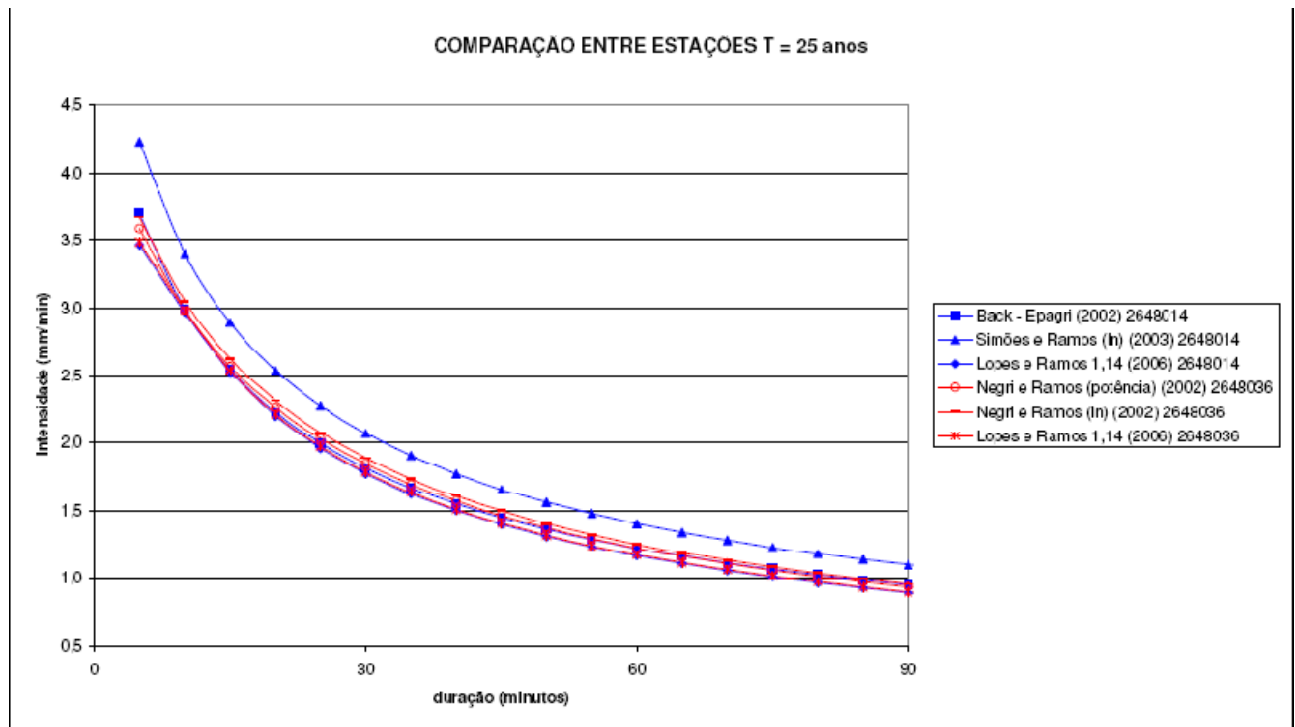


Figura 4.3 – Comparação de IDF's entre as Estações para T=25 Anos

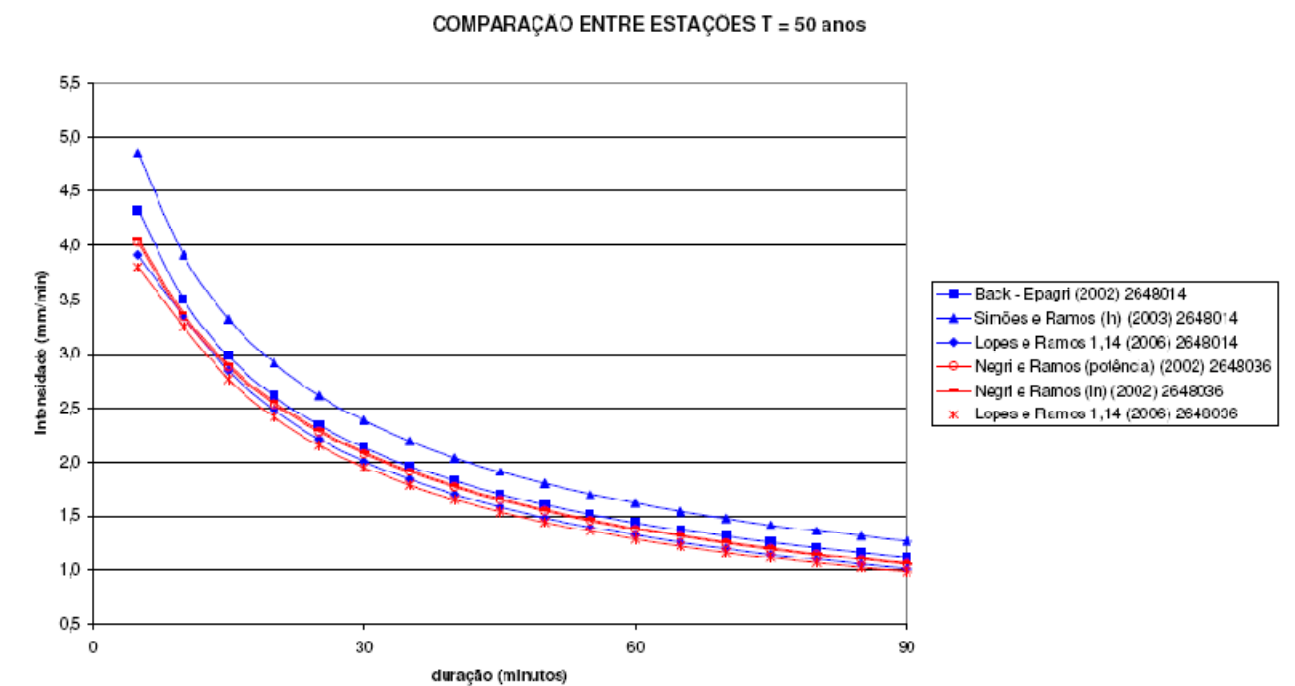


Figura 4.4 – Comparação de IDF's entre as Estações para T=50 Anos

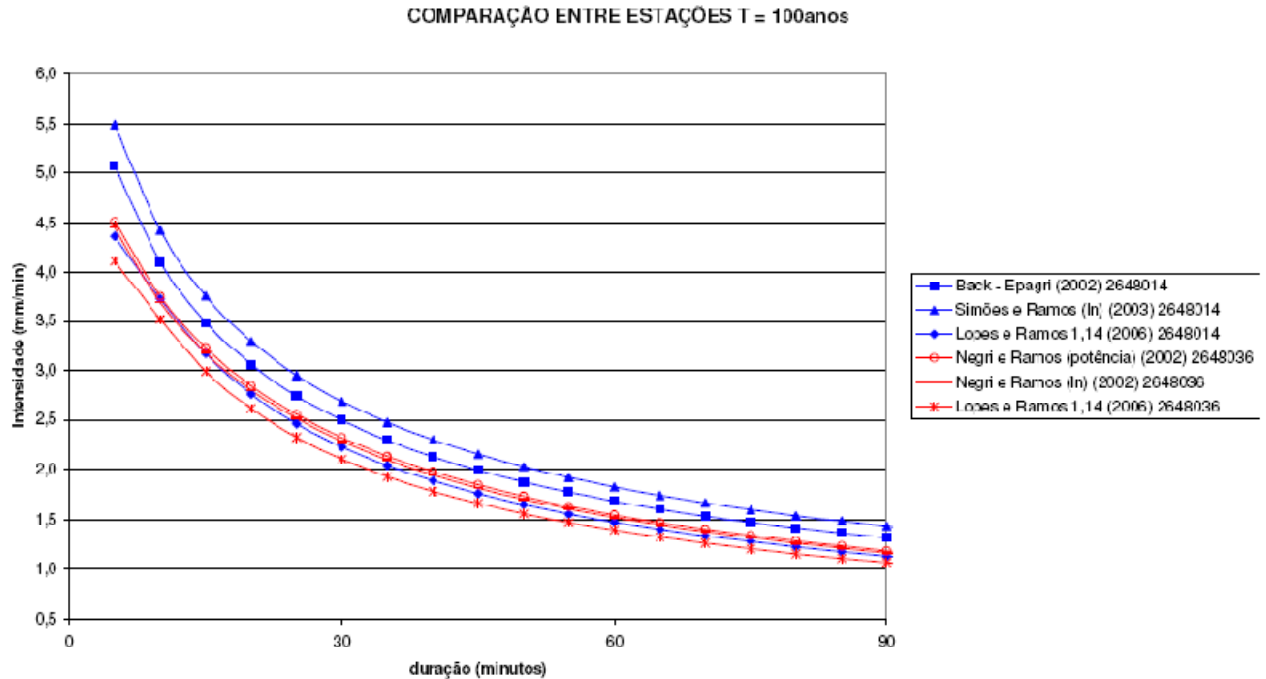


Figura 4.5 – Comparação de IDFs entre as Estações para T= 100 Anos

As análises efetuadas pelo Consórcio do estudo elaborado por Lopes, concluiu que a curva desenvolvida por Back para a equação IDF em Joinville no posto da RVPSC (2648014) se adéqua por apresentar o menor erro médio.

A seguir é apresentada a equação para chuvas intensas elaborada por Back.

$$i = \frac{641,7 \cdot T^{0,2290}}{(t + 8,8)^{0,6859}}$$

para $t \leq 120min$

$$i = \frac{1201,9 \cdot T^{0,2270}}{(t + 23,3)^{0,8025}}$$

para $120min < t \leq 1440min$

Onde:

i = intensidade da chuva (mm/h)

T = tempo de recorrência (anos)

t = duração da chuva (min)

4.2 DURAÇÃO E ALTURA DE PRECIPITAÇÃO

Considerando o tempo de concentração da bacia do rio Cachoeira de 166 minutos (Carter) foi definido o valor de 180 minutos para a duração da precipitação a ser utilizada no diagnóstico da bacia. O Quadro 4.1 apresenta os valores de precipitação para períodos de recorrência de 05, 10, 25 e 50 anos.

QUADRO 4.1
DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA CHUVA DE PROJETO

Bacia Rio Cachoeira		AD=79,84 Km ²	Tc=166,67 min	t=180 min
Período de Recorrência	T = 05 Anos	T = 10 Anos	T = 25 Anos	T = 50 Anos
Intensidade (mm/min)	0,406	0,475	0,584	0,684
Precipitação Total (mm)	73,01	85,45	105,21	123,13

4.2.1 Distribuição Temporal

No município de Joinville não há estudos que apresentam alguma distribuição temporal, devido a este fato o Consórcio utilizou a distribuição temporal de Huff (Huff, 1990), por se apresentar com características semelhantes às da bacia estudada.

Através da distribuição temporal de Huff, para o 1º quartil com probabilidade de ocorrência de 50%, conforme distribuição apresentado no Quadro 4.2, realizou-se a distribuição temporal para a chuva de projeto.

QUADRO 4.2
DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE HUFF

Distribuição Temporal Huff 50 %		
Tempo	Precipitação Acumulada	Precipitação no Intervalo
(%)	(%)	(%)
0	0.0	0
5	6.3	6.3
10	20.0	13.7
15	37.8	17.8
20	52.0	14.2
25	63.8	11.8
30	71.0	7.2
35	75.6	4.6
40	79.0	3.4
45	82.6	3.6
50	85.3	2.7
55	87.5	2.2
60	89.4	1.9
65	91.4	2.0
70	93.1	1.7
75	94.4	1.3
80	95.6	1.2
85	96.5	0.9
90	97.8	1.3
95	99.0	1.2
100	100	1.0

A seguir está apresentado o gráfico (Figura 4.6) das chuvas utilizadas para o diagnóstico com os períodos de recorrência de 5, 10, 25 e 50 anos com a distribuição temporal segundo Huff.

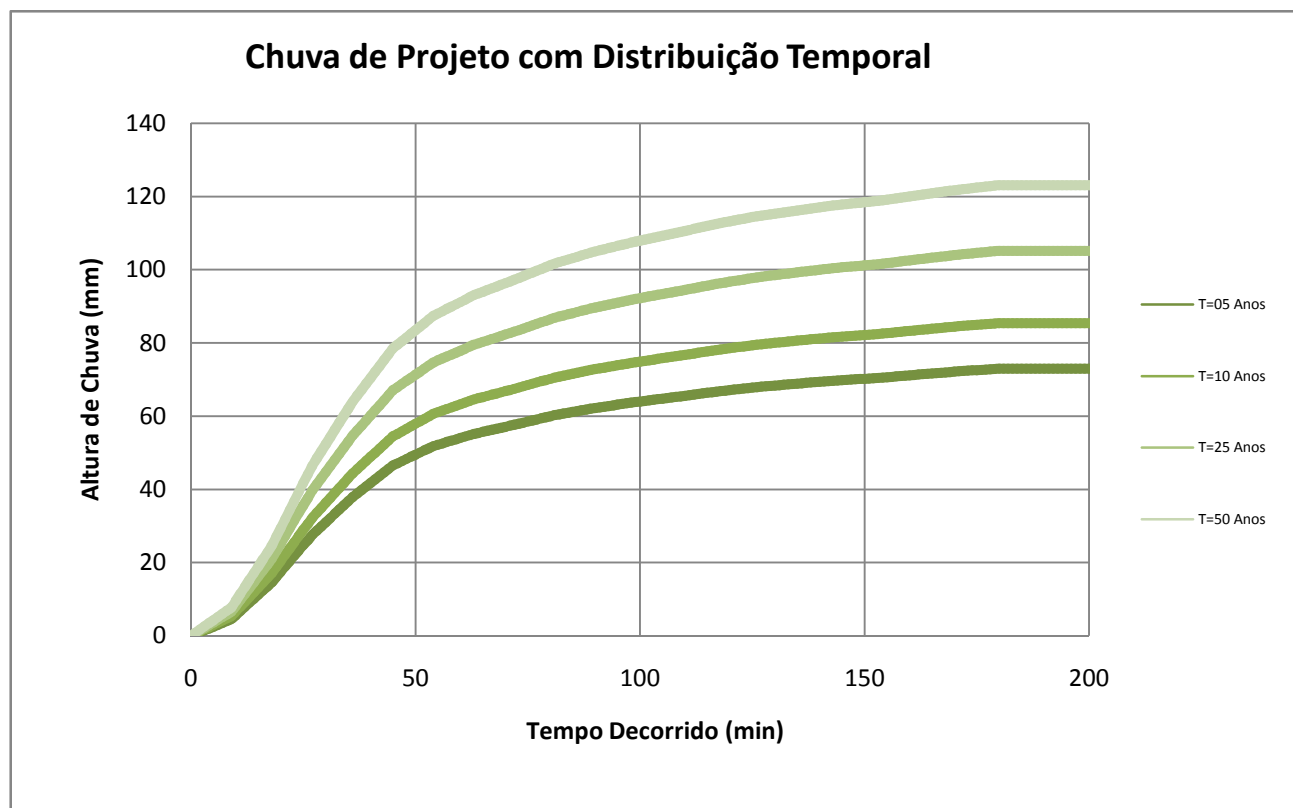


Figura 4.6 – Chuva de Projeto com Distribuição Temporal

4.2.2 Distribuição Espacial

A distribuição espacial foi realizada através da tabela desenvolvida pela U.K. Meteorological Office (U.K., 1975), onde se apresenta um fator de distribuição espacial da precipitação média. Esse fator possui como variável a área de drenagem da bacia e o tempo de duração do evento, sendo que, quanto maior a área da bacia e menor o tempo de duração do evento, menor será o fator de multiplicação, havendo assim uma redução na altura de chuva, que corresponderia à distribuição da chuva na área da bacia.

O Quadro 4.3 apresenta os fatores de redução desenvolvidos e segundo a metodologia adotada pode-se interpolar linearmente entre os valores para a determinação do coeficiente desejado.

QUADRO 4.3
COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

Duração (min)	Área (Km ²)									
	1	5	10	30	100	300	1000	3000	10000	30000
5	0.90	0.82	0.76	0.65	0.51	0.38	-	-	-	-
10	0.93	0.87	0.83	0.73	0.59	0.47	0.32	-	-	-
15	0.94	0.89	0.85	0.77	0.64	0.53	0.39	0.29	-	-
30	0.95	0.91	0.89	0.82	0.72	0.62	0.51	0.41	0.31	-
60	0.96	0.93	0.91	0.86	0.79	0.71	0.62	0.53	0.44	0.35
120	0.97	0.95	0.93	0.9	0.84	0.79	0.73	0.65	0.55	0.47
180	0.97	0.96	0.94	0.91	0.87	0.83	0.78	0.71	0.62	0.54
360	0.98	0.97	0.96	0.83	0.9	0.87	0.83	0.79	0.73	0.67
1440	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.8
2880	-	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86	0.82

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira que possui uma área de drenagem de 79,86 Km² e duração de precipitação de 180min resultou num coeficiente de distribuição espacial de 0,88.

O gráfico (Figura 4.7) apresenta as chuvas de projeto com a distribuição temporal e espacial para os períodos de recorrência de 5, 10, 25 e 50 anos.

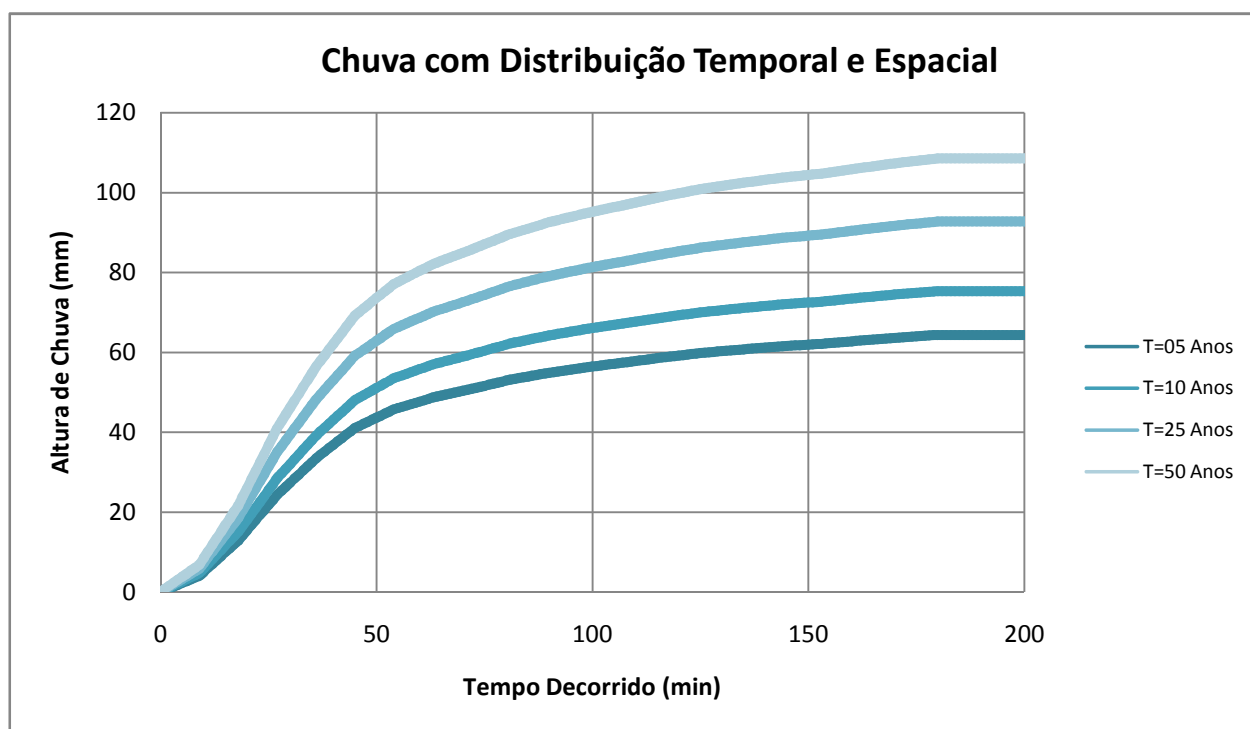


Figura 4.7 – Chuva de Projeto com Distribuição Temporal e Espacial

As figuras 4.8 a 4.11 apresentam alturas de chuvas para tempo de recorrência de 5, 10, 25 e 50 anos com e sem efeito da distribuição espacial.

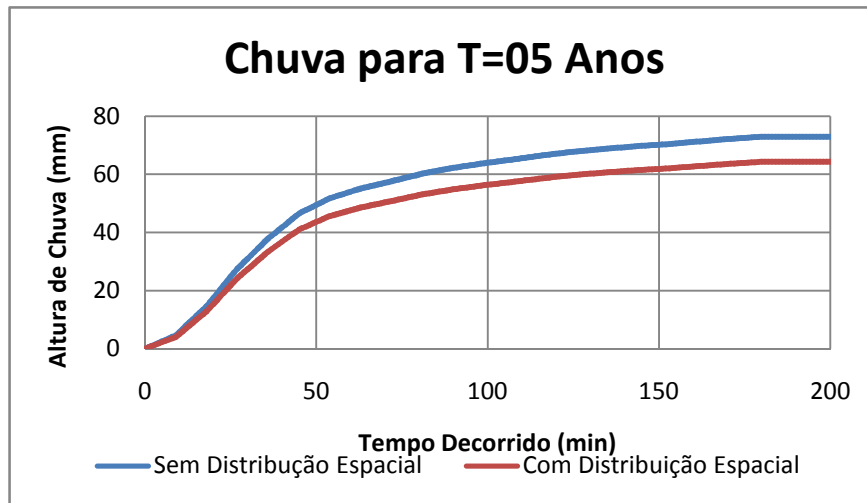


Figura 4.8 – Comparação com e sem Distribuição Espacial T=05 Anos

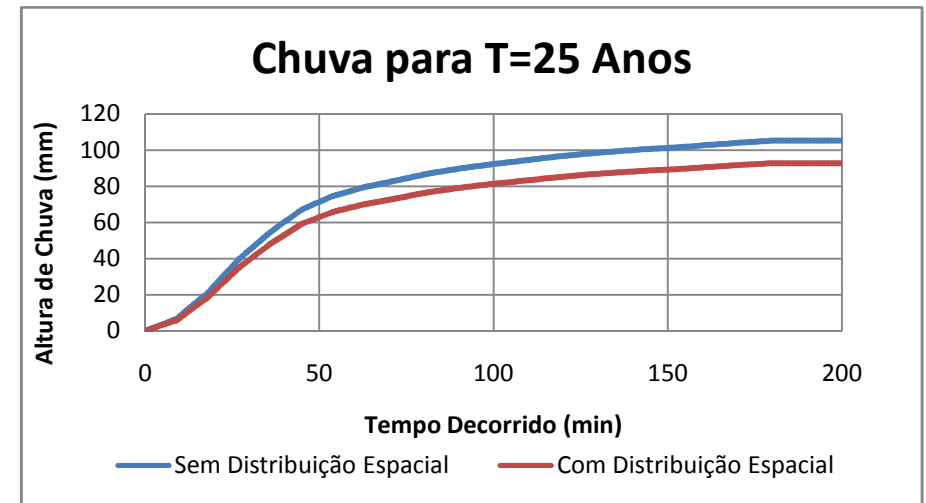


Figura 4.10 – Comparação com e sem Distribuição Espacial T=25 Anos

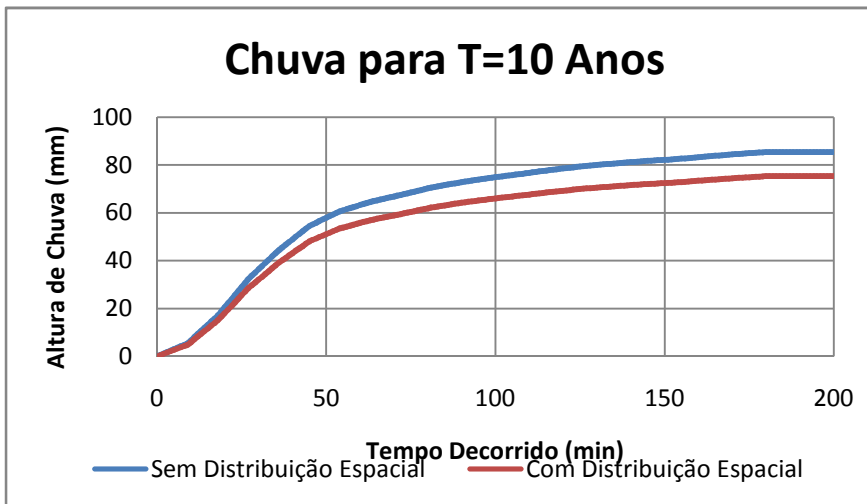


Figura 4.9 – Comparação com e sem Distribuição Espacial T=10 Anos

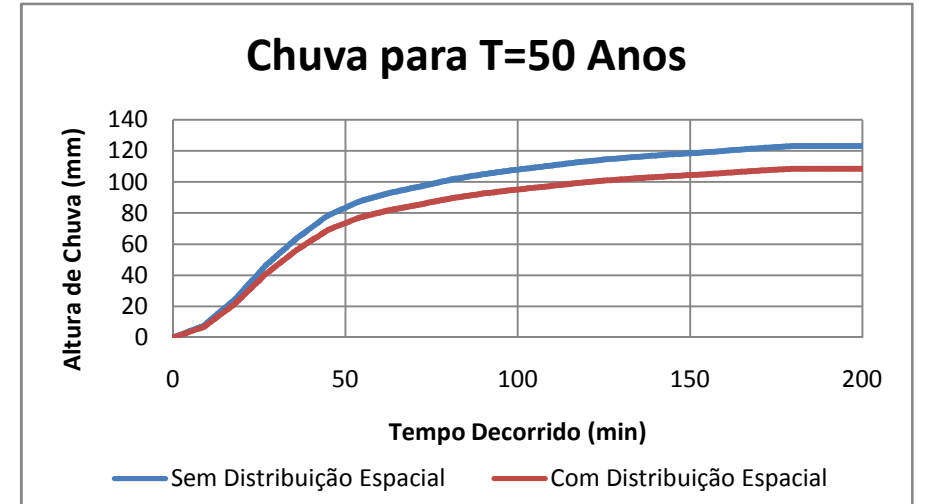


Figura 4.11 – Comparação com e sem Distribuição Espacial T=50 Anos

5. SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA

5.1 MODELO TOPOLÓGICO

As simulações hidrológicas foram realizadas pelo software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE).

A Figura 5.1 apresenta o diagrama topológico com 37 sub-bacias, 12 trechos de canal e 13 nós utilizados para representar as junções de escoamento.

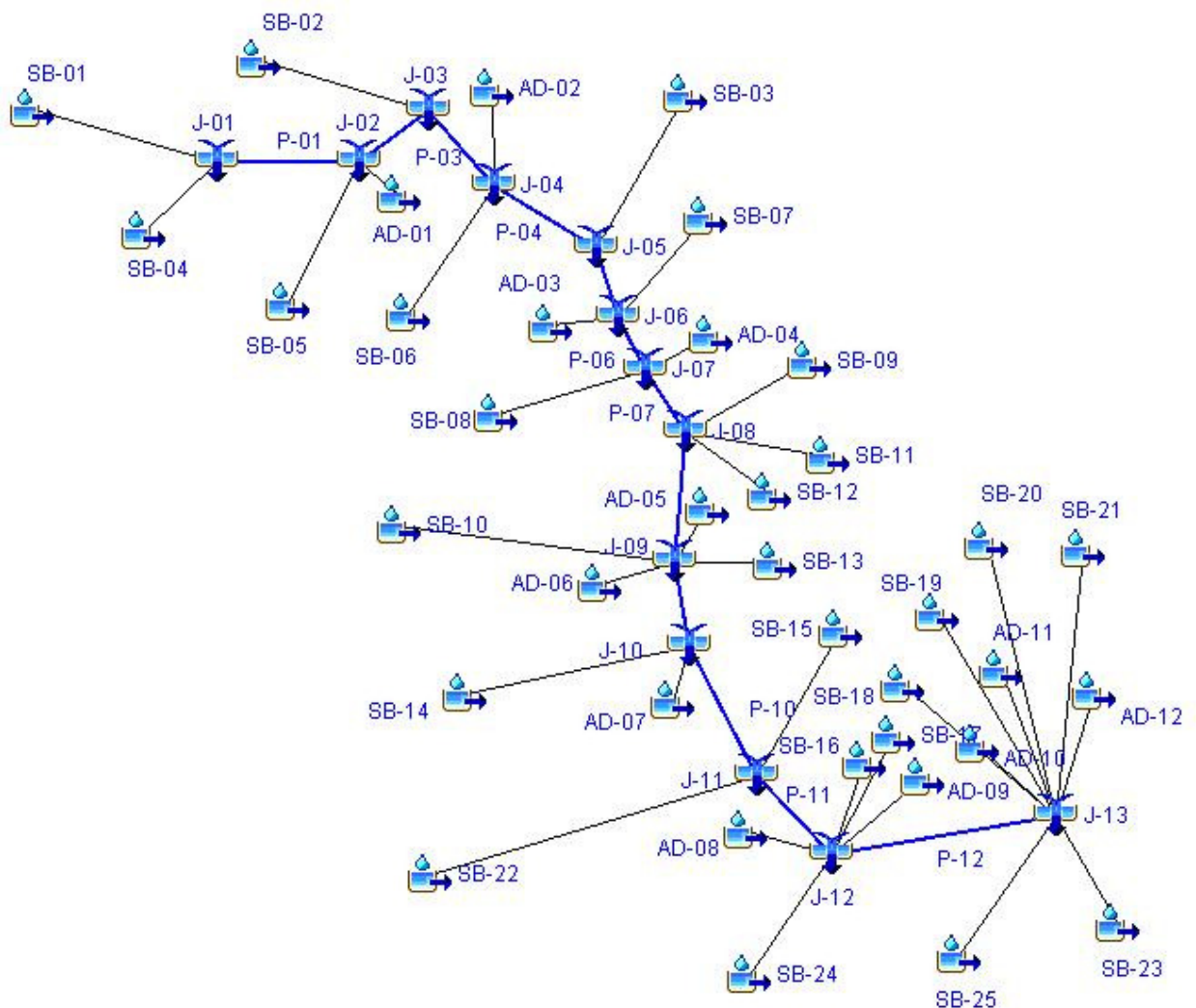


Figura 5.1 – Diagrama Topológico da Distribuição das Sub-bacias, Canais e Junções no modelo HEC-HMS

5.2 SUB BACIAS

No modelo foram representadas todas as sub-bacias em que foi subdividida a bacia do rio Cachoeira, conforme descrito anteriormente. As características de cada sub-bacia estão apresentadas no Quadro 5.1.

QUADRO 5.1
PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO

Sub-Bacias (Modelo)	Nº	Sub-Bacia	Sigla	Área (Km ²)	CN	(%) Área Impermeável	Lag Time (min)
SB-01	1	Nascente do Cachoeira	NC	2,77	78	9,47	29,23
SB-02	2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	1,03	78	8,03	26,40
SB-03	3	Rio Bom Retiro	BR	2,10	80	13,54	15,91
SB-04	4	Rui Luiz Tonnemann	LT	1,97	78	18,47	26,95
SB-05	5	Rio Walter Brandt	WB	1,91	80	18,42	25,12
SB-06	6	Rio Alvino Vohl	AV	1,14	78	13,39	17,91
SB-07	7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	0,77	79	13,58	18,17
SB-08	8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	0,75	79	11,18	13,39
SB-09	9	Rio Mirandinha	MI	2,19	79	15,67	23,68
SB-10	10	Rio Morro Alto	MA	5,47	74	9,35	36,72
SB-11	11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	0,32	78	13,42	10,12
SB-12	12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	0,58	78	13,61	8,57
SB-13	13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacú	LS	0,52	77	13,58	8,67
SB-14	14	Rio Mathias	MT	2,30	80	11,21	20,73
SB-15	15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	0,94	78	13,20	12,00
SB-16	16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	0,24	79	13,07	13,28
SB-17	17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	0,10	82	13,07	9,96
SB-18	18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	0,26	79	13,07	6,45
SB-19	19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	0,58	78	13,07	9,90
SB-20	20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	0,37	79	12,68	21,33
SB-21	21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	0,60	81	8,41	26,00
SB-22	22	Rio Jaguarão	JÁ	8,49	79	10,00	46,13
SB-23	23	Rio Bupeva	BU	1,92	79	33,25	30,08
SB-24	24	Rio Bucarein	BC	10,93	80	14,42	51,21
SB-25	25	Rio Itaum-Açú	IA	24,73	79	13,17	50,50
AD-01	-	Área de Drenagem 1	AD-1	0,89	81	16,20	8,67
AD-02	-	Área de Drenagem 2	AD-2	0,96	79	6,68	11,66
AD-03	-	Área de Drenagem 3	AD-3	0,88	80	11,73	12,45
AD-04	-	Área de Drenagem 4	AD-4	0,84	80	13,11	13,38
AD-05	-	Área de Drenagem 5	AD-5	0,24	78	13,58	8,80
AD-06	-	Área de Drenagem 6	AD-6	0,57	80	15,59	17,98
AD-07	-	Área de Drenagem 7	AD-7	0,87	78	14,63	11,55
AD-08	-	Área de Drenagem 8	AD-8	0,85	78	13,23	17,28
AD-09	-	Área de Drenagem 9	AD-9	0,17	79	13,07	9,51
AD-10	-	Área de Drenagem 10	AD-10	0,15	79	13,07	8,26
AD-11	-	Área de Drenagem 11	AD-11	0,13	81	13,07	12,27
AD-12	-	Área de Drenagem 12	AD-12	0,30	81	13,07	18,52

5.3 CANAIS

Para a verificação dos canais, o modelo utilizou-se da metodologia de propagação de Muskingun-Cunge, que se fundamenta na relação biunívoca entre armazenamento e vazão. (Tucci, Carlos E.M.;, 2004). O escoamento em rios e canais pode produzir o amortecimento da onda devido à variação da capacidade de armazenamento.

O Quadro 5.2 apresenta os valores adotados para a metodologia de Muskingun-Cunge para a simulação nos canais do modelo hidráulico.

QUADRO 5.2
CARACTERÍSTICAS DE CANAIS

<i>Canal</i>	<i>Extensão (m)</i>	<i>Declividade (m/m)</i>	<i>Coef. Manning</i>	<i>Formato Canal</i>	<i>Largura</i>	<i>Talude</i>
P-01	1023	0,0032942	0,026	Retangular	5,5	1H:1V
P-02	905	0,0000331	0,026	Retangular	9,4	1H:1V
P-03	450	0,0056889	0,026	Retangular	2,5	1H:1V
P-04	1009	0,0008325	0,026	Retangular	7,2	1H:1V
P-05	559	0,0005725	0,026	Trapezoidal	8,63	0,08197H:1V
P-06	388	0,0001031	0,026	Retangular	14,4	1H:1V
P-07	513	0,0002924	0,026	Retangular	24,97	1H:1V
P-08	705	0,0001135	0,026	Retangular	19,57	1H:1V
P-09	1029	0,0000247	0,026	Retangular	21,52	1H:1V
P-10	1215	0,0000247	0,026	Retangular	14,9	1H:1V
P-11	734	0,0000100	0,026	Trapezoidal	23	0,08197H:1V
P-12	1869	0,0000100	0,026	Trapezoidal	23	0,08197H:1V

5.4 JUNÇÕES

As junções são pontos da modelagem onde ocorre a confluência dos afluentes no rio Cachoeira. Esses pontos são de importante valia para a análise dos resultados, pois através deles torna-se possível verificar o incremental de vazão das sub-bacias em relação à vazão afluente de montante e com isso identificar e elencar a significância de cada sub-bacia no rio Cachoeira. No modelo foram criados nós nas afluições dos principais rios das sub-bacias. Os nós foram denominados pela letra "J", seguida de um número (J1,J2,J3,...).

Nesses nós são calculados os hidrogramas que alimentarão o modelo hidrodinâmico

5.5 RESULTADOS OBTIDOS

5.5.1 Vazões de Pico

Os quadros 5.3 e 5.4 apresentam os valores de pico em cada elemento: sub-bacia, canais (propagações) e junções (nós).

QUADRO 5.3
VAZÃO DE PICO GERADA EM CADA SUB-BACIA

Sub-Bacias (Modelo)	Nº	Sub-Bacia	Sigla	Vazão de Pico Sub-Bacias (m³/s)			
				T=05	T=10	T=25	T=50
SB-01	1	Nascente do Cachoeira	NC	12,55	16,93	24,54	31,98
SB-02	2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	4,74	6,44	9,39	12,27
SB-03	3	Rio Bom Retiro	BR	14,07	18,57	26,23	33,59
SB-04	4	Rui Luiz Tonnemann	LT	10,87	14,25	20,07	25,69
SB-05	5	Rio Walter Brandt	WB	11,83	15,39	21,46	27,29
SB-06	6	Rio Alvino Vohl	AV	6,66	8,88	12,73	16,46
SB-07	7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	4,73	6,27	8,92	11,48
SB-08	8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	4,81	6,43	9,19	11,86
SB-09	9	Rio Mirandinha	MI	12,70	16,73	23,64	30,32
SB-10	10	Rio Morro Alto	MA	17,74	24,47	36,44	48,37
SB-11	11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	2,13	2,83	4,04	5,21
SB-12	12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	3,95	5,25	7,47	9,62
SB-13	13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacu	LS	3,36	4,50	6,44	8,33
SB-14	14	Rio Mathias	MT	13,72	18,21	25,92	33,36
SB-15	15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	6,04	8,06	11,54	14,90
SB-16	16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	1,59	2,11	3,00	3,86
SB-17	17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	0,81	1,05	1,47	1,86
SB-18	18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	1,89	2,49	3,53	4,56
SB-19	19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	3,85	5,13	7,32	9,45
SB-20	20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	2,12	2,82	4,03	5,19
SB-21	21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	3,14	4,20	6,02	7,79
SB-22	22	Rio Jaguarão	JA	32,76	43,62	62,35	80,52
SB-23	23	Rio Bupeva	BU	13,18	16,61	22,39	27,90
SB-24	24	Rio Bucarein	BC	45,11	58,90	82,43	105,06
SB-25	25	Rio Itaum-Açú	IA	96,04	126,47	178,74	229,25
AD-01	-	Área de Drenagem 1	AD-1	6,89	9,00	12,59	16,04
AD-02	-	Área de Drenagem 2	AD-2	5,93	8,02	11,61	15,07
AD-03	-	Área de Drenagem 3	AD-3	6,10	8,07	11,44	14,68
AD-04	-	Área de Drenagem 4	AD-4	5,84	7,71	10,89	13,95
AD-05	-	Área de Drenagem 5	AD-5	1,63	2,17	3,08	3,97
AD-06	-	Área de Drenagem 6	AD-6	3,80	4,99	7,01	8,95
AD-07	-	Área de Drenagem 7	AD-7	5,76	7,65	10,90	14,04
AD-08	-	Área de Drenagem 8	AD-8	5,00	6,68	9,58	12,39
AD-09	-	Área de Drenagem 9	AD-9	1,19	1,58	2,24	2,88
AD-10	-	Área de Drenagem 10	AD-10	1,07	1,41	2,00	2,57
AD-11	-	Área de Drenagem 11	AD-11	0,97	1,27	1,78	2,27
AD-12	-	Área de Drenagem 12	AD-12	2,01	2,64	3,71	4,74

QUADRO 5.4
VAZÃO DE PICO GERADA EM CADA NÓ (JUNÇÃO) E CANAL (PROPAGAÇÃO)

Elemento Hidrológico		Área de Drenagem (Km²)	Vazão de Pico (m³/s)			
			T=05Anos	T=10Anos	T=25Anos	T=50Anos
Nó (Junção / Afluência das Sub-bacias)	J-01	4,74	23,29	31,04	44,43	57,46
	J-02	7,54	37,48	49,51	70,23	90,22
	J-03	8,57	40,98	54,63	78,19	100,95
	J-04	10,67	50,16	66,79	95,43	123,03
	J-05	12,77	54,44	72,05	102,42	131,91
	J-06	14,42	57,09	75,76	108,31	140,36
	J-07	16,01	61,79	83,10	120,45	157,30
	J-08	19,1	69,56	94,17	137,66	180,77
	J-09	25,9	83,09	113,80	168,36	222,67
	J-10	29,07	97,45	133,93	198,57	262,76
	J-11	38,5	123,55	168,24	246,84	324,44
	J-12	50,79	166,38	221,84	318,78	414,13
	J-13	79,83	275,02	363,84	516,03	662,90
Canal (Propagação do Hidrograma)	P-01	4,74	23,09	30,72	43,90	56,64
	P-02	7,54	36,24	48,19	68,81	88,69
	P-03	8,57	40,64	54,04	77,01	99,04
	P-04	10,67	44,36	58,31	82,15	105,13
	P-05	12,77	49,61	65,32	92,61	119,38
	P-06	14,42	54,00	72,26	104,23	135,86
	P-07	16,01	53,89	72,80	106,57	140,36
	P-08	19,1	61,50	84,81	126,56	168,25
	P-09	25,9	80,63	111,08	165,27	219,36
	P-10	29,07	95,23	131,48	195,93	259,83
	P-11	38,5	122,82	167,44	245,97	323,51
	P-12	50,79	164,52	219,83	316,54	411,74

5.5.2 Hidrogramas

Através do modelo HEC-HMS é possível extrair os hidrogramas de cada componente do modelo.

Para efeito de ilustração é apresentado a os hidrogramas com o período de recorrência de 25 anos nas junções de cada elemento da bacia hidrográfica. As junções são os nós onde são conectados as contribuições de cada sub-bacia além da contribuição de montante.

As figuras 5.2 a 5.15 apresentam os hidrogramas afluentes e defluentes nas junções do modelo de simulação

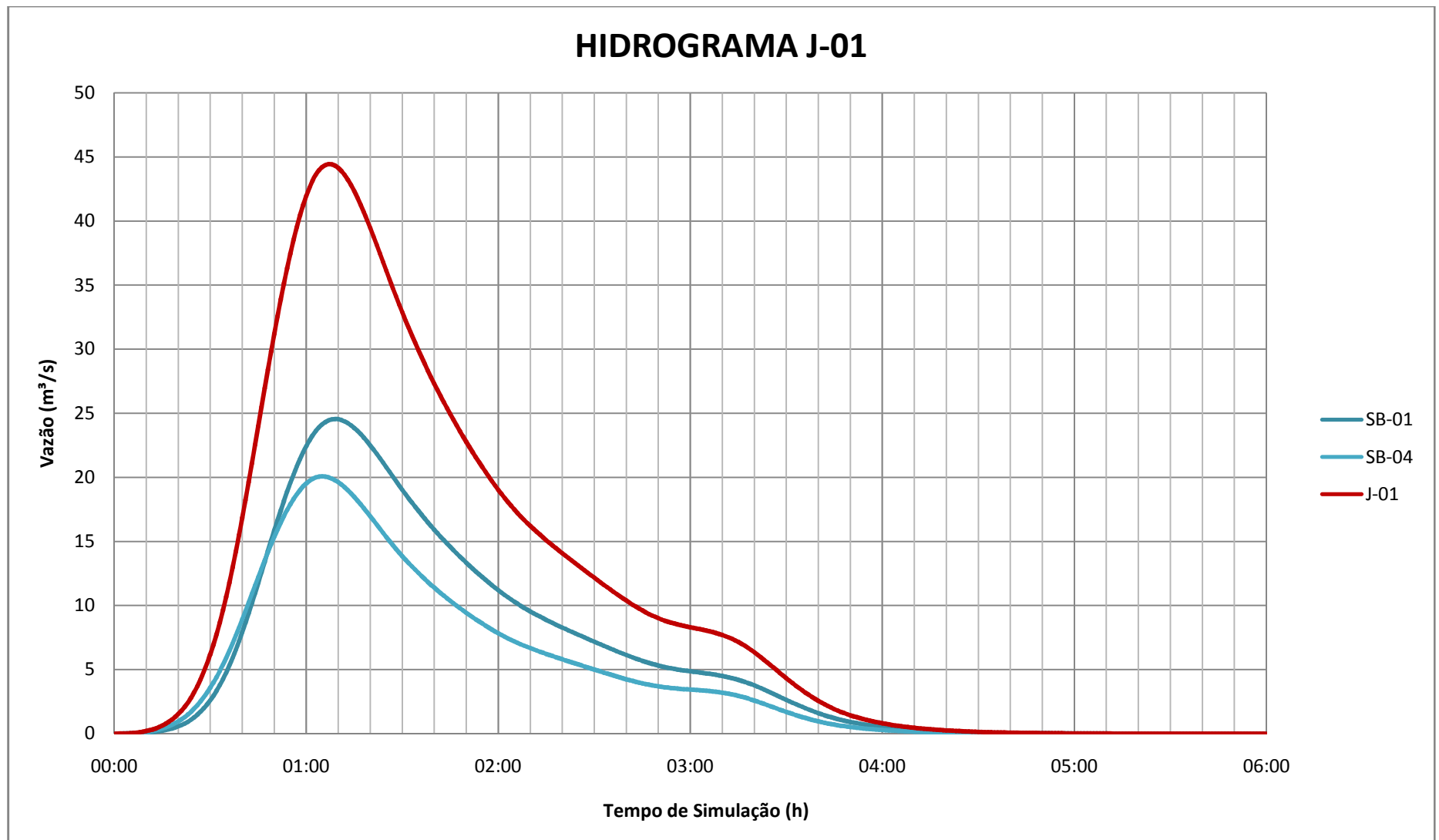


Figura 5.2 – Hidrograma J-01 do modelo HEC-HMS

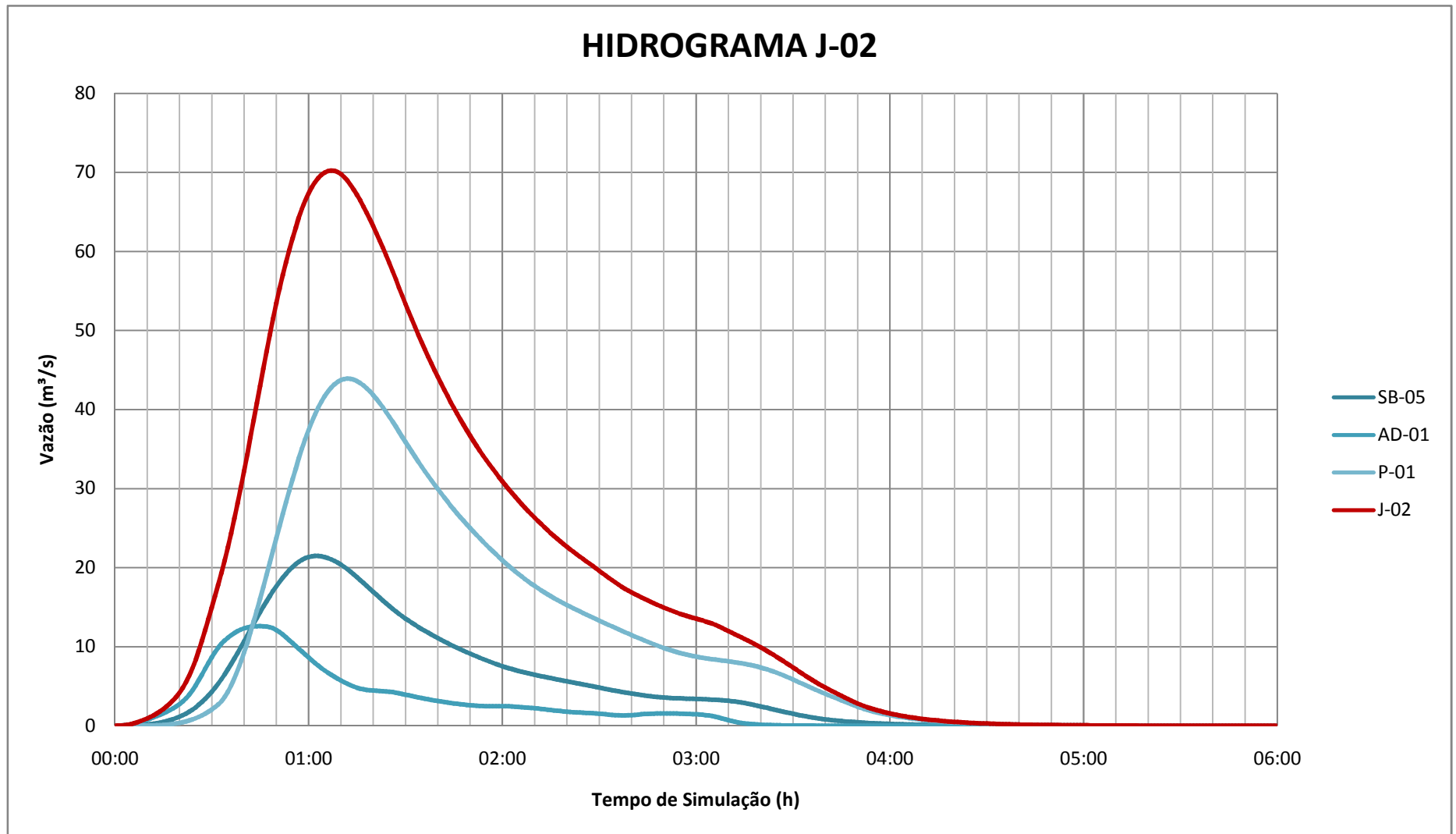


Figura 5.3 – Hidrograma J-02 do modelo HEC-HMS

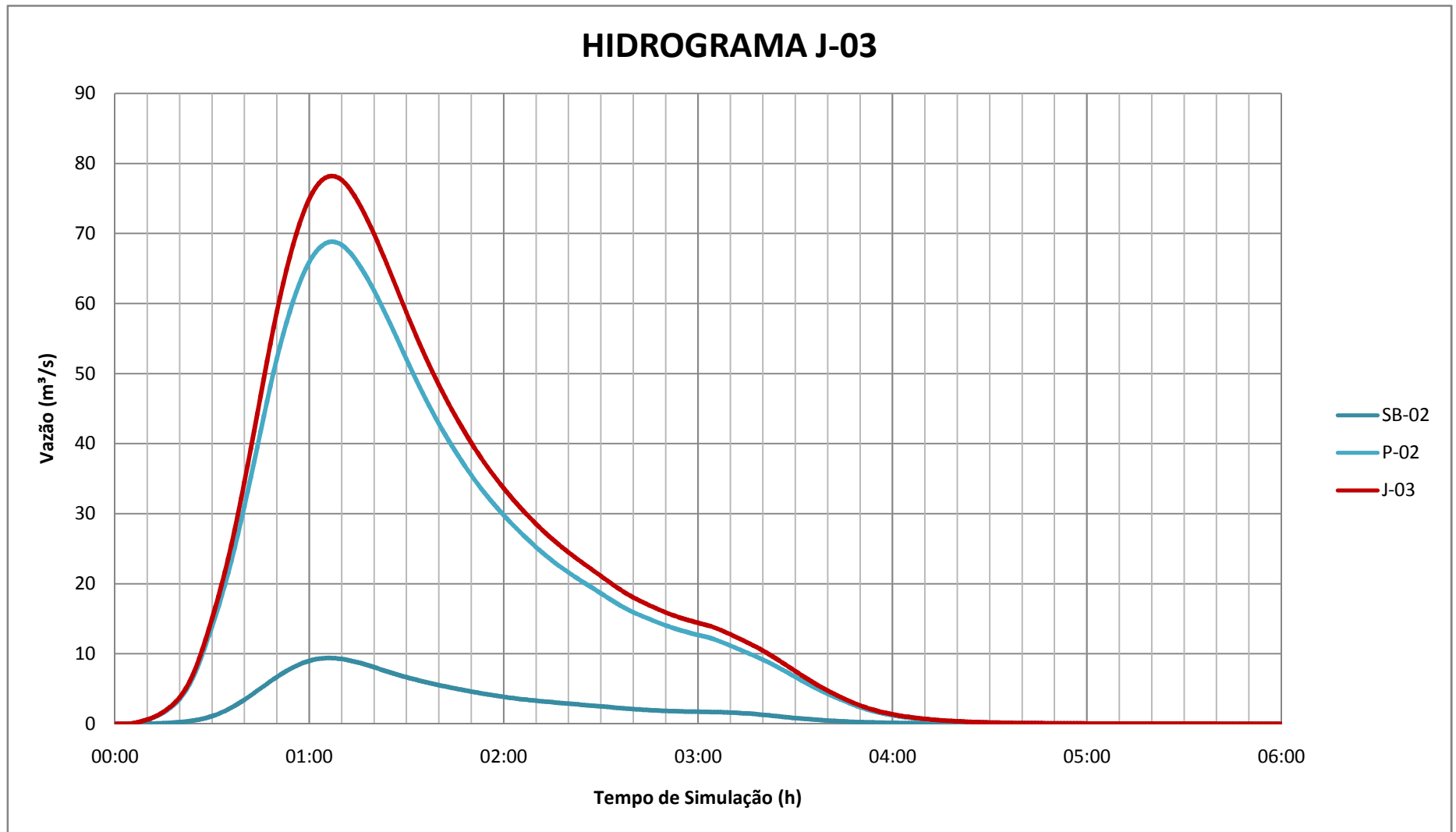


Figura 5.4 – Hidrograma J-03 do modelo HEC-HMS

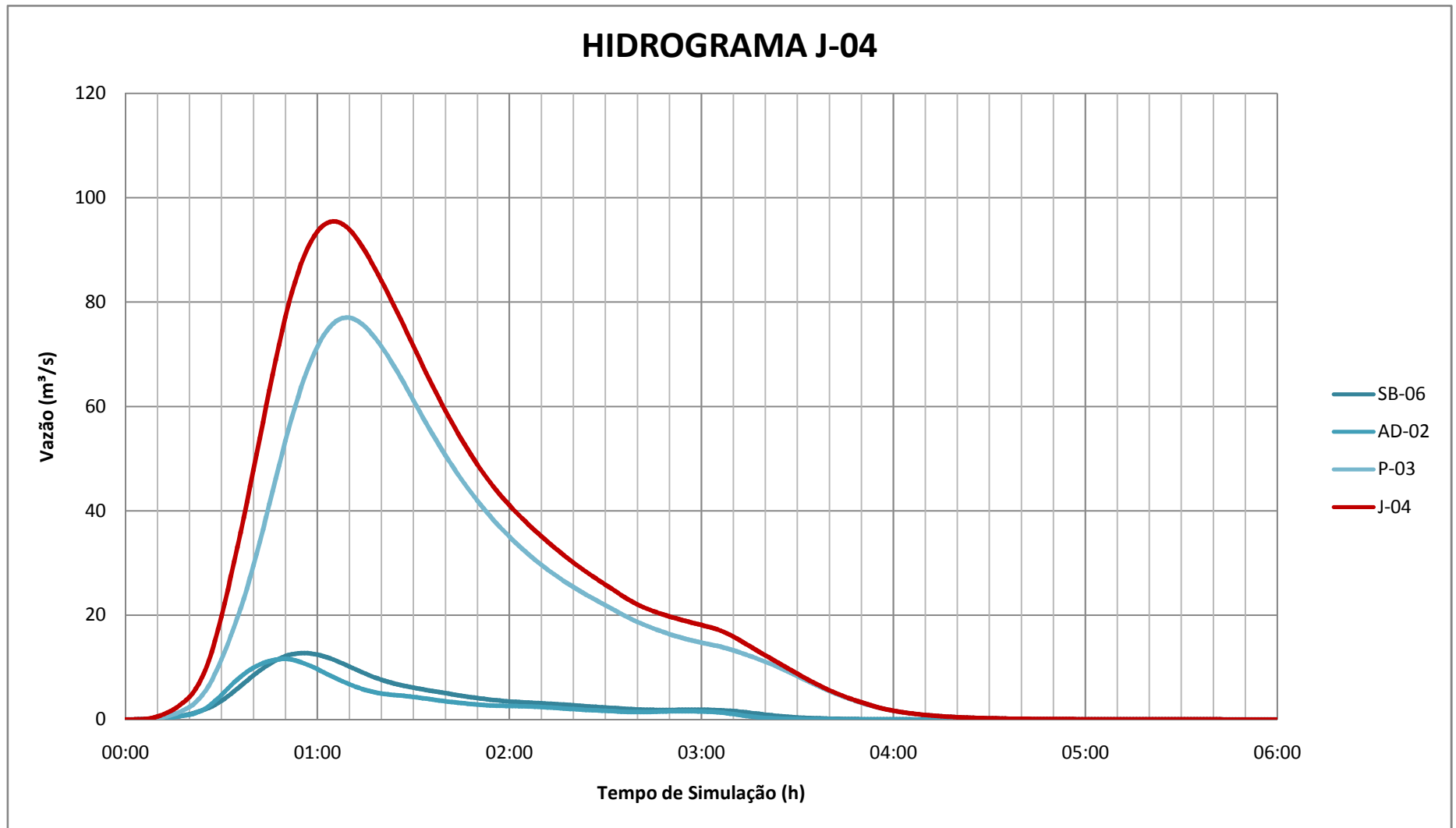


Figura 5.5 – Hidrograma J-04 do modelo HEC-HMS

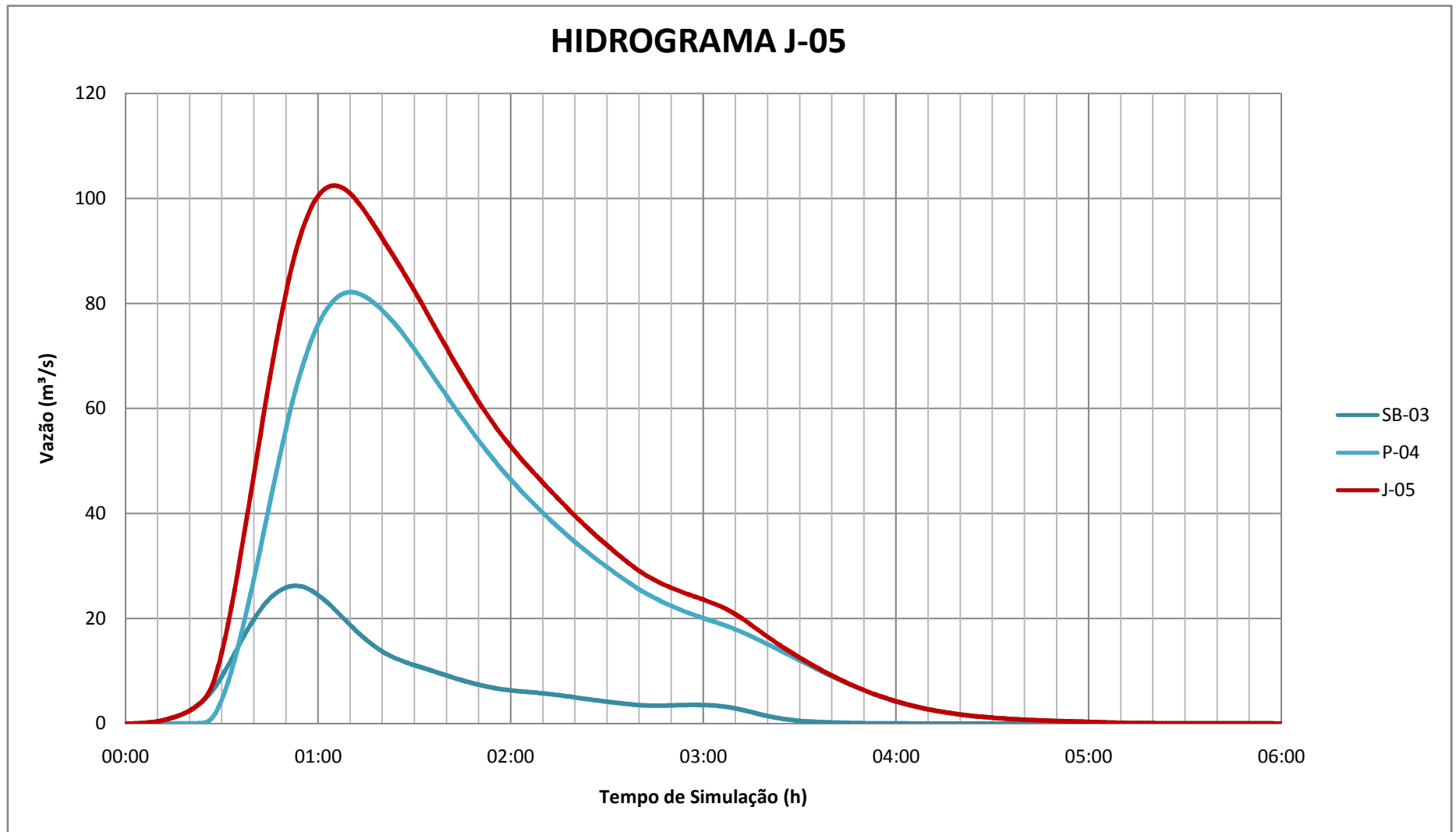


Figura 5.6 – Hidrograma J-05 do modelo HEC-HMS

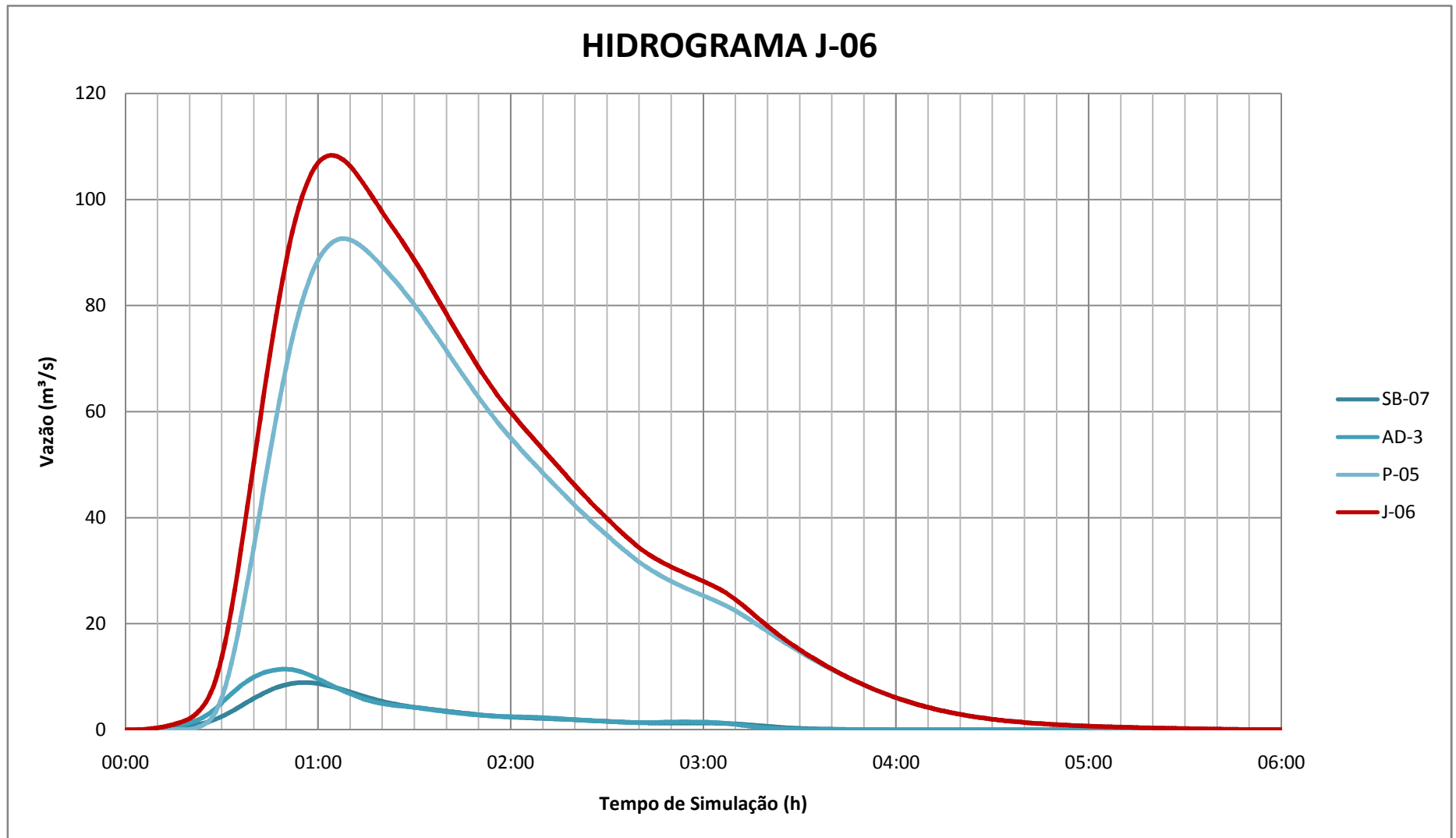


Figura 5.7 – Hidrograma J-06 do modelo HEC-HMS

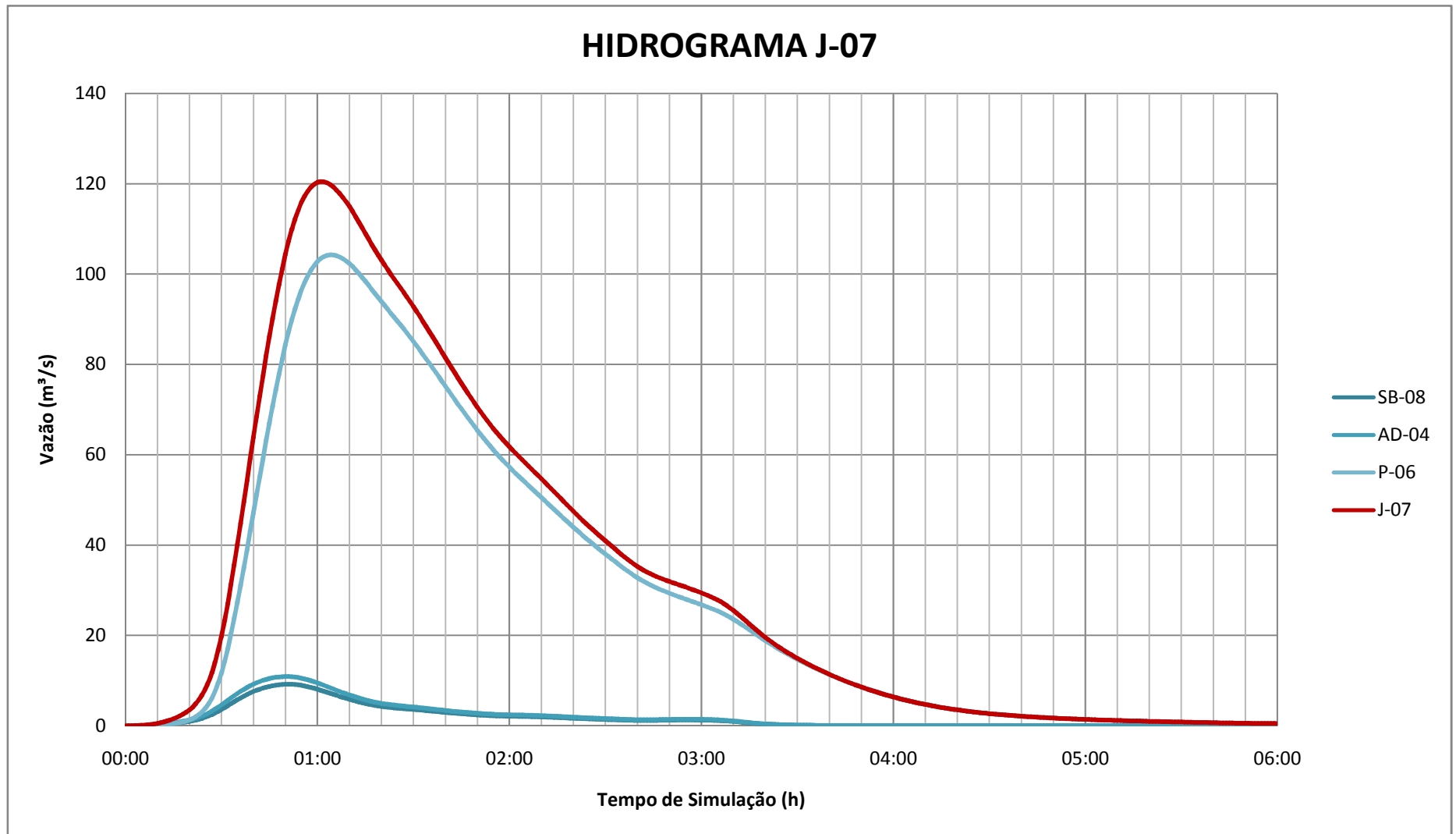


Figura 5.8 – Hidrograma J-07 do modelo HEC-HMS

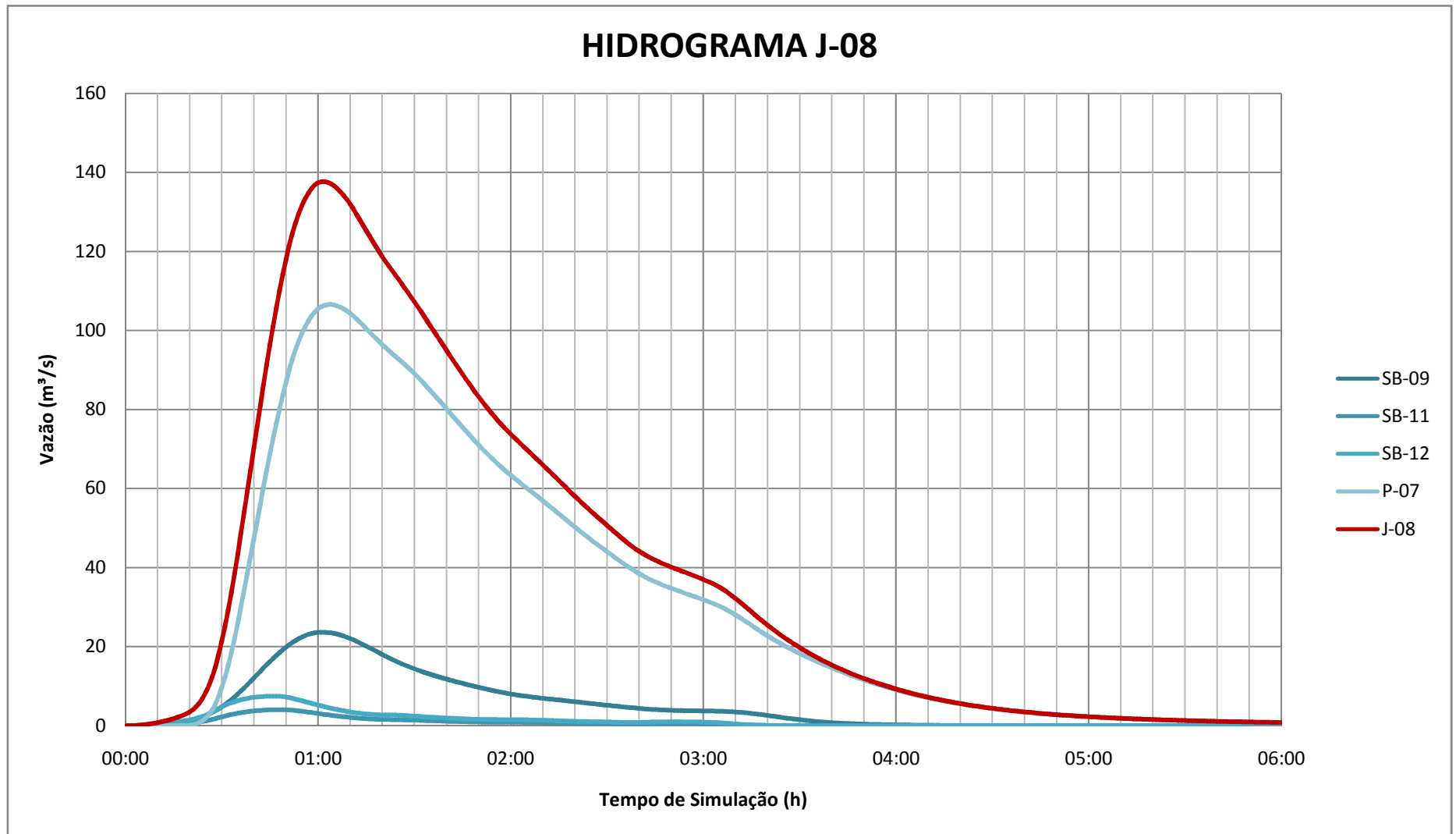


Figura 5.9 – Hidrograma J-08 do modelo HEC-HMS

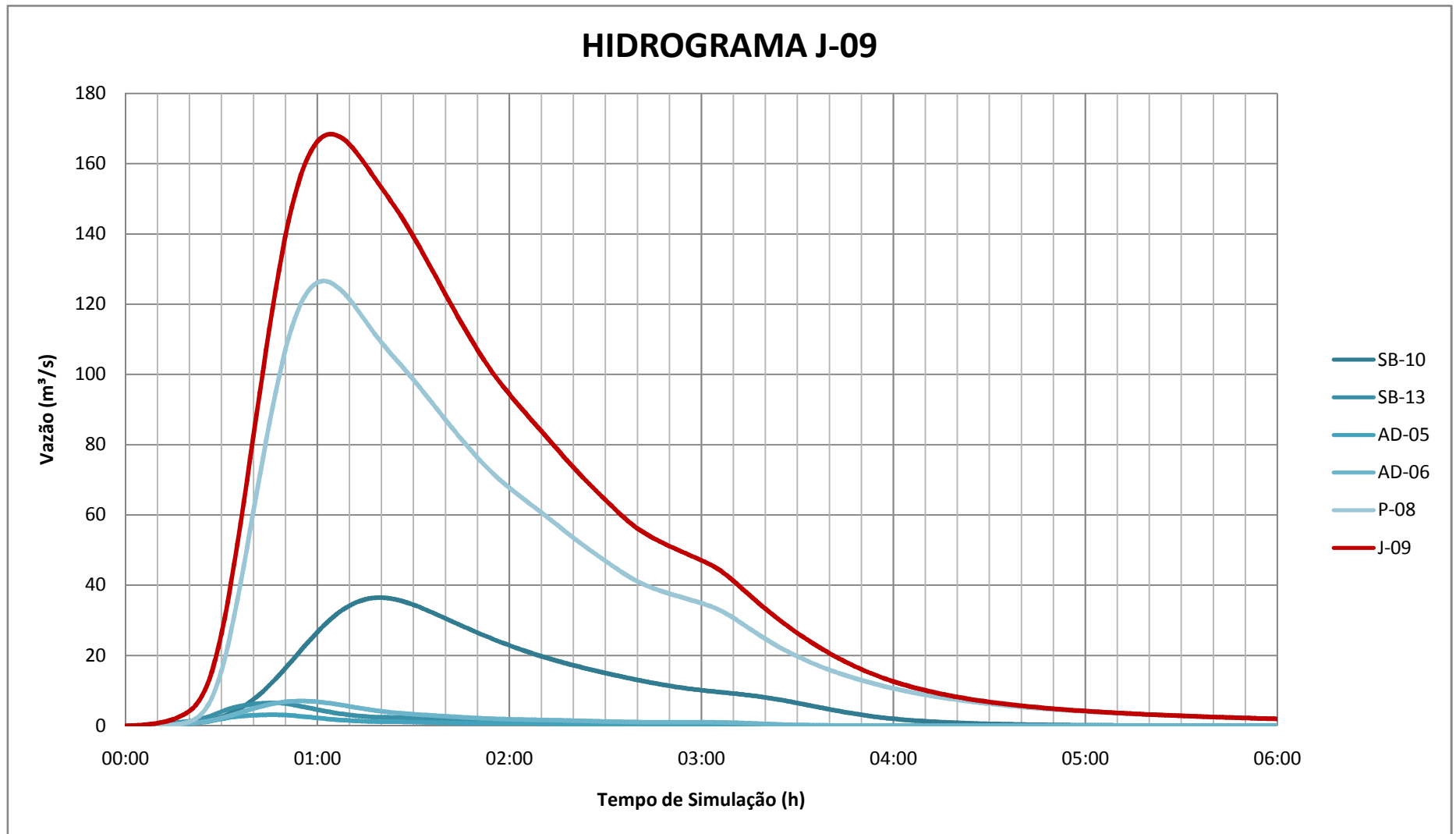


Figura 5.10 – Hidrograma J-09 do modelo HEC-HMS

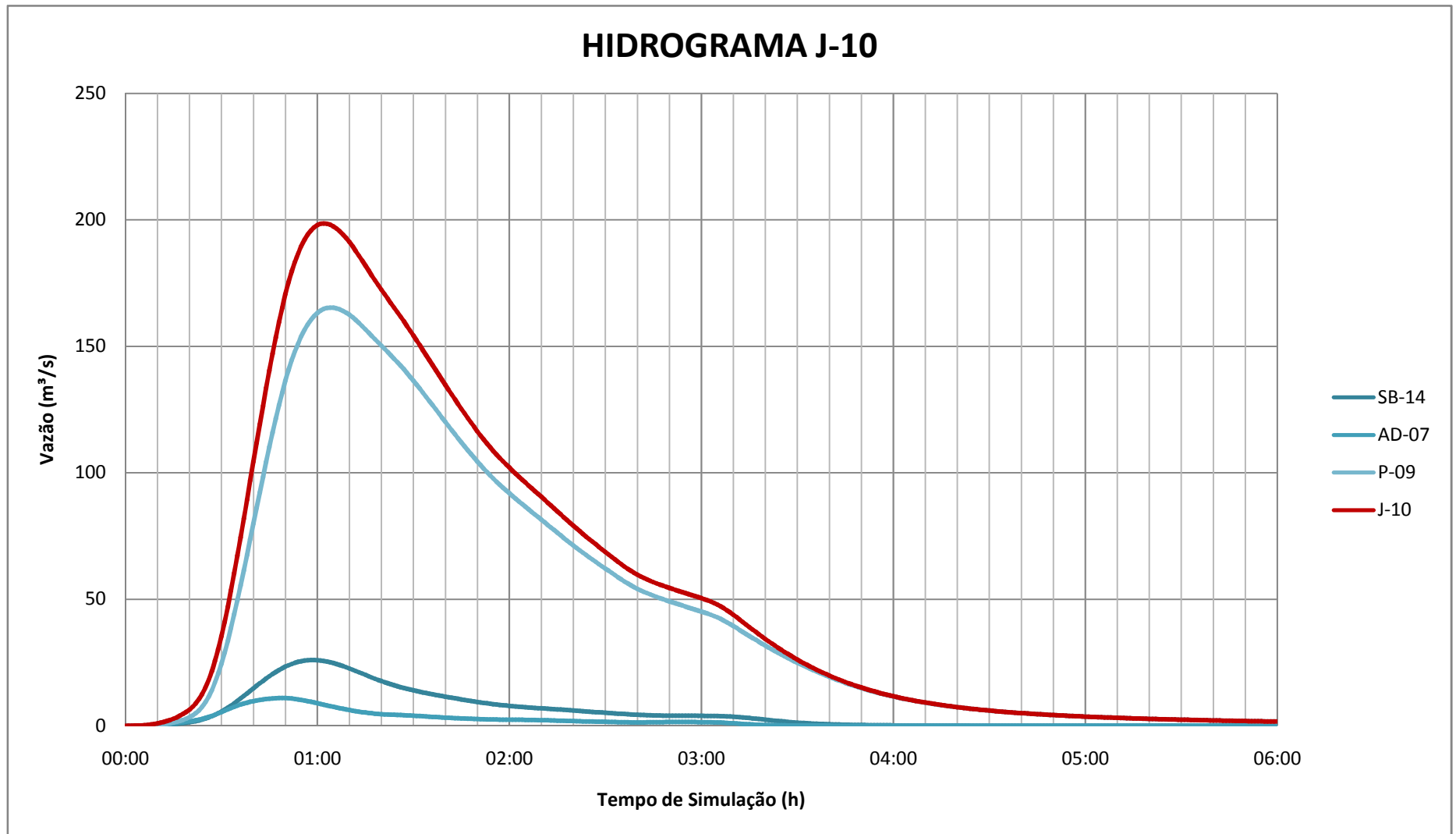


Figura 5.11– Hidrograma J-10 do modelo HEC-HMS

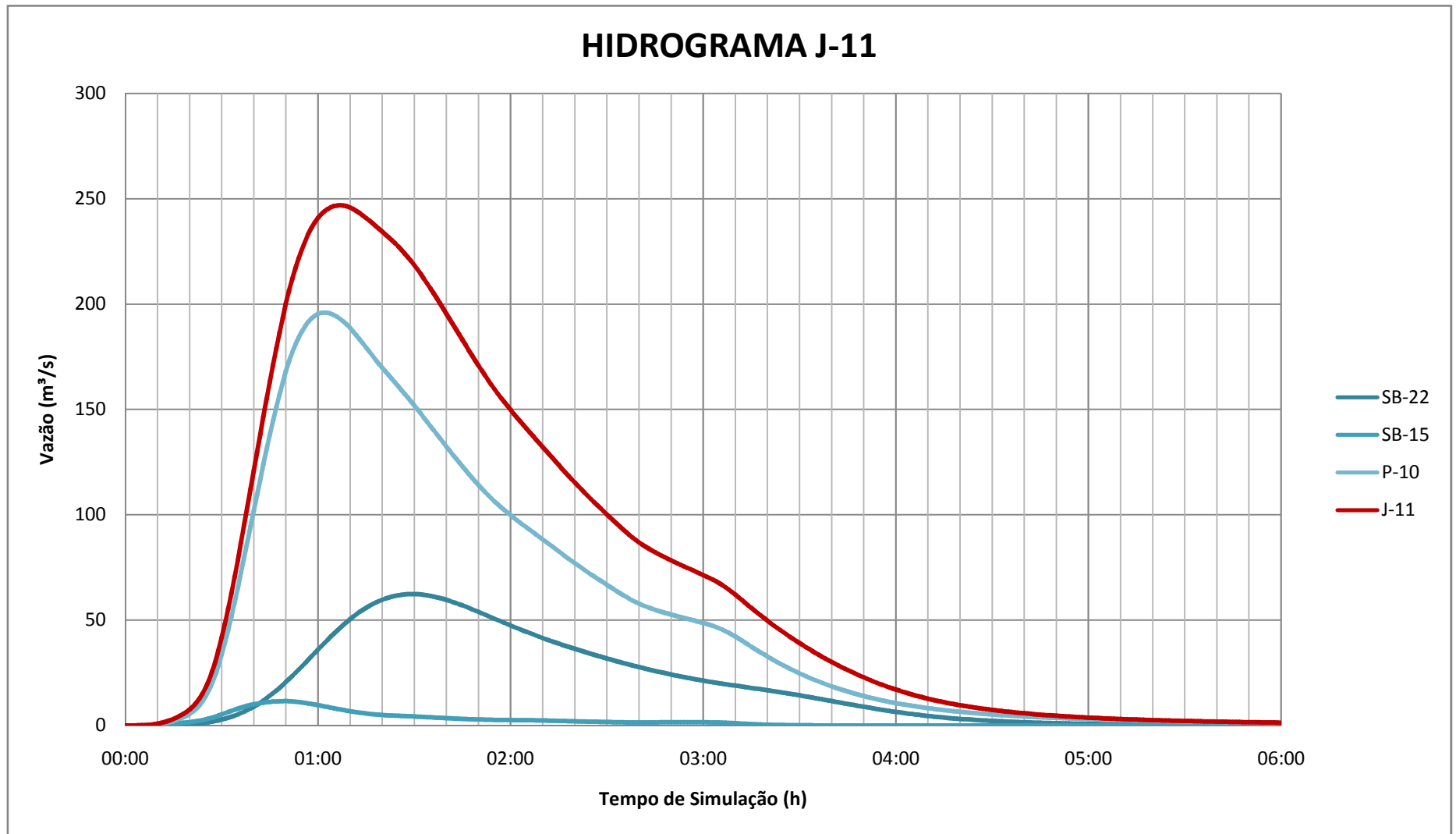


Figura 5.12 – Hidrograma J-11 do modelo HEC-HMS

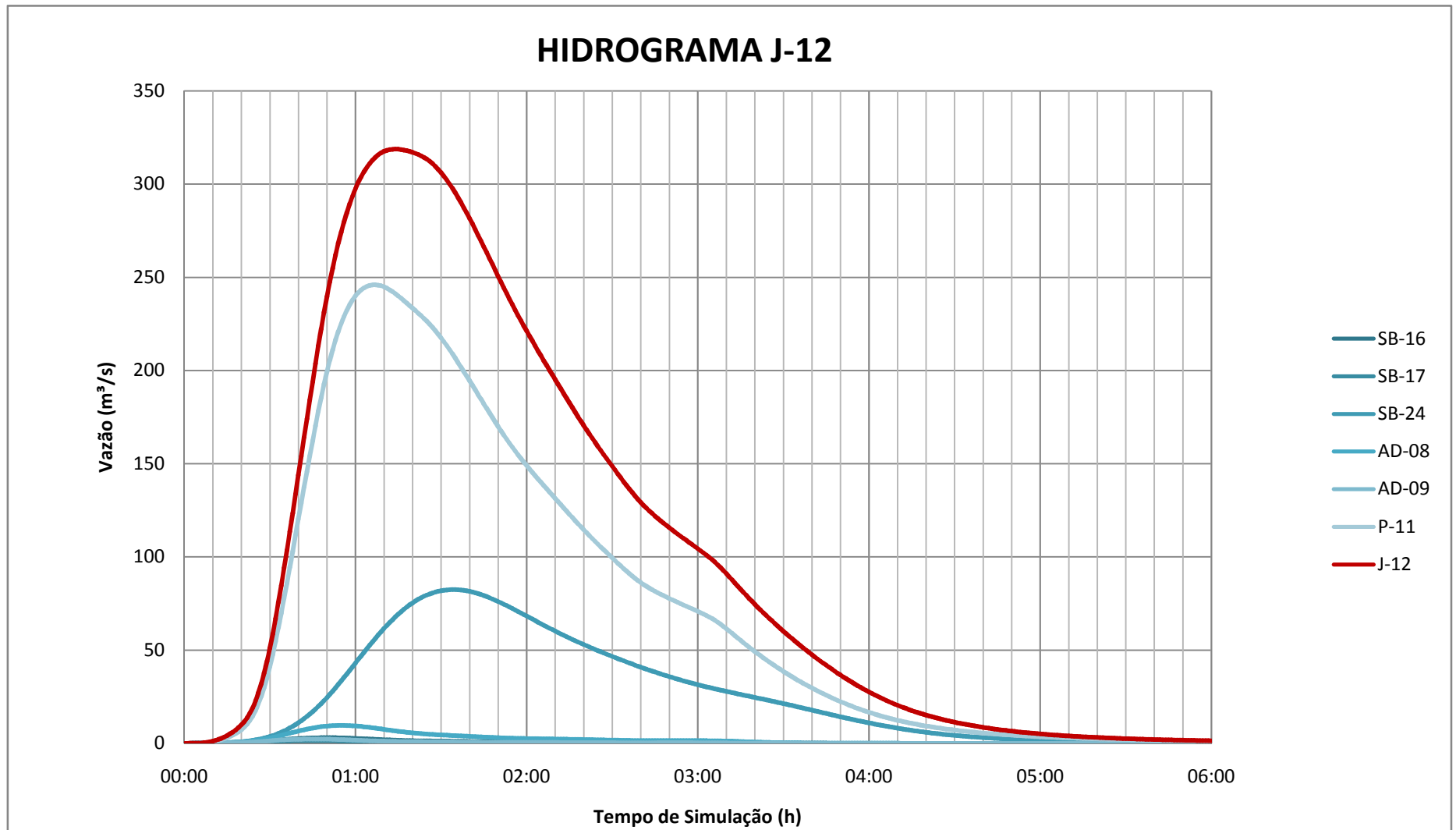


Figura 5.13 – Hidrograma J-12 do modelo HEC-HMS

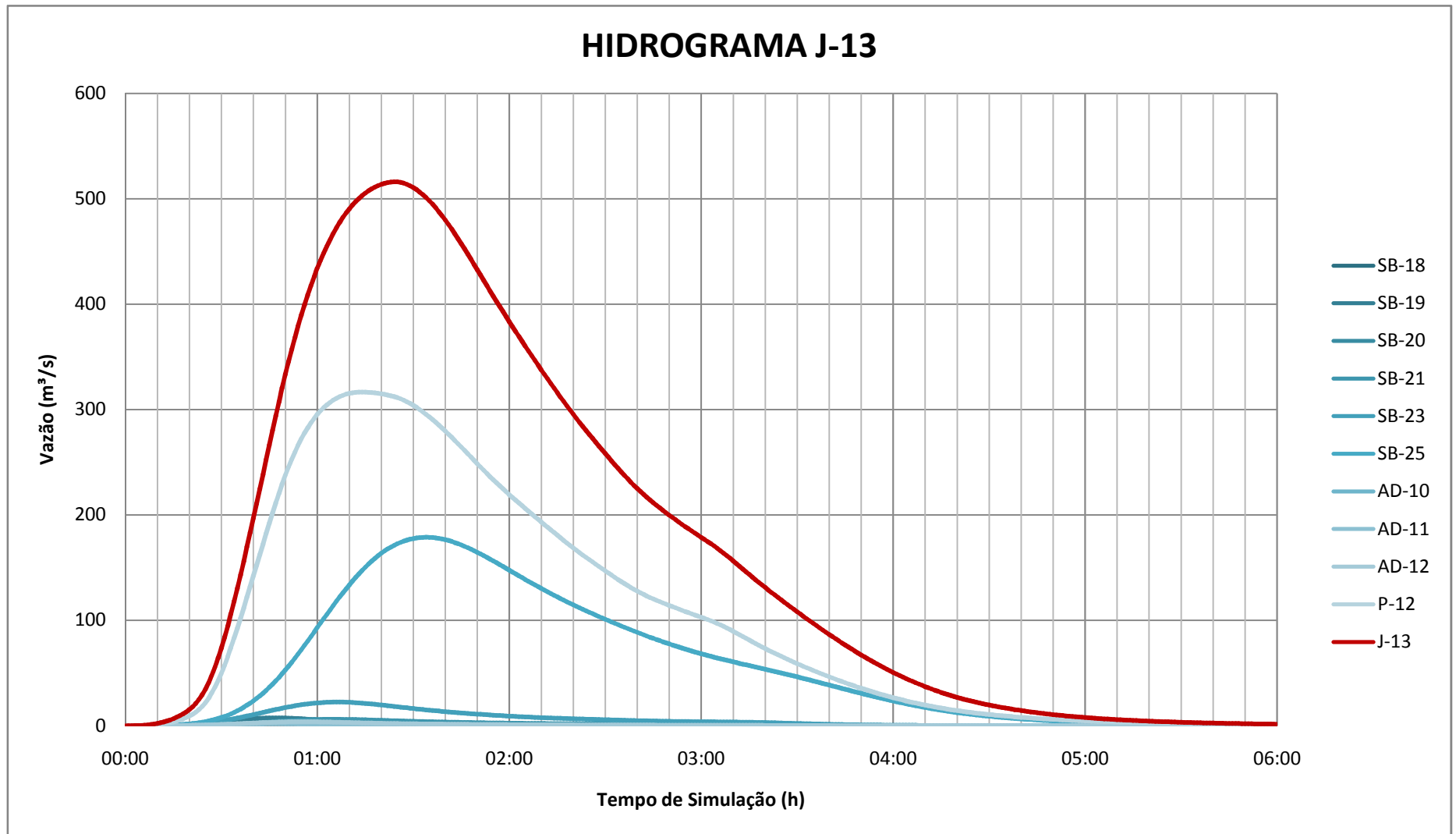


Figura 5.14 – Hidrograma J-13 do modelo HEC-HMS

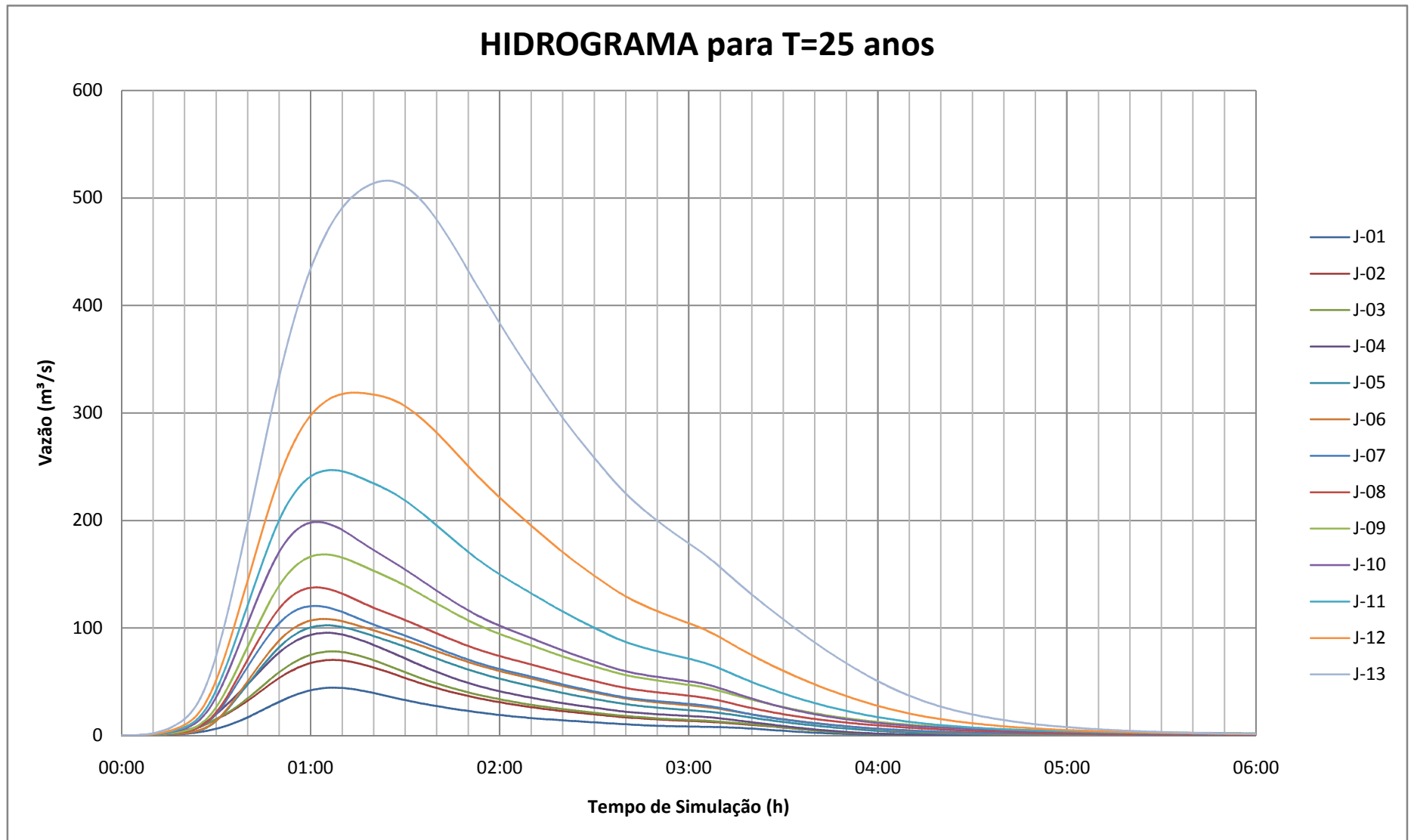


Figura 5.15 – Hidrogramas dos Nós do modelo hidrológico

Com a vazão gerada em cada sub-bacia realizou-se um diagnóstico para verificar qual o incremento que cada sub-bacia gera no escoamento do rio Cachoeira. A análise consistiu em se verificar a vazão total propagada pelo trecho e o acréscimo da vazão gerada das contribuições laterais, ou seja, o incremento de vazão que cada sub-bacia acrescenta no escoamento do rio Cachoeira.

A avaliação de impacto seguiu a metodologia de analisar a vazão afluente de cada sub-bacia e a vazão escoada pelo canal do nó de montante para o nó de jusante. O nó que recebe todas as informações de propagação e de sub-bacia foi denominado de junção “J” no modelo hidrológico proposto. Assim comparou-se qual o incremento de vazão da sub-bacia em relação a vazão de pico da junção.

Tem-se dessa forma uma análise de impacto relativo em função da vazão de pico da junção e das sub-bacias contribuintes.

O Quadro 5.5 seguir apresenta os percentuais representativos por sub-bacia.

QUADRO 5.5
PERCENTUAL DE INCREMENTAL DE VAZÃO

Sub-Bacias (Modelo)	Nº	Sub-Bacia	Sigla	Percentual Incremental de Vazão			
				T=05	T=10	T=25	T=50
SB-01	1	Nascente do Cachoeira	NC	53.89%	54.54%	55.23%	55.66%
SB-02	2	Rio Cachoeira Leito Antigo	LA	11.57%	11.79%	12.01%	12.15%
SB-03	3	Rio Bom Retiro	BR	25.84%	25.77%	25.61%	25.46%
SB-04	4	Rui Luiz Tonnemann	LT	46.67%	45.91%	45.17%	44.71%
SB-05	5	Rio Walter Brandt	WB	31.56%	31.08%	30.56%	30.25%
SB-06	6	Rio Alvino Vohl	AV	13.28%	13.30%	13.34%	13.38%
SB-07	7	Vertente do Morro do Boa Vista- Canal Aracajú	AR	8.29%	8.28%	8.24%	8.18%
SB-08	8	Vertente da Rua Salvador -Canal Salvador	CS	7.78%	7.74%	7.63%	7.54%
SB-09	9	Rio Mirandinha	MI	18.26%	17.77%	17.17%	16.77%
SB-10	10	Rio Morro Alto	MA	21.35%	21.50%	21.64%	21.72%
SB-11	11	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Água Marinha	AM	3.06%	3.01%	2.93%	2.88%
SB-12	12	Vertente do Morro do Boa Vista- Parque de France	PF	5.68%	5.58%	5.43%	5.32%
SB-13	13	Vertente do Morro do Boa Vista- Lagoa Saguacu	LS	4.04%	3.95%	3.83%	3.74%
SB-14	14	Rio Mathias	MT	14.08%	13.60%	13.05%	12.70%
SB-15	15	Vertente do Morro do Boa Vista- Buschle e Lepper	BL	4.89%	4.79%	4.68%	4.82%
SB-16	16	Vertente do Morro do Boa Vista- Unidade de Obras	UO	0.96%	0.95%	0.94%	0.93%
SB-17	17	Vertente do Morro do Boa Vista- Vick	VI	0.49%	0.47%	0.46%	0.45%
SB-18	18	Vertente do Morro do Boa Vista- Ponta Grossa	PG	0.69%	0.68%	0.68%	0.69%
SB-19	19	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Pedro Alvares Cabral	PE	1.40%	1.41%	1.42%	1.43%
SB-20	20	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Matilde Amim	MD	0.77%	0.78%	0.78%	0.78%
SB-21	21	Vertente do Morro do Boa Vista- Rua Noruega	NO	1.14%	1.15%	1.17%	1.18%
SB-22	22	Rio Jaguarão	JA	26.52%	25.93%	25.26%	4.59%
SB-23	23	Rio Bupeva	BU	4.79%	4.57%	4.34%	4.21%

Continua...

QUADRO 5.5
PERCENTUAL DE INCREMENTAL DE VAZÃO

Sub-Bacias (Modelo)	Nº	Sub-Bacia	Sigla	Percentual Incremental de Vazão			
				T=05	T=10	T=25	T=50
SB-24	24	Rio Bucarein	BC	27.11%	26.55%	25.86%	25.37%
SB-25	25	Rio Itaum-Açú	IA	34.92%	34.76%	34.64%	34.58%
AD-01	-	Área de Drenagem 1	AD-1	18.38%	18.18%	17.93%	17.78%
AD-02	-	Área de Drenagem 2	AD-2	11.82%	12.01%	12.17%	12.25%
AD-03	-	Área de Drenagem 3	AD-3	10.68%	10.65%	10.56%	10.46%
AD-04	-	Área de Drenagem 4	AD-4	9.45%	9.28%	9.04%	8.87%
AD-05	-	Área de Drenagem 5	AD-5	1.96%	1.91%	1.83%	1.78%
AD-06	-	Área de Drenagem 6	AD-6	4.57%	4.38%	4.16%	4.02%
AD-07	-	Área de Drenagem 7	AD-7	5.91%	5.71%	5.49%	5.34%
AD-08	-	Área de Drenagem 8	AD-8	3.01%	3.01%	3.01%	2.99%
AD-09	-	Área de Drenagem 9	AD-9	0.72%	0.71%	0.70%	0.70%
AD-10	-	Área de Drenagem 10	AD-10	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%
AD-11	-	Área de Drenagem 11	AD-11	0.35%	0.35%	0.34%	0.34%
AD-12	-	Área de Drenagem 12	AD-12	0.73%	0.73%	0.72%	0.72%

Cabe ressaltar que as sub-bacias NC e LT (Nascente do Rio Cachoeira e Luis Tonnemann), possuem um incremental maior por não haver contribuição de montante (são bacias que formam o início do escoamento). As figuras 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 apresentam o incremento de vazão no rio Cachoeira.

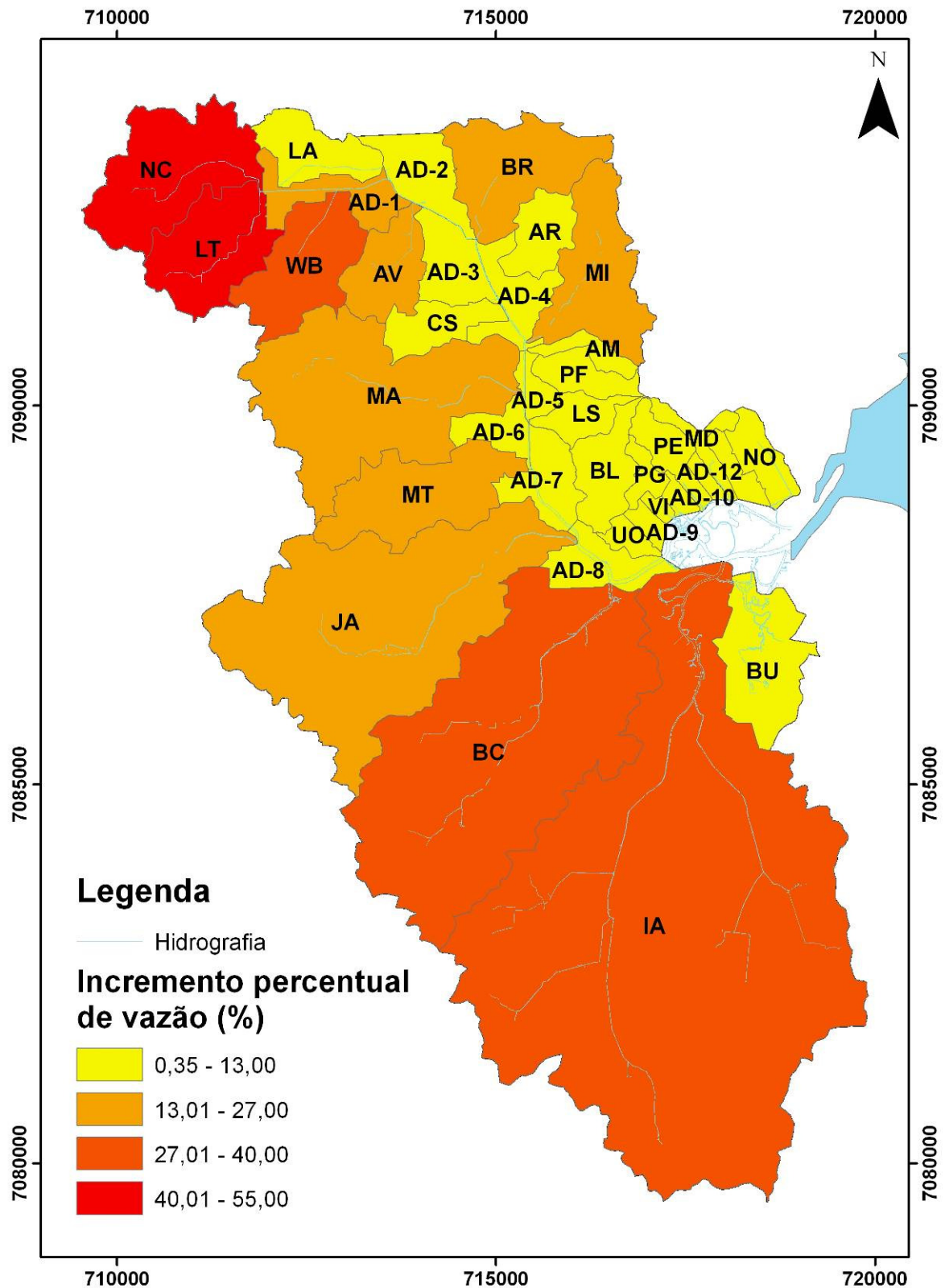


Figura 5.16 – Incremento de Vazão no Rio Cachoeira para T=05 Anos

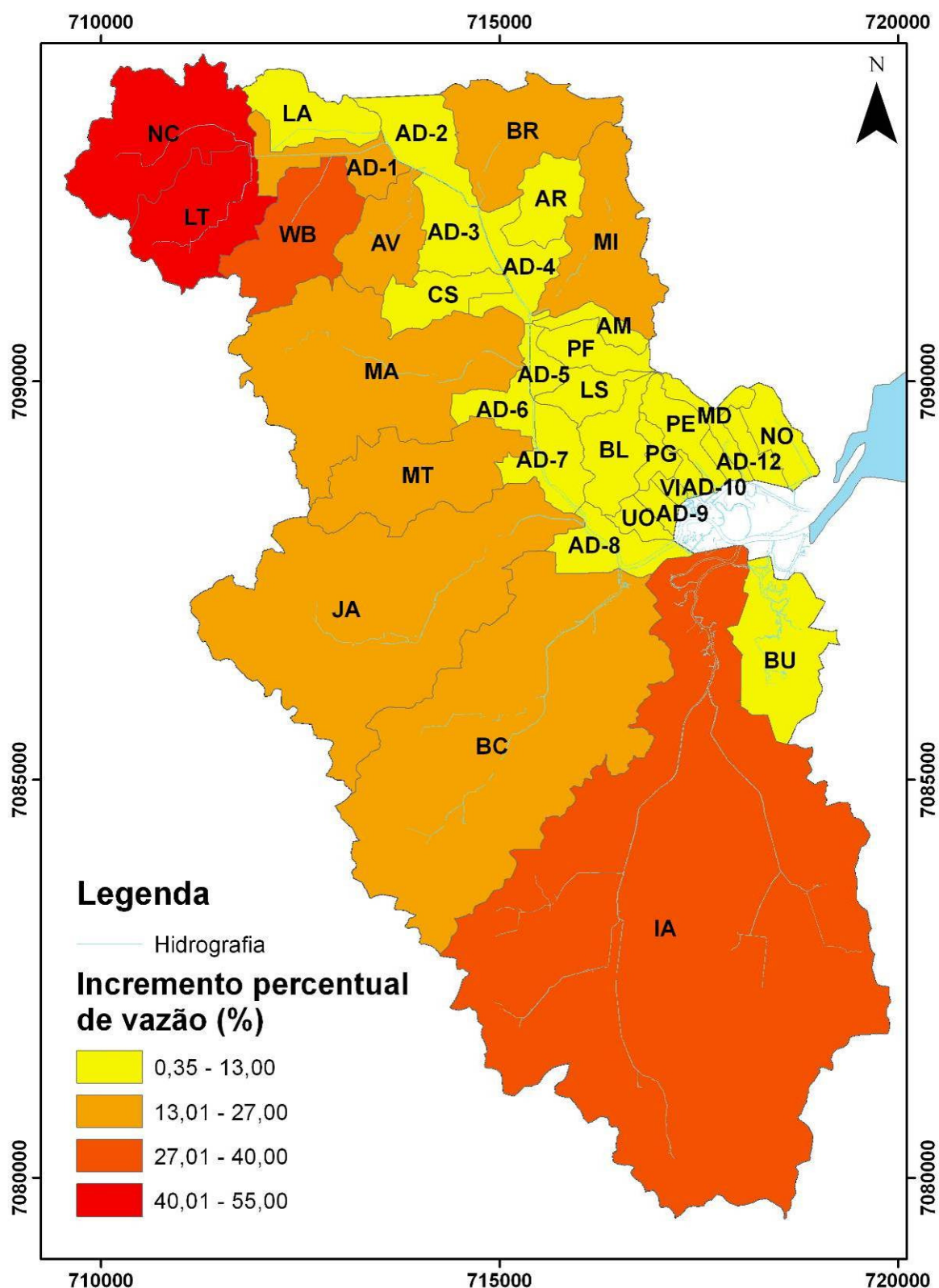


Figura 5.17 – Incremento de Vazão no Rio Cachoeira para T=10 Anos

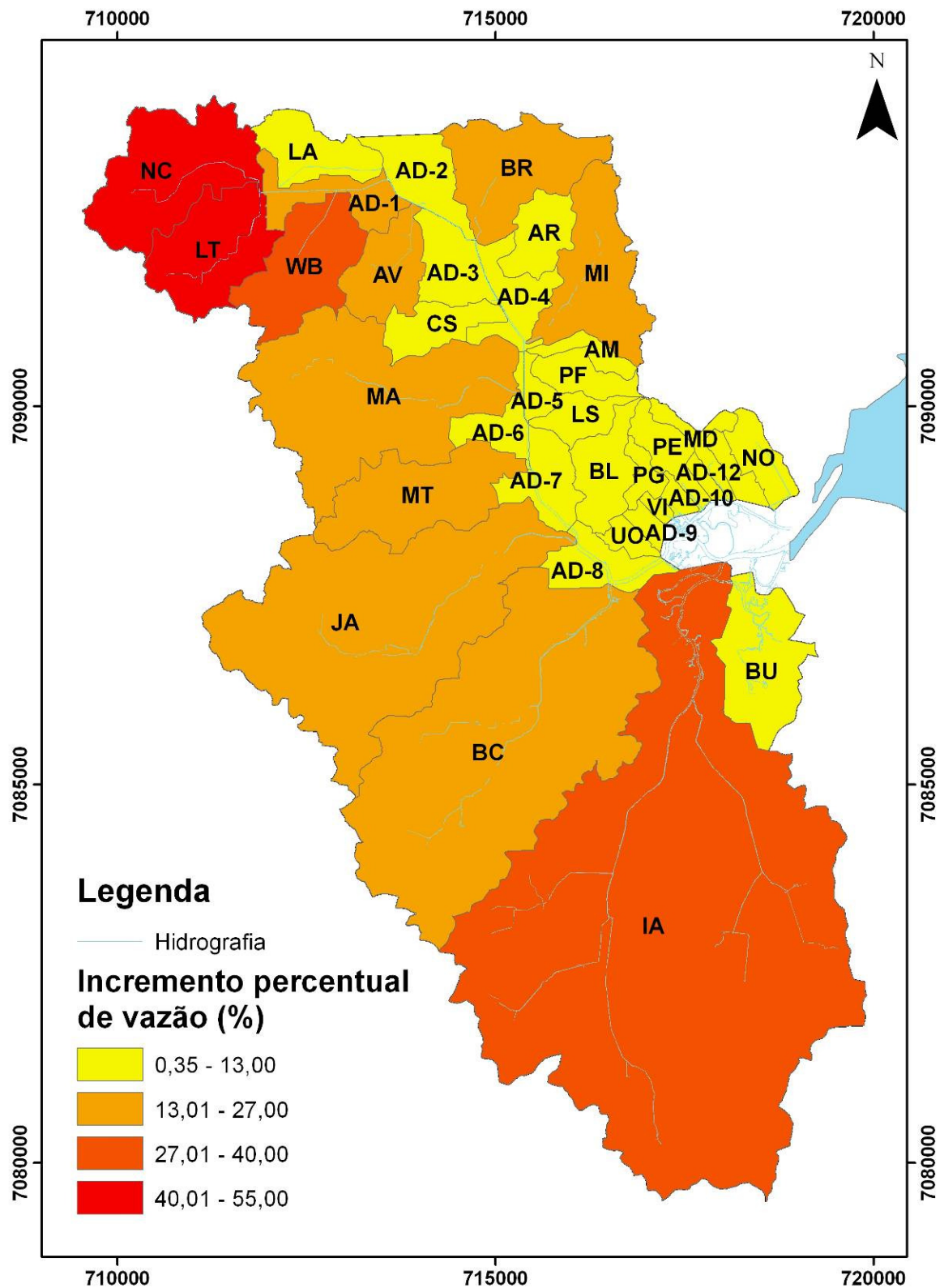


Figura 5.18 – Incremento de Vazão no Rio Cachoeira para T=25 Anos

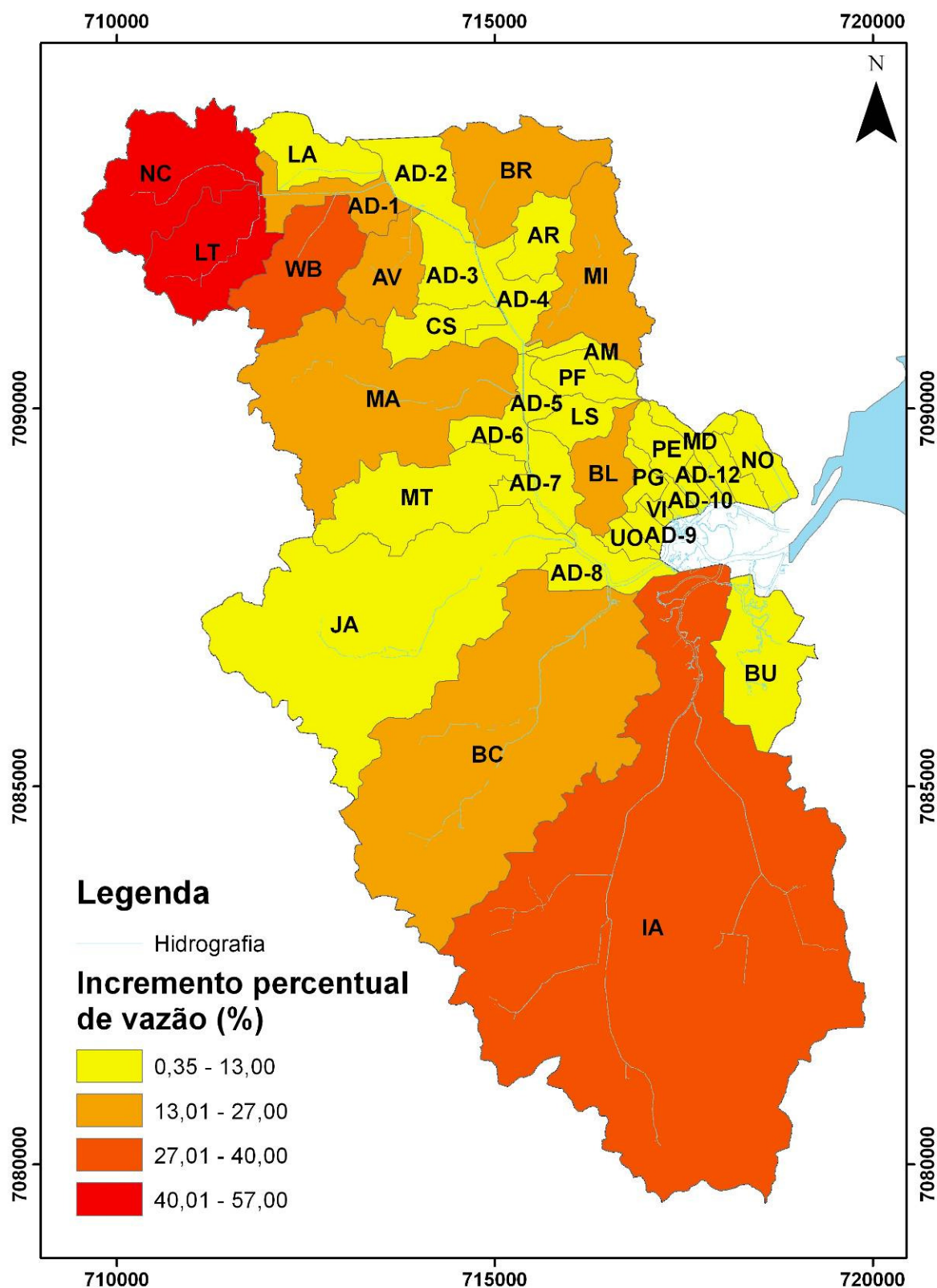


Figura 5.19 – Incremento de Vazão no Rio Cachoeira para T=50 Anos

Como comentado anteriormente as sub-bacias da Nascente do Rio Cachoeira e do rio Luís Tonnemann, possuem incrementos elevados de vazão por serem as formadoras do escoamento (vazão do primeiro nó de simulação, sem influência de montante).

Com a análise dos mapas pode-se concluir que há um forte incremento de vazões na afluência da sub-bacia do rio Itaum-Açú sendo assim a bacia mais impactante no rio Cachoeira. O atenuante desta bacia em termos de impacto à população, é de se localizar próximo da foz do rio Cachoeira e a jusante da região central do município.

Mas há sub-bacias como as do rio Jaguarão, Morro Alto, Bom Retiro e Walter Brandt que geram incremento na faixa de 20% sobre o rio Cachoeira. Essas bacias são mais problemáticas por estarem localizadas na região central do município ou a montante do centro.

O Quadro 5.6 apresenta as vazões em cada ponto de simulação do rio Cachoeira.

QUADRO 5.6
VAZÕES PARA OS NÓS EM CADA JUNÇÃO

Nós	Vazão de Pico Sub-Bacias (m³/s)			
	T=05	T=10	T=25	T=50
J-01	23,29	31,04	44,43	57,46
J-02	37,48	49,51	70,23	90,22
J-03	40,98	54,63	78,19	100,95
J-04	50,16	66,79	95,43	123,03
J-05	54,44	72,05	102,42	131,91
J-06	57,09	75,76	108,31	140,36
J-07	61,79	83,10	120,45	157,30
J-08	69,56	94,17	137,66	180,77
J-09	83,09	113,80	168,36	222,67
J-10	97,45	133,93	198,57	262,76
J-11	123,55	168,24	246,84	324,44
J-12	166,38	221,84	318,78	414,13
J-13	275,02	363,84	516,03	662,90

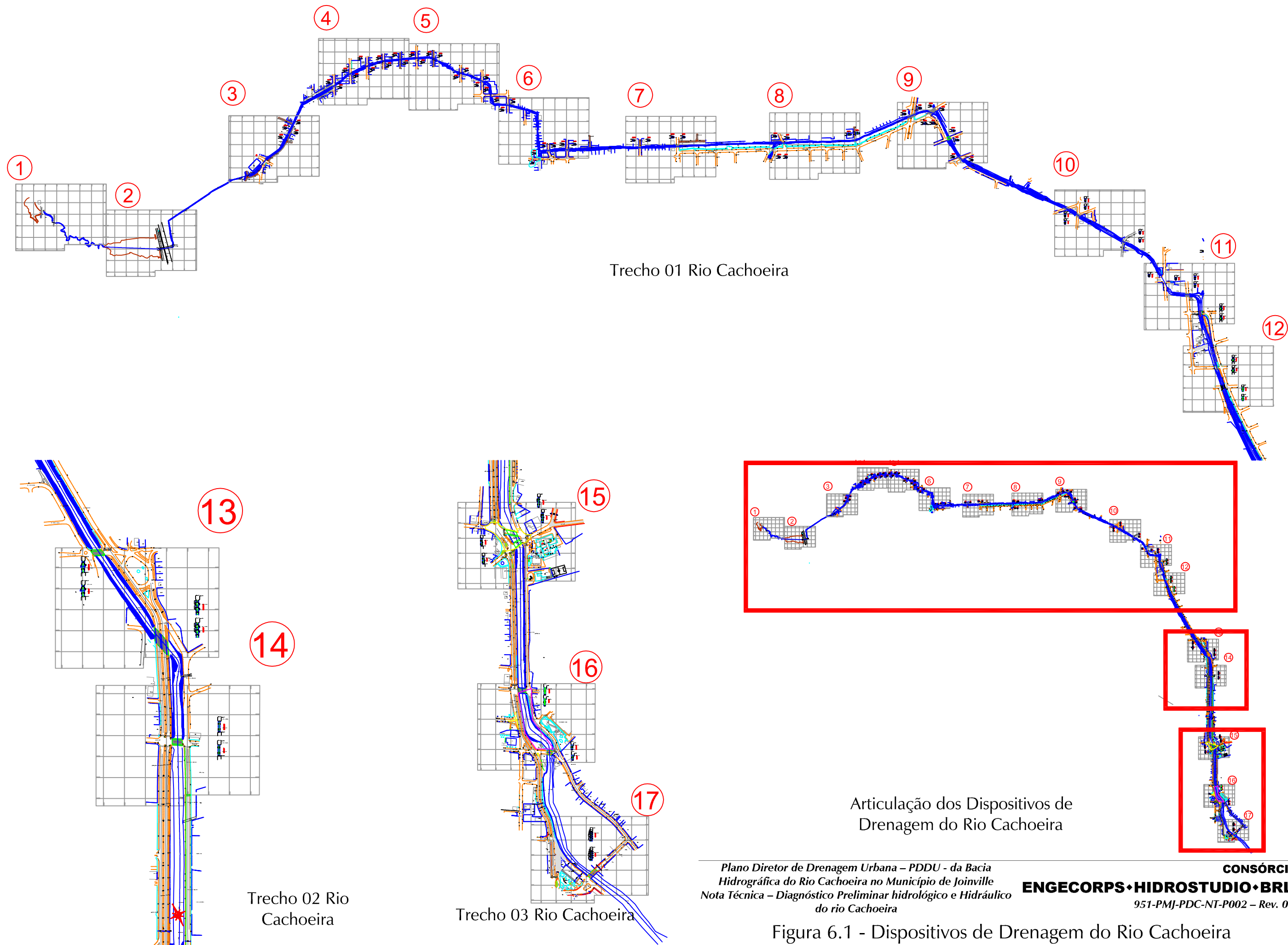
6. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO

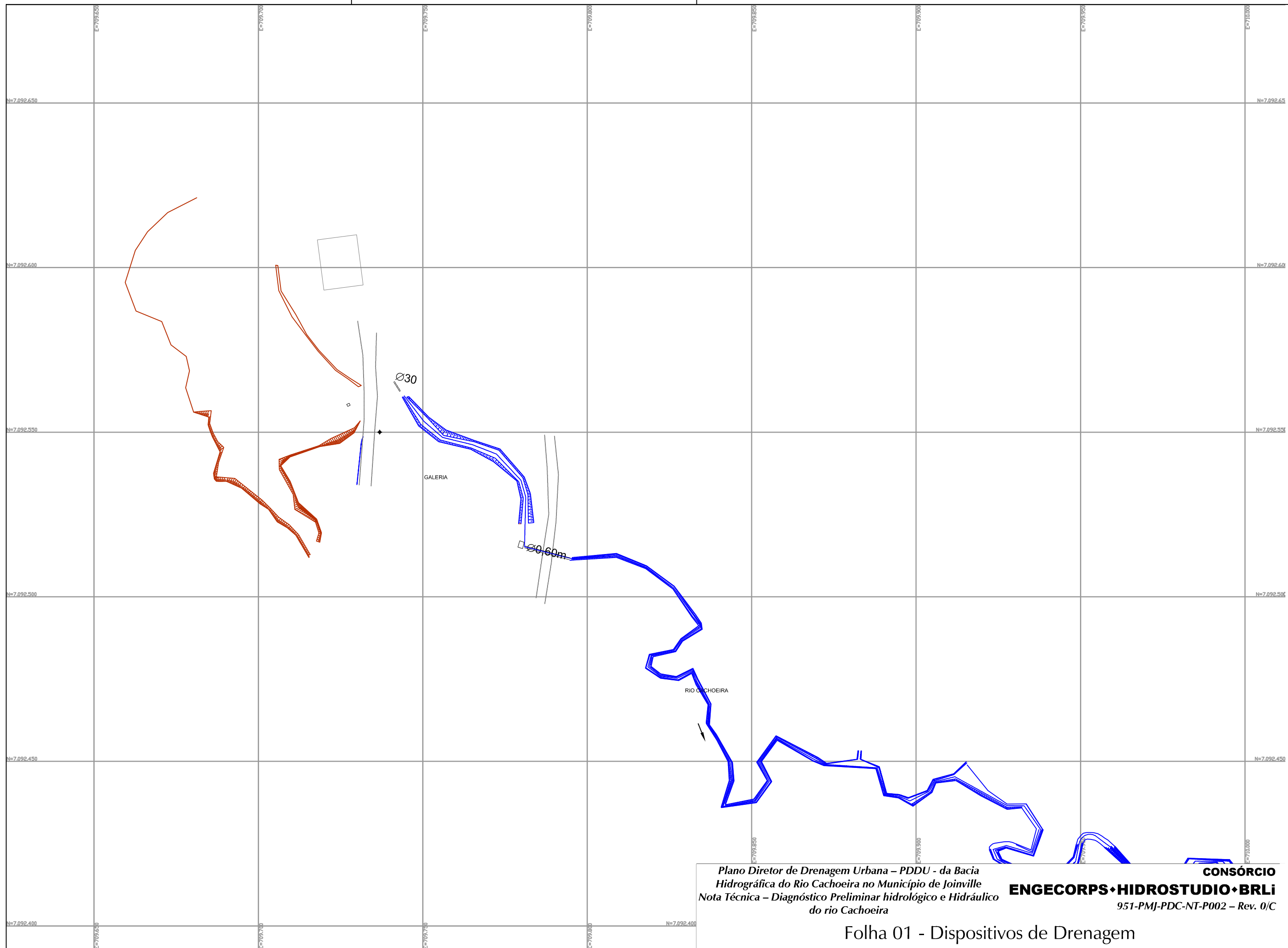
6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

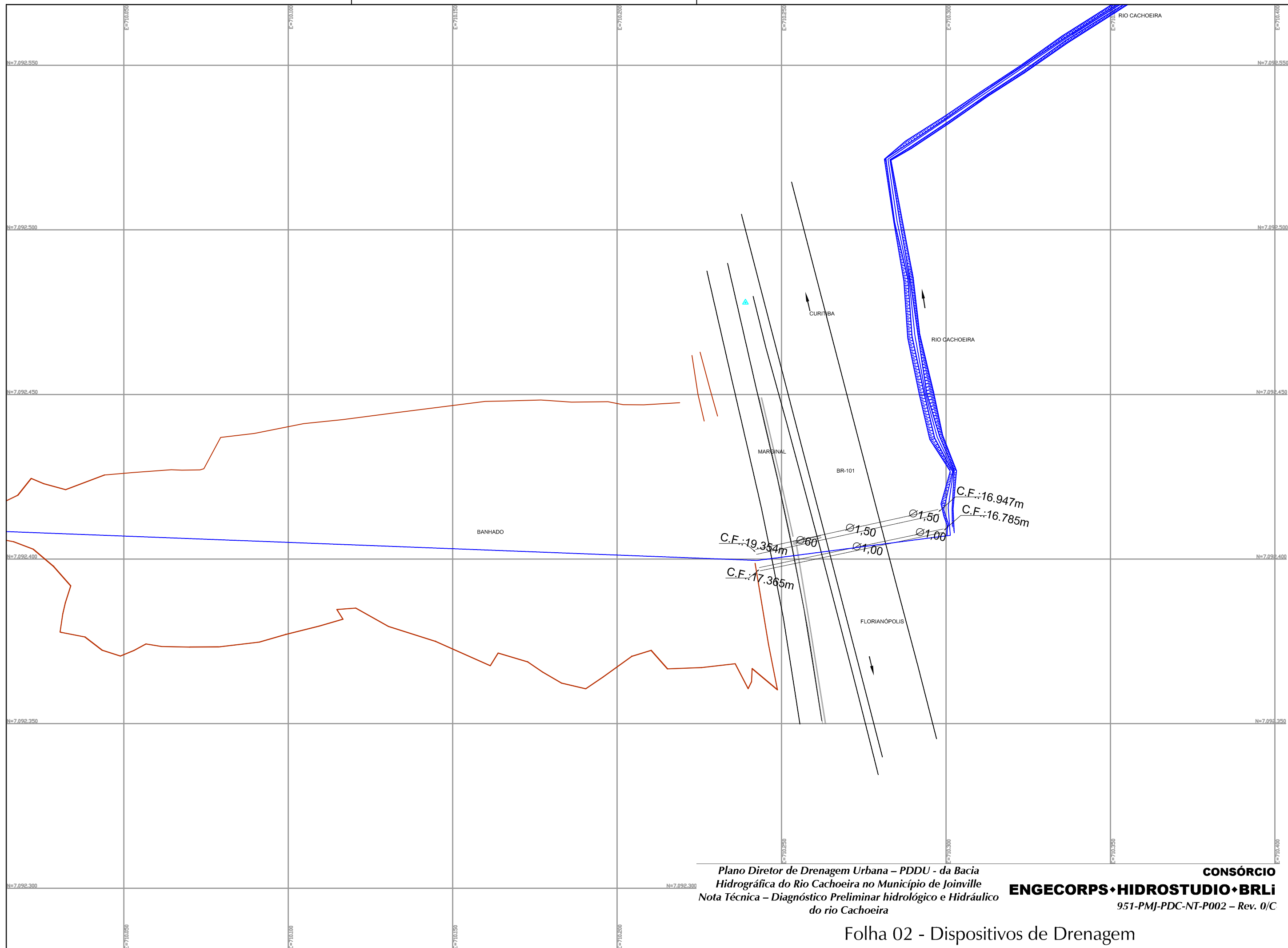
A caracterização do sistema hidráulico foi realizada através do levantamento topográfico existente da PMJ, do rio Cachoeira. Com esse levantamento foi possível identificar os dispositivos de drenagem que interferem no fluxo normal do rio Cachoeira.

A caracterização dos dispositivos de drenagem consistiu em determinar a seção hidráulica máxima (altura e largura), a declividade e o coeficiente de Manning e com isso a capacidade hidráulica do dispositivo.

A seguir é apresentado o levantamento dos dispositivos de drenagem extraídos do levantamento topográfico realizado para a Prefeitura Municipal de Joinville pela empresa Azimute Consultoria e Projetos de Engenharia. Essas figuras são apresentadas na Figura 6.1 com as respectivas articulações das folhas 1 à 17.

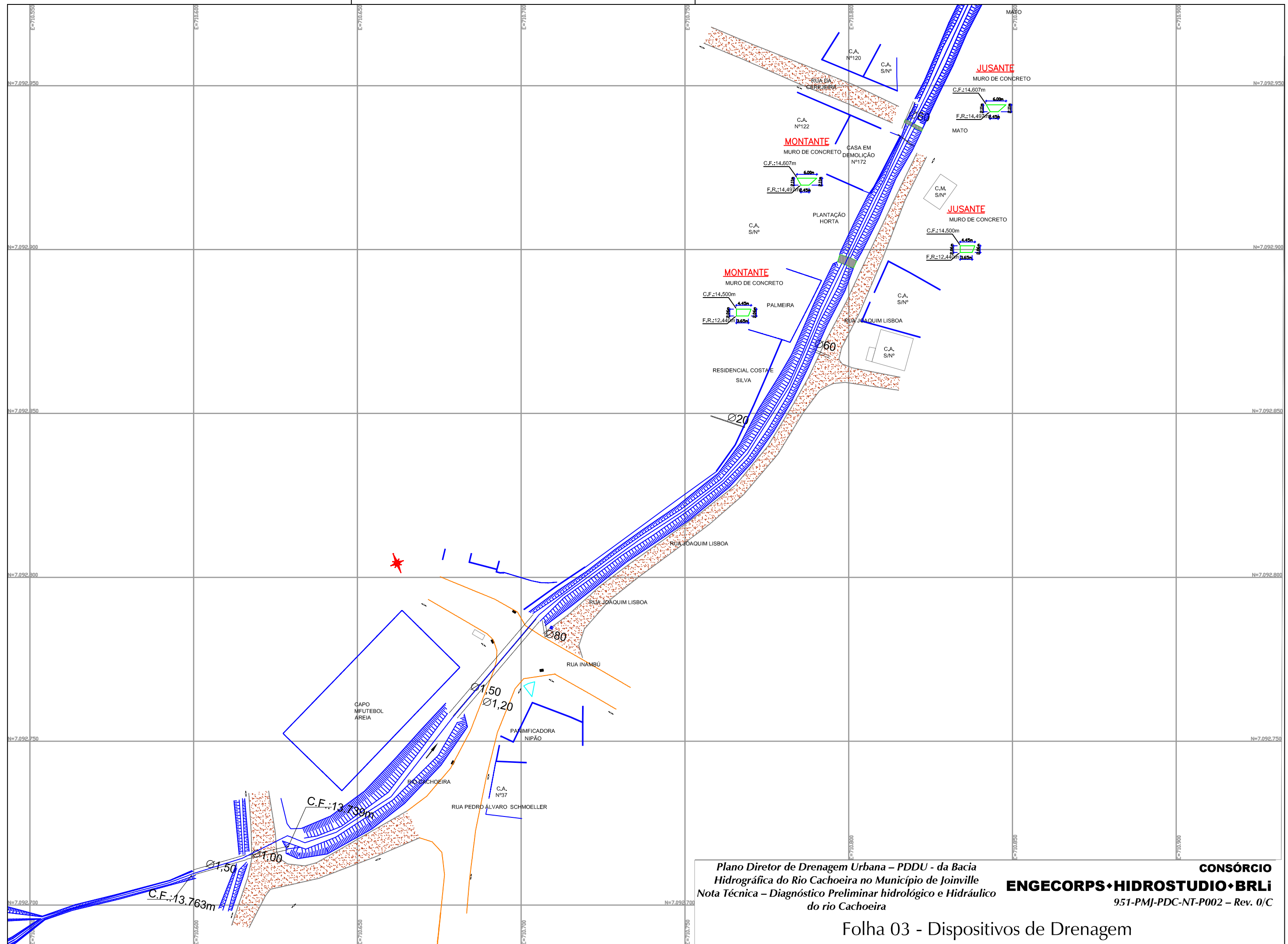






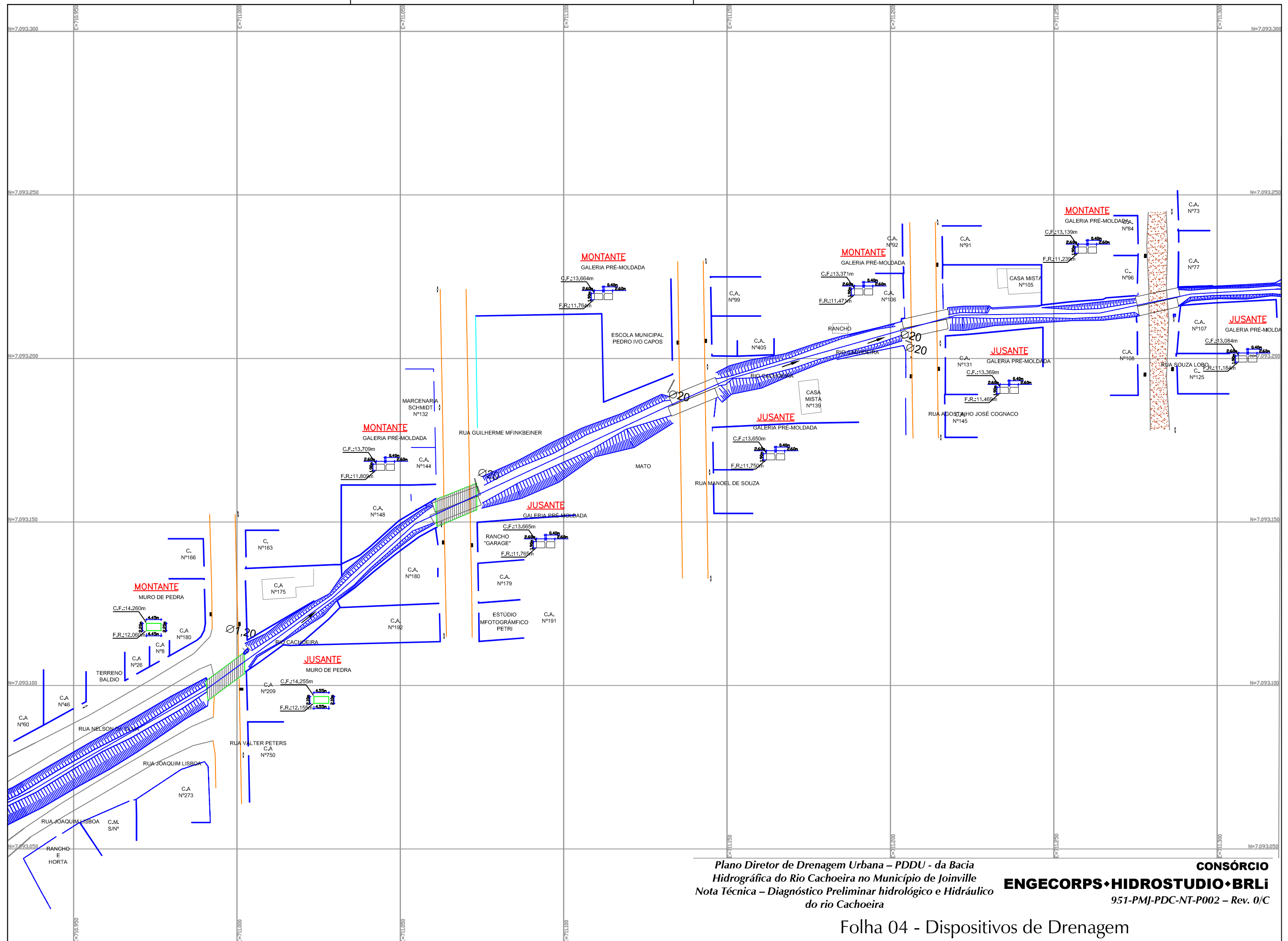
Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

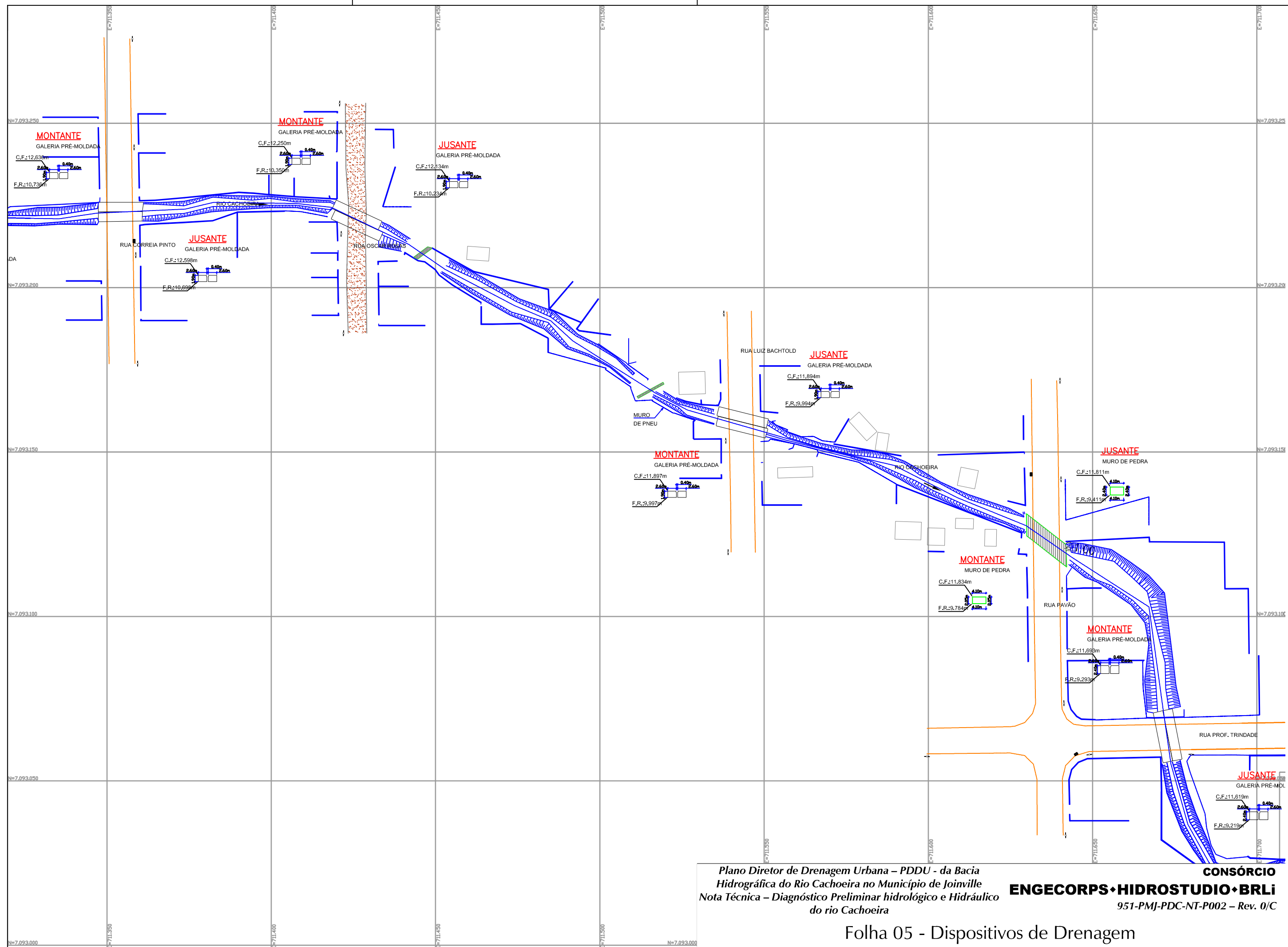
CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C



Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

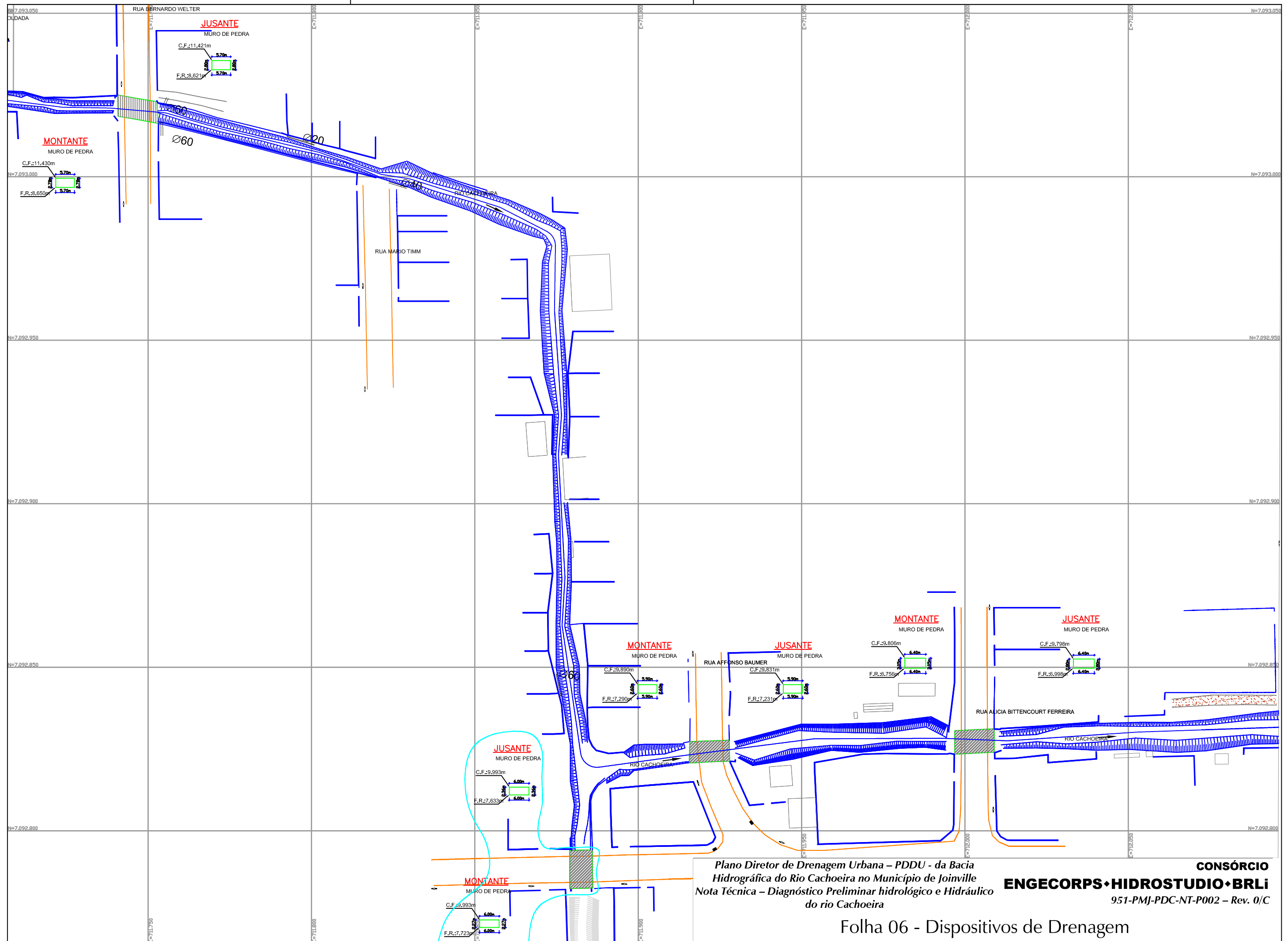
CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C

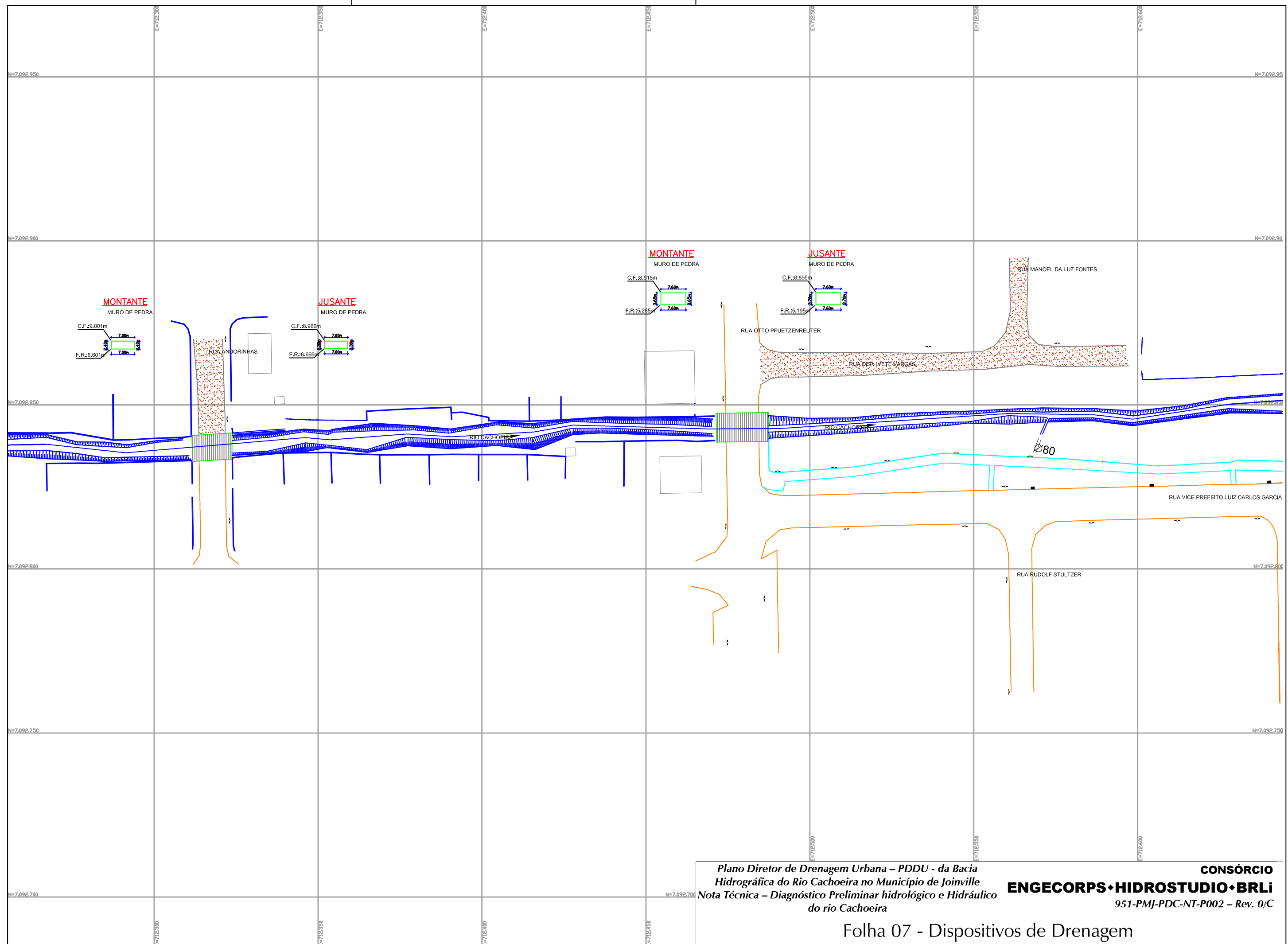


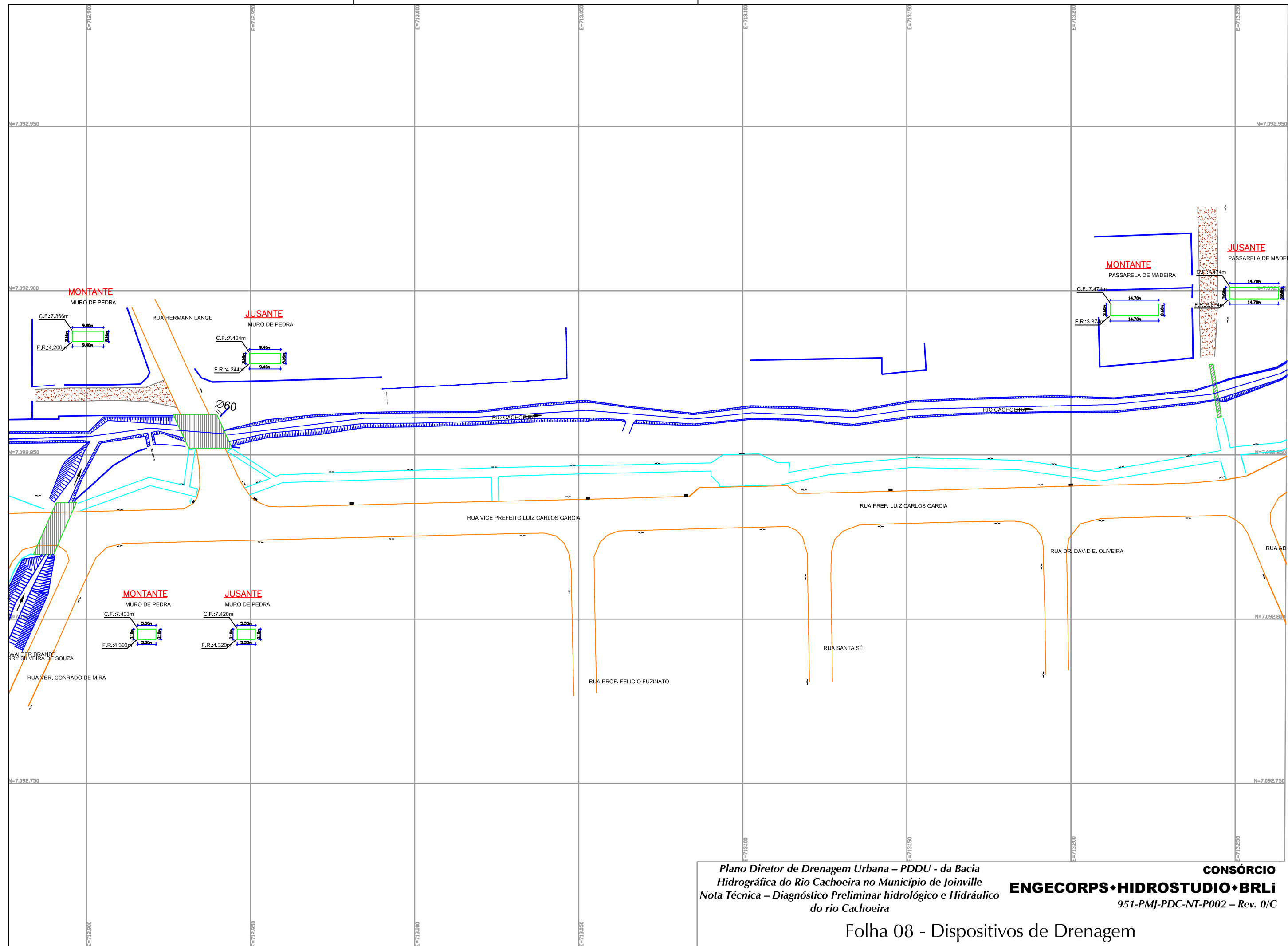


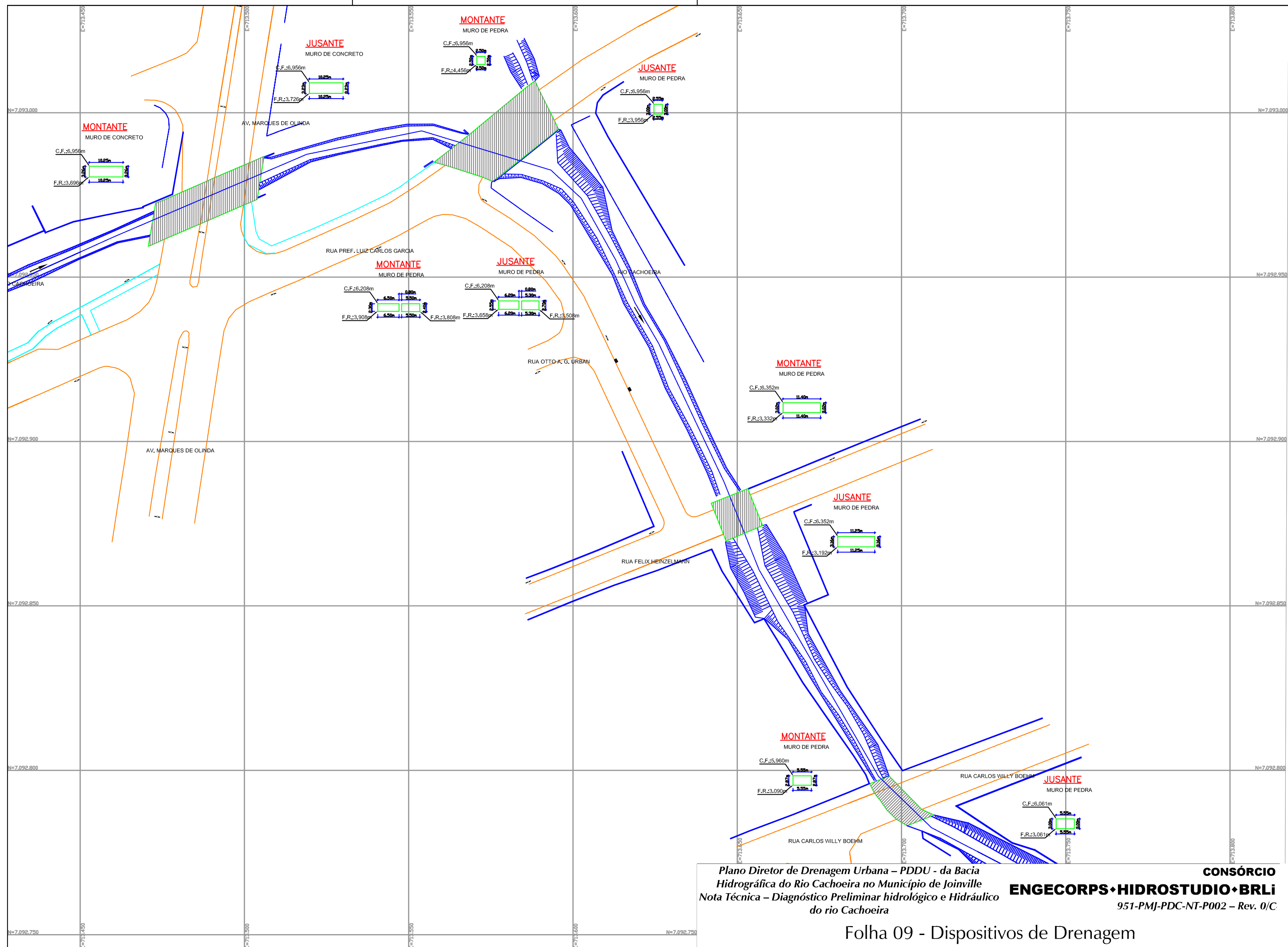
Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C



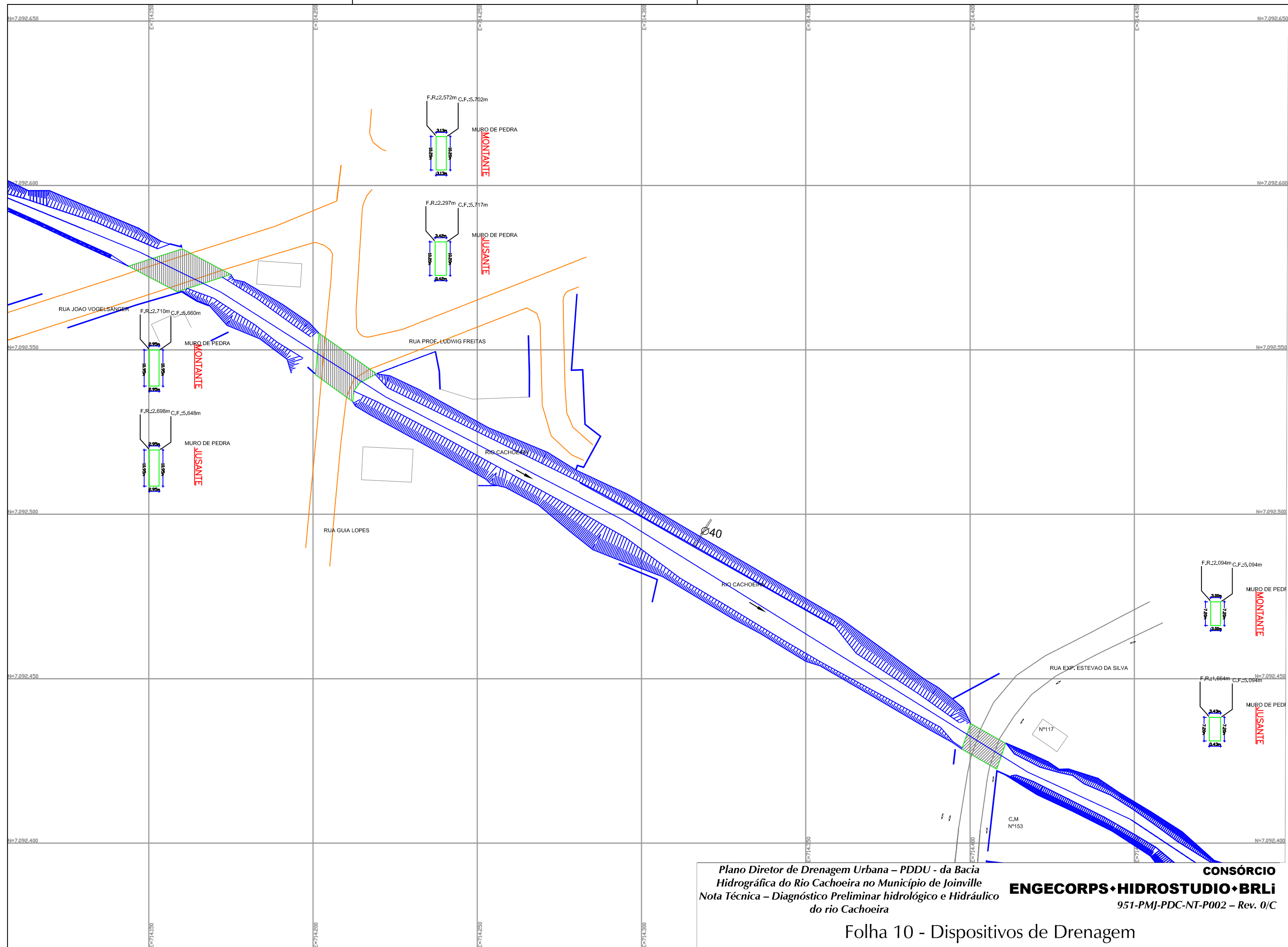






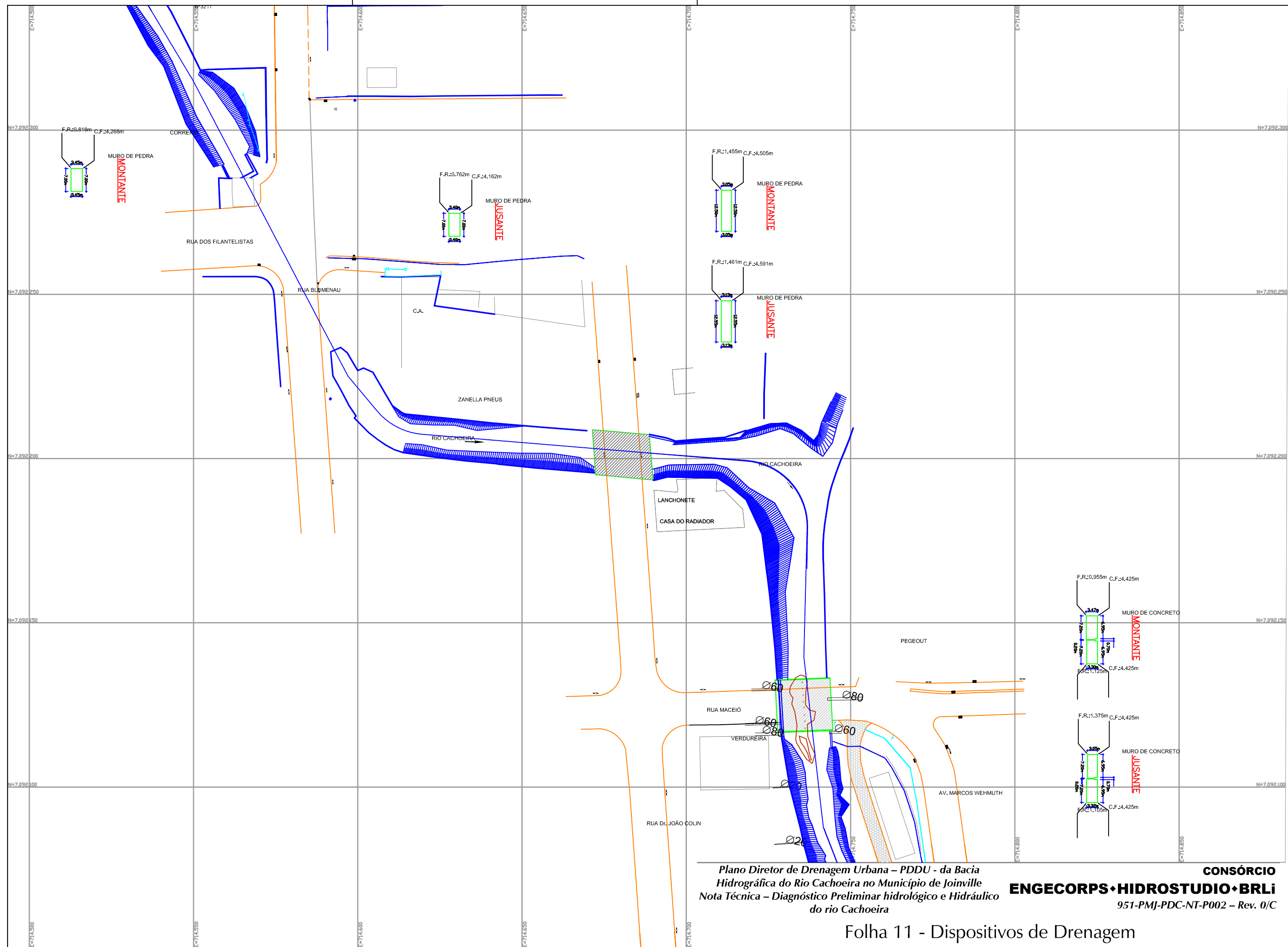
Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C



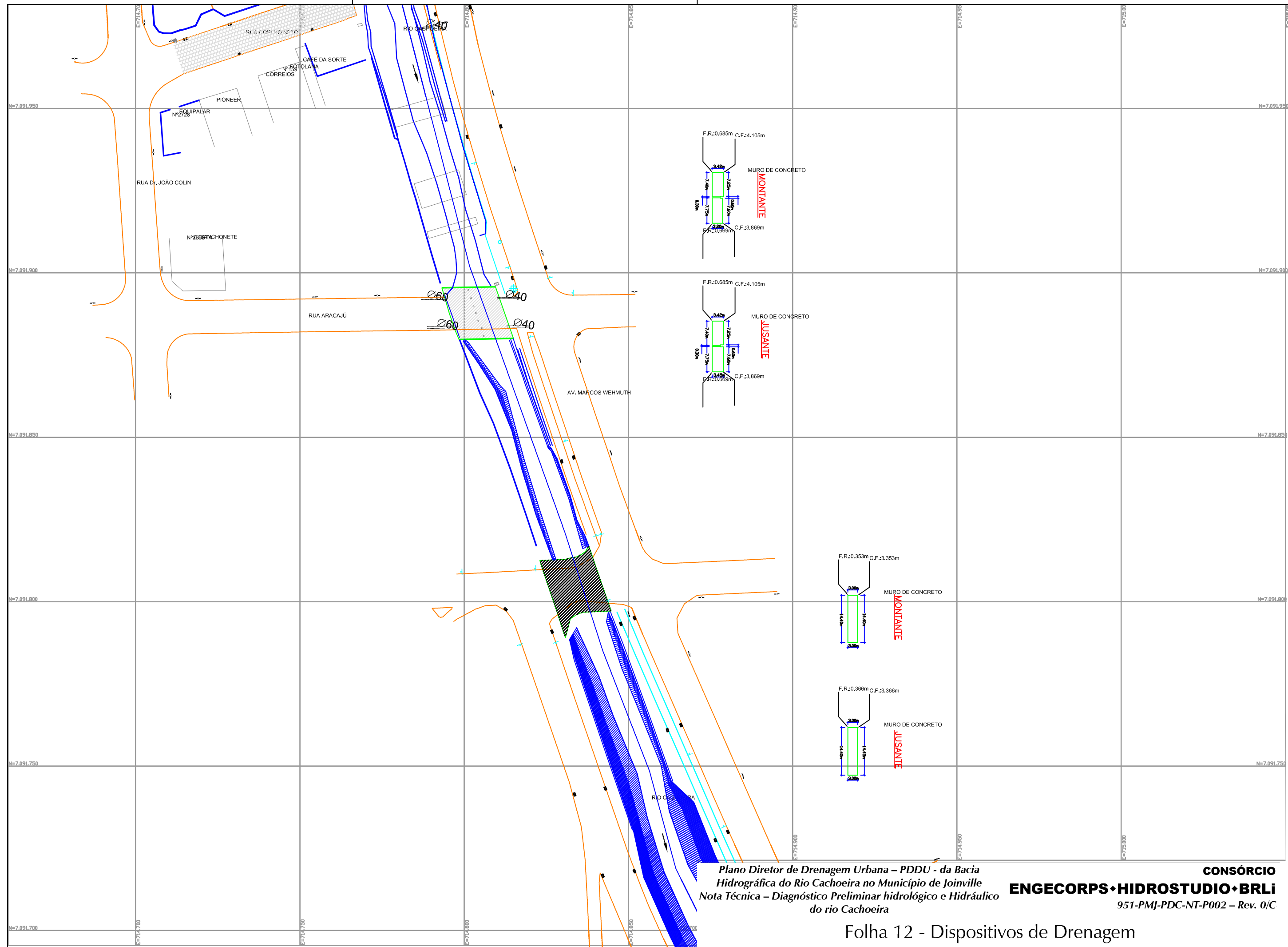
Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

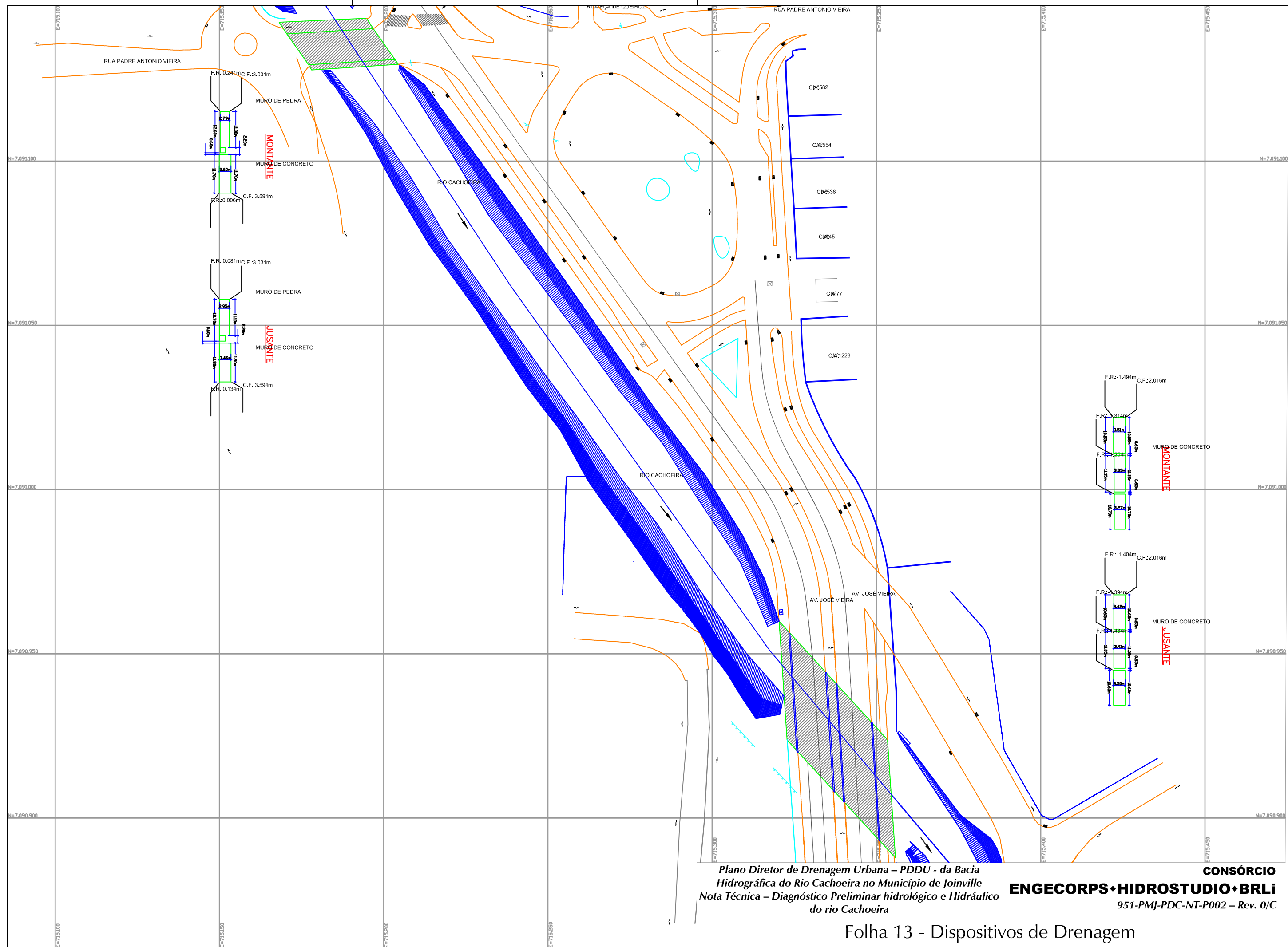
CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C

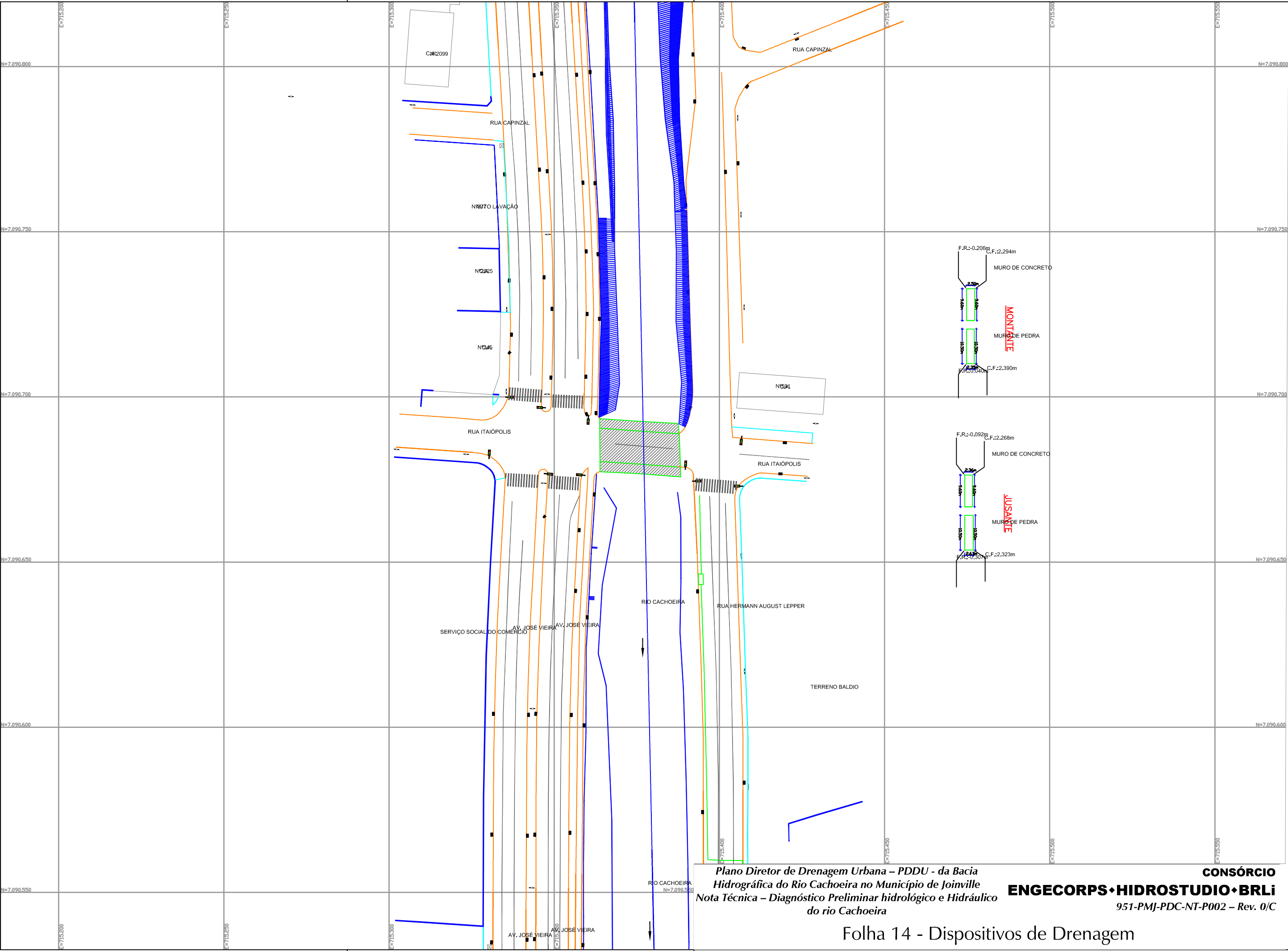


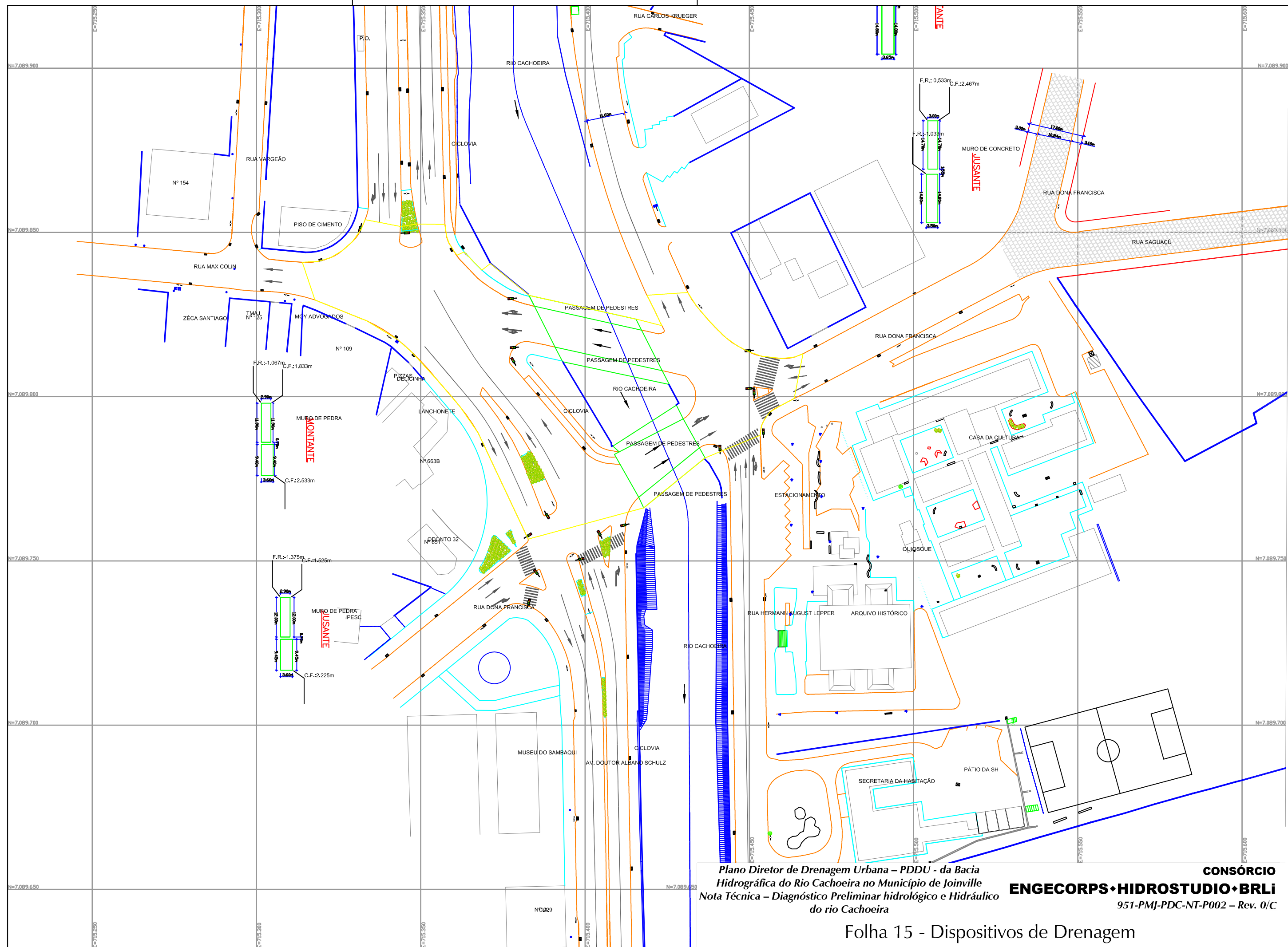
Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU - da Bacia
Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville
Nota Técnica – Diagnóstico Preliminar hidrológico e Hidráulico
do rio Cachoeira

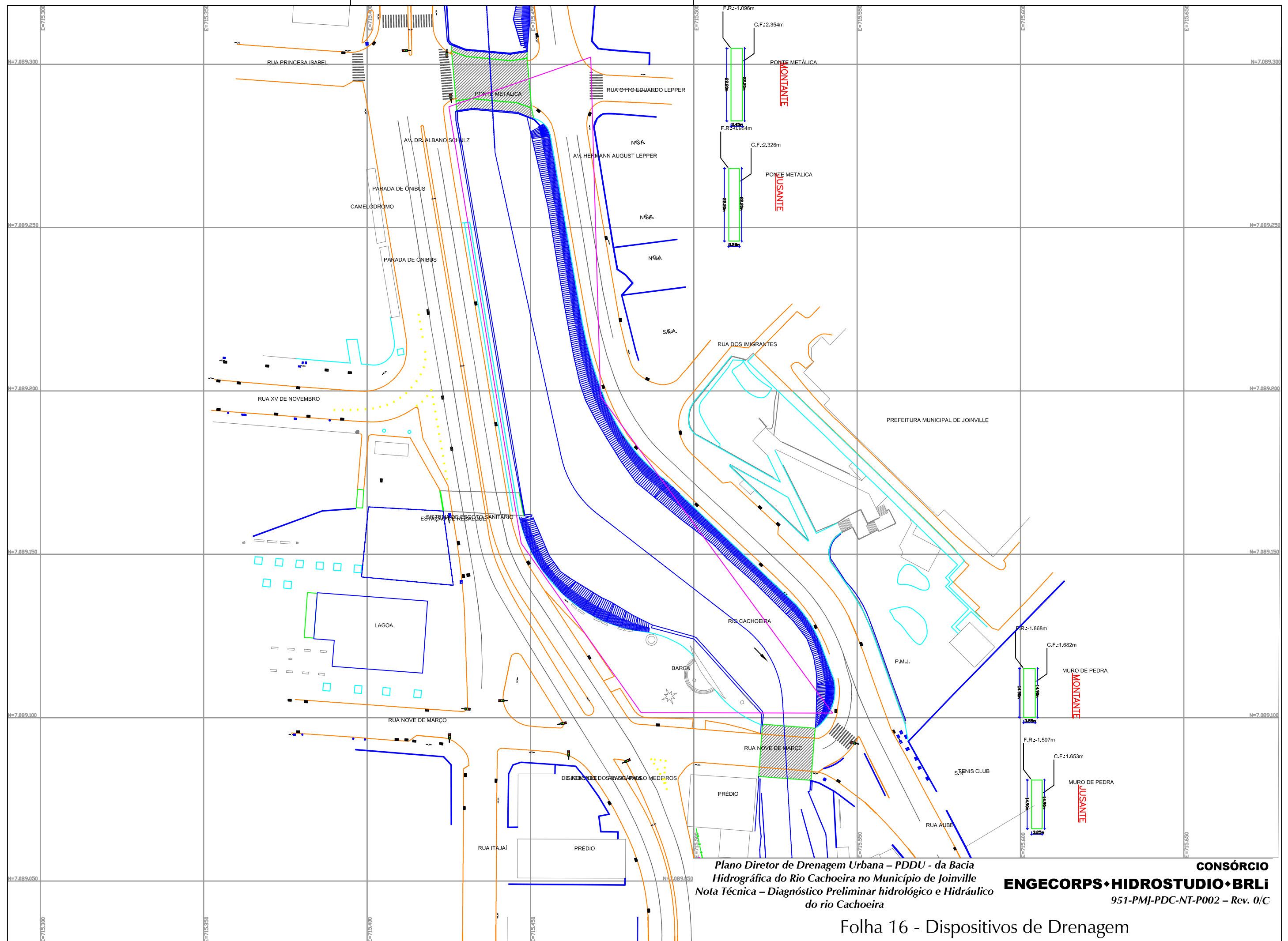
CONSÓRCIO
ENGECORPS•HIDROSTUDIO•BRLi
951-PMJ-PDC-NT-P002 – Rev. 0/C











6.2 FORMULAÇÃO

A capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem para este estudo (preliminar) utilizou-se da equação de Manning (Porto, 2003).

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{\eta} \cdot A \cdot Rh^{2/3} \cdot \sqrt{I}$$

Onde:

Q = Vazão em (m³/s)

η = Coeficiente de Manning

A = Área molhada (m²)

Rh = Raio Hidráulico, relação entre A e P (Perímetro Molhado)

I = Declividade do Trecho (m/m).

Foi determinado o coeficiente de Manning equivalente para cada dispositivo que abastece o modelo. Utilizou-se a equação abaixo que pondera o coeficiente de Manning em função do perímetro por ele compreendido (Porto, 2003).

$$\eta_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\eta_i^{3/2} \cdot P_i)}{P} \right]^{2/3}$$

Onde:

η_e = Coeficiente de rugosidade equivalente;

η_i = Coeficiente de rugosidade na seção i ;

P_i = Perímetro molhado na seção i ;

P = Perímetro molhado total.

Os valores dos coeficientes de rugosidade foram extraídos do livro Hidráulica Básica de Porto, (Porto, 2003) e estão apresentados a seguir no Quadro 6.1, que contém o resumo dos coeficientes de rugosidade característicos de cada material.

QUADRO 6.1
COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING

Natureza da Parede (Material)	Coeficiente de Manning
Galeria Pré-moldada	0,014
Tubo de Concreto	0,015
Canal em Pedra Revestida de Argamassa	0,013
Canal em Pedra Revestida de Argamassa Alisada	0,012
Canal em Pedra sem Revestimento	0,020
Canal em Terra	0,030
Canal em Terra com Vegetação nos Taludes	0,035

Com as informações citadas acima e com a utilização da fórmula de Manning é apresentado o Quadro 6.2 com o resumo dos dispositivos de drenagem existentes no leito do rio Cachoeira.

6.3 CAPACIDADE DE VAZÃO

O estudo de capacidade de vazão foi realizado através da fórmula de Manning. Essa fórmula tem validade para escoamento uniforme e permanente e, esse princípio é alcançado quando em um canal a profundidade, área molhada, velocidade média e vazão são constantes.

Adotando essas premissas realizou-se a análise da capacidade hidráulica de cada dispositivo de drenagem existente no leito do rio Cachoeira. Utilizou-se da formulação de Manning para se obter as vazões de referência, considerou-se a área molhada como sendo a máxima possível até chegar na cota dos tampo de galerias e fundos de laje de pontes. Para seções circulares utilizou-se a máxima eficiência de um conduto circular sendo estipulado $y/D=0,94$ (relação entre tirante de água e diâmetro).

Assim é apresentado o Quadro 6.2 com os parâmetros de cada dispositivo existente ao longo dos canais, bem como sua respectiva capacidade hidráulica.

QUADRO 6.2
CAPACIDADE HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS EXISTENTES

Ponto	Descrição	Declividade (m/m)	Manning	Seção (m)	Capacidade Hidráulica (m³/s)
1	Ponte lateral Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	0,0053045	0,016	ø 1,00	1,53
2	Ponte Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	0,0053045	0,016	ø 1,50 e ø 1,20	6,99
3	Galeria Lateral Rua Joaquim Lisboa (concreto)	0,002174	0,016	(4,45/3,65) x 2,06	25,33
4	Passarela Rua das Cerejeiras (concreto)	0,002174	0,016	(6,00/2,43) x 2,11	28,01
5	Galeria Rua Valter Peters (pedra)	0,002174	0,02	4,55 x 2,10	23,62
6	Galeria Rua Guilherme Mfinkbeiner (pré-moldada)	0,002956	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	30,14
7	Ponte Rua Manoel de Souza (pré-moldada)	0,002956	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	30,14
8	Ponte Rua Agostinho José Cognaco (pré-moldada)	0,002956	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	30,14
9	Ponte Rua Souza Lobo (pré-moldado)	0,002956	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	30,14
10	Ponte Rua Correa Pinto (pré-moldado)	0,002956	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	30,14
11	Ponte Rua Oscar Rosas (pré-moldada)	0,004383	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	36,70
12	Ponte Galeria Rua Luiz Bachtold (pré-moldada)	0,004383	0,015	(2,60x1,90)+(2,60x1,90)	36,70
13	Galeria Rua Pavão (pedra)	0,004383	0,02	4,10 x 2,05	28,28
14	Galeria Rua Prof. Trindade (pré-moldada)	0,004383	0,015	(2,60x2,40)+(2,60x2,40)	49,16
15	Galeria Rua Bernardo Welter (pedra)	0,003059	0,02	5,70 x 2,78	55,03
16	Galeria Rua Bem- te- vi (pedra)	0,0033	0,02	6,00 x 2,27	46,37
17	Galeria Rua Afonso Baumer (pedra)	0,0033	0,02	5,90 x 2,60	54,62
18	Galeria saída Rua Alicia Bittencourt Ferreira (pedra)	0,0033	0,02	6,40 x 2,80	67,19
19	Galeria Rua Andorinhas (pedra)	0,0033	0,02	7,00 x 2,30	57,49
20	Galeria entrada Rua Otto Pfuetzenreuter (pedra)	0,0033	0,02	7,60 x 3,65	120,48
21	Galeria Rua Herman Lange (pedra)	0,0033	0,02	9,40 x 3,16	130,29
22	Passarela lateral Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (madeira)	0,0000331	0,013	14,70 x 3,60	42,17
23	Galeria Rua Marques de Olinda (concreto)	0,0000331	0,016	10,25 x 3,23	18,78

Continua...

QUADRO 6.2
CAPACIDADE HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS EXISTENTES

Ponto	Descrição	Declividade (m/m)	Manning	Seção (m)	Capacidade Hidráulica (m³/s)
24	Galeria Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (pedra)	0,0057	0,02	2,50 x 2,50	20,89
25	Galeria Rua Feliz Heinzelmann (pedra)	0,0057	0,02	11,40 x 3,02	204,52
26	Galeria Rua Carlos Willy Boehm (pedra)	0,0057	0,02	5,55 x 2,87	75,64
27	Galeria Rua João Vogelsanger (pedra)	0,00083	0,02	10,95 x 2,95	71,81
28	Galeria entre Ruas Guia Lopes e Prof. Ludwig Freitas (pedra)	0,00083	0,02	10,20 x 3,13	71,53
29	Galeria entre Ruas General Polidoro e Exp. Estevão da Silva (pedra)	0,00083	0,02	7,20 x 3,00	43,21
30	Ponte Rua dos Filatelista (pedra)	0,00083	0,02	7,00 x 3,40	49,30
31	Galeria lateral Rua Dr. João Colin (pedra)	0,00083	0,02	12,50 x 3,05	89,05
32	Galeria Rua Maceió (concreto)	0,00057	0,016	(7,20/6,95)x3,05 + (7,20/6,95)x3,32	95,48
33	Galeria Rua Aracajú (concreto)	0,00057	0,016	(7,40/7,25)x3,42 + (7,75/7,60)x3,20	108,16
34	Galeria Av. Marcos Wehmuth-Rua Padre A. Vieira (concreto)	0,00057	0,016	(12,60/11)x2,79 + (11,70x3,60)	168,76
35	Galeria Rua Padre Antonio Viera (pedra/concreto)	0,0002924	0,02/0,016	(11,70x3,60) + (12,60/11,00)x2,79	120,07
36	Galeria Av. José Vieira (concreto)	0,0002924	0,016	(10,85x3,51)+(11,15x3,33)+(10,70x3,27)	191,80
37	Galeria Rua Itaiópolis (concreto/pedra)	0,0001135	0,016/0,02	(9,60x2,50) + (10,50x2,35)	40,42
38	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (concreto)	0,00000978	0,016	(14,70x3,00) + (14,80x3,50)	32,3
39	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (pedra)	0,00000978	0,02	(11,90x2,90) + (9,40x3,60)	16,93
40	Galeria Rua Princesa Isabel (concreto)	0,00000978	0,016	22,20 x 3,28	26,44
41	Galeria Rua Nove de Março (pedra)	0,0000247	0,02	14,90 x 3,25	20,74
42	Ponte Rua Cachoeira (concreto)	0,0000247	0,016	(5,65x2,3)+(5,55x2,27)+(6,6x3,5)+(6,65x4,07)	42,16

6.4 *DIAGNÓSTICO*

Com as informações obtidas das características hidráulicas dos dispositivos de controle realizou-se o comparativo das capacidades hidráulicas com as vazões de pico, dos hidrogramas, para os diferentes períodos de retorno.

Esse comparativo visa diagnosticar através da equação de Manning a influência desses dispositivos com as inundações ocorridas no município.

A seguir é apresentado o Quadro 6.3 com a comparação entre a capacidade hidráulica do dispositivo e da vazão de pico da área de influência a que ele é submetido.

Com isso foi possível verificar que a modelagem identificou e ratificou os locais que sofrem com as inundações freqüentes.

São pontos que sofrem com as cheias com períodos de retorno menor que 5 anos e esses locais são caracterizados por terem uma capacidade hidráulica muito menor que a própria seção do rio.

São locais onde existem singularidades que visivelmente estrangulam a seção do rio Cachoeira.

Na Figura 6.2 apresenta-se o gráfico com as vazões de pico comparadas com as capacidades hidráulicas das singularidades, para os diferentes períodos de retorno estudados.

QUADRO 6.3
COMPARATIVO ENTRE CAPACIDADE HIDRÁULICA E VAZÕES DE PICO PARA OS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA 5, 10, 25 E 50 ANOS

Ponto	Descrição	Capacidade Hidráulica (m³/s)	Trecho de Referência	T=05A (m³/s)	T=10A (m³/s)	T=25A (m³/s)	T=50A (m³/s)
1	Ponte lateral Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	1,53	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
2	Ponte Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	6,99	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
3	Galeria Lateral Rua Joaquim Lisboa (concreto)	25,33	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
4	Passarela Rua das Cerejeiras (concreto)	28,01	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
5	Galeria Rua Valter Peters (pedra)	23,62	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
6	Galeria Rua Guilherme Mfinkbeiner (pré-moldada)	30,14	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
7	Ponte Rua Manoel de Souza (pré-moldada)	30,14	50% SB-01	6.275	8.465	12.27	15.99
8	Ponte Rua Agostinho José Cognaco (pré-moldada)	30,14	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
9	Ponte Rua Souza Lobo (pré-moldado)	30,14	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
10	Ponte Rua Correa Pinto (pré-moldado)	30,14	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
11	Ponte Rua Oscar Rosas (pré-moldada)	36,70	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
12	Ponte Galeria Rua Luiz Bachtold (pré-moldada)	36,70	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
13	Galeria Rua Pavão (pedra)	28,28	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
14	Galeria Rua Prof. Trindade (pré-moldada)	49,16	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
15	Galeria Rua Bernardo Welter (pedra)	55,03	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
16	Galeria Rua Bem- te- vi (pedra)	46,37	SB-01	12.55	16.93	24.54	31.98
17	Galeria Rua Afonso Baumer (pedra)	54,62	J-01	23.29	31.04	44.43	57.46
18	Galeria saída Rua Alicia Bittencourt Ferreira (pedra)	67,19	J-02	37.48	49.51	70.23	90.22
19	Galeria Rua Andorinhas (pedra)	57,49	J-02	37.48	49.51	70.23	90.22
20	Galeria entrada Rua Otto Pfuetzenreuter (pedra)	120,48	J-02	37.48	49.51	70.23	90.22
21	Galeria Rua Herman Lange (pedra)	130,29	J-02	37.48	49.51	70.23	90.22
22	Passarela lateral Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (madeira)	42,17	P-02	36.24	48.19	68.81	88.69
23	Galeria Rua Marques de Olinda (concreto)	18,78	J-03	40.98	54.63	78.19	100.95

Continua...

QUADRO 6.3
COMPARATIVO ENTRE CAPACIDADE HIDRÁULICA E VAZÕES DE PICO PARA OS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA 5, 10, 25 E 50 ANOS

Ponto	Descrição	Capacidade Hidráulica (m³/s)	Trecho de Referência	T=05A (m³/s)	T=10A (m³/s)	T=25A (m³/s)	T=50A (m³/s)
24	Galeria Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (pedra)	20,89	J-03	40.98	54.63	78.19	100.95
25	Galeria Rua Feliz Heinzelmann (pedra)	204,52	J-03	40.98	54.63	78.19	100.95
26	Galeria Rua Carlos Willy Boehm (pedra)	75,64	P-03	40.64	54.04	77.01	99.04
27	Galeria Rua João Vogelsanger (pedra)	71,81	J-04	50.16	66.79	95.43	123.03
28	Galeria entre Ruas Guia Lopes e Prof. Ludwig Freitas (pedra)	71,53	J-04	50.16	66.79	95.43	123.03
29	Galeria entre Ruas General Polidoro e Exp. Estevão da Silva (pedra)	43,21	J-05	54.44	72.05	102.42	131.91
30	Ponte Rua dos Filatelista (pedra)	49,30	J-05	54.44	72.05	102.42	131.91
31	Galeria lateral Rua Dr. João Colin (pedra)	89,05	J-05	54.44	72.05	102.42	131.91
32	Galeria Rua Maceió (concreto)	95,48	J-05	54.44	72.05	102.42	131.91
33	Galeria Rua Aracajú (concreto)	108,16	P-05	49.61	65.32	92.61	119.38
34	Galeria Av. Marcos Wehmuth-Rua Padre A. Vieira (concreto)	168,76	P-05	49.61	65.32	92.61	119.38
35	Galeria Rua Padre Antonio Viera (pedra/concreto)	120,07	J-07	61.79	83.1	120.45	157.3
36	Galeria Av. José Vieira (concreto)	191,80	J-08	69.56	94.17	137.66	180.77
37	Galeria Rua Itaiópolis (concreto/pedra)	40,42	J-08	69.56	94.17	137.66	180.77
38	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (concreto)	32,3	J-09	83.09	113.8	168.36	222.67
39	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (pedra)	16,93	J-09	83.09	113.8	168.36	222.67
40	Galeria Rua Princesa Isabel (concreto)	26,44	J-10	97.45	133.93	198.57	262.76
41	Galeria Rua Nove de Março (pedra)	20,74	J-10	97.45	133.93	198.57	262.76
42	Ponte Rua Cachoeira (concreto)	42,16	J-10	97.45	133.93	198.57	262.76

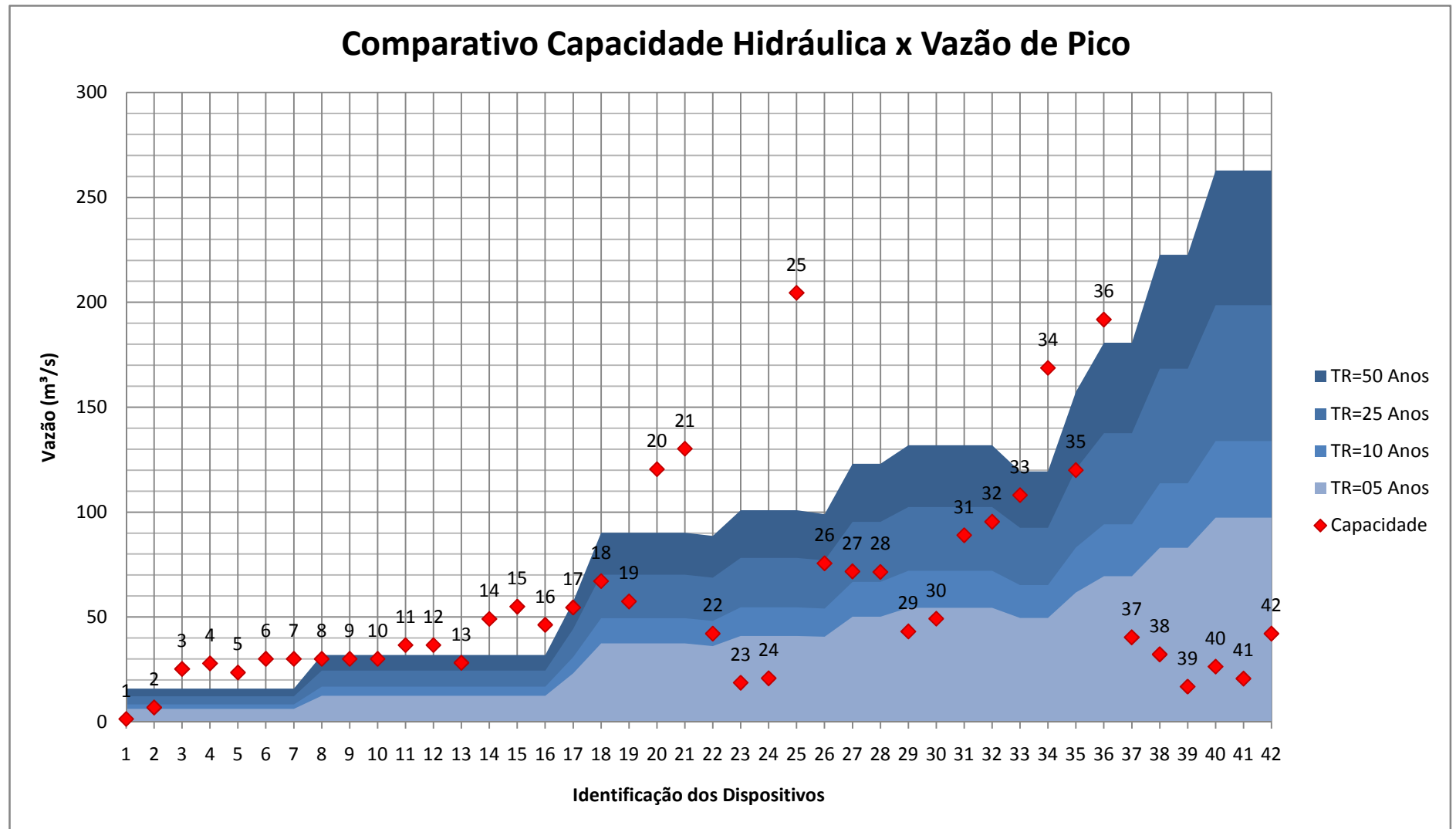


Figura 6.2 – Gráfico Comparativo entre Capacidade Hidráulica e Vazão de Pico

QUADRO 6.4
VERIFICAÇÃO DO PERÍODO DE RECORRÊNCIA

Ponto	Descrição	Capacidade Hidráulica (m³/s)	Período de Retorno Atendido
1	Ponte lateral Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	1,53	Menor que 5 anos
2	Ponte Rua Pedro Alvares Cabral (tubulação)	6,99	05 anos
3	Galeria Lateral Rua Joaquim Lisboa (concreto)	25,33	50 anos
4	Passarela Rua das Cerejeiras (concreto)	28,01	50 anos
5	Galeria Rua Valter Peters (pedra)	23,62	50 anos
6	Galeria Rua Guilherme Mfinkbeiner (pré-moldada)	30,14	50 anos
7	Ponte Rua Manoel de Souza (pré-moldada)	30,14	50 anos
8	Ponte Rua Agostinho José Cognaco (pré-moldada)	30,14	25 anos
9	Ponte Rua Souza Lobo (pré-moldado)	30,14	25 anos
10	Ponte Rua Correa Pinto (pré-moldado)	30,14	25 anos
11	Ponte Rua Oscar Rosas (pré-moldada)	36,7	50 anos
12	Ponte Galeria Rua Luiz Bachtold (pré-moldada)	36,7	50 anos
13	Galeria Rua Pavão (pedra)	28,28	25 anos
14	Galeria Rua Prof. Trindade (pré-moldada)	49,16	50 anos
15	Galeria Rua Bernardo Welter (pedra)	55,03	50 anos
16	Galeria Rua Bem- te- vi (pedra)	46,37	50 anos
17	Galeria Rua Afonso Baumer (pedra)	54,62	25 anos
18	Galeria saída Rua Alicia Bittencourt Ferreira (pedra)	67,19	10 anos
19	Galeria Rua Andorinhas (pedra)	57,49	10 anos
20	Galeria entrada Rua Otto Pfuertzenreuter (pedra)	120,48	50 anos
21	Galeria Rua Herman Lange (pedra)	130,29	50 anos
22	Passarela lateral Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (madeira)	42,17	05 anos
23	Galeria Rua Marques de Olinda (concreto)	18,78	Menor que 5 anos
24	Galeria Rua Pref. Luiz Carlos Garcia (pedra)	20,89	Menor que 5 anos
25	Galeria Rua Feliz Heinzelmann (pedra)	204,52	50 anos
26	Galeria Rua Carlos Willy Boehm (pedra)	75,64	10 anos
27	Galeria Rua João Vogelsanger (pedra)	71,81	10 anos
28	Galeria entre Ruas Guia Lopes e Prof. Ludwig Freitas (pedra)	71,53	10 anos
29	Galeria entre Ruas General Polidoro e Exp. Estevão da Silva (pedra)	43,21	Menor que 5 anos
30	Ponte Rua dos Filatelistas (pedra)	49,3	Menor que 5 anos
31	Galeria lateral Rua Dr. João Colin (pedra)	89,05	10 anos
32	Galeria Rua Maceió (concreto)	95,48	10 anos
33	Galeria Rua Aracajú (concreto)	108,16	25 anos
34	Galeria Av. Marcos Wehmuth-Rua Padre A. Vieira (concreto)	168,76	50 anos
35	Galeria Rua Padre Antonio Vieira (pedra/concreto)	120,07	10 anos
36	Galeria Av. José Vieira (concreto)	191,8	50 anos
37	Galeria Rua Itaiópolis (concreto/pedra)	40,42	Menor que 5 anos
38	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (concreto)	32,3	Menor que 5 anos
39	Galeria entre Av. Beira Rio e Hermann Lepper (pedra)	16,93	Menor que 5 anos
40	Galeria Rua Princesa Isabel (concreto)	26,44	Menor que 5 anos
41	Galeria Rua Nove de Março (pedra)	20,74	Menor que 5 anos
42	Ponte Rua Cachoeira (concreto)	42,16	Menor que 5 anos

Através das informações apresentadas verifica-se que o canal mais a jusante do rio Cachoeira apresenta uma capacidade hidráulica insuficiente para períodos de 5 anos.

Por se tratar de obras de macrodrenagem onde o dimensionamento é realizado geralmente para período de retorno de 25 anos ou superiores, presume-se que esses fatores influenciam nas inundações constantes na cidade de Joinville.

Na Figura 6.2, os pontos compreendidos entre 37 a 42 são justamente aqueles que se encontram na região central do município, ocasionando maiores problemas de cheias. Esse problema torna-se mais acentuado quando acrescido do efeito de maré que limita muito o escoamento do canal.

7. CONCLUSÕES PRELIMINARES

O diagnóstico preliminar apresentado mostra o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Cachoeira sob a interferência de todos os seus afluentes e das suas respectivas áreas de drenagem.

Permite também identificar os contribuintes mais significativos, determinar o grau de interligação entre sub-bacias e estimar volumes percentuais, que as sub-bacias geram na bacia hidrográfica como um todo.

Esta graduação de criticidade entre os afluentes define e fornece elementos de decisão no sentido de se estabelecer prioridades para a execução das intervenções requeridas no âmbito global do PDDU.

Quanto ao diagnóstico hidráulico, constata-se que a grande maioria das obras existentes no rio Cachoeira possui seção hidráulica insuficiente, para os tempos de retorno recomendados e considerados.

Um dos fatores que torna mais crítico e particular o problema das enchentes em Joinville, diz respeito à sua recente urbanização, dos anos 80 em diante, pois o crescimento da cidade não respeitou os fundos de vale, além de haver acentuada ocupação nas regiões próximas das fozes dos principais rios afluentes da área mais central e nas margens do Cachoeira.

Até pouco tempo atrás se utilizavam conceitos de drenagem clássica, em que se deseja acelerar a velocidade do escoamento e ampliar seções para a determinada capacidade hidráulica de projeto, sem analisar o comportamento da bacia como um todo. Hoje Joinville sofre com esse problema muito comum em diversos municípios do Brasil.

O diagnóstico hidráulico indica que 69% dos dispositivos existentes no rio Cachoeira estão dimensionados para períodos de retorno de apenas 10 anos, enquanto que para o período de retorno de 25 anos correspondem 50% das singularidades e 36% para o período de retorno de 50 anos.

Este cenário tende a ficar mais crítico, quando houver a simulação através do modelo hidrodinâmico, quando então serão consideradas todas as obstruções e estrangulamentos, bem com os efeitos de remanso e da maré.

Fica claramente evidenciado na região compreendida entre a ponte da rua Itaiópolis (ponto 37) e a ponte da rua Cachoeira (ponto 42) que há comprometimento do sistema de drenagem, quanto à capacidade de escoamento, pois esses pontos não possuem capacidade hidráulica para períodos de recorrência superiores a 5 anos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consórcio ENGECORPS, HIDROSTUDIO, BRLi. 2009. *Nota Técnica - Estudo Populacional.* 2009.

Gonçalves, Mônica Lopes. 1993. *Geologia para uso e ocupação de solo da cidade de Joinville.* 1993.

HEC-HMS. September, 2007. *Flood Hydrograph Package - Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering.* September, 2007.

Huff, Floyd A. 1990. *Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois.* 1990.

Joinville, IPPUJ - Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de. 2008. *Joinville - Cidade em Dados.* Joinville : s.n., 2008.

Lopes, Fernando Hide Yano. 2006. *Estudo Comparativo entre Equações de Chuvas para o Município de Joinville, SC.* 2006.

National Engineering Handbook. 2004. *Chapter 9 - Hydrologic Soil-Cover Complexes.* Washington, DC : s.n., 2004.

—. **1975.** *Section 4, Supplement 'A' - Hydrology Guide for use in Watershed Planning.* Washington, DC : s.n., 1975.

Porto, R de M. 2003. *Hidráulica Básica.* São Carlos : EESC-USP, 2003.

Silveira, A L L da. 2005. *Desempenho de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais.* *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* 2005, Vol. Vol. 10.

Tucci, Carlos E. M. *Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas.*

Tucci, Carlos E.M.,. 2004. *Hidrologia Ciência e Aplicação.* Porto Alegre : UFRGS/ABRH, 2004.

U.K., Institute of Hydrology Flood Studies Report. 1975. *National environmental research concil.* 1975.