



**PROTEGER**  
CONSULTORIA AMBIENTAL



# LAUDO HIDROLÓGICO

*CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DELPHOS EASY CLUB*



Código CONSEMA: 71.11.01  
Requerente: RÔGGA EMPREENDIMENTOS

Junho de 2016

---

## **Apresentação da Empresa Consultora**

A **Proteger Consultoria Ambiental** iniciou suas atividades em 20 de março de 2006, buscando a excelência no atendimento aos clientes, o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade socioambiental.

Visando suprir as necessidades relacionadas aos procedimentos e estudos de licenciamento ambiental de empreendimentos, sua filosofia empresarial baseia-se num compromisso de trabalho com elevados padrões profissionais e éticos, aliados ao comprometimento e fidelidade.

A empresa é formada por uma equipe multidisciplinar composta por técnicos qualificados, entre Especialistas e Mestres, com experiência profissional e sólida formação acadêmica nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Sanitarista, Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia Ambiental, Engenharia Florestal, Geografia, Biologia e Pedagogia.

Para gerenciar os seus projetos a Proteger adota uma metodologia alinhada com os processos do PMBOK (Project Management Body of Knowledge), garantindo dessa forma o controle sobre o andamento dos mesmos e o cumprimento das metas dentro dos prazos estabelecidos.

---

**Régines Roeder**

Diretor Geral

## **PROPONENTE**

RÔGGA EMPREENDIMENTOS  
Estrada Dona Francisca, 8300 - Zona Industrial Norte,  
Perini Business Park – Bloco L. Sala 17,  
Joinville – Santa Catarina  
CNPJ: 08.486.781/0001-88,

## **RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

PROTEGER CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA.  
Rua: Adão Duque n. 37 Centro  
Balneário Piçarras – Santa Catarina  
CNPJ: 07.915.016/0002-54  
E-mail: contato@protegerconsultoria.com.br  
Fone: (047) 3345.4789

## **Órgão Licenciador**

**Secretaria do  
Meio Ambiente**



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	4
1.1	INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM JOINVILLE .....	4
1.2	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	5
2	BACIA DO RIO CACHOEIRA .....	9
3	ÁREA DE ESTUDO.....	12
4	MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO .....	14
5	METODOLOGIA.....	15
5.1	DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DO RIO.....	16
5.1.1	IDENTIFICAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DA CALHA DO RIO .....	16
5.1.2	IDENTIFICAÇÃO DA DECLIVIDADE DO LEITO DO RIO.....	17
5.1.3	IDENTIFICAÇÃO DA RUGOSIDADE DA MARGEM .....	17
5.1.4	APLICAÇÃO DO MODELO DE MANNING .....	18
5.2	MÉTODO I – PAI – WU.....	19
5.2.1	ÁREA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO .....	20
5.2.2	COEFICIENTE C.....	20
5.2.3	INTENSIDADE DA CHUVA CRÍTICA .....	21
5.2.4	COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA (K), .....	22
5.3	DEPOIMENTOS DE LINDEIROS .....	23
5.4	CONCLUSÃO DO MÉTODO .....	24
6	RESULTADOS .....	25
6.1	CAPACIDADE DE VAZÃO DO RIO.....	25
6.2	MÉTODO I – PAI – WU.....	25
6.3	DEPOIMENTOS DE LINDEIROS .....	26
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	29
8	BIBLIOGRAFIA .....	30
9	RESPONSÁVEL TÉCNICO .....	31



## 1 INTRODUÇÃO

O instrumento técnico apresentado a seguir objetiva subsidiar o licenciamento ambiental de um Condomínio de Edifícios (ATIVIDADE 71.11.01 de grande porte, com 400 unidades habitacionais), conforme ofício 0879/16/GECON, expedido pela Secretaria de Meio Ambiente de Joinville, em decorrência da certidão 1894/2015/SEMA/UPS.

Conforme mencionado no processo de licenciamento, o empreendimento tem sua implantação prevista, em um terreno situado na Rua Porto Belo, S/N, no bairro Bucarein, em zona urbana do município de Joinville. O imóvel consta registrado no 3º Ofício do Registro de Imóveis da Comarca de Joinville, cadastrado sob matrícula número 41.249. As coordenadas geográficas de localização da entrada do imóvel são 716180,20 m O e 7087936,54 m S.

### 1.1 INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM JOINVILLE

No processo de crescimento do núcleo urbano de Joinville/SC ocorreram ocupações urbanas inadequadas, do ponto de vista do ambiente natural. Além da ocupação da planície costeira (manguezais e restinga, dentre outros), a ocupação dos morros urbanos, através de corte de platôs escalonados com a destruição da camada de vegetação, ações de desmatamentos, terraplenagens e cortes de encosta, ocasionaram erosão do solo e produção de sedimentos com consequente assoreamento dos rios da planície da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (MULLER et al, 2013).

Joinville/SC é um importante polo econômico estadual e também o de maior população no estado de Santa Catarina. Por isso, fenômenos como inundações e alagamentos acarretam grandes prejuízos de cunho econômico e social na região. Conforme Silveira (2008) as inundações vêm sendo registradas desde a fundação do município, pois este está a apenas 02 (dois) metros acima do nível do mar, ao longo das margens do Rio Cachoeira, junto à sua foz. Isso faz com que periodicamente ocorra uma forte cheia, fazendo com que a cidade fique inundada tanto por causa do aumento da vazão do rio quanto pelo aumento do nível das marés em casos de marés astronômicas e/ou de tempestade.

Em consonância com outras cidades brasileiras, a ausência de um planejamento territorial efetivo e comprometido com a realidade e a fragilidade ambiental na qual se insere, fez com que

a malha urbana decorrente da explosão demográfica de Joinville se expandisse de forma desordenada e, por vezes, em locais não apropriados ao assentamento humano, como margens de rios e encostas.

Entretanto, apesar do exposto, é importante aclarar a distinção entre os particulares conceitos de inundação e alagamento. Embora, de uma forma geral sejam tratados como sinônimos, cada um destes conceitos reflete uma causa específica.

O alagamento é definido como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (BRASIL, 2006). Já as inundações são fenômenos naturais decorrentes do extravasamento dos rios sobre as planícies adjacentes ao leito em eventos de cheias (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Figura 1 - Alagamento x inundação



Fonte: AquaFluxus

Portanto, há de se salientar que o estudo da possibilidade de inundação requer avaliações diferentes do estudo da possibilidade de alagamento, embora o resultado para a população seja o mesmo.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Conforme já aludido anteriormente o CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DELPHOS EASY CLUB deverá ser implantado, em um terreno situado na Rua Porto Belo, S/N, no bairro Bucarein, em zona urbana do município de Joinville (ZR6 -Figura 2), com área útil de 9.317,41 m<sup>2</sup>.

Atualmente o imóvel em que se pretende implantar o CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DELPHOS EASY CLUB consta registrado no 3º Ofício do Registro de Imóveis da Comarca de Joinville, cadastrado sob matrícula número 41.249. As coordenadas geográficas de localização da entrada do imóvel são 716180,20 m O e 7087936,54 m S (Figura 3), estando inserido na sub bacia hidrográfica do rio Cachoeira (Figura 4).

Figura 2 – Zoneamento municipal.

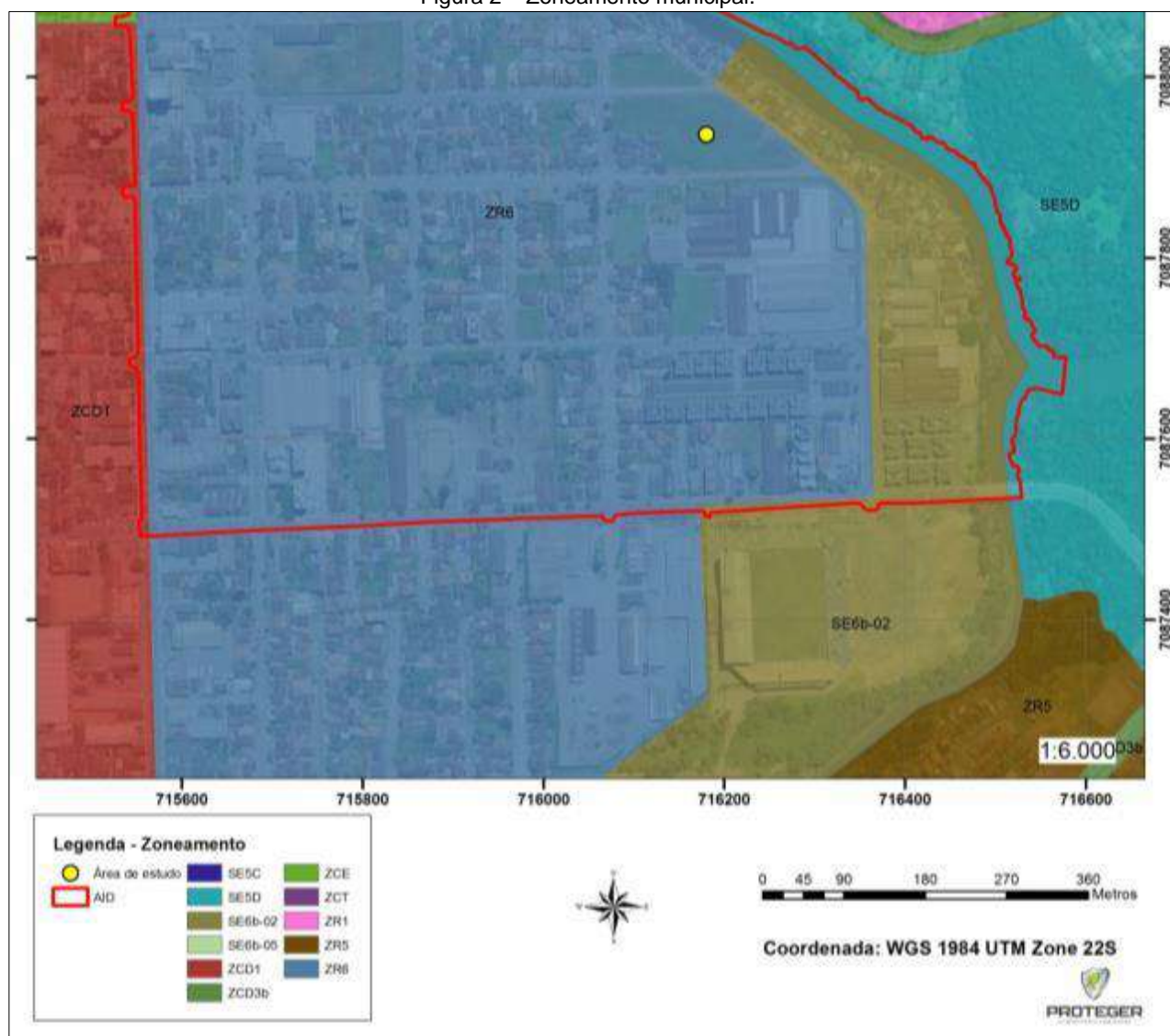




Figura 3 – Localização do imóvel.

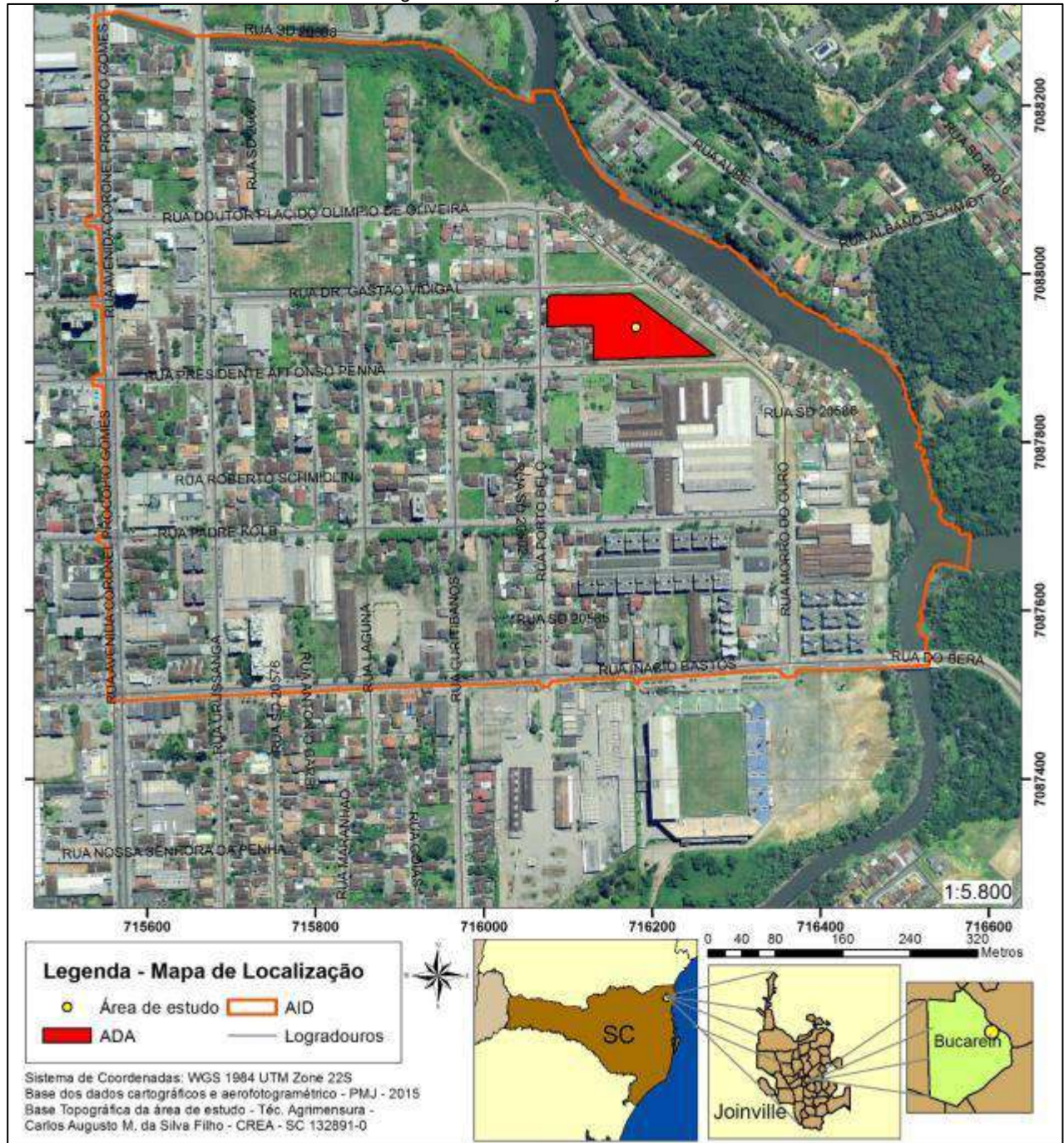
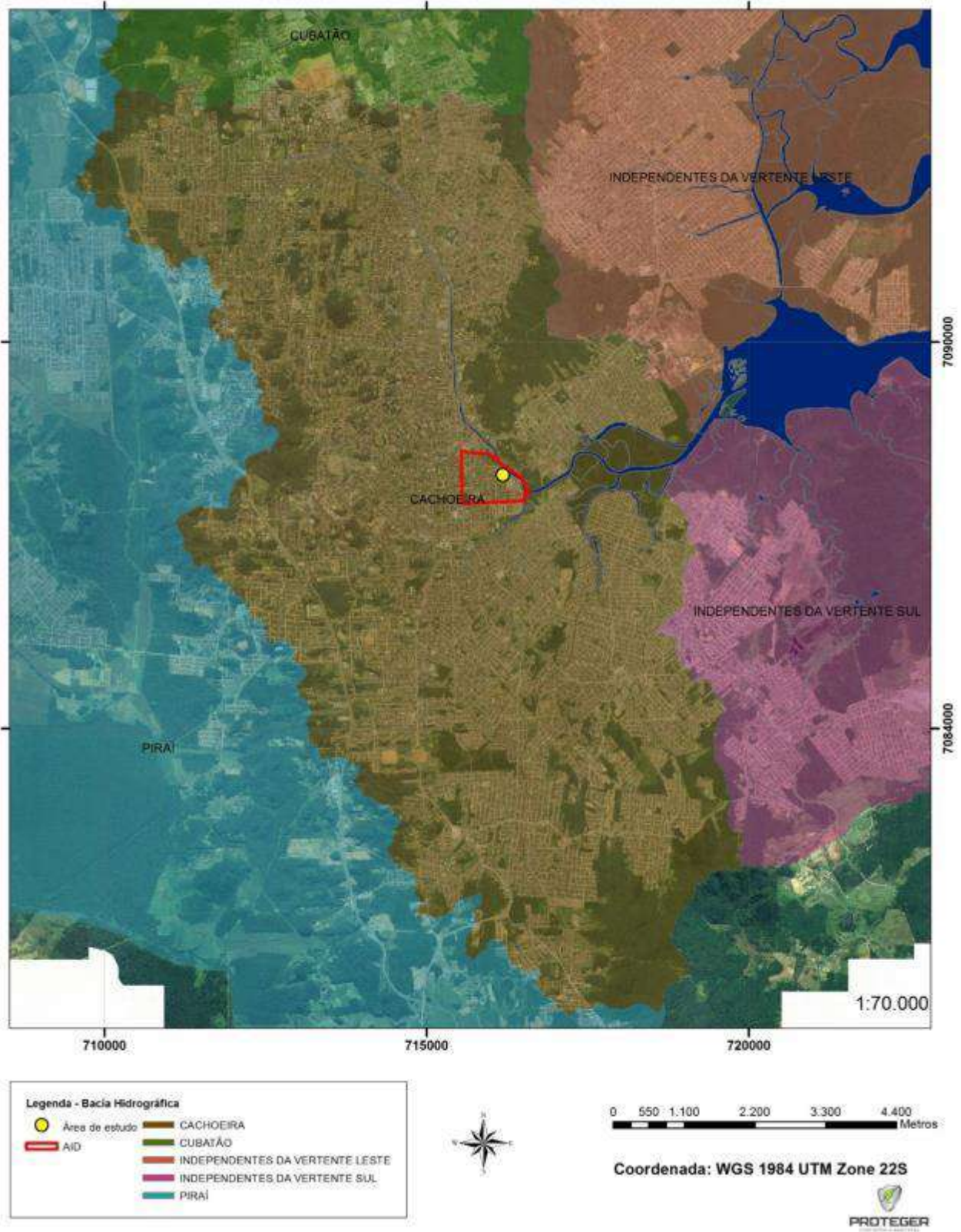




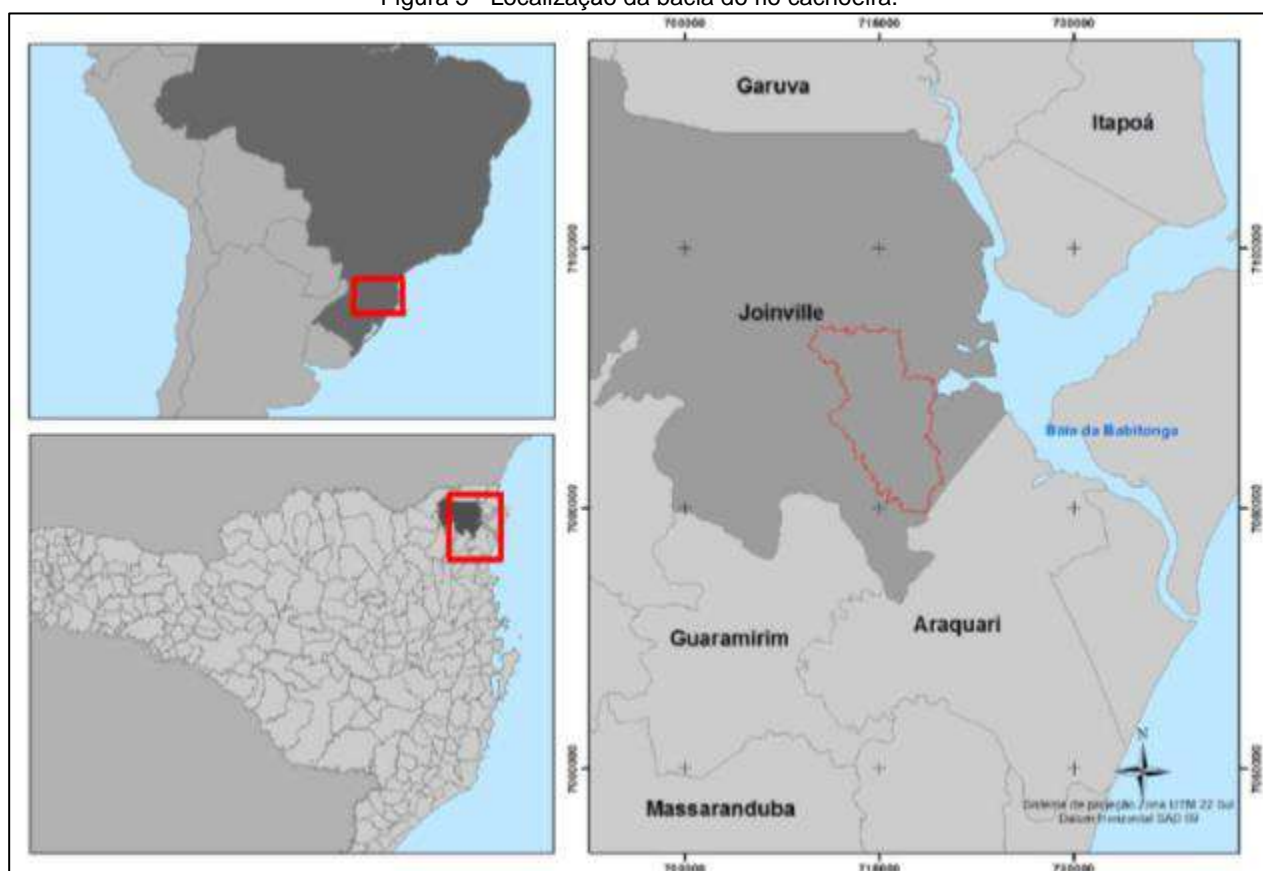
Figura 4 – Localização na bacia hidrográfica



## 2 BACIA DO RIO CACHOEIRA

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira está totalmente inserida na área urbana de Joinville. Esta bacia drena uma área de cerca de 83,12 km<sup>2</sup>, o que representa 7,3% da área do município ao longo de seu curso com 14,9 km de extensão. Suas nascentes estão localizadas no bairro Costa e Silva, nas proximidades da rua Rui Barbosa e Estrada dos Suíços, no entroncamento com a BR-101.

Figura 5 - Localização da bacia do rio cachoeira.

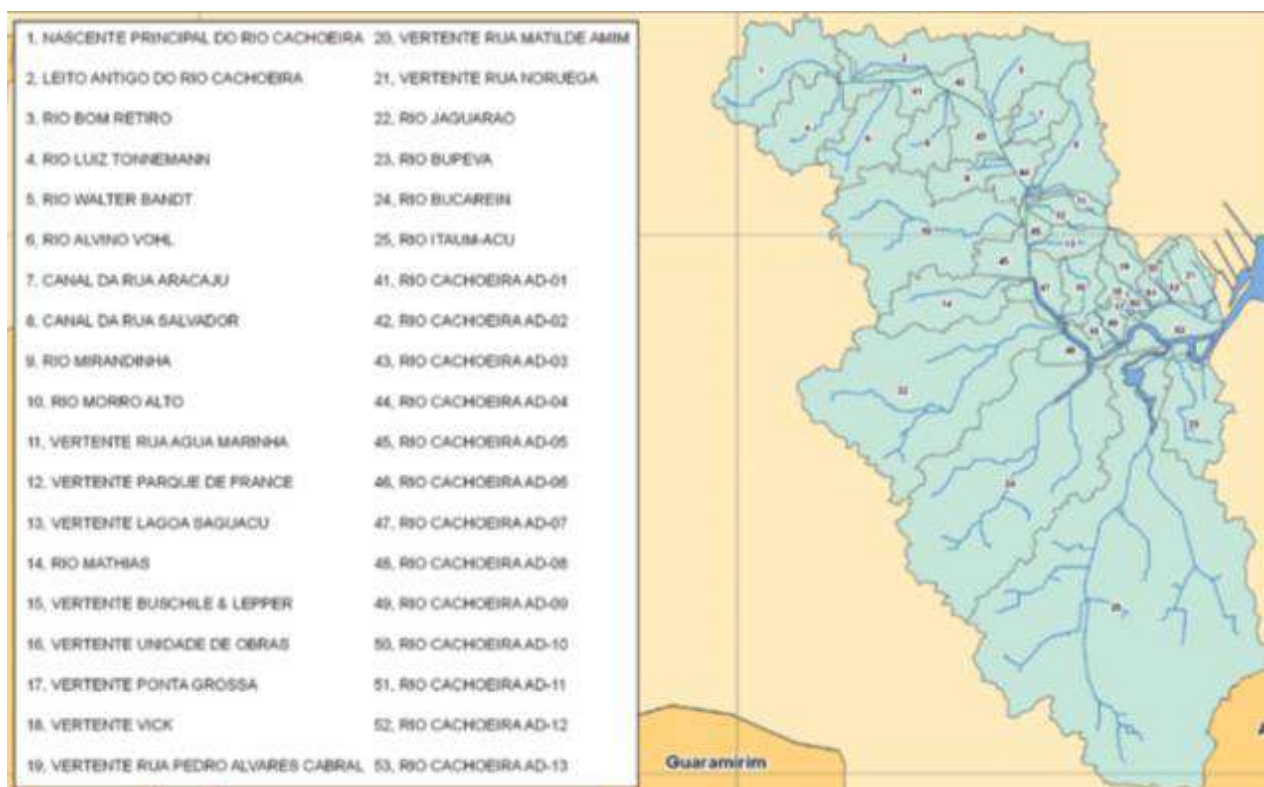


Fonte: Muller et al, 2013.

Aproximadamente 49% da população reside dentro do perímetro da bacia. Esta bacia tem como principais rios e afluentes: Rio Alto Cachoeira, Rio Bom Retiro, Rio Morro Alto, Rio Mirandinha, Rio Mathias, Rio Bucarein, Rio Jaguarão e Rio Itaum (MAIA et al, 2013).

Na bacia do rio Cachoeira ainda podem ser elencadas as seguintes Sub Bacias: Alto Rio Cachoeira, da rua Valmor Harger, da rua Dona Elsa Meinert e/ou rua Vereador Conrado de Mira, da rua Alexandre Humboldt, do leito antigo do Rio Cachoeira e/ou rua João Dietrich, Riacho da

rua Marcílio Dias, Riacho da rua Fernando Machado/ rua Benjamin Constant, Rio Alvino Vöhl (rua Gustavo Capanema), Rio Bom Retiro, Canal Aracajú, Riacho da rua Mondaí, da rua Almirante Tamandaré, Rio Mirandinha, Rio Morro Alto (Ribeirão Giffhorn), Rio Princesinha ou Riacho do Bela Vista, Canal do Rio Cachoeira, nascentes de Rio no Morro da Antarctica, Riacho Saguacú ou Riacho do Moinho, Ribeirão Mathias, da rua Tijucas/rua Dona Francisca, Rio Jaguarão (e seu afluente Rio Elling), Rio Bucarein (e seu afluente Riacho Curtume), Rio Itaumaçu também chamado de Rio do Peraú e/ou Rio da Caixa (e seu afluente Rio Itaum-mirim), Riacho Bupeva ou Rio do Fátima, nascentes de água localizadas na vertente leste do Morro da Boa Vista e que escoam para o braço do Rio Cachoeira, Riacho da Associação dos Servidores Públicos do Município de Joinville (SILVEIRA, 2009).



A Bacia do Rio Cachoeira ocupa uma região relativamente plana e suas nascentes encontram-se numa altitude de 40 metros. No entanto, a maior parte de seu curso, situa-se entre as cotas 5 e 15 metros (MAIA et al, 2013).

A foz encontra-se numa região estuarina sob a influência das marés, onde se encontram remanescentes de manguezais. Durante os períodos de amplitude da maré, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do rio (remanso) até quase a metade de seu percurso, causado pelo

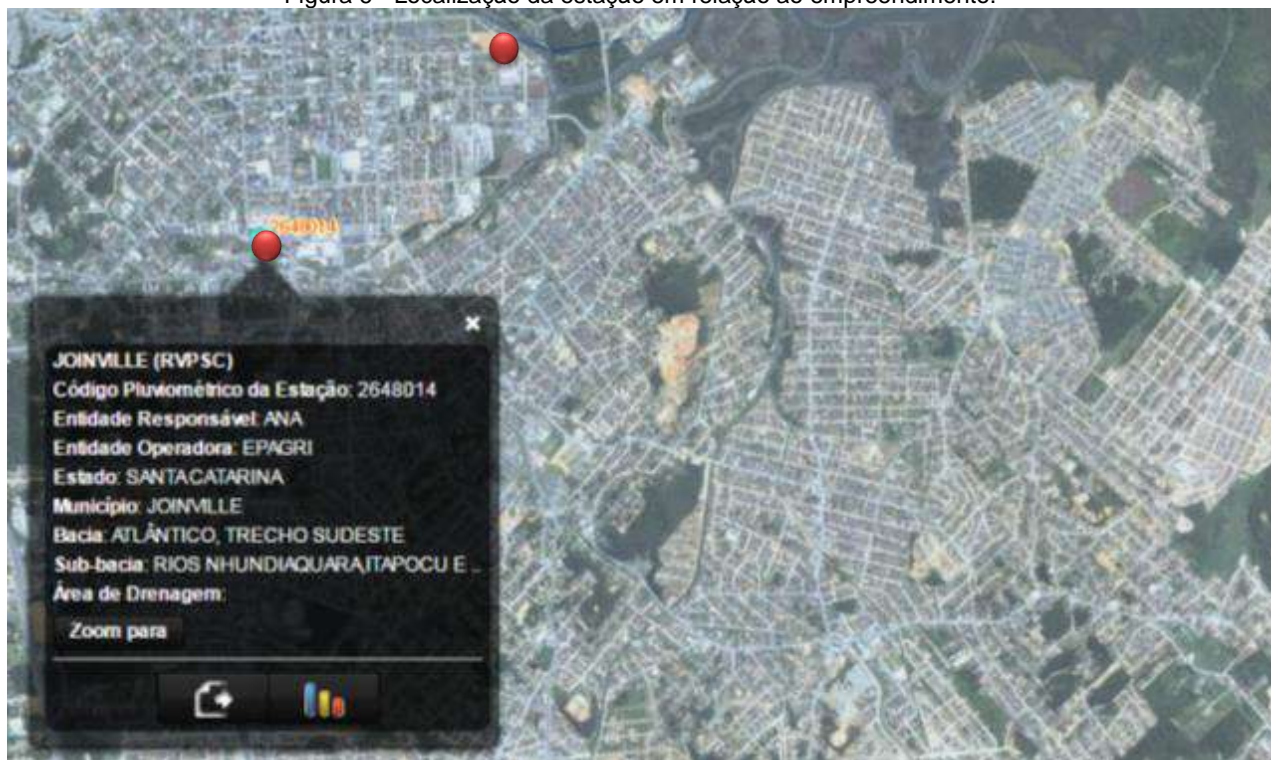


ingresso de água salgada através do canal. As baixas altitudes junto à foz, associadas ao efeito das marés astronômicas e meteorológicas, e das precipitações pluviométricas, causam frequentes problemas de inundações na região central, atingindo também alguns afluentes, principalmente os rios Itaum-açú, Bucarein, Jaguarão e Mathias (FUNDEMA, 2009).

Ressalta-se que ao longo da história da cidade ocorreu intensa alteração do cursos d'água, especialmente na área central, em virtude da antropização do ambiente natural, com a construção de galerias, retificação dos cursos naturais, tubulação dos cursos, aterros e ocupação das margens.

Nesta bacia, nas imediações do empreendimento, existe uma estação pluviométrica (nº2648014), operada pela EPAGRI, cujos dados estão disponíveis no sistema WidroWeb<sup>1</sup> da Agência Nacional de Águas (ANA).

Figura 6 - Localização da estação em relação ao empreendimento.



A estação pluviométrica nº2648014, apresenta dados desde 1938 até 2016, tendo registros de mais de 77 anos de dados pluviométricos de Joinville. Neste período, a estação registrou uma média mensal de 133 mm, com desvio padrão na ordem de 95 mm. No lapso temporal de

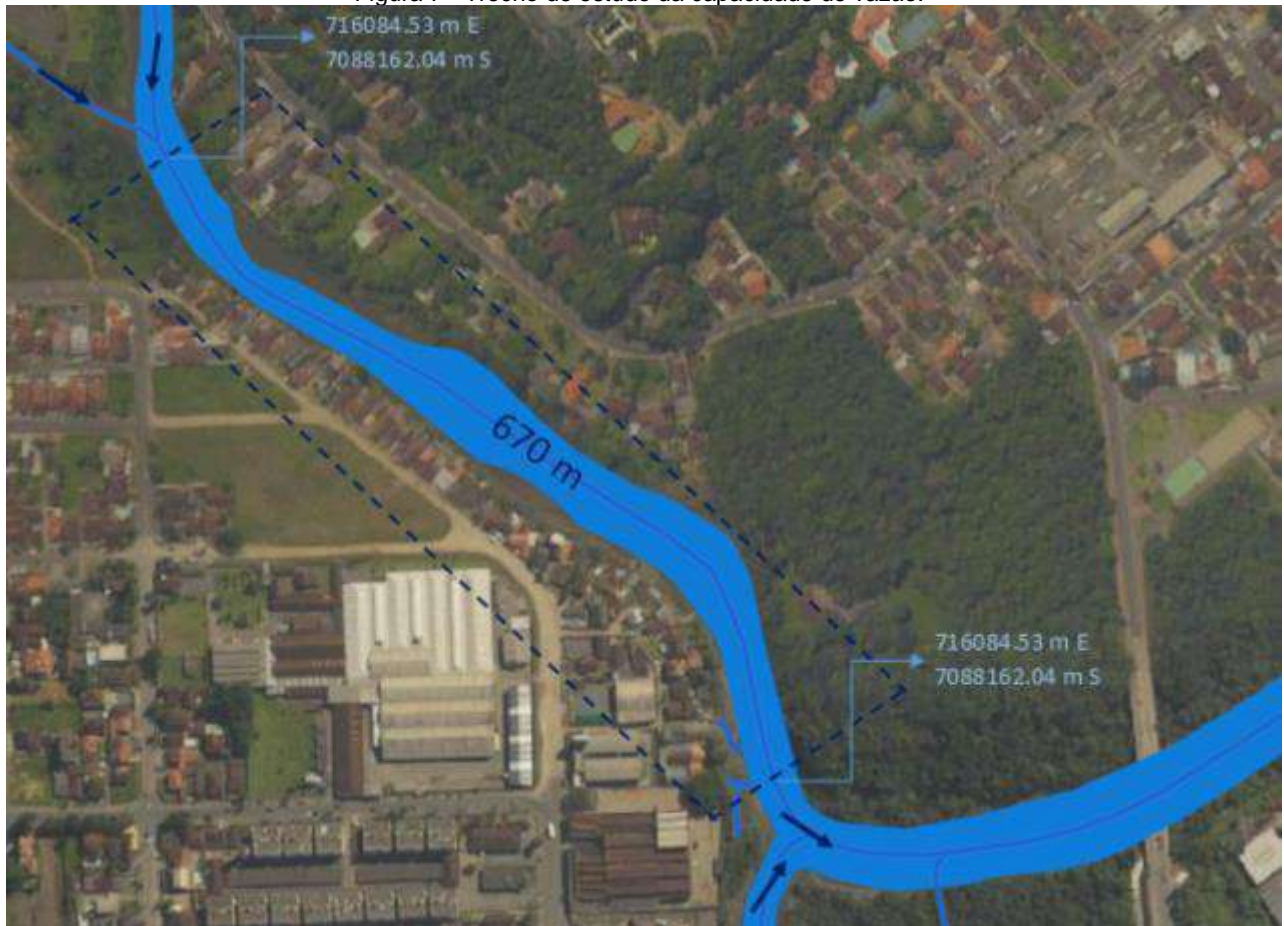
<sup>1</sup> <http://hidroweb.ana.gov.br/>

registro desta estação, o valor máximo registrado foi de 783 mm/mês enquanto valor mínimo fora de 0,4 mm/mês.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

No que concerne ao trecho do Rio Cachoeira estudado, este está representado pelo trecho de 670 metros, entre a confluência do rio Cachoeira com o rio Jaguarão e a confluência do rio Cachoeira com o Rio Bucarein, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Trecho de estudo da capacidade de vazão.

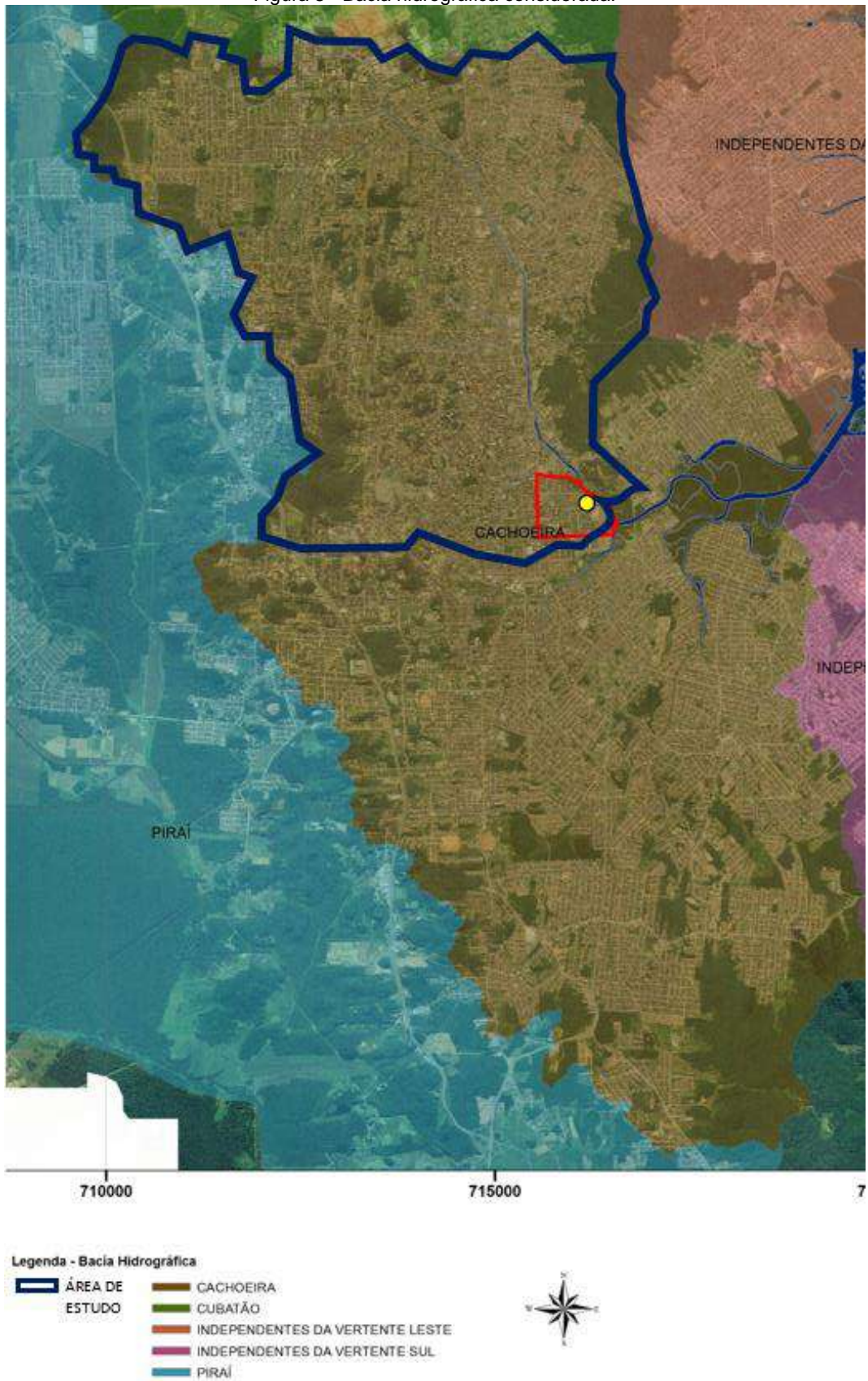


Fonte: Proteger Consultoria Ambiental Ltda.

A bacia hidrográfica considerada para este estudo, refere-se a uma fração representada por uma área de 40,309 km<sup>2</sup> do total da bacia do Rio Cachoeira, conforme Figura 8. Esta porção considerada, levou em conta a área drenante ao rio cachoeira, no trecho à montante do empreendimento. Isto significa que toda a pluviosidade drenada nesta porção de terra delimitada, teoricamente irá passar no trecho do Rio Cachoeira, em “frente” ao empreendimento.



Figura 8 - Bacia hidrográfica considerada.

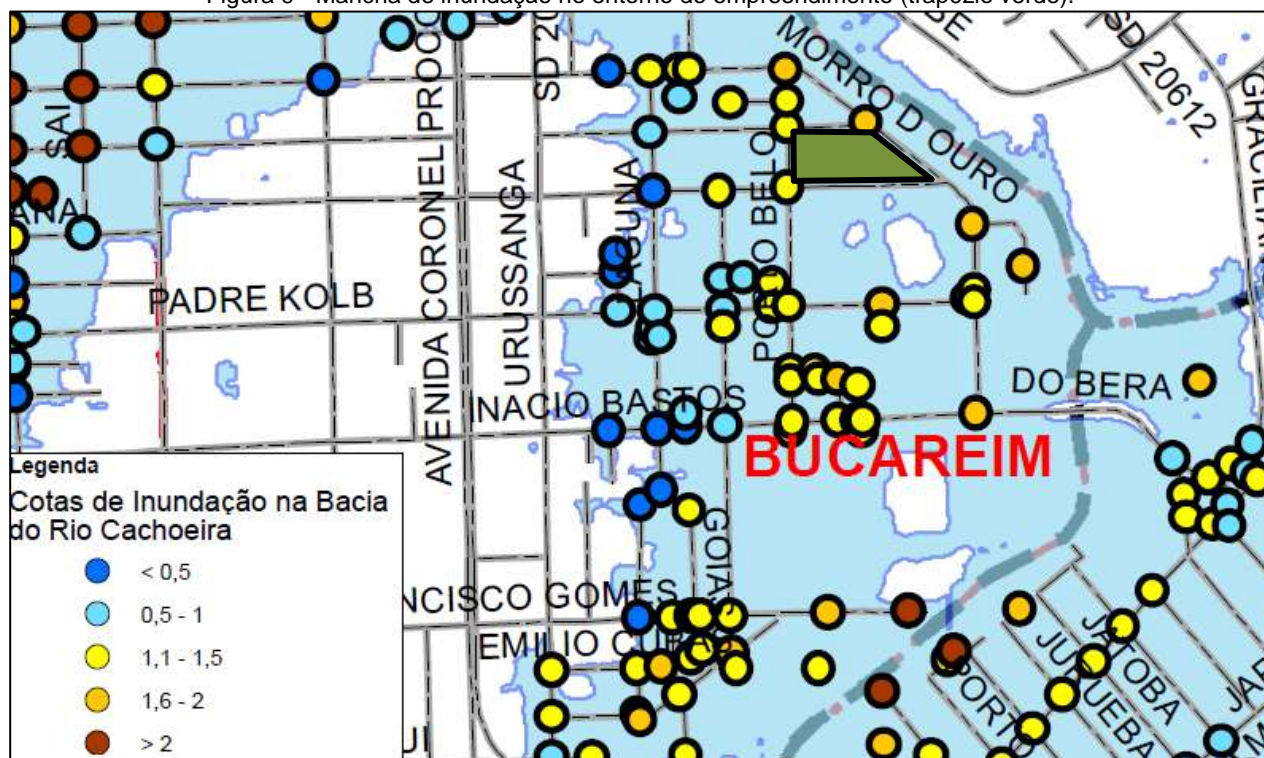




#### 4 MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO

De acordo com a Mancha de Inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira mapeada pela prefeitura municipal, o imóvel em que se pretende implantar o Condomínio Residencial Delphos Easy Club, é acometido pela mancha de inundação para o período de retorno de 25 anos, conforme Figura 9.

Figura 9 - Mancha de inundação no entorno do empreendimento (trapézio verde).



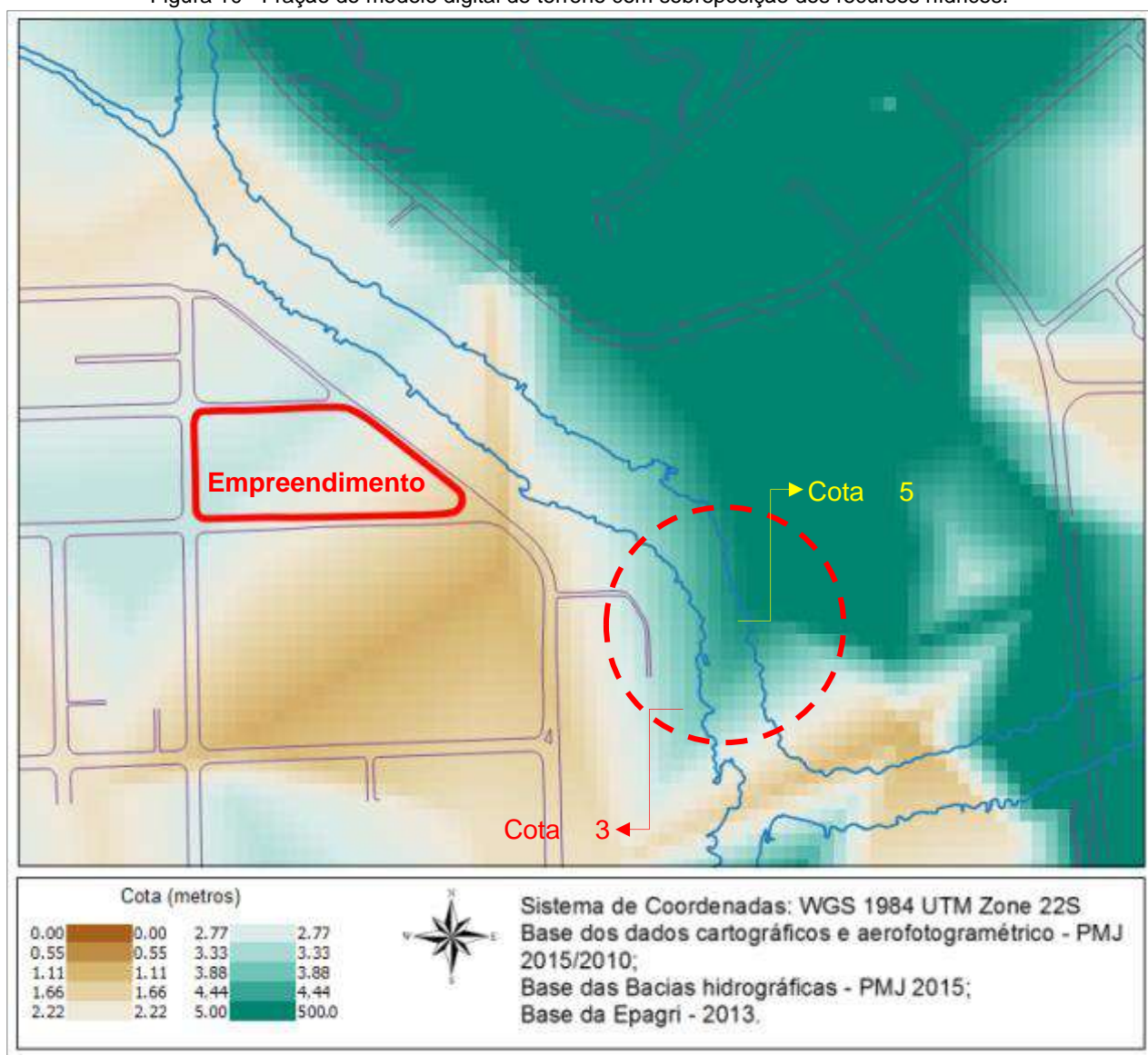
Fonte: Prefeitura municipal de Joinville

Observa-se que, de acordo com o mapeamento municipal, a cota de inundação, no nível da rua, nos vértices leste, é de cerca de 1,6 m à 2,0 m, enquanto para os vértices oeste é de 1,1 m à 1,5 m.

## 5 METODOLOGIA

Inicialmente, a metodologia proposta faria o uso do modelo digital da bacia, a fim de identificar a cota provável de alagamento na região. Contudo, o que se verificou, é que a escala do modelo digital de terreno, da bacia hidrográfica do rio Cachoeira difere da escala de mapeamento deste recurso hídrico. Isto significa que a aplicação dos procedimentos de geoprocessamento, utilizados na identificação da cota, se apresentam ineficientes, com grandes chances de erro.

Figura 10 - Fração do modelo digital de terreno com sobreposição dos recursos hídricos.



Fonte: Proteger Consultoria Ambiental Ltda.

Através da Figura 10, se faz possível observar, a discrepância de cota entre o leito do rio e suas margens. Há trechos no leito do rio, cuja cota advinda do MDE, não condiz com a cota esperada

para o trecho, como na fração apontada na figura pela circunferência vermelha. Desta forma, a utilização de softwares, como o ArcGis, na identificação desta cota poderia trazer erros grosseiros ao mapeamento, podendo indicar uma cota de alagamento irreal, tanto acima como abaixo da cota mais provável de inundação. Cabe salientar que, no que se objetiva este trabalho, alterações mínimas representadas pelo método através do ArcGis comprometem a precisão requerida

Destarte, a metodologia utilizada neste trabalho, foi escolhida, devido tais limitações e triangulada aos objetivos do mesmo. Assim, foi possível, através associação de outros métodos, descritos a seguir, identificar a capacidade de vazão da calha do rio Cachoeira, a vazão do rio Cachoeira, e a provável cota de inundação já registrada.

Os métodos a seguir descritos, objetivaram identificar a vazão máxima do rio cachoeira, no trecho entre mencionado no item 3. bem como a capacidade limite do rio neste trecho, considerando a influência marinha, associado com a triangulação de depoimentos de moradores do entorno.

## 5.1 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DO RIO

A determinação da capacidade de vazão do rio Cachoeira, é um parâmetro que foi determinado independentemente das características hidrológicas da bacia. A lógica de determinação da capacidade de vazão seguiu a seguinte sequência:

- Identificação da configuração do leito do rio no trecho considerado
- Identificação da declividade do leito do rio
- Identificação da rugosidade da margem e do leito
- Aplicação do modelo de Manning

### 5.1.1 *Identificação da configuração da calha do rio*

A identificação da calha do rio ocorreu através de 4 medições de profundidade in loco de quatro pontos do rio, sendo duas à montante e duas à jusante do trecho selecionado. A largura foi identificada através de métodos de geoprocessamento, destes mesmos pontos. A partir daí fez-se uma simplificação da seção transversal do rio para o trecho selecionado, com base nas médias de profundidade e largura, identificadas para a montante e jusante do trecho.



### 5.1.2 *Identificação da declividade do leito do rio*

Considerando que Bacia Hidrográfica do Rio cachoeira é uma bacia majoritariamente urbana, tendo seu maior trecho representado pela planície costeira, e possui como área de contribuição pluviométrica áreas antropizadas, utilizou-se, para efeitos de cálculo a declividade média apenas do trecho urbano.

Desta forma, a identificação da declividade média do rio foi realizada através da análise da diferença de cota entre o início do trecho urbano do rio Cachoeira e a cota aproximada do trecho estudado.

A extração destes dados se deu através de técnicas de geoprocessamento, utilizando o Modelo Digital de Elevação do município de Joinville, o Google Earth, e medição in loco através do GPS Portátil Garmin eTrex 10 Polegadas.

### 5.1.3 *Identificação da rugosidade da margem*

O coeficiente de rugosidade de Manning ( $n$ ) é parâmetro fundamental para descrição da vazão sobre uma superfície (Li & Zhang, 2001). O ajuste da rugosidade de cursos d'água a um modelo hidrodinâmico fornece informações relativas ao nível de água, vazão e a velocidade do escoamento em qualquer trecho (Martoni & Lessa, 1999a, Ab. Ghani et al., 2007), porém uma das dificuldades da aplicação da equação de Manning é justamente a definição do valor do coeficiente de rugosidade do rio ou canal (Yépez et al., 2000); este pode ser determinado por valores médios observados em campo (Azmon, 1992; Martoni & Lessa, 1999b; Julien et al., 2002; Vieira & Silva, 2004; Ab. Ghani et al., 2007; López et al., 2007)

A identificação da rugosidade, ocorreu através de observações visuais da margem, associadas aos parâmetros dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade de Manning

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espaiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espaiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

#### 5.1.4 Aplicação do modelo de Manning

O escoamento em galerias, canais e sarjetas podem ser calculados pela fórmula de Manning, onde se calcula a priori a velocidade do fluido, porém uma vez que se identifica a área da seção, obtém-se a vazão. Esta fórmula é a fórmula mais conhecida para dimensionamento de condutos livres usada no Brasil e demais países de língua inglesa, elaborada em 1891 pelo engenheiro irlandês R. Manning (1816-1897).

No caso em tela, após a identificação da seção média do trecho estudado e do coeficiente de rugosidade das paredes do canal em questão (Rio Cachoeira), aplicou-se a equação 01, na identificação da vazão máxima comportada pelo trecho.

$$Q = \frac{A * R_h^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I_0}}{n}$$

Equação 01

A: Área (m<sup>2</sup>)

Q: Vazão (m<sup>3</sup>/s)

R<sub>h</sub>: Raio hidráulico (m)

I<sub>0</sub>: Declividade do trecho (m/m)

N: Coeficiente de rugosidade, vide item 5.1.3

## 5.2 MÉTODO I – PAI – WU

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio).

O método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias ou seja com área de drenagem inferior a 3km<sup>2</sup> (300 ha) conforme (PORTO, 1993) ou quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora. Na Austrália é usado o Método Racional Probabilístico para pequenas bacias (25 km<sup>2</sup>) e médias bacias (500 km<sup>2</sup>). Akan,1993 admite para o método racional área da bacia até 13 km<sup>2</sup>.

Contudo, neste estudo adotou-se 3km<sup>2</sup> (três quilômetros quadrados) como limite máximo de aplicação do Método Racional conforme recomendação das “Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo” elaborado em 1998 pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH).

Assim, o método aplicado neste documento, extraído das “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos” elaborado pela Prefeitura de São Paulo é o método denominado Método de “I-Pai-Wu” e constitui-se num aprimoramento do Método Racional, que pode ser aplicado para bacias com áreas de drenagem de até 200 km<sup>2</sup>.



A expressão aplicada, advém no método racional, sendo expressa na equação 02:

$$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K \quad \text{Equação 02}$$

Q: Vazão de cheia (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escoamento superficial

I: Intensidade da chuva crítica (mm/h)

A: Área da bacia de contribuição (km<sup>2</sup>)

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

### 5.2.1 Área da bacia de contribuição

Primeiramente foi determinado o divisor de águas da bacia, que contribui para a seção em estudo. Neste caso foi considerado apenas uma parcela da área da bacia do Rio Cachoeira. Esta identificação considerou apenas os contribuintes à montante do trecho estudado, através do modelo digital de elevação disponibilizado pela Prefeitura de Joinville, demonstrado no item 2.

A área de drenagem foi estimada através do software ArcGis, utilizando a base cartográfica de bacias, disponibilizada também pela Prefeitura de Joinville, sendo considerada apenas a porção que efetivamente é drenada até a montante do trecho de estudo.

A declividade equivalente foi extraída em campo, conforme exposto no item 4.1, através do processo gráfico, utilizando ferramentas de geoprocessamento.

### 5.2.2 Coeficiente C

O cálculo do coeficiente C é dado pela equação 03.

$$C = \frac{2}{1 + F} * \frac{C_2}{C_1} \quad \text{Equação 03}$$

O Coeficiente C<sub>2</sub>, foi determinado conforme Tabela 2, para alto grau de impermeabilização.

Tabela 2 - Coeficientes volumétricos de escoamento (c2)

GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE ESCOAMENTO
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

O cálculo do coeficiente  $C_1$  é dado pela equação 04.

$$C_1 = \frac{4}{2 + F} \quad \text{Equação 04}$$

O fator de forma da bacia, relaciona a forma da bacia com um círculo de mesma área, ou seja, ele mede a taxa de alongamento da bacia. Assim, se uma bacia fosse exatamente circular o valor de  $F = 1$ .

O valor de  $F$  para a bacia estudada foi calculado através da equação 05.

$$F = \frac{L}{2 * (A/\pi)^{1/2}} \quad \text{Equação 05}$$

Onde:

L: Comprimento do talvegue do rio (km)

A: Área da bacia de contribuição (km<sup>2</sup>)

### 5.2.3 Intensidade da chuva crítica

A equação de chuvas utilizada para Joinville, foi a proposta por Nerilo, Medeiros e Cordeiro (2002), determinada com dados da estação nº 2648014, cujos resultados estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Intensidade de chuva para vários tempos de duração e períodos de retorno.

Intensidade de Chuva (mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5	166,1	204,5	241,2	293,9	330,2
10	131,9	162,4	191,6	233,4	262,2
15	114,0	140,3	165,5	201,7	226,6
20	98,9	121,8	143,7	175,1	196,7
25	88,9	109,4	129,1	157,3	176,8
30	81,4	100,2	118,2	144,1	161,9
1 h	55,0	67,7	79,9	97,4	109,4
6 h	15,7	19,3	22,8	27,8	31,2
8 h	12,8	15,7	18,5	22,6	25,4
10 h	10,7	13,2	15,6	19,0	21,4
12 h	9,3	11,4	13,5	16,4	18,4
24 h	5,5	6,7	7,9	9,7	10,9

Fonte: Chuvas intensas no estado de Santa Catarina (Nerilo et al., 2002, p. 81).

Dos índices pluviométricos acima identificados por Nerilo et al., (2002), este trabalho considerou um tempo de retorno de 10 anos e uma chuva de 10 minutos.

#### 5.2.4 Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K),

O coeficiente K é função da área de drenagem (em km<sup>2</sup>) e do tempo de concentração (em horas), e foi determinado através do ábaco expresso pela Figura 11. O cálculo do tempo de concentração é dado pela equação 06.

$$tc = 57 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,385} \quad \text{Equação 06}$$

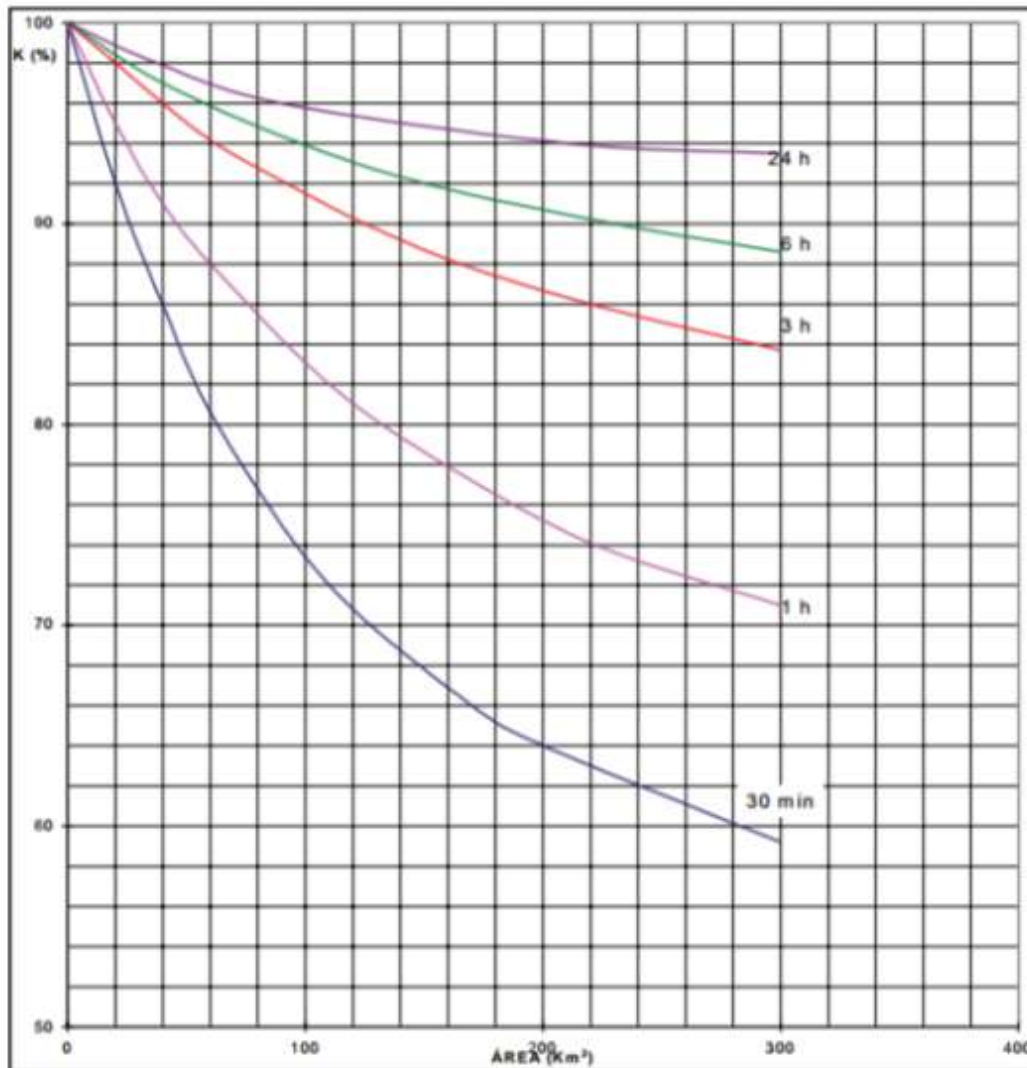
tc: Tempo de concentração (min)

L: Comprimento do talvegue do rio (km)

S: Declividade equivalente (m/km).



Figura 11 - Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K)



### 5.3 DEPOIMENTOS DE LINDEIROS

Foram mapeadas 5 residências, onde se fez a aplicação de um formulário aos residentes. Neste formulário foram questionados itens que pudessem identificar o registro, por depoimento, da possível cota de inundação no entorno do empreendimento, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Questionário aplicado

Casa nº	Nome:	Idade:
Endereço:		
Tempo de residência		
Cota de inundação 01		Ano

Após a coleta de dados, os registros foram georreferenciados, e triangulados, a fim de traçar um perfil planialtimétrico das prováveis cotas de inundação no entorno do imóvel, onde se pretende implantar o empreendimento.

#### 5.4 CONCLUSÃO DO MÉTODO

Tendo conhecimento da capacidade máxima de vazão do rio, e da vazão máxima esperada para chuvas intensas, em um dado período de retorno, foi possível identificar a vazão excedente, a ser extravasada da calha do Rio Cachoeira. Desta forma, se fez possível estimar o volume ocupado por esta vazão extravasada, sendo possível relacionar a possibilidade de inundação com a cota do terreno.

Paralelamente, os resultados adquiridos, por meio da coleta de informações dos moradores, foram sobrepostos aos resultados acima mencionados, a fim de se comparar a cota de inundação estimada e a cota advinda dos depoimentos.

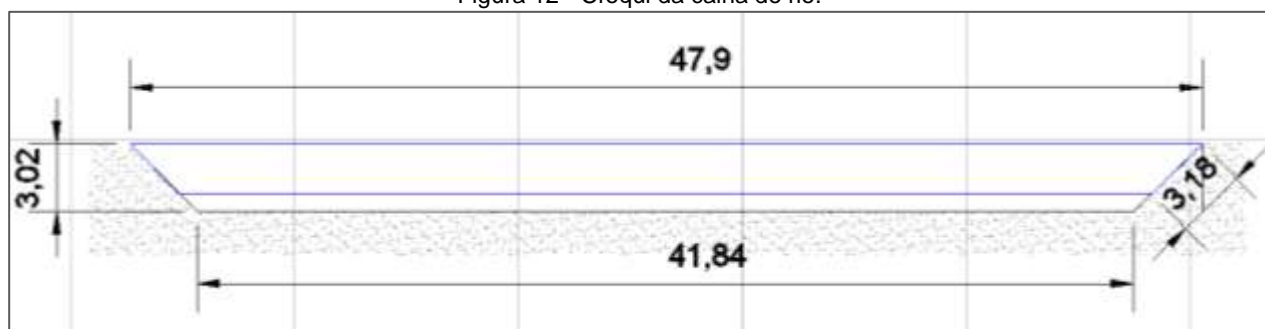
Os resultados expressam um cenários de modelagem, para os dados considerados no processamento, e jamais representarão uma expressão única da verdade. Afinal, qualquer previsão determinística estabelece uma ilusão de certeza, que não existe, mas que auxilia na tomada de decisões.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 CAPACIDADE DE VAZÃO DO RIO

A aplicação da metodologia explicitada no item 5 identificou que a configuração simplificada do leito do rio no trecho de estudo, possui, uma geometria média trapezoidal, com medidas conforme o croqui abaixo.

Figura 12 - Croqui da calha do rio.



A declividade do rio encontrada para este trecho foi de 0,22%, considerando o desnível de cerca de 1,49 m em 670 m de trecho.

Mediante os registros fotográficos do trecho, o coeficiente de rugosidade considerado foi o utilizado para canais de terra (retilíneos e uniformes) em más condições, de 0,023.

De posse destes dados foi possível calcular a capacidade máxima de vazão no canal, estimada em 536,74 m<sup>3</sup>/s. No entanto, considerando uma lâmina mínima de água decorrente da influência marinha, de 0,8 m, tem-se uma capacidade de vazão fluvial real de cerca de 336,45 m<sup>3</sup>/s, representada por uma redução de 37% da seção molhada pela influência da maré.

### 6.2 MÉTODO I – PAI – WU

A aplicação do método “I – PAI – WU”, para um período de retorno de 10 anos, uma chuva intensa de duração de 10 minutos, uma precipitação de 162,4 mm/h, em uma bacia de 40,3 km<sup>2</sup> com coeficiente de escoamento superficial de 0,5772 e coeficiente de distribuição espacial da chuva de 0,96, representou uma vazão de pico de 696,72 m<sup>3</sup>/s.



### 6.3 DEPOIMENTOS DE LINDEIROS

De acordo com os depoimentos coletados, o que se verificou é que dois moradores informaram terem registro de alagamentos no seu imóvel. O primeiro dado registrado foi o depoimento da casa 226 o qual ocorrera inundação uma única vez dentro do imóvel, no corrente ano de 2016, com lamina de água com aproximadamente 36 centímetros. Já o segundo registro, adveio da casa 207, o qual a moradora reside há mais de 40 anos no imóvel, sendo informado inúmeros casos, que no máximo chegaram à 30 cm de água.

A cota dos pontos avaliados pode ser visualizada na Tabela 5, enquanto a localização dos depoimentos pode ser observado na Figura 13.

Tabela 5 - Residências amostradas

Rua	Nº	Cota	Registro de alagamento
Porto Belo	128	4 m	Nunca
Afonso Pena	226	<3 m	0,36 m
Morro do Ouro	131	3 m	Nunca
Morro do Ouro	171	3 m	Nunca
Morro do Ouro	207	3 m	0,3 m
Terreno	-	5 m	-

Figura 13 - localização dos depoimentos



O resultado do depoimento dos lindeiros mostra que apesar da localidade ser acometida pela mancha de inundação, os moradores, em geral não tem sofrido com episódios desta natureza, pelo contrário, alguns se manifestaram orgulhosos desta localidade, não ser acometida por tal problemática.

Não obstante, importa salientar que o imóvel, o qual se objetiva este documento fora nitidamente alterado e aterrado, estando em cota superior à toda a vizinhança em mais de 1 metro, o que reduz ainda mais a probabilidade de chuvas intensas acometerem negativamente o empreendimento. A Figura 14, demonstra de forma nítida a ocorrência pretérita do referido aterro no imóvel.

Figura 14 – Imagem que apresenta de forma nítida o aterro pretérito ocorrido no imóvel.



## 7 MEDIDAS MITIGADORAS

Para o manual de Diretrizes de Projeto de Hidráulica e Drenagem de São Paulo, em projetos de microdrenagem, o período de retorno considerado deve ser de pelo menos 20 anos, o que no caso em tela, representaria um volume acumulado, em uma chuva intensa de 5 minutos, de 116.000 litros.

Conforme aludido no Estudo Ambiental Simplificado do CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DELPHOS EASY CLUB, o projeto do sistema de drenagem previsto para este empreendimento, prevê uma rede de coleta e transporte de águas, com um tanque de detenção, capaz de reter cerca 140.000 litros de excedente de água gerado pela impermeabilização do solo, evitando sobrecarga na rede de microdrenagem local, e aumentando o tempo de concentração do sistema de drenagem da bacia. Este dispositivo será capaz de reduzir significativamente o potencial incremento de vazão no rio Cachoeira, decorrente de episódios de chuvas intensas.

Assim, se considerado o volume de chuvas gerado pela impermeabilização, para um período de retorno de 20 anos, a medida mitigadora supramencionada, seria suficiente para absorver esse volume, com sobra de 17%.

Ademais, o projeto de terraplanagem, prevê a utilização de 6.229,98 m<sup>3</sup> de terra, para aterro, o que representaria a elevação da cota do imóvel em cerca de 0,67 m, a fim de se manter uma cota de segurança acima da cota de inundação supramencionada, para um período de retorno acima de 20 anos.



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destarte ao exposto, o que se observa é que o Rio Cachoeira, não possui capacidade de absorver todo o escoamento superficial da bacia de contribuição à montante do empreendimento, se considerada uma chuva intensa, com período de retorno de 10 anos e 10 minutos de ocorrência, extrapolando sua capacidade em 48%, ou seja, cerca de 360 m<sup>3</sup>/s. Isto significa que esta vazão excedente seria distribuída pela planície de entorno, o qual tenderia a manter o sentido de escoamento para a baía da Babitonga.

Se hipoteticamente considerada a área de inundação como a fração do bairro, formada pela confluência das vias Porto Belo e Afonso Pena, a vazão extravasada do rio Cachoeira, seria suficiente para criar uma lamina de 0,67 m nesta localidade, **atingindo a cota 3,17 m**. No entanto, a favor da segurança, esta estimativa desconsidera a distribuição deste volume excedente de vazão para além desta área, o que seria provável, uma vez que há manutenção desta cota no decorrer das vias de entorno, sendo esta portanto uma conjectura pessimista.

Portanto, se considerarmos as prerrogativas expostas, o imóvel não seria impactado pela vazão extravasada do Rio Cachoeira, para uma chuva com tempo de retorno de 10 anos.

Não obstante, no que concerne ao mapeamento apresentado pela prefeitura, para uma chuva com tempo de recorrência de 25 anos, **a cota de inundação, no nível da rua, nos vértices leste, é de cerca de 1,6 m à 2,0 m, enquanto para os vértices oeste é de 1,1 m à 1,5 m**. Como a cota da rua na porção leste é de cerca de 3 metros, a cota de inundação, na pior hipótese ficaria entre 4,6 e 5 m, coincidindo com a atual cota do imóvel.

O projeto de terraplanagem, contudo prevê a utilização de 6.229,98 m<sup>3</sup> de terra, para aterro, o que representaria a **elevação da cota do imóvel em cerca de 0,67 m**, a fim de se manter uma cota de segurança acima da cota de inundação.

Ainda, conforme supramencionado, o condomínio terá um **tanque de retenção de 140.000 litros, com 17% de sobra** sobre o volume modelado, para uma chuva com tempo de retorno de 20 anos.

## 9 BIBLIOGRAFIA

Ab. Ghani, A.; Zakaria, N. A.; Kiat, C. C.; Ariffin, J.; Hasan, Z. A.; Ghaffar, A. B. A. Revised equations for Manning's coefficient for sand-bed rivers. *International Journal River Basin Management*, v.5, n.4, p.329–346, 2007.

Azmon, B. Manning coefficient of roughness – A case study along Soreq stream, 1971-1981. *Journal of Hidrology*, v.132, n.1-4, p.361-377, 1992.

BRASIL. Ministério das Cidades. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília, 2006.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia Fluvial*. v.1. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

FUNDEMA – Fundação Municipal do Meio Ambiente de Joinville. *Cartilhas Bacias Hidrográficas – Joinville/SC*.

Li, Z.; Zhang, J. Calculation of field manning's roughness coefficient. *Agricultural Water Management*, v.49, n.2, p.153-161, 2001.

López, R.; Barragána, J.; Colomerb, A. Flow resistance equations without explicit estimation of the resistance coefficient for coarse-grained rivers. *Journal of Hydrology*, v.338, n.1-2, p.113-121, 2007

MAIA, B.G. O et al. *Bacias Hidrográficas da Região de Joinville*. Joinville: Univille, 2013.

Martoni, A. M.; Lessa, R. C. Modelagem hidrodinâmica do canal do rio Paraná, trecho Porto São José – Porto 18. Parte II: Calibragem do modelo. *Acta Scientiarum*, v.21, n.4, p.961-970, 1999b.

MULLER, Cristiane Regina; OLIVEIRA, Francisco Henrique de; LUIZ, Edna Lindaura. Bacias hidrográficas urbanas e a problemática das inundações Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville/SC. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO

-  
SBSR, 16. 2013, Foz do Iguaçu. Anais.... Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A.. Chuvas intensas no estado de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2002. 156 p.

SILVEIRA, Wivian Nereida. Análise histórica de inundações no município de Joinville - SC, com enfoque na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental/UFSC. Florianópolis, 2008.

SILVEIRA, Wivian Nereida; KOBAYAMA, Masato; GOERL, Roberto Fabris; BRANDENBURG, Brigitte. História das Inundações em Joinville: 1851 – 2008. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2009.

Yépez, M. G. O.; Ventura, F. F. V.; Guevara, E.; Cartaya, H. Cálculo del coeficiente de rugosidad “n” de Manning en los grandes ríos de Venezuela. Revista de la Facultad de Ingeniería, v.7, n.2, p.1-12, 2000.

## 10 RESPONSÁVEL TÉCNICO

### VICTOR SILVESTRE – ENGENHEIRO SANITARISTA E AMBIENTAL, Msc

- CREA/SC: 122394-2
- Endereço: Rua Adão Duque, 37.
- Município: Balneário Piçarras (SC)
- Fone: (47) 3345.4789

