



### 3. 4. ESTUDO HIDROLÓGICO

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.4.1: Vista aérea da área do Campus da UFSC de Joinville.....	3.4-7
Figura 3.4.2: Delimitação local da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.....	3.4-8
Figura 3.4.3: Identificação de valas de drenagem, bueiros e outros corpos hídricos na área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. ....	3.4-11
Figura 3.4.4: Identificação de local de acúmulo de águas de chuva com indicação de direções e sentidos dos escoamentos superficiais. ....	3.4-14
Figura 3.4.5: Identificação e localização de escavação realizada com auxílio mecânico. ....	3.4-16
Figura 3.4.6: Distribuição dos totais anuais de precipitação para a estação 2648014, Joinville (RVPSC). ....	3.4-19
Figura 3.4.7: Distribuição das máximas precipitações diárias anuais para a estação 2648014, Joinville (RVPSC). ....	3.4-20
Figura 3.4.8: Curvas de chuvas intensas obtidas por desagregação de máximas precipitações diárias para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).....	3.4-23
Figura 3.4.9: Delimitação local da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.....	3.4-24
Figura 3.4.10: Chuva de projeto para a sub-bacia 1 correspondente ao período de retorno T=50 anos.. ....	3.4-27
Figura 3.4.11: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 1.....	3.4-29
Figura 3.4.12: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 2.....	3.4-30
Figura 3.4.13: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 3.....	3.4-31
Figura 3.4.14: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 4.....	3.4-32
Figura 3.4.15: Padrões de uso e ocupação do solo para a área a jusante da rodovia BR-101, na qual se encontra o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. ....	3.4-33
Figura 3.4.16: Visão global dos padrões de uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica na qual se encontra o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. ....	3.4-34
Figura 3.4.17: Chuva de projeto - perdas e precipitação efetiva, para a sub-bacia 1 correspondente ao Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos.....	3.4-37
Figura 3.4.18: Superfícies de inundação sob condição de retenção total do escoamento superficial na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa. ....	3.4-41
Figura 3.4.19: Legenda correspondente às superfícies de inundação .....	3.4-42
Figura 3.4.20: Relação cota <i>versus</i> volume armazenado. ....	3.4-43
Figura 3.4.21: Hidrogramas resultantes de um evento chuvoso crítico com 45min de duração e período de retorno 100 anos, para condição de ocupação extensa e adensada da área de drenagem à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.....	3.4-47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.4.1: Características de uso e ocupação do solo na área do futuro Campus Joinville da UFSC....	3.4-9
Tabela 3.4.2: Características e dimensões dos bueiros sob a Rodovia BR-101 no limite da área do futuro Campus Joinville da UFSC. ....	3.4-12
Tabela 3.4.3: Estações pluviométricas próximas da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. ....	3.4-19
Tabela 3.4.4: Precipitações máximas diárias registradas na estação 2648014, Joinville (RVPSC). ....	3.4-21
Tabela 3.4.5: Precipitações máximas diárias estimadas para a estação 2648014, Joinville (RVPSC)..	3.4-22
Tabela 3.4.6: Risco de ocorrência de precipitações críticas, em função do período de retorno. ....	3.4-22
Tabela 3.4.7: Intensidades de precipitação resultantes de desagregação de máximas precipitações diárias para a estação 2648014, Joinville (RVPSC). ....	3.4-23
Tabela 3.4.8: Valores estimados dos tempos de concentração para as sub-bacias afluentes ao local de implantação do futuro Campus da UFSC, em Joinville. ....	3.4-24
Tabela 3.4.9: Durações das chuvas unitárias e respectivos números de períodos de precipitação para a chuva de projeto, em cada uma das sub-bacias. ....	3.4-25
Tabela 3.4.10: Chuva de projeto para a sub-bacia 1, período de retorno T=50 anos. ....	3.4-26
Tabela 3.4.11: Padrões de uso e ocupação do solo e respectivas áreas para a bacia hidrográfica que contém o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. ....	3.4-35
Tabela 3.4.12: Cálculo do Número de Deflúvio para a bacia de drenagem a montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC, em Joinville. ....	3.4-36
Tabela 3.4.13: Determinação da precipitação efetiva para a sub-bacia 1 correspondente ao Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos. ....	3.4-37
Tabela 3.4.14: Valores dos totais de precipitação efetiva, em mm, em função da precipitação total, período de retorno e Número de Deflúvio, considerando-se uma chuva de projeto com 45 minutos de duração....	3.4-38
Tabela 3.4.15: Volumes de escoamento totais, em m <sup>3</sup> , para Números de Deflúvio correspondentes às características de uso e ocupação do solo atual (CN <sub>global</sub> =73). ....	3.4-39
Tabela 3.4.16: Volumes de escoamento totais, em m <sup>3</sup> , para Números de Deflúvio CN=85. ....	3.4-39
Tabela 3.4.17: Volumes de escoamento totais, em m <sup>3</sup> , para Números de Deflúvio CN=95. ....	3.4-39
Tabela 3.4.18: Relação entre cota, área e volume de água armazenado. ....	3.4-42

Tabela 3.4.19: Volumes de escoamento superficial, em m <sup>3</sup> , e correspondentes cotas de inundação, em m, entre parênteses, considerando-se retenção total no local de implantação do futuro Campus da UFSC...	3.4-44
Tabela 3.4.20: Valores característicos dos hidrogramas unitários sintéticos. ....	3.4-46
Tabela 3.4.21: Descargas de pico oriundas do local de implantação do Campus da UFSC, em m <sup>3</sup> /s...	3.4-48
Tabela 3.4.22: Descargas de pico estimadas na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa, em m <sup>3</sup> /s. ....	3.4-49

## Sumário

3.4	Estudo Hidrológico .....	3.4-6
3.4.1	Introdução .....	3.4-6
3.4.2	Caracterização do sistema hídrico local.....	3.4-6
3.4.3	Avaliação dos Volumes de Escoamento Superficial .....	3.4-17
3.4.3.1	Análise de Precipitações Diárias .....	3.4-18
3.4.3.2	Curvas de chuvas intensas.....	3.4-22
3.4.3.3	Estimativas de tempos de concentração.....	3.4-24
3.4.3.4	Definição da chuva de projeto .....	3.4-25
3.4.3.5	Determinação das precipitações efetivas.....	3.4-27
3.4.3.6	Análise dos volumes de escoamento .....	3.4-38
3.4.3.7	Análise de hidrogramas afluentes .....	3.4-46
3.4.4	Análise da urbanização proposta .....	3.4-47
3.4.5	Referências Bibliográficas .....	3.4-51

## **3.4 Estudo Hidrológico**

### **3.4.1 Introdução**

Este relatório tem por objetivo apresentar os resultados do Estudo Hidrológico referente à bacia hidrográfica à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. O Estudo tem a finalidade de subsidiar as ações de licenciamento ambiental e estratégias para implantação de obras físicas e medidas não estruturais, visando a manutenção de descargas e volumes afluentes ao local de interesse em condições próximas das atuais, mesmo sob regime de ocupação da bacia hidrográfica a montante.

Trata-se de um estudo simplificado em decorrência da impossibilidade de realização de levantamentos detalhados das características hidrológicas da bacia hidrográfica, como também de seus cursos d'água. Para resultados mais precisos haveria necessidade de levantamentos de informações hidrológicas realizados em campo durante períodos longos. Ressalta-se, entretanto, que todo o trabalho se apóia em métodos e procedimentos usualmente empregados em estudos hidrológicos desta natureza.

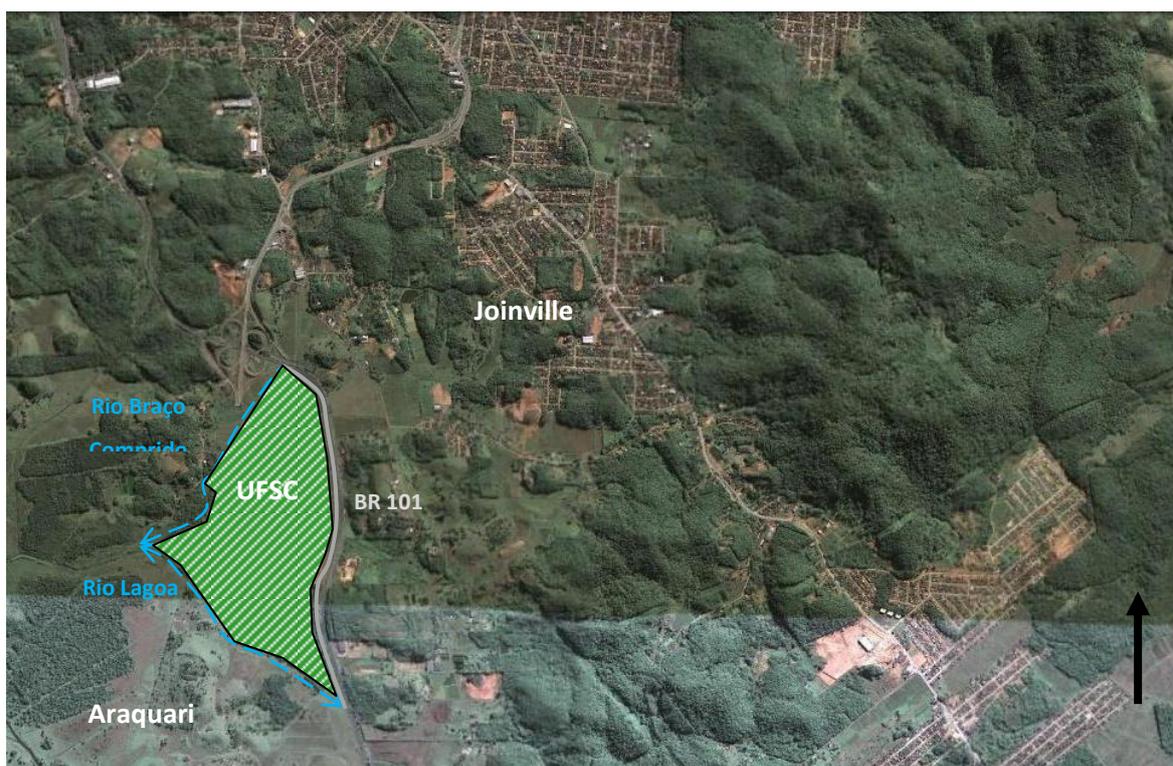
O relatório contempla dois aspectos. Primeiramente é apresentada uma caracterização do sistema hídrico local, na qual se qualifica e se discute, do ponto de vista hidrológico, a origem dos corpos hídricos identificados na área de interesse. Posteriormente, a análise aborda aspectos referentes ao escoamento superficial, apresentando prospectivamente estimativas de volumes e descargas afluentes ao local de interesse, sob diferentes padrões de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica a montante.

### **3.4.2 Caracterização do sistema hídrico local**

A área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville encontra-se delimitada a Leste pela Rodovia BR-101, ao Norte pelo rio Braço Comprido e ao Sul pelo rio da Lagoa<sup>1</sup>, situando-se na região de confluência destes cursos d'água, conforme pode ser observado nas Figura 3.4.2 e Figura 3.4.1.

---

<sup>1</sup> Estes cursos d'água integram a rede de drenagem do rio Pirai, afluente do Itapocu, situado na Região Hidrográfica 6, Baixada Norte, da Vertente Atlântica de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado por Gustavo Coelho a partir de imagem Google Earth, 2009.

**Figura 3.4.1: Vista aérea da área do Campus da UFSC de Joinville.**

Em decorrência de sua reduzida extensão superficial – da ordem de  $1,18 \text{ Km}^2$  –, e também das características físicas que constituem seu perímetro – zonas de várzea pertencentes aos mencionados cursos d'água, bem como um barramento parcial representado pelo maciço que contém a Rodovia – é natural que a área apresente lençol freático bastante elevado e esteja sujeita a freqüentes alagamentos, não apenas por efeitos de sazonalidade.

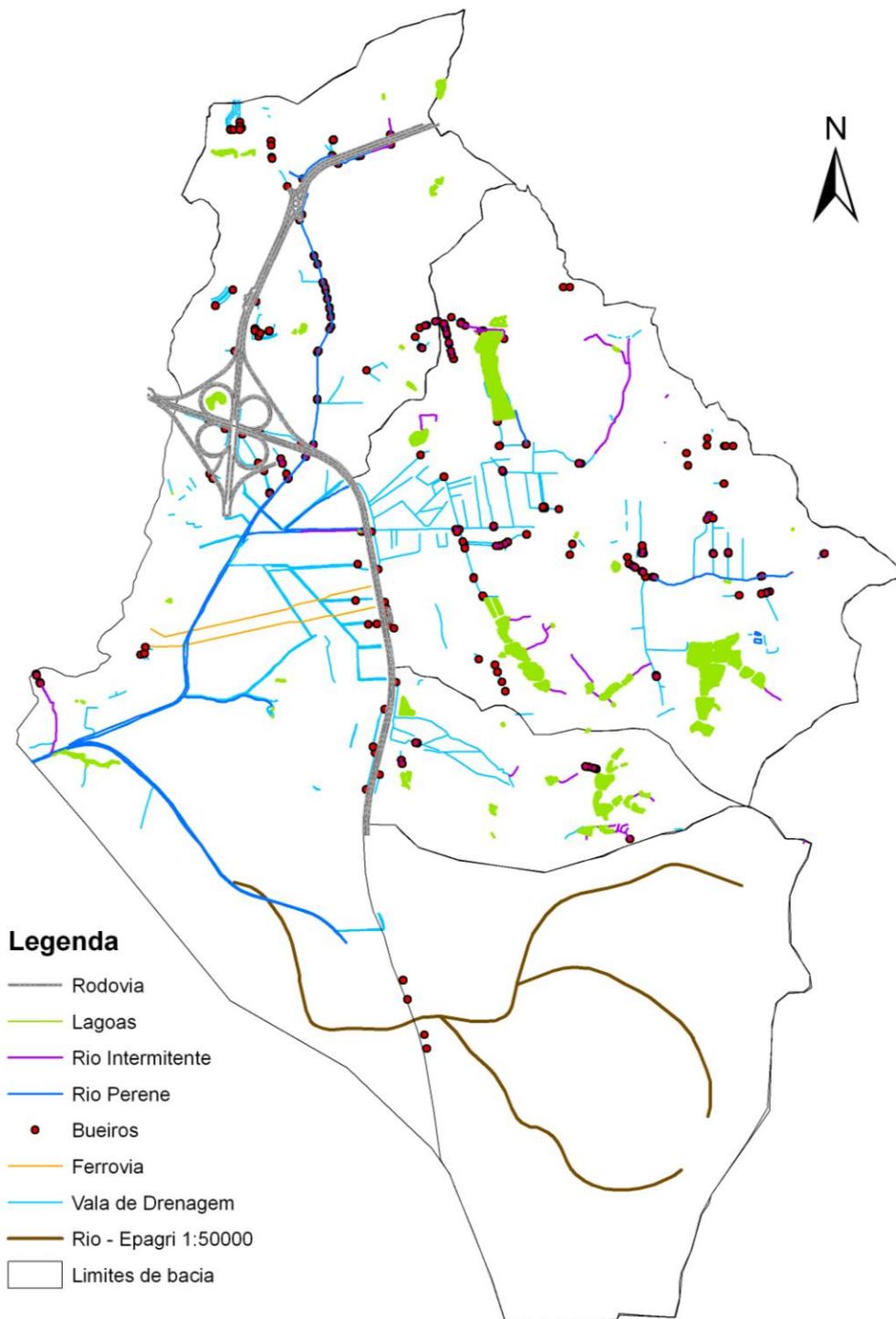


Figura 3.4.2: Delimitação local da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.

Levantamento disponibilizado pela DIPLAN/UFSC, correspondente ao local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, no qual encontra-se delimitada também a área do maciço para construção do contorno ferroviário de Joinville, indica os valores para uso e ocupação do solo apresentados no Tabela 3.4.1.

**Tabela 3.4.1: Características de uso e ocupação do solo na área do futuro Campus Joinville da UFSC.**

Uso e ocupação do solo	Área	
	m <sup>2</sup>	%
Encosta - Primária	13.773	1
Encosta - Estágio Avançado	84.242	6
Encosta - Estágio Médio/Avançado	39.675	3
Encosta - Estágio Inicial	28.031	2
Várzea - Em Regeneração	256.869	19
Várzea - Primário Avançado	205.551	16
Várzea - Aberta	448.906	34
Eucalipto	77.771	6
Pastagem	108.845	8
Áreas Antropizadas	58.319	4
<b>Total</b>	<b>1.321.982</b>	<b>100</b>

Fonte: Planta de cobertura vegetal e uso do solo, DIPLAN/UFSC, 2010

Os valores correspondentes a área de várzea, independentemente do estágio sucessional de recuperação, correspondem a 69% da superfície total, o que corrobora a afirmação anterior quanto à susceptibilidade a inundações freqüentes em grande parcela da extensão da área. Por outro lado, as superfícies que atualmente encontram-se de alguma forma ocupadas, seja por plantio de *Eucalyptus sp.*, pastagem, caminhos ou outros, compreendem 19%, restando áreas de encosta com vegetação primária ou em recuperação num total aproximado de 13%.

Informações disponibilizadas por intermédio do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, realizado em 2009, apontam a presença de diversas valas e canais. Algumas destas, facilmente identificáveis pelo traçado, constituem-se remanescentes de sistema de

drenagem destinado a permitir a realização de atividades agrícolas – historicamente, em decorrência de sua superfície significativamente plana, a área foi utilizada para plantio de arroz. Outras valas, conforme pode ser observado no esquema apresentado na Figura 3.4.3, recebem descargas provenientes de bueiros e drenagem do trecho da rodovia BR-101 adjacente à área.



**Figura 3.4.3: Identificação de valas de drenagem, bueiros e outros corpos hídricos na área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.**

As Fotografias 1 a 8 mostram as valas a jusante dos bueiros, conforme notação apresentada na Figura 3.4.3. É de se destacar que algumas destas valas não apresentam escoamento na ausência de chuvas em períodos antecedentes, indicando que não realizam

transporte de fluxos naturais ou, em outras palavras, não constituem qualquer curso d'água natural que tenha sofrido retificação do traçado longitudinal. O Tabela 3.4.2: apresenta características e dimensões dos bueiros existentes, conforme referenciado na Figura 3.4.3.

**Tabela 3.4.2: Características e dimensões dos bueiros sob a Rodovia BR-101 no limite da área do futuro Campus Joinville da UFSC.**

Identificação	Características e dimensões	Observações
1	Celular, concreto moldado in loco, 2 x (2,5m x 2,5m)	Perene, rio Braço Comprido
2	Celular, concreto moldado in loco, 3 x (1,6m x 2,0m)	Perene, sem denominação
3	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 1,0m	Assoreado, sem denominação
4	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 1,0m	Efêmero, drenagem local
5	Circular, concreto pré-moldado, 2 x $\Phi$ 1,0m	Perene, sem denominação
6	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 0,60m	Efêmero, drenagem local
7	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 1,0m	Efêmero, drenagem local
8	Celular, concreto moldado in loco, 2 x (1,5m x 1,5m)	Perene, rio da Lagoa
9	Circular metálico, $\Phi$ 1,5m	Perene, sem denominação
10	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 0,80m	Perene, sem denominação
11	Circular, concreto pré-moldado, $\Phi$ 0,80m	Assoreado, sem denominação
12	Circular metálico, 1,5m	Perene, sem denominação

Fonte: Levantamento direto, 2010



**Fotografia 1. Vela a jusante do bueiro número 1, correspondente a transposição do rio Braço Comprido, na qual se observa presença de escoamento.**

**Fotografia 2. Vela a jusante do bueiro número 2, na qual observa-se presença de escoamento.**



**Fotografia 3. Vala a jusante do bueiro número 3, na qual se observa presença de escoamento.**



**Fotografia 4. Vala a jusante do bueiro número 4.**



**Fotografia 5. Vala a jusante do bueiro número 5, na qual se observa presença de escoamento.**



**Fotografia 6. Vala a jusante do bueiro número 6.**

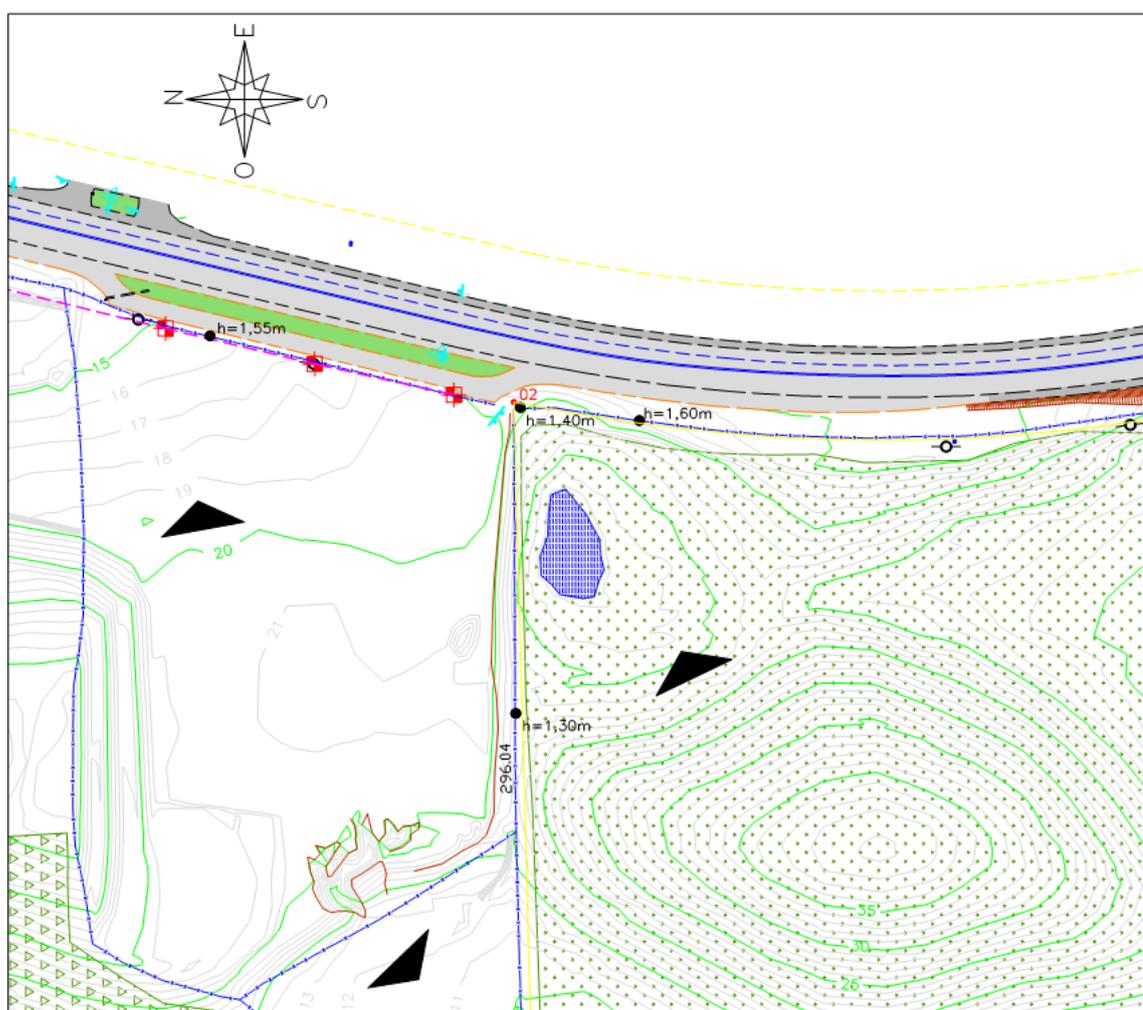


**Fotografia 7. Vala a jusante do bueiro número 7.**



**Fotografia 8. Vala a jusante do bueiro número 8, correspondente a transposição do rio da Lagoa, na qual se observa presença de escoamento.**

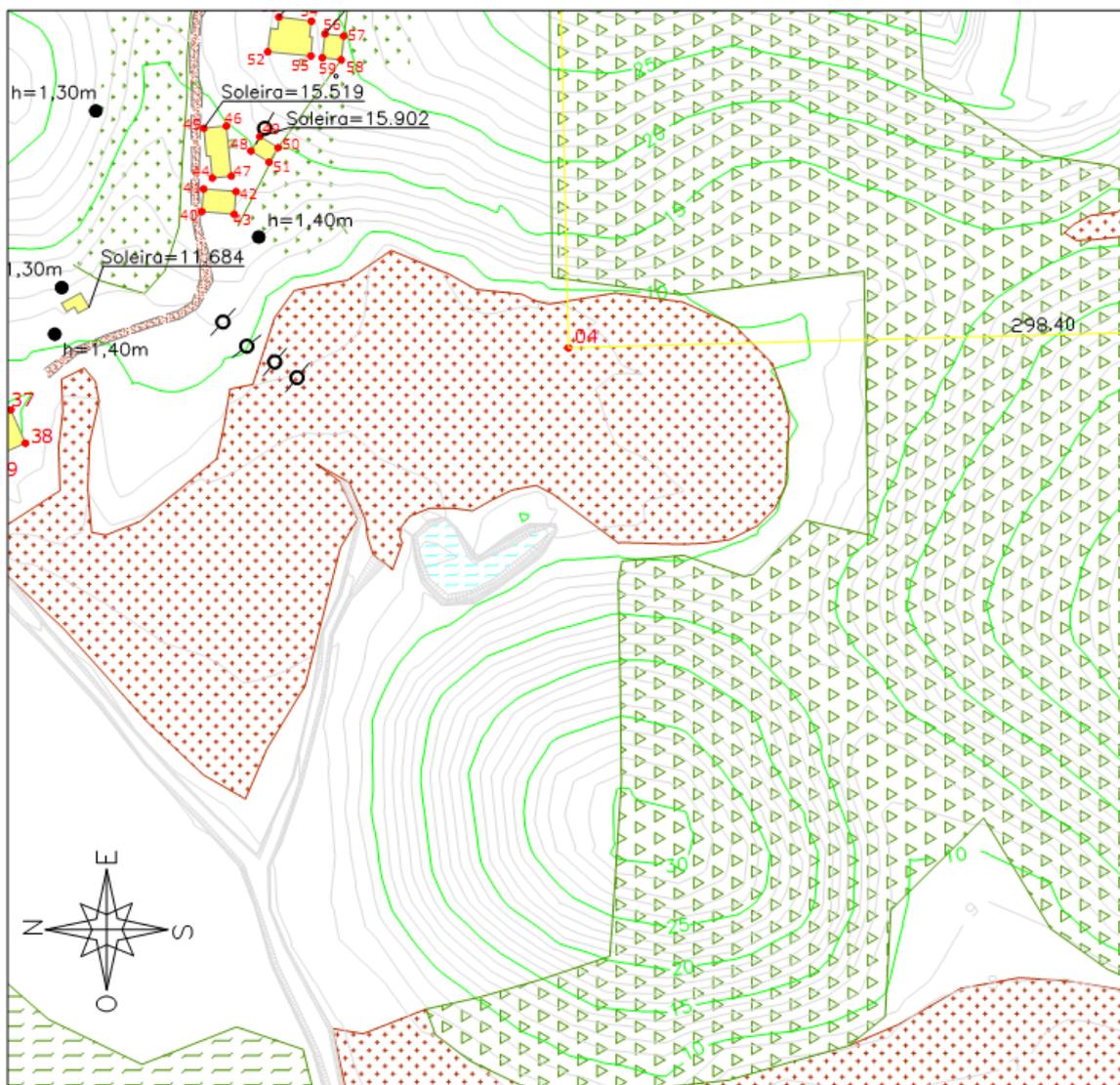
O mesmo esquema apresentado na Figura 3.4.3 indica a presença de dois corpos hídricos, L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>, um dos quais indicado como “lago” no Levantamento Planialtimétrico Cadastral. A análise cuidadosa do referido levantamento, confirmada por visita ao local, permite observar que o corpo hídrico denotado como lago constitui-se verdadeiramente em uma pequena bacia de retenção de águas de chuva provenientes de áreas adjacentes. Esta bacia apresenta características de constituição resultante de movimentos de terra, delimitando-se a norte por aterro realizado para construção de um caminho de acesso em terra existente na propriedade, a leste por remanescente de aterro ou corte realizado durante a construção da Rodovia BR-101, e a oeste por uma pequena elevação natural em terra, conforme indicado na Figura 3.4.4.



**Figura 3.4.4: Identificação de local de acúmulo de águas de chuva com indicação de direções e sentidos dos escoamentos superficiais.**

Na área situada entre a rodovia e o mencionado corpo hídrico, as curvas de nível indicam que o escoamento superficial proveniente das precipitações corresponde ao sentido norte, o que leva à acumulação dos volumes na referida bacia de retenção. Em períodos de excesso de chuvas, as águas acumuladas, em decorrência da facilidade proporcionada pelas baixas cotas, extravasam em direção a uma vala existente no limite da propriedade que encontra-se conectada ao rio da Lagoa. Em períodos sem chuvas, as águas se infiltram muito lentamente em decorrência da característica argilosa do solo naquele local.

O segundo corpo hídrico apresentado no esquema da Figura 3.4.3 é facilmente identificável in loco como uma escavação realizada com auxílio mecânico, conforme Figura 3.4.5. Os ângulos e cortes que configuram os taludes não deixam dúvida quanto a esta conclusão. Provavelmente, a escavação foi constituída para tornar-se ponto de acumulação de águas provenientes de área alagadiça adjacente, facilitando assim a consolidação do escoamento em vala de drenagem aberta a jusante e conectada ao sistema de valas de drenagem anteriormente mencionado.



**Figura 3.4.5: Identificação e localização de escavação realizada com auxílio mecânico.**

Além das valas e outros corpos hídricos aqui mencionados, não se observa na área, seja em visita, ou com indicação auxiliar do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, outros aspectos de interesse para caracterização do sistema hídrico. Inexistem na área fontes ou nascentes, uma vez que, conforme mencionado no início desta exposição, grande parte de sua extensão é constituída por terrenos alagadiços, característicos de zonas de confluência de cursos d'água em locais de relevo suave.

### 3.4.3 Avaliação dos Volumes de Escoamento Superficial

A avaliação dos volumes de escoamento superficial visa caracterizar a magnitude dos escoamentos provenientes de eventos chuvosos críticos sobre a bacia hidrográfica à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville. Esta caracterização permite conhecer o comportamento dos cursos d'água em resultado de precipitações de intensidades elevadas, possibilitando a estimativa de vazões e volumes escoados, bem como a forma como se distribuem sobre a superfície da bacia hidrográfica. Os eventos considerados abrangem os períodos de retorno 4, 10, 20, 50 e 100 anos, típicos de estudos desta natureza.

Os procedimentos de análise contemplam as seguintes fases:

- Análise de precipitações diárias e chuvas intensas. Trata-se de uma análise estatística de informações históricas com objetivo de caracterizar ocorrência de totais diários de precipitação, bem como de chuvas com duração inferior a 24h, em situações extremas. Seus resultados permitem a realização de avaliações dos volumes de escoamento na bacia hidrográfica de interesse.
- Determinação dos tempos de concentração das sub-bacias. Estes resultados subsidiam a definição da duração do evento chuvoso crítico a ser considerado nas avaliações dos volumes de escoamento na bacia hidrográfica de interesse.
- Definição de chuvas de projeto e determinação de precipitações efetivas. A combinação de informações provenientes de levantamentos de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica com as características do evento chuvoso crítico torna possível a definição de cenários prospectivos para avaliação dos volumes de escoamento na bacia hidrográfica de interesse, sob efeito de diferentes taxas de urbanização.
- Análise dos volumes de escoamento e dos hidrogramas afluentes ao local de interesse. A avaliação de volumes de escoamento possibilita estimativas da extensão e das cotas de inundação resultantes de eventos chuvosos em situações freqüentes e em situações extremas, para cada cenário considerado. Os hidrogramas afluentes destinam-se a auxiliar a avaliação das capacidades de descarga e ocorrência de extravasamentos em canais e cursos d'água existentes, como também apóiam estimativas de volumes de reservatórios para detenção temporária do escoamento.

- Análise da urbanização proposta. Trata-se de uma análise complementar ao trabalho anteriormente realizado. Seus resultados possibilitam comparações entre as magnitudes do escoamento superficial e volumes escoados na situação anterior e posterior aos planejados movimentos de terra e construção de edificações.

Em resumo, a avaliação de volumes de escoamento superficial, cotas de inundação e descargas nos cursos d'água é realizada para eventos chuvosos críticos na área da bacia de drenagem à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, analisando-se prospectivamente diferentes cenários de urbanização para esta bacia.

#### **3.4.3.1 Análise de Precipitações Diárias**

A análise das precipitações máximas diárias na região constitui-se um primeiro passo para obtenção de informações sobre intensidades de precipitação com durações inferiores, necessárias para definição de um evento chuvoso crítico. A quantificação de volumes escoados e seus impactos sobre a área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville é pautada em valores de períodos de retorno típicos de projetos de sistemas de drenagem, envolvendo também o risco inerente a ocorrência de eventos extremos. Os procedimentos estatísticos de análise são desenvolvidos a partir de registros pluviométricos disponibilizados por intermédio da Agência Nacional de Águas.

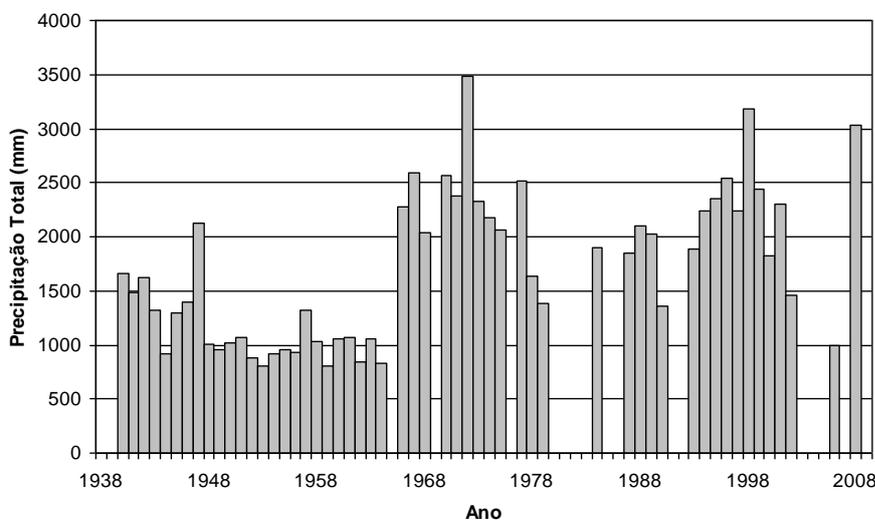
As estações pluviométricas na região de interesse, inventariadas no site HidroWeb da Agência Nacional de Águas, encontram-se relacionadas no Tabela 3.4.3:. Dentre estas, a estação que possui a mais longa série histórica, além de apresentar-se atualmente em operação, é a de Joinville (RVPSC), cujo código é 2648014, com coordenadas geográficas - 26:19:18 (S) e 48:50:47 (W), a uma altitude de 6m.

Em decorrência de falhas e ausência de informações, a série histórica correspondente compreende 54 anos de registros. A distribuição dos totais anuais de precipitação encontra-se representada na Figura 3.4.6, resultando o valor médio de 1694,4mm. Observa-se que a partir do ano de 1966 os totais registrados encontram-se em níveis superiores ao período anterior, o que indica possível mudança do local da estação. Uma vez que não há qualquer menção sobre esta inferência no site HidroWeb, a análise aqui apresentada abrange os 54 anos de registros.

**Tabela 3.4.3: Estações pluviométricas próximas da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.**

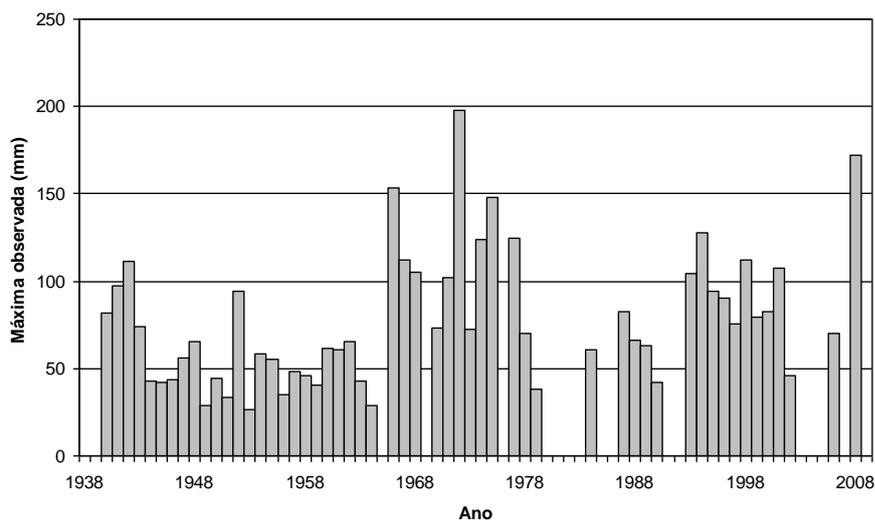
Código	Nome	Responsável	Operadora	Período de dados
2648033	Pirabeiraba	ANA	EPAGRI	1987-2009
2648034	Estrada dos Morros	ANA	EPAGRI	1987-2009
2648035	Joinville - Fund.	EPAGRI	Desativada	1989-1991
2648014	Joinville (RVPSC)	ANA	EPAGRI	1938-2009
2648005	Joinville	DNOS	Desativada	1952-1989

Fonte: Hidroweb, Agência Nacional de Águas.



**Figura 3.4.6: Distribuição dos totais anuais de precipitação para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

Para se avaliar as máximas precipitações diárias segundo períodos de recorrência típicos de análises de cheias, é necessário um ajuste estatístico dos valores da série histórica anual, Figura 3.4.7, a uma distribuição de extremos.



**Figura 3.4.7: Distribuição das máximas precipitações diárias anuais para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

Os registros não consistidos das máximas precipitações diárias, disponibilizados no site HidroWeb e apresentados na Tabela 3.4.4, foram ajustados à distribuição de extremos de Gumbel-Chow, de larga aplicação em análises hidrológicas desta natureza (Naghettini e Pinto, 2007).

**Tabela 3.4.4: Precipitações máximas diárias registradas na estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

Ano	Máxima Precipitação Diária (mm)	Ano	Máxima Precipitação Diária (mm)
1940	81,7	1968	105,4
1941	97,3	1970	73,0
1942	111,7	1971	102,0
1943	73,6	1972	198,0
1944	42,6	1973	72,4
1945	42,2	1974	124,0
1946	43,8	1975	148,0
1947	56,0	1977	124,6
1948	65,4	1978	70,0
1949	28,6	1979	38,0
1950	44,2	1984	60,4
1951	33,6	1987	82,8
1952	94,4	1988	66,0
1953	26,6	1989	63,0
1954	58,6	1990	42,4
1955	55,5	1993	104,7
1956	35,2	1994	128,0
1957	48,2	1995	93,9
1958	46,2	1996	90,2
1959	40,4	1997	75,6
1960	61,5	1998	112,0
1961	60,5	1999	79,6
1962	65,8	2000	82,9
1963	43,0	2001	107,4
1964	29,1	2002	46,0
1966	153,3	2006	70,0
1967	112,0	2008	172,0

Os valores da média e do desvio padrão para a série histórica de máximas precipitações diárias sem falhas igual a 54 anos, são iguais a 77,5mm e 37,8mm, respectivamente. As estimativas das precipitações máximas diárias segundo ajuste à distribuição de Gumbel-Chow constam da Tabela 3.4.5, para os períodos de retorno indicados. Na mesma tabela incluem-se os fatores de correção e os correspondentes valores das máximas precipitações para períodos chuvosos de 24h (CETESB, 1978).

**Tabela 3.4.5: Precipitações máximas diárias estimadas para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

Período de Retorno (anos)	Precipitação máxima diária estimada (mm)	Precipitação máxima estimada para 24h (mm)
4	100,01	113,01
10	132,55	149,79
20	155,87	177,70
50	186,06	213,97
100	208,68	239,98

Os riscos de ocorrência destes valores, para os próximos 2 anos, 5 anos e 10 anos são apresentados na Tabela 3.4.6:.

**Tabela 3.4.6: Risco de ocorrência de precipitações críticas, em função do período de retorno.**

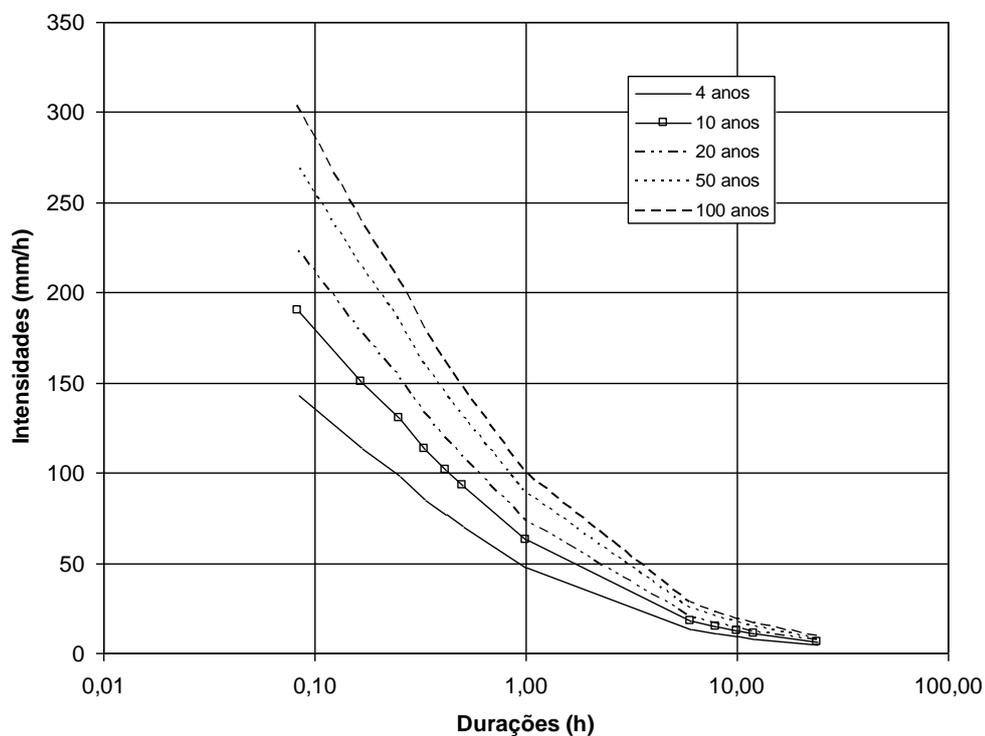
Período de Retorno (anos)	Máxima precipitação diária estimada (mm)	Risco de ocorrência em		
		2 anos	5 anos	10 anos
4	100,01	44%	76%	94%
10	132,55	19%	41%	65%
20	155,87	10%	23%	40%
50	186,06	4%	10%	18%
100	208,68	2%	5%	10%

### 3.4.3.2 Curvas de chuvas intensas

As chuvas intensas correspondem às precipitações que ocorrem em períodos inferiores a um dia, sendo usualmente representadas por curvas ou equações de chuvas intensas. Uma vez que não se dispõe de equações desta natureza para o local da análise, empregou-se o método da desagregação de chuvas diárias para obtenção de curvas de chuvas intensas (CETESB, 1978). Os resultados são apresentados na Tabela 3.4.7 e Figura 3.4.8.

**Tabela 3.4.7: Intensidades de precipitação resultantes de desagregação de máximas precipitações diárias para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

Duração	Período de retorno				
	4	10	20	50	100
5 min	143,3	189,9	225,3	271,3	304,3
10 min	113,8	150,8	178,9	215,5	241,7
15 min	98,3	130,3	154,6	186,2	208,8
20 min	85,4	113,1	134,2	161,6	181,2
25 min	76,7	101,7	120,6	145,2	162,9
30 min	70,2	93,1	110,5	133,0	149,2
1 h	47,5	62,9	74,6	89,9	100,8
6 h	13,6	18,0	21,3	25,7	28,8
8 h	11,0	14,6	17,3	20,9	23,4
10 h	9,3	12,3	14,6	17,5	19,7
12 h	8,0	10,6	12,6	15,2	17,0
24 h	4,7	6,2	7,4	8,9	10,0



**Figura 3.4.8: Curvas de chuvas intensas obtidas por desagregação de máximas precipitações diárias para a estação 2648014, Joinville (RVPSC).**

### 3.4.3.3 Estimativas de tempos de concentração

O tempo de concentração constitui-se parâmetro capital para obtenção do hidrograma de projeto, uma vez que é a partir do mesmo que se estabelece a duração do evento chuvoso crítico, ou precipitação de projeto. No presente caso, os tempos de concentração de cada uma das sub-bacias foram estimados com emprego de quatro diferentes fórmulas, Kirpich, Ven Te Chow, Picking e Carter (Tucci, 1997). Os resultados obtidos constam na Tabela 3.4.8, utilizando-se a notação presente na Figura 3.4.9.

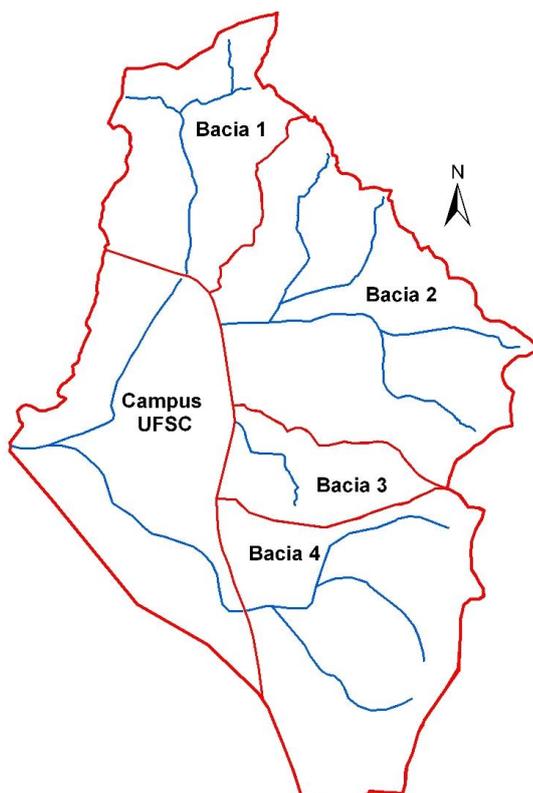


Figura 3.4.9: Delimitação local da área de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.

Tabela 3.4.8: Valores estimados dos tempos de concentração para as sub-bacias afluentes ao local de implantação do futuro Campus da UFSC, em Joinville.

Característica	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4
Área de drenagem(Km <sup>2</sup> )	1,523	3,010	0,746	2,477
Comprimento do talvegue (Km)	0,97	2,25	1,13	1,73
Declividade média do talvegue (m/m)	0,01031	0,00965	0,00729	0,00917
Método de Kirpich, tc (min)	22,60	44,51	29,09	37,00
Método de Ven Te Chow, tc (min)	24,40	42,85	30,09	36,75
Método de Picking, tc (min)	23,76	42,69	29,55	36,39
Método de Carter, tc (min)	22,65	38,40	27,57	33,25

Conforme pode ser observado na referida tabela, o maior tempo de concentração corresponde à sub-bacia 2, da ordem de 45 minutos. Considerando-se que o tempo de concentração da bacia que drena ao local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville deve corresponder à toda sua área de drenagem, é este o valor a ser considerado para a duração do evento chuvoso crítico a ser utilizado para as estimativas de vazões provenientes de cada uma das sub-bacias.

#### 3.4.3.4 Definição da chuva de projeto

O evento chuvoso crítico, denominado chuva de projeto, foi estabelecido com emprego do método dos blocos alternados (CETESB, 1978). Os períodos de retorno utilizados são os mesmos apresentados anteriormente, 4, 10, 20, 50 e 100 anos. A duração da chuva de projeto é igual a 45 minutos, distribuindo-se os períodos de precipitação uniforme correspondentes a cada sub-bacia conforme as respectivas durações dos hidrogramas unitários sintéticos – durações unitárias referidas posteriormente –, o que resultou em diferentes números de períodos de precipitação para a chuva de projeto, conforme observado na Tabela 3.4.9:.

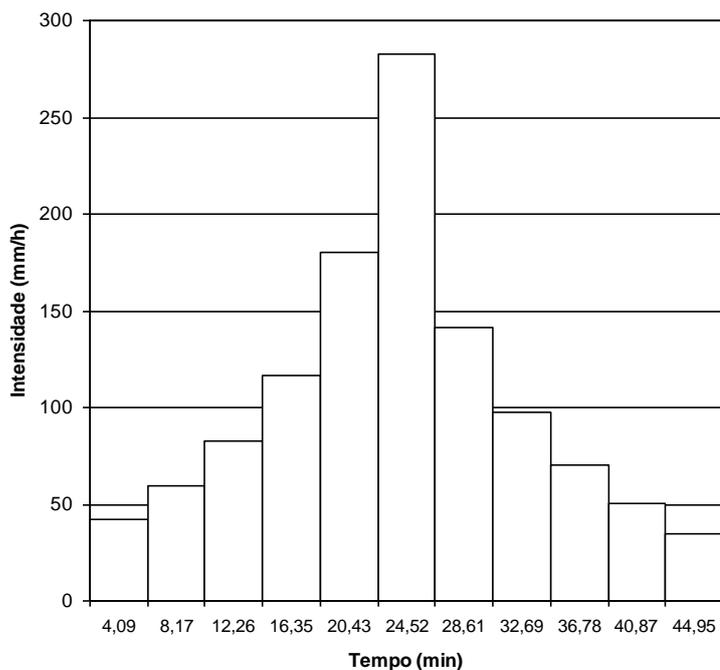
**Tabela 3.4.9: Durações das chuvas unitárias e respectivos números de períodos de precipitação para a chuva de projeto, em cada uma das sub-bacias.**

Sub-bacia	Duração da chuva unitária (min)	Número de períodos de precipitação
1	4,09	11
2	7,37	6
3	5,09	9
4	6,27	7

A determinação das chuvas de projeto seguiu o mesmo procedimento de cálculo para todas as situações consideradas, em número de 24. Um exemplo dos resultados, referente ao período de retorno  $T=50$  anos para à sub-bacia 1 é apresentado na Tabela 3.4.10.

**Tabela 3.4.10: Chuva de projeto para a sub-bacia 1, período de retorno T=50 anos.**

Número do bloco	Duração [min]	Duração [h]	Intensidades [mm/h]	Chuva de projeto [mm/h]
1	4,09	0,07	282,30	42,31
2	8,17	0,14	179,96	59,78
3	12,26	0,20	141,33	82,73
4	16,35	0,27	116,24	116,24
5	20,43	0,34	97,59	179,96
6	24,52	0,41	82,73	282,30
7	28,61	0,48	70,37	141,33
8	32,69	0,54	59,78	97,59
9	36,78	0,61	50,53	70,37
10	40,87	0,68	42,31	50,53
11	44,95	0,75	34,92	34,92



**Figura 3.4.10: Chuva de projeto para a sub-bacia 1 correspondente ao período de retorno T=50 anos.**

#### 3.4.3.5 Determinação das precipitações efetivas

Precipitação efetiva ou chuva excedente corresponde à parcela da precipitação que se transforma em escoamento superficial, depois de descontadas as perdas devidas à retenção na vegetação, no umedecimento do solo, em depressões e pequenos reservatórios. As precipitações efetivas empregadas para os cálculos dos volumes afluentes à seção de interesse foram estimadas por intermédio do método desenvolvido pelo National Resources Conservation Service - NRCS, aqui denominado método da Retenção Potencial Máxima, mais conhecido como método do Curve Number (TUCCI, 1997).

Segundo o procedimento adotado, a avaliação do potencial de geração de escoamento superficial é realizada com emprego do Número de Deflúvio (CN) correspondente à bacia hidrográfica, parâmetro este estabelecido em função do tipo e uso do solo, características de manejo ou conservação e da condição de umidade. Os atuais padrões de uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica que contém o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville são apresentados nas figuras a seguir, incluindo-se na Tabela 3.4.11 os correspondentes valores de áreas.

De acordo à caracterização realizada na região e na ausência de levantamentos experimentais detalhados acerca das taxas de infiltração nos solos da bacia, considerou-se que os solos correspondem ao tipo C, segundo classificação do SCS, apresentando-se barrentos com teor de argila de 20 a 30%, sem camadas argilosas impermeáveis ou pedras até a profundidade de 1,5m.

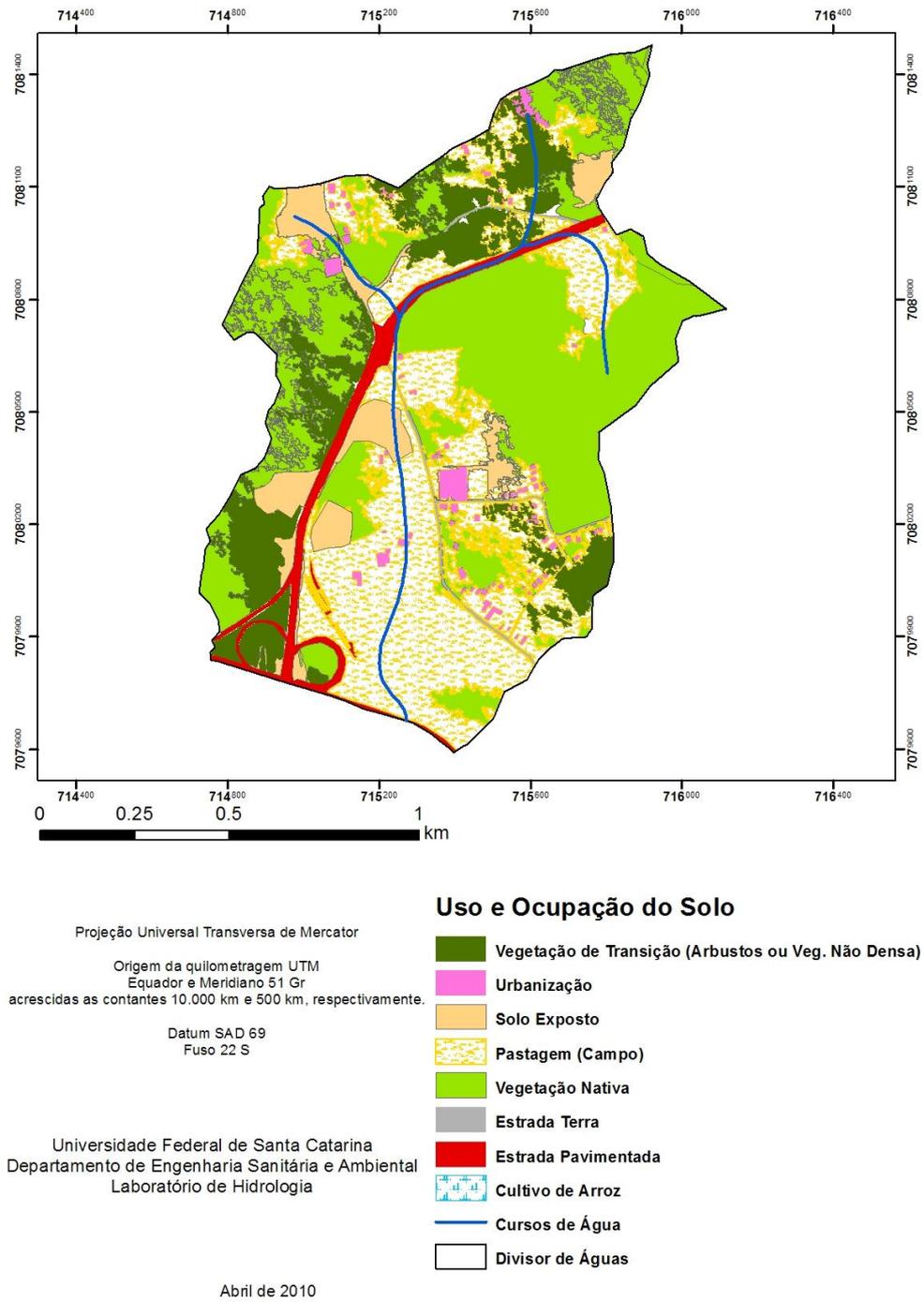


Figura 3.4.11: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 1.

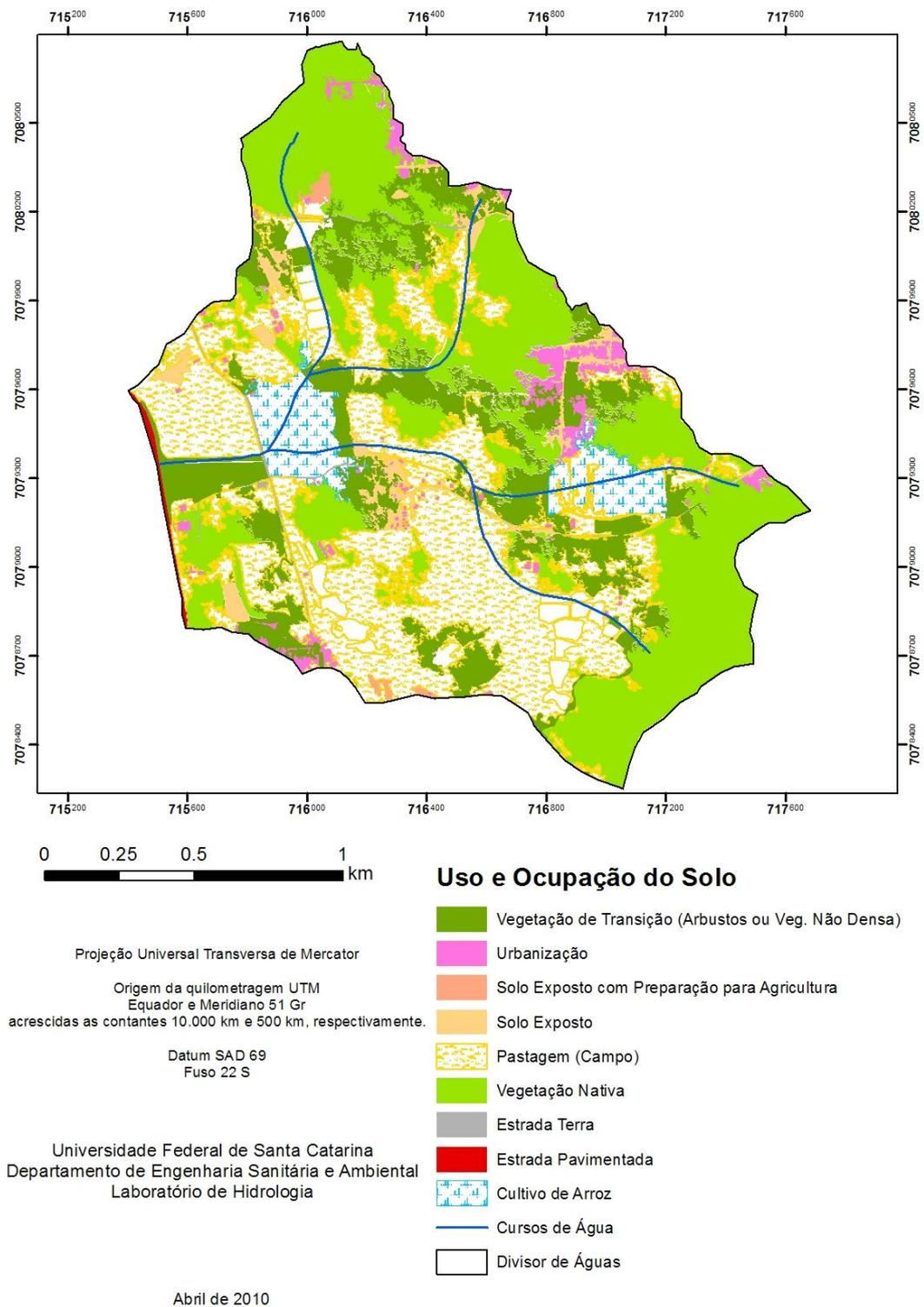


Figura 3.4.12: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 2.

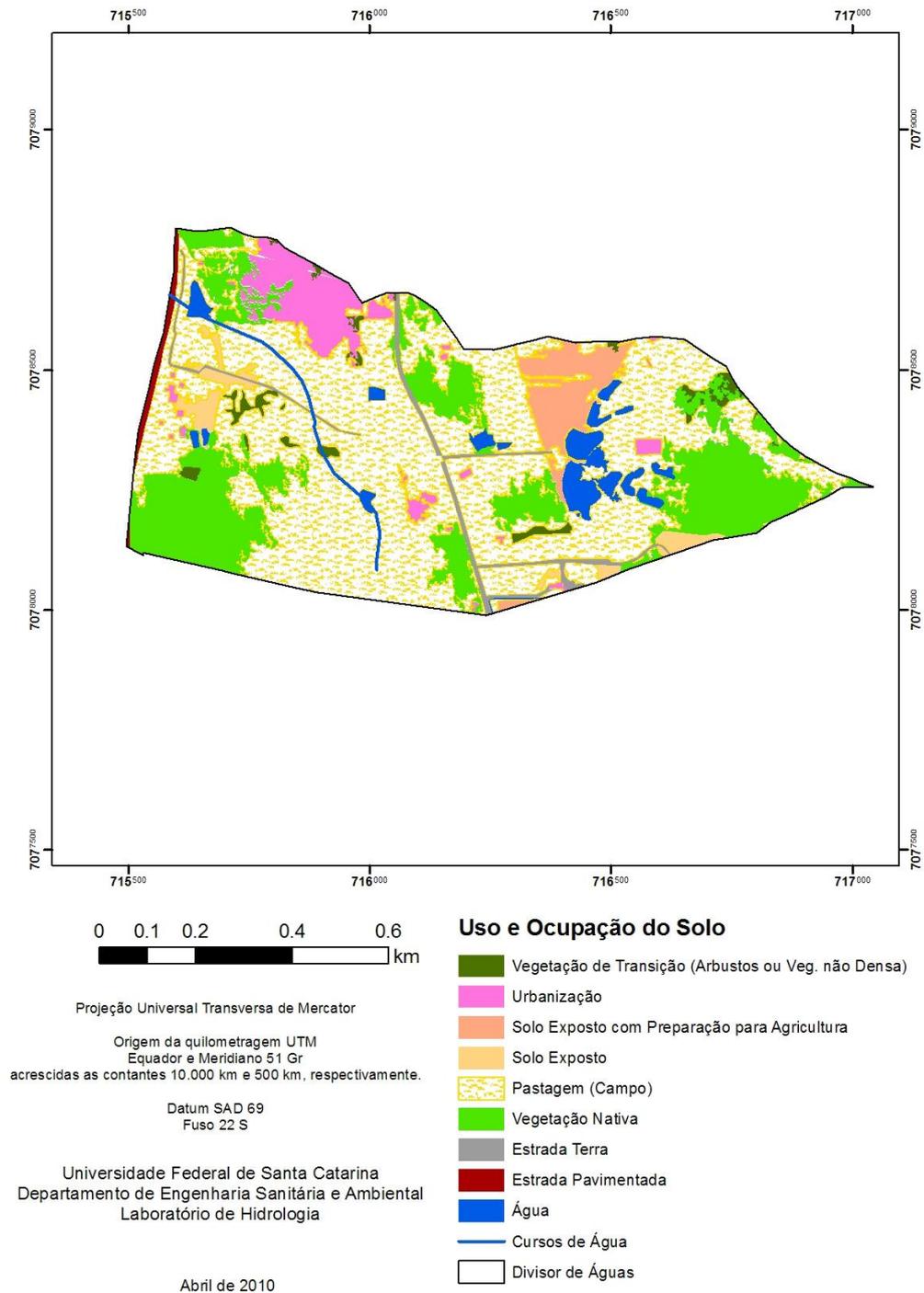


Figura 3.4.13: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 3.

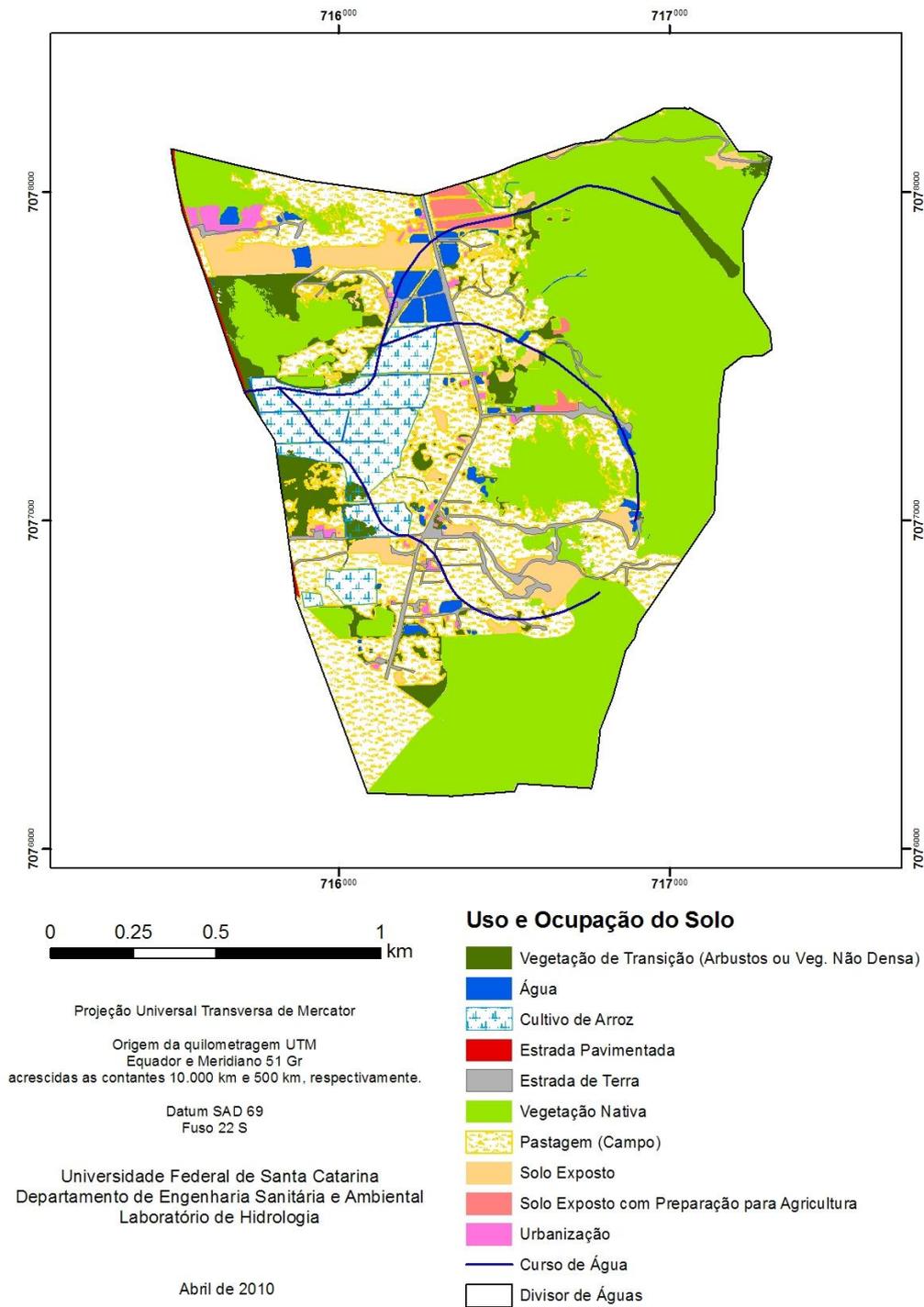
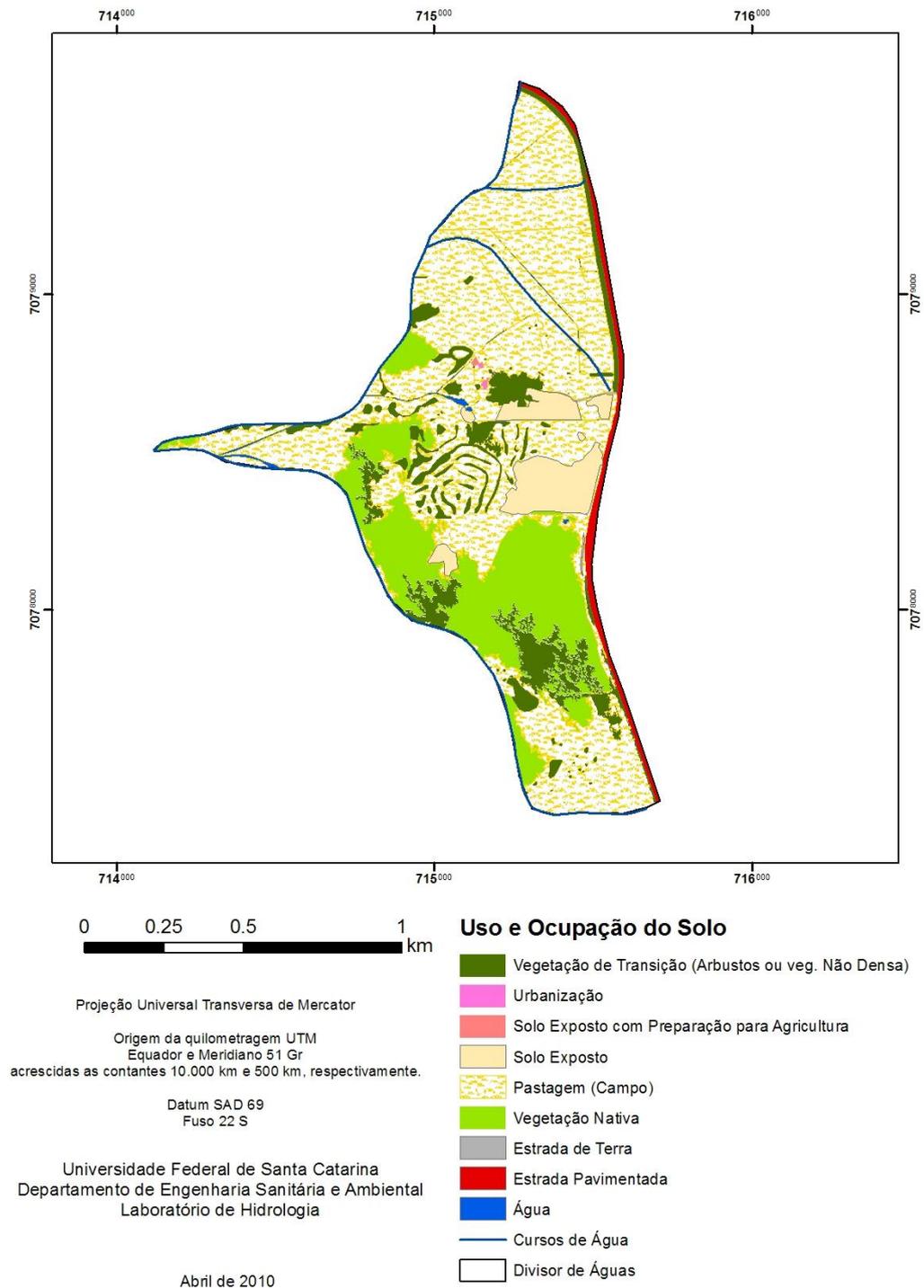


Figura 3.4.14: Padrões de uso e ocupação do solo para a sub-bacia 4.



**Figura 3.4.15: Padrões de uso e ocupação do solo para a área a jusante da rodovia BR-101, na qual se encontra o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.**

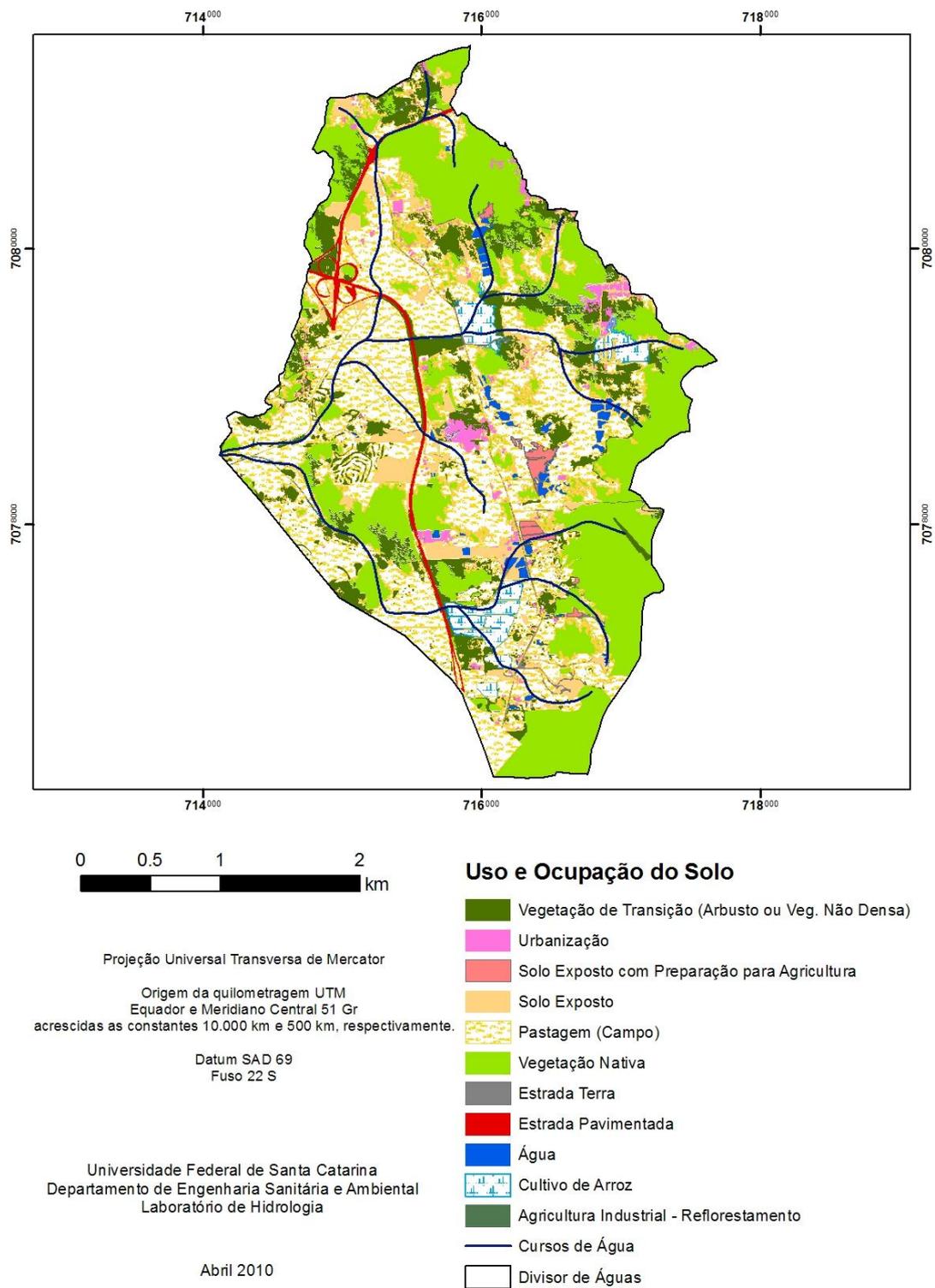


Figura 3.4.16: Visão global dos padrões de uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica na qual se encontra o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.

**Tabela 3.4.11: Padrões de uso e ocupação do solo e respectivas áreas para a bacia hidrográfica que contém o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.**

Uso do solo	Sub-bacias				Área a jusante da rodovia BR-101	Total
	1	2	3	4		
	(Km <sup>2</sup> )	(Km <sup>2</sup> )				
Pastagem (campo)	0,466	0,930	0,445	0,706	0,765	3,312
Mata nativa	0,613	1,046	0,128	1,075	0,294	3,156
Vegetação de transição (arbustos ou vegetação não densa)	0,208	0,497	0,021	0,178	0,152	1,056
Solo exposto	0,106	0,088	0,017	0,138	0,076	0,425
Cultivo de arroz	0,000	0,170	0,000	0,183	0,000	0,353
Superfície de água	0,001	0,119	0,026	0,058	0,016	0,221
Urbanização	0,034	0,104	0,045	0,033	0,002	0,218
Estrada pavimentada	0,074	0,010	0,005	0,007	0,038	0,135
Estrada terra	0,020	0,035	0,015	0,075	0,002	0,146
Solo exposto (preparado para agricultura)	0,000	0,011	0,032	0,026	0,000	0,069
Agricultura industrial (reflorestamento)	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,011
Área total (Km <sup>2</sup> )	1,52	3,01	0,75	2,48	1,35	9,10

Pode ser observado nas figuras que as áreas de nascentes na sub-bacia 1 encontram-se em situação delicada no que concerne a proteção; uma delas localiza-se em área já urbanizada e outra em solo preparado para agricultura. Na sub-bacia 2, a ocupação urbana aproxima-se das nascentes de dois cursos d'água. A sub-bacia 3 não apresenta vegetação ciliar em nenhuma extensão do talvegue principal, ainda que se trate de um curso d'água efêmero no qual ocorre escoamento apenas em decorrência de eventos chuvosos. Na sub-bacia 4, a nascente de um dos cursos d'água formadores encontra-se em local de atividade agrícola. É oportuno comentar a necessidade e importância de fiscalização, por parte do Poder Público, de forma a proteger as áreas de nascentes, como garantia de manutenção dos escoamentos e da qualidade das águas. Os comentários aqui apresentados são resultantes de análises cartográficas, fazendo-se necessários levantamentos *in loco* de forma a identificar corretamente a localização das nascentes referidas, procedendo-se a delimitação e sinalização das respectivas áreas de proteção permanente. De forma geral, observa-se nas mesmas figuras pressão urbana em direção às cabeceiras das bacias e às áreas de mata nativa nestes locais.

A Tabela 3.4.12 apresenta os resultantes valores dos Números de Deflúvio correspondentes aos usos do solo atuais na bacia hidrográfica. Os resultados indicam grande homogeneidade em toda a bacia, obtendo-se um valor global de Número de Deflúvio (CN≈73), muito próximo dos valores encontrados para as sub-bacias.

**Tabela 3.4.12: Cálculo do Número de Deflúvio para a bacia de drenagem a montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC, em Joinville.**

Uso do solo	CN	Valores das áreas correspondentes (Km <sup>2</sup> )				
	Solo C	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4	Total
Pastagem (campo)	75	0,466	0,930	0,445	0,706	2,548
Mata nativa	70	0,613	1,046	0,128	1,075	2,862
Vegetação de transição (arbustos ou vegetação não densa)	78	0,208	0,497	0,021	0,178	0,903
Solo exposto	82	0,106	0,088	0,017	0,138	0,349
Cultivo de arroz	79	0,000	0,170	0,000	0,183	0,353
Superfície de água	0	0,001	0,119	0,026	0,058	0,205
Urbanização	83	0,034	0,104	0,045	0,033	0,216
Estrada pavimentada	98	0,074	0,010	0,005	0,007	0,096
Estrada terra	87	0,020	0,035	0,015	0,075	0,144
Solo exposto (preparado para agricultura)	79	0,000	0,011	0,032	0,026	0,069
Agricultura industrial (reflorestamento)	62	0,000	0,000	0,011	0,000	0,011
Área total (Km <sup>2</sup> )		1,52	3,01	0,75	2,48	7,75
CN global		<b>75,28</b>	<b>71,73</b>	<b>72,63</b>	<b>72,54</b>	<b>72,77</b>

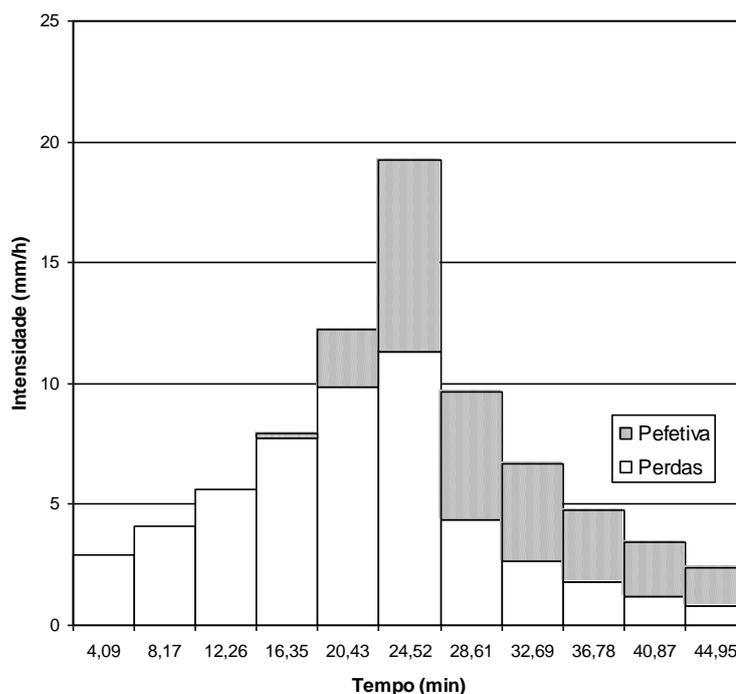
O cálculo das precipitações efetivas foi realizado mediante os valores dos Números de Deflúvio apresentados na Tabela 3.4.12.; visando, desta forma, refletir fielmente as condições atuais de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Os procedimentos de cálculo seguem o método do NRSC.

As precipitações efetivas para a sub-bacia 1, empregando-se Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos constam da Tabela 3.4.13.

**Tabela 3.4.13: Determinação da precipitação efetiva para a sub-bacia 1 correspondente ao Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos.**

intervalo de tempo	Duração [min]	Intensidades [mm/h]	Precipitação total [mm]	Precipitação efetiva [mm]	Perdas [mm]
1	4,09	42,31	2,88	0,00	2,88
2	8,17	59,78	4,07	0,00	4,07
3	12,26	82,73	5,63	0,00	5,63
4	16,35	116,24	7,92	0,17	7,75
5	20,43	179,96	12,26	2,43	9,83
6	24,52	282,30	19,23	7,90	11,33
7	28,61	141,33	9,63	5,23	4,40
8	32,69	97,59	6,65	3,98	2,67
9	36,78	70,37	4,79	3,03	1,77
10	40,87	50,53	3,44	2,25	1,20
11	44,95	34,92	2,38	1,58	0,79

A Figura 3.4.17 representa a chuva de projeto com detalhe das perdas e da precipitação efetiva para a sub-bacia 1, correspondente ao Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos, conforme cálculos apresentados na Tabela 3.4.13.



**Figura 3.4.17: Chuva de projeto - perdas e precipitação efetiva, para a sub-bacia 1 correspondente ao Número de Deflúvio CN=75,28 e período de retorno T=50 anos.**

Os cálculos referentes às precipitações efetivas não se restringiram apenas aos valores de Número de Deflúvio correspondentes aos usos do solo atuais na bacia hidrográfica, globalmente da ordem de 73. Complementarmente, foram analisados os resultados obtidos para dois valores que refletem características de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica capazes de promover maiores taxas de geração de escoamento superficial. Os valores adotados são interpretados como possíveis cenários de urbanização, o que permite uma visão prospectiva abrangente da questão. A inclusão de valores de Números de Deflúvio superiores tem por finalidade possibilitar a avaliação de volumes de cheia em condições futuras, quando a ocupação da bacia for diferente da atual – supõe-se que haverá maior urbanização da área em decorrência do pólo de atração representado pela instalação do Campus da UFSC na região. No primeiro cenário, adotou-se Número de Deflúvio CN=85, correspondente a um grau elevado de impermeabilização do solo, conseqüência de extensa urbanização, e no segundo, com Número de Deflúvio CN=95, representando um quadro de urbanização extensa e extremamente adensada. Todas as análises abrangem os períodos de retorno mais freqüentes em estudos desta natureza, conforme mencionado anteriormente. Os resultados encontram-se relacionados na Tabela 3.4.14.

**Tabela 3.4.14: Valores dos totais de precipitação efetiva, em mm, em função da precipitação total, período de retorno e Número de Deflúvio, considerando-se uma chuva de projeto com 45 minutos de duração.**

Período de Retorno (anos)	Precipitação total (mm)	Sub-bacia 1			Sub-bacia 2			Sub-bacia 3			Sub-bacia 4		
		75,28	85	95	71,73	85	95	72,63	85	95	72,54	85	95
4	41,67	5,76	13,79	29,03	3,85	13,80	29,04	4,37	13,94	29,24	4,14	13,59	28,76
10	55,22	12,18	23,49	41,89	9,16	23,50	41,90	10,02	23,72	42,17	9,62	23,19	41,51
20	65,51	18,03	31,54	51,81	14,22	31,55	51,83	15,32	31,83	52,15	14,78	31,16	51,36
50	78,88	26,57	42,60	64,83	21,81	42,62	64,85	23,22	42,96	65,25	22,49	42,13	64,28
100	88,47	33,21	50,84	74,23	27,81	50,86	74,25	29,44	51,26	74,70	28,57	50,29	73,61

### 3.4.3.6 Análise dos volumes de escoamento

Os volumes de escoamento superficial são obtidos por intermédio das precipitações efetivas distribuídas respectivamente sobre cada uma das sub-bacias correspondentes. O cálculo

destes valores não considera a evolução temporal dos processos, representando apenas uma imagem instantânea do volume escoado. As tabelas a seguir apresentam os resultados correspondentes.

**Tabela 3.4.15: Volumes de escoamento totais, em m<sup>3</sup>, para Números de Deflúvio correspondentes às características de uso e ocupação do solo atual (CN<sub>global</sub>=73).**

Período de Retorno (anos)	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4	Volume Total
4	8.772	11.589	3.260	10.255	33.876
10	18.550	27.572	7.475	23.829	77.425
20	27.460	42.802	11.429	36.610	118.301
50	40.466	65.648	17.322	55.708	179.144
100	50.579	83.708	21.962	70.768	227.017

**Tabela 3.4.16: Volumes de escoamento totais, em m<sup>3</sup>, para Números de Deflúvio CN=85.**

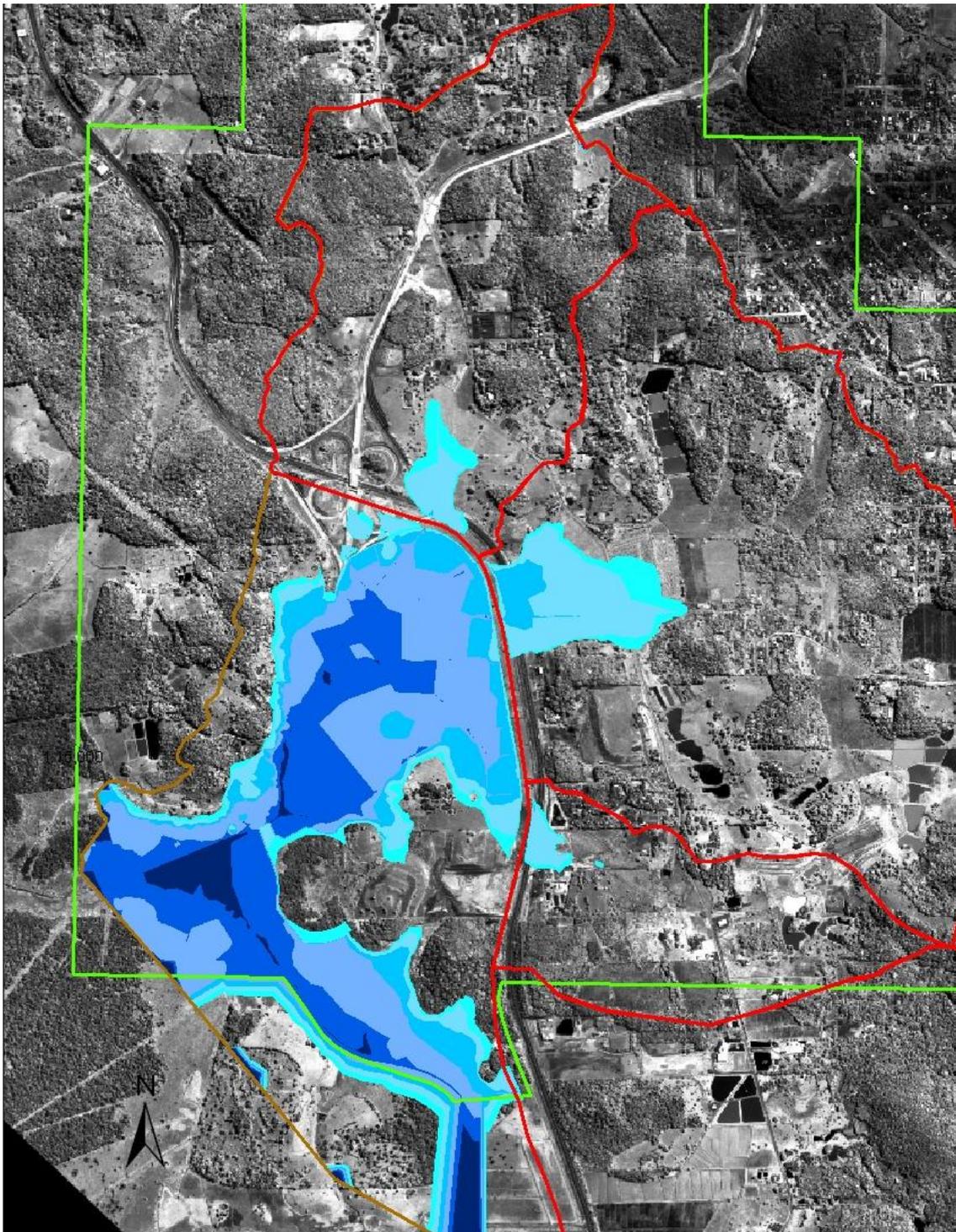
Período de Retorno (anos)	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4	Volume Total
4	21.002	41.538	10.399	33.662	106.602
10	35.775	70.735	17.695	57.442	181.647
20	48.035	94.966	23.745	77.183	243.929
50	64.880	128.286	32.048	104.356	329.570
100	77.429	153.089	38.240	124.568	393.326

**Tabela 3.4.17: Volumes de escoamento totais, em m<sup>3</sup>, para Números de Deflúvio CN=95.**

Período de Retorno (anos)	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4	Volume Total
4	44.213	87.410	21.813	71.239	224.675
10	63.798	126.119	31.459	102.820	324.197
20	78.907	156.008	38.904	127.219	401.038
50	98.736	195.199	48.677	159.222	501.833
100	113.052	223.493	55.726	182.332	574.603

Para uma avaliação preliminar da extensão das superfícies e cotas de inundação no local de implantação do futuro Campus da UFSC, considerou-se que os volumes de escoamento superficial sejam completamente retidos naquele local. Esta hipótese, ainda que situada num cenário extremo, possibilita uma análise conservativa e oferece um patamar de avaliação preventivo para ocupação da área, bem como para planejamento de medidas para contenção de cheias.

As capacidades de armazenamento foram determinadas com auxílio das informações disponibilizadas por intermédio do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, realizado em 2009, bem como do projeto de terraplanagem e implantação das edificações previstas. O cálculo dos volumes foi realizado por integração numérica entre curvas de nível consecutivas na faixa de cotas entre 5m e 9m, excluindo-se os volumes correspondentes ao maciço no qual se encontra em construção o Contorno Ferroviário de Joinville. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 3.4.18, Tabela 3.4.18 e Figura 3.4.20.



**Figura 3.4.18: Superfícies de inundação sob condição de retenção total do escoamento superficial na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa.**

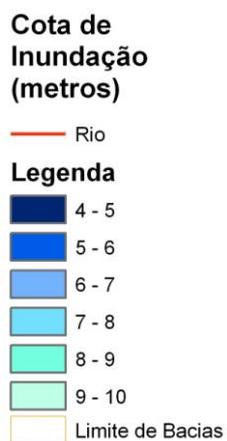
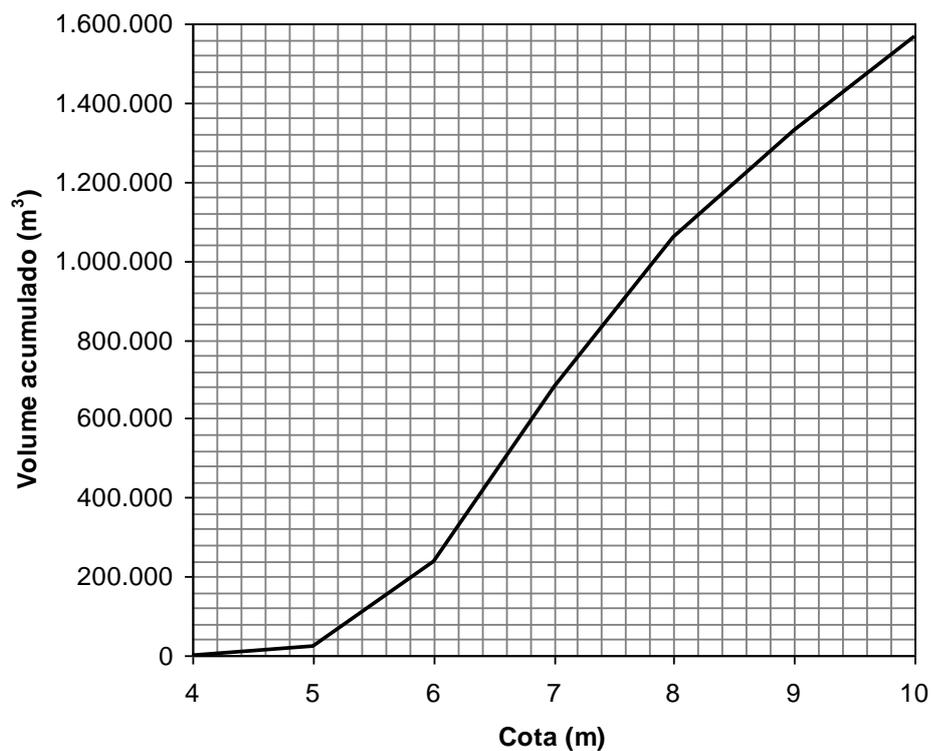


Figura 3.4.19: Legenda correspondente às superfícies de inundação

Tabela 3.4.18: Relação entre cota, área e volume de água armazenado.

Cota (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
4	1.201	0
5	49.557	25.379
6	430.781	240.169
7	930.434	680.607
8	1.184.700	1.057.567
9	1.477.650	1.331.175
10	1.658.448	1.568.049



**Figura 3.4.20: Relação cota versus volume armazenado.**

Conforme mencionado anteriormente, considerou-se hipoteticamente que os volumes totais escoados, apresentados na Tabela 3.4.15, Tabela 3.4.16 e Tabela 3.4.17, sejam integralmente retidos no local de implantação do futuro Campus da UFSC; desta forma, atingiriam os valores de cotas de inundação apresentadas na Tabela 3.4.19.

**Tabela 3.4.19: Volumes de escoamento superficial, em m<sup>3</sup>, e correspondentes cotas de inundação, em m, entre parênteses, considerando-se retenção total no local de implantação do futuro Campus da UFSC.**

Período de Retorno (anos)	Valores globais dos Números de Deflúvio		
	Atual (≈73)	85	95
4	33.876 (5,0)	106.602 (5,4)	224.675 (5,9)
10	77.425 (5,2)	181.647 (5,7)	324.197 (6,2)
20	118.301 (5,4)	243.929 (6,0)	401.038 (6,4)
50	179.144 (5,7)	329.570 (6,2)	501.833 (6,6)
100	227.017 (5,9)	393.326 (6,3)	574.603 (6,8)

Ao comentar os valores obtidos na Tabela 3.4.19 é oportuno retomar os cenários prospectivos considerados na definição dos Números de Deflúvio para situações futuras. No primeiro cenário, o Número de Deflúvio CN=85 visou refletir um grau elevado de impermeabilização do solo, conseqüência de extensa urbanização. No segundo, o valor do Número de Deflúvio CN=95 buscou representar um quadro de urbanização extensa e extremamente adensada, característico de áreas urbanas centrais.

Alguns valores de cotas merecem ser então analisados. Primeiramente, a cota mínima da Rodovia BR-101 em todo o trecho adjacente ao local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, encontra-se ao valor de 11m, desta forma, mesmo com grau extremo de urbanização nas áreas à montante, não há risco de inundação sobre esta rodovia.

Por outro lado, a previsão de movimentos de terra e definição das cotas para instalação de edificações e outras obras referentes ao futuro Campus da UFSC em Joinville serão realizados ao nível mínimo de 9m. Desta forma, os valores apresentados permitem inferir que em situações reais, nas quais não ocorre a retenção de fluxos conforme considerado nesta análise, o local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, embora sujeito a inundações naturais, em função de sua localização na confluência de cursos d'água, não apresenta risco de inundação capaz de ameaçar as instalações previstas. Esta conclusão é congruente com todas as hipóteses estabelecidas e análises realizadas.

Dois aspectos merecem extrema atenção, e devem ser observados de maneira preventiva, ao momento em que se iniciam as ações para implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, ainda que estes aspectos impliquem iniciativas externas à área da propriedade da Universidade.

Primeiramente, em função dos cálculos apresentados, é fundamental ao ente responsável pelo disciplinamento do uso e ocupação do solo local, Instituto de Planejamento Urbano de Joinville, considerar a implementação de medidas preventivas para controlar as descargas resultantes das sub-bacias contribuintes ao local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, descargas estas que apresentam tendência à elevação em decorrência da reorganização do uso e ocupação do solo advinda desta implantação.

A necessidade de medidas preventivas é justificada por intermédio da análise dos riscos de ocorrência de eventos extremos, cujos valores constam na Tabela 3.4.6. Constatou-se que nos próximos 10 anos há 94% de risco de ocorrência de eventos com período de retorno 4 anos, no qual a cota máxima de inundação seria de 5,9m, caso a urbanização fosse extensa e adensada em toda área da bacia hidrográfica à montante. Já o risco de um evento de período de retorno secular também nos próximos 10 anos, é de 10%, chegando a cota de inundação a 5,9m, caso fosse mantida a condição de ocupação do solo atual, 6,3m para urbanização extensa e de 6,8m para urbanização extensa e adensada a montante. Ambas as situações consideram hipoteticamente total retenção do volume de escoamento superficial no local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.

Desde já estes valores indicam a **pertinência e necessidade de disciplinamento do uso do solo**, bem como a adoção de outras **medidas preventivas para controle do escoamento superficial**, visando a manutenção de valores não muito superiores ao deflúvio superficial atual. Igualmente, a previsão e reserva de áreas especialmente destinadas ao **armazenamento temporário de águas das chuvas** cabe ser prevista nas diretrizes de ocupação, podendo chegar ao nível do lote, seja este urbano ou rural, caso realizada em caráter de planejamento preventivo.

A outra questão compreende a análise das descargas máximas previstas na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa, visando uma futura readequação da seção de descarga no trecho logo a jusante até a confluência ao rio Piraí, evitando-se extravasamento além das zonas de inundação natural, ou, caso seja previsto, também nestes limites, em zonas especialmente destinadas à retenção de volumes escoados.

### 3.4.3.7 Análise de hidrogramas afluentes

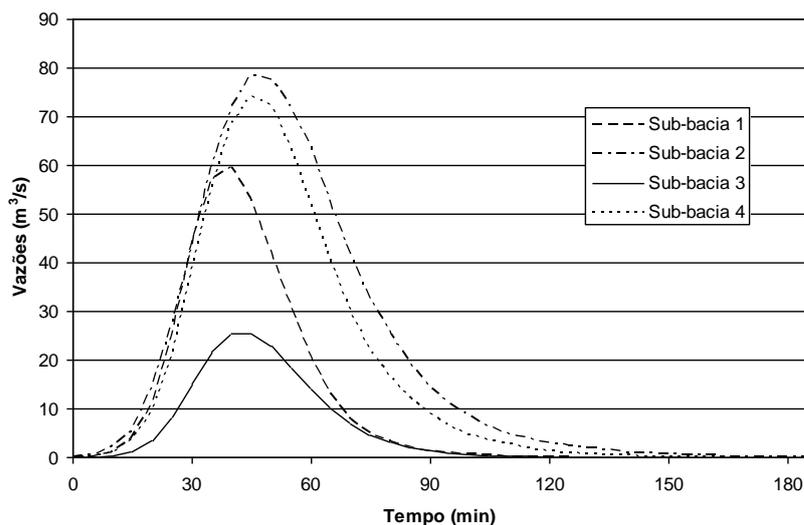
A obtenção dos hidrogramas afluentes ao local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville foi realizada com emprego do hidrograma unitário sintético curvilíneo, de acordo aos procedimentos empregados pelo NRCS (Tucci, 1997).

A definição das características dos hidrogramas unitários sintéticos apoiou-se nas informações referentes aos tempos de concentração das sub-bacias, apresentadas na Tabela 3.4.8. Além dos valores das durações das chuvas unitárias anteriormente apresentadas na Tabela 3.4.9, foram determinados os valores dos tempos de ascensão e descargas de pico dos hidrogramas unitários sintéticos para precipitação efetiva de 1mm, conforme Tabela 3.4.20.

**Tabela 3.4.20: Valores característicos dos hidrogramas unitários sintéticos.**

Característica	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4
Tempo de ascensão (min)	16,4	29,5	20,6	25,1
Duração da chuva unitária (min)	4,1	7,5	5,1	6,3
Descarga de pico (m <sup>3</sup> /s)	1,16	1,27	0,46	1,23]

Posteriormente, os hidrogramas correspondentes ao evento chuvoso crítico de 45min foram determinados por convolução dos hidrogramas unitários sintéticos para cada uma das sub-bacias, seguindo-se os períodos de retorno adotados anteriormente. Os hidrogramas de período de retorno 100 anos, correspondentes à ocupação extensa e adensada na área de drenagem à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville, constam da Figura 3.4.21. Nesta condição limite, a descarga total na confluência entre os rios Braço Comprido e da Lagoa é aproximadamente 237,41 m<sup>3</sup>/s, desprezando-se, por sua ordem de grandeza, o escoamento básico – exceto no rio Braço Comprido e da Lagoa, os outros talwegues apresentam-se secos na ausência de precipitações antecedentes.



**Figura 3.4.21: Hidrogramas resultantes de um evento chuvoso crítico com 45min de duração e período de retorno 100 anos, para condição de ocupação extensa e adensada da área de drenagem à montante do local de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville.**

Para o mesmo período de retorno, a ocupação atual da bacia leva a uma descarga total na confluência entre os rios Braço Comprido e da Lagoa, no valor de  $97,11\text{m}^3/\text{s}$  e, para condição de uso do solo com grau elevado de impermeabilização do solo, característica de extensa urbanização, atinge  $166,67\text{m}^3/\text{s}$ . A verificação da capacidade de transporte e armazenamento no curso d'água à jusante desta confluência, bem como a definição de medidas adequadas devem ser objetos de análise, planejamento e projeto de engenharia apropriado.

Todos os resultados aqui apresentados reafirmam a necessidade de ações preventivas cujos custos são significativamente baixos em áreas não ocupadas, frente a ações corretivas, tal qual se observa em numerosas situações nacionalmente e localmente reconhecidas (Da Rosa, Pompêo e Olivetti, 1998; Pompêo, 2000; Ministério das Cidades, 2003). Os fundamentos técnicos destas ações bem como orientações para financiamento junto ao Governo Federal podem ser encontrados em documento do Ministério da Integração Nacional (2006).

#### **3.4.4 Análise da urbanização proposta**

Existe necessariamente uma preocupação com o impacto sobre as vazões resultantes na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa em decorrência da implantação local do futuro Campus da UFSC. Para uma análise da questão, é interessante comparar a

dimensão superficial da propriedade da UFSC com as áreas destinadas à implantação de caminhos e edifícios.

A área de propriedade da UFSC possui 1.181.190m<sup>2</sup>, dos quais se prevê uma área total de intervenção (área urbanizada) com extensão de 226.976m<sup>2</sup>, ou seja 19%. A proposta de implantação do futuro Campus da UFSC em Joinville prevê que o total da projeção das áreas ocupadas por edificações seja de 24.405m<sup>2</sup>, representando 2% da área total, e as áreas abertas – destinadas ao tráfego de veículos e pedestres, bem como praças e locais para atividades esportivas, chegam a 68.394 m<sup>2</sup> ou 6%.

Tomando-se um tempo de concentração de 10 minutos para esta área antes da implantação do Campus e 5 minutos, posteriormente, é possível realizar estimativas de descargas de pico provenientes desta área com auxílio do método racional. Os valores resultantes são apresentados na Tabela 3.4.21.

**Tabela 3.4.21: Descargas de pico oriundas do local de implantação do Campus da UFSC, em m<sup>3</sup>/s.**

Período de Retorno (anos)	Antes da implantação	Após a implantação
4	1,87	4,70
10	2,47	6,23
20	2,94	7,39
50	3,53	8,90
100	3,96	9,98

A relação entre as descargas de pico atuais e posteriores à implantação do Campus da UFSC em Joinville é de 2,5. A implantação de todas as instalações, caminhos, edifícios e outras áreas urbanizadas, realizada com emprego de materiais e procedimentos capazes de oferecer sustentabilidade sob o ponto de vista da drenagem, poderá impedir que esta relação se eleve ao valor estimado.

Por outro lado, resta também analisar comparativamente as descargas de pico na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa, antes de posteriormente à implantação do Campus da UFSC. Os valores das descargas de pico resultantes de um evento chuvoso

crítico de 45min, obtidas pelo procedimento apresentado no item anterior encontram-se relacionadas na Tabela 3.4.22.

**Tabela 3.4.22: Descargas de pico estimadas na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa, em m<sup>3</sup>/s.**

Período de Retorno (anos)	CN=73	CN=85	CN=95
4	15,09	45,67	94,06
10	34,19	77,53	135,02
20	51,82	103,95	166,58
50	77,77	139,99	207,79
100	98,23	166,67	237,41

Observa-se que para a situação atual de uso e ocupação do solo, a não implantação do Campus da UFSC representa, para o período de retorno 100 anos, um acréscimo de 4% na descarga final na confluência dos rios Braço Comprido e da Lagoa.

Caso a implantação do Campus da UFSC seja realizada sem alteração do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica à montante, este acréscimo será de 10%. As observações apresentadas corroboram a necessidade da incorporação de padrões sustentáveis de drenagem em todo o projeto de urbanização, visando manutenção das descargas pré-ocupação, seja na área de implantação do Campus da UFSC, como também em toda a área de drenagem à montante.

Em decorrência do exposto, a proposição de um sistema de drenagem para a área compreendida pelas edificações, caminhos e passeios do futuro Campus da UFSC em Joinville deverá apoiar-se na adoção de conceito basilar de sustentabilidade, no que concerne à captação e destino das águas de chuva. Segundo este conceito, a fim de que sejam evitadas inundações, o sistema de drenagem deve ser constituído por medidas estruturais abrangentes que, em primeiro lugar, sejam capazes de promover o **escoamento das águas de chuva de forma lenta e gradual**, ou seja, sob condição de baixas velocidades, de forma a não tornar possível a concentração simultânea de volumes oriundos de diferentes partes do sistema de captação em pontos de descarga. Simultânea e complementarmente, tal sistema deve ser concebido com recursos técnicos capazes de

realizar **retenção de parcela dos volumes de afluxo**, visando promover a recomposição do ciclo hidrológico, bem como aproveitamento das águas armazenadas quando seja possível, frente aos requisitos de qualidade.

As estratégias a serem adotadas assentam-se em técnicas e tecnologias capazes de realizar o armazenamento temporário das águas de chuva próximas ao local de precipitação, efetivando as descargas dos volumes armazenados sob condição de fluxos reduzidos, aproveitando os excedentes e divergindo parte destes volumes para sistemas de infiltração no solo. Sob esta concepção e orientação, os componentes do sistema de drenagem podem ser desenvolvidos de forma integrada, reduzindo significativamente o potencial de impacto da implantação das obras.

### 3.4.5 Referências Bibliográficas

CETESB/DAEE. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. São Paulo: CETESB, 1978, 484p.

DA ROSA, F.Z.; POMPÊO, C.A. e OLIVETTI, S.M.P. Diagnóstico da Drenagem Urbana em Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina, Florianópolis: 1998, 29p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Manual para Apresentação de Propostas – Programa 1138, Drenagem Urbana Sustentável. Brasília: 2006, 42p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. A Questão da Drenagem Urbana no Brasil – Elementos para Formulação de uma Política Nacional de Drenagem Urbana. Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS II, Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2003, 33p.

NAGHETTINI, M. e PINTO, E.J.A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007, 552 p.

POMPÊO, C.A. Drenagem Urbana Sustentável, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5(1), Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: 2000, pp.15-24.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da URGS, 1997, 640p.