

INSTRUÇÃO NORMATIVA INIS – IN 119

PROJETO DE MITIGAÇÃO DE ALAGAMENTOS E CHEIAS

1. OBJETIVO

Definir diretrizes, exigências e documentos relacionadas à avaliação dos projetos técnicos de ações compensatórias e mitigatórias (reservatório de contenção/infiltração, trincheiras de infiltração/percolação/drenantes, pavimentos permeáveis, sistemas de biorretenção e demais técnicas) nos processos de urbanização, com a finalidade de resgatar mecanismos naturais de escoamento, diminuição de vazões e contenção de enchentes, no âmbito dos processos de licenciamento ambiental, no Município de Itajaí/ SC, a fim de proteger tanto a população como o meio ambiente com a manutenção de suas respectivas funções ecológicas.

2. DEFINIÇÕES

- I. Água pluvial: são as águas providas das precipitações que é coletada pelos sistemas urbanos de drenagem pluvial.
- II. Área permeável: É a área (em m²) que consiste em toda parte do terreno que não possui barreira física superficial, como piso, lajotas, asfalto, permitindo que a água da chuva penetre no solo. Considera-se como referência, o coeficiente de permeabilidade do pavimento (K) maior que 10⁻⁵ m/s
- III. Área impermeável: É a área (em m²) que de alguma forma não permite que a água da chuva infiltre no solo. Exemplo: telhado, asfalto, calçada, lajota, piso em concreto, etc. Considera-se como referência, o coeficiente de permeabilidade do pavimento (K) menor que 10⁻⁵ m/s.
- IV. Cisterna em concreto armado, polietileno ou outro material de igual ou de próxima eficiência: Cisterna, também conhecida como algibe, é um reservatório que faz a captação da água da chuva e a armazena para uso doméstico geral, ou seja, é um sistema de aproveitamento da água da chuva de baixo custo para usos restritos no ambiente doméstico. O uso de cisternas é considerado uma das melhores e mais eficazes alternativas quando o assunto é captar e reservar água e elas estão disponíveis em vários modelos, formatos e tamanhos, podendo ser instaladas em casas e condomínios. As cisternas funcionam captando a água da chuva, levadas por calhas a um filtro, que eliminará mecanicamente as impurezas. Um freio d'água impede que a entrada de água na cisterna agite seu conteúdo e suspenda partículas sólidas depositadas no fundo

- V. Coeficiente de escoamento superficial (runoff): é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.
- VI. Drenagem urbana: é o conjunto de medidas que tenham como objetivo minimizar os riscos e impactos causados pelas chuvas na área, tais como, inundações. Além de possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável
- VII. Empreendimentos habitacionais: Todo e qualquer empreendimento licenciável que tem como objetivo final o uso habitacional ou misto, tais como: Parcelamento de solo urbano, serviço de hotelaria, condomínio de casa ou edifícios, conjuntos habitacionais e afins.
- VIII. Empreendimento não-habitacionais: Todo e qualquer empreendimento licenciável que não se enquadra na categoria dos empreendimentos habitacionais, exemplo: Fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido; Estamparia, funilaria e latoaria; Serviço industrial de usinagem, soldas e semelhantes; Montagem, reparação ou manutenção de máquinas, Fiação ou tecelagem de fibras têxteis; usina de concreto ou argamassa; Estrutura de apoio náutico; Comércio de combustíveis líquidos e gasosos; terminais rodoviários de carga; Beneficiamento de minerais; supermercados; condomínio com fins industriais ou de serviços entre outros.
- IX. Enchentes ou cheias: São definidas como a elevação do nível da água no canal de drenagem devido ao aumento de vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém não ocorrendo o transbordamento das águas
- X. Enxurradas: São eventos caracterizados por grandes volumes de intensidade pluviométrica, ocasionando escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial(do rio), sendo provocado por chuvas intensas e concentradas, caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial.
- XI. Intensidade de precipitação: é a quantidade de chuva por unidade de tempo.
- XII. Inundação: Definida como transbordamento das águas de um curso d' água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. Existem três tipos de inundação:
 - A. Inundação Pluvial: Quando ocorrem fortes chuvas que ocasionam o transbordamento da água de ribeirões, rios ou lagos
 - B. Inundação Marítima: Originada de grandes ondas ou ressacas
 - C. Inundação artificial: Causada por falhas humanas, como rompimento de barragens, acidentes de operação de comportas, etc.
- XIII. Orifício regulador: estrutura extravasora que tem como objetivo regular o nível da lâmina da água do reservatório em períodos de secas, e direcionar gradativamente as águas pluviais para a drenagem urbana.
- XIV. Pavimentos permeáveis: O pavimento permeável é um tipo de pavimento que permite a passagem de água e ar através de seu material, tendo um impacto ambiental positivo ao

ajudar na prevenção das enchentes, redução das ilhas de calor, recarga dos aquíferos subterrâneos e manutenção das vazões dos cursos d'água nas épocas de seca. Os pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis que possibilitam a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária de pequenos volumes na própria superfície do pavimento e a infiltração de parte das águas pluviais. Obtém-se assim o amortecimento de vazões, a alteração temporal dos hidrogramas e a redução dos volumes escoados

- XV. Precipitação: É definido por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada.
- XVI. Reservatórios de contenção de cheias: é uma estrutura que acumula temporariamente as águas pluviais com a função de amortecer as vazões de cheias e reduzir os riscos de inundações à jusante.
- XVII. Risco de inundação: Classificação adotada pela Defesa Civil, a fim de informar os locais onde há maior recorrência de eventos de inundações.
- XVIII. Sistemas de biorretenção (jardins de chuva): Na sua forma mais simples, são pequenos jardins, a uma cota ligeiramente inferior ao resto do solo e densamente preenchidos com várias plantas. Nas suas formas mais complexas podem ter camadas de areia e gravilha para aumentar seus efeitos de infiltração, com redução do escoamento superficial (runoff). O formato do sistema, bem como suas dimensões variam de acordo com as características do local a ser aplicado.
- XIX. Tempo de concentração: é o tempo gasto por uma partícula de água para percorrer toda a bacia hidrográfica, desde o seu ponto mais alto até o seu ponto mais baixo.
- XX. Tempo de retorno: É o período de tempo médio em que um determinado evento (neste caso, vazão) é igualado ou superado pelo menos uma vez.
- XXI. Trincheiras de percolação (infiltração): As trincheiras de percolação ou infiltração são estruturas compensatórias projetadas ao longo de superfícies impermeáveis destinadas a proporcionar o aumento da infiltração no solo e a melhoria no equilíbrio do ciclo hidrológico. Trata-se de uma técnica linear, na qual a dimensão de comprimento é superior às de largura e profundidade, não havendo um padrão de proporcionalidade entre as dimensões da trincheira, sendo áreas escavadas preenchidas por material granular do tipo brita ou seixos rolados, geralmente do tipo off-channel, ou seja, são sistemas especialmente construídos para proporcionar uma infiltração direcionada das águas superficiais no solo
- XXII. Vazão de contribuição pós – urbanização: é a intensidade de água que escoar por unidade de área, após a área sofrer o processo de urbanização.

XXIII. Vazão de contribuição pré – urbanização: é a intensidade de água que escoar por unidade de área, antes da área sofrer o processo de urbanização.

3. ASPECTOS LEGAIS

- NBR 15.527 - Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis.
- Lei Federal nº 6.766/1979 - Dispõe sobre o parcelamento de solo urbano e estabelece outras providências.
- Lei Estadual nº 14.675/2009 - Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.
- Lei Municipal nº 4799/2007 - Cria no município de Itajaí o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

4. INSTRUÇÕES GERAIS

4.1. Esta Instrução normativa é aplicável nos casos abaixo citados.

Tipo de empreendimento	Risco de Recorrência de Inundação, conforme Análise Prévia da Defesa Civil
Empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental	<ul style="list-style-type: none">- Risco Médio de Inundação;- Risco Alto de Inundação;- Risco Muito Alto de Inundação

4.2. Classificação de Risco de Recorrência de Inundação, adaptado pela Defesa Civil de Itajaí da publicação “Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios”:

Classificação de Risco de Recorrência de Inundação	Cota Histórica de inundação - referência ao nível da rua
Risco Baixo de Inundação	< 0,50m
Risco Médio de Inundação	0,51 até 1,25m
Risco Alto de Inundação	1,26 até 2,00m
Risco Muito Alto Inundação	>2,01m

-
- 4.3. Em áreas onde não há definição de cota histórica de inundação, porém, é de conhecimento que houve eventos de inundação, adotar-se-á as medidas mitigadoras para o nível médio de inundação.
- 4.4. Fica vetada a implantação de Empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental em áreas de médio ou alto risco de enchentes e inundações, conforme análise técnica da defesa civil, exceto se o empreendedor realizar a implantação de um dos procedimentos mitigatórios dispostos nos itens abaixo:
- i. Em empreendimentos habitacionais, o empreendedor poderá elevar a cota primitiva do terreno com aterros de modo a fazer com que as unidades habitacionais ou lotes sejam construídas acima da cota histórica de inundação informada pela Defesa Civil para a área, observando a aplicação dos mecanismos de contenção de cheias constantes no item 5 desta IN
 - ii. Em empreendimentos habitacionais, o empreendedor deve fazer constar em seu contrato-padrão, a ser registrado no registro imobiliário competente, que será necessário o adquirente das unidades, para obter alvará de construção do imóvel, prever em seu projeto a utilização de ao menos um pavimento (habitável) da edificação a ser construída esteja acima da cota histórica de inundação informada pela Defesa Civil, para a área. Neste caso, fica vetado o emprego de aterro ou qualquer tipo de elevação topográfica.
 - iii. Em empreendimentos não habitacionais, o empreendedor poderá elevar a cota primitiva do terreno com aterros, mas deverá aplicar os mecanismos de contenção de cheias constantes no item 5 desta IN.
 - iv. O empreendedor comprovar por meio de estudos por ele contratado e custeado que outra medida mitigadora pode ser implementada no local de forma a minimizar os riscos decorrentes de alagamentos e cheias naquele local.
- 4.5. Cabe ao requerente e/ou representante legal acompanhar o andamento do processo e cumprir os prazos estipulados.
- 4.6. Todos os documentos devem ser apresentados em protocolo único e na sequência das listagens constantes na presente Instrução Normativa.
- 4.7. Os documentos apresentados, incluindo as plantas e os projetos, devem estar em conformidade com a legislação e as normativas aplicáveis, incluindo a norma vigente relativa ao Sistema de Coordenadas a ser utilizado.
- 4.8. Os projetos e plantas necessários devem ser realizados, às expensas do contratante, por profissionais legalmente habilitados, contendo indicação expressa de seu nome, conselho, registro de classe, endereço e telefone, com o respectivo vínculo de responsabilidade técnica.

- 4.9. Imagens disponibilizadas gratuitamente pelo *Google Earth* podem ser apresentadas apenas para fins ilustrativos e não substituem os mapas e plantas elaborados por profissionais habilitados ou produzidos por órgãos oficiais.
- 4.10. O contratante e os profissionais que subscreverem os estudos e projetos são responsáveis pelas informações apresentadas, sujeitando-se às sanções cabíveis.
- 4.11. Os estudos necessários ao projeto devem ser realizados por profissionais legalmente habilitados, às expensas do empreendedor. O empreendedor e os profissionais que subscreverem os estudos necessários ao projeto são responsáveis pelas informações apresentadas, sujeitando-se às sanções administrativas, civis e penais (Resolução CONAMA nº. 237/97, art. 11).
- 4.12. Os projetos devem estar obrigatoriamente em nome do proprietário ou responsável técnico.
- 4.13. Ficará a cargo do proprietário ou construtor a execução de qualquer infraestrutura urbana inexistente para atender as necessidades do projeto.
- 4.14. O projeto, depois de aprovado, não pode ser alterado sem que as modificações propostas sejam apresentadas e devidamente aprovadas pelo INIS.
- 4.15. O INIS coloca-se ao dispor dos interessados para dirimir possíveis dúvidas decorrentes desta instrução normativa.
- 4.16. O INIS não assumirá qualquer responsabilidade pelo não cumprimento de contratos entre o interessado e o projetista, nem aceitará como justificativa qualquer problema decorrente desse inter-relacionamento.
- 4.17. Sempre que julgar necessário o INIS solicitará estudos e/ou informações complementares.

5. INSTRUÇÕES ESPECÍFICAS

- 5.1. As cisternas ou reservatórios de acumulação ou retenção, não poderão localizar-se no recuo obrigatório estabelecidos na Lei Complementar Municipal nº 215/2012, ou aquela que a suceder. Estes dispositivos poderão ser alocados nas Áreas Institucionais ou nas Áreas Verdes, desde que aprovados pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação. Obs: Não poderá ser utilizada a área de vegetação remanescente, prevista na Lei Federal 11428/2006 - Lei da Mata Atlântica.
- 5.2. Aos novos empreendimentos, que encontre-se em área classificada como risco médio, alto ou muito alto de inundação e que utilizem a prerrogativa descrita no item 4.4.i e 4.4.iii, inclusive os de interesse social, deverá ser reservada área destinada a implantação de algum dos mecanismos de contenção de cheias, que por sua vez, deverão ser proporcionais à dimensão da área líquida loteada e da área destinada ao sistema viário.

- 5.3.** Os mecanismos de contenção de cheias que desde já ficam autorizados a ser utilizado pelo empreendedor por terem comprovado efeito mitigatório são:
- Trincheiras de infiltração
 - Sistemas de biorretenção
 - Pavimentos permeáveis, desde que garantida a manutenção da permeabilidade,
 - Bacias de infiltração
 - Cisternas em concreto armado, polietileno ou outro material de igual ou próxima eficiência
 - Tubos PEAD
 - Bacias de retenção
 - Cisternas individuais (específico para condomínios)
 - Outros sistemas que o empreendedor comprove que possui igual ou maior eficiência que os demais previstos neste rol.
- 5.4.** Para qualquer sistema escolhido pelo empreendedor, deverá ser apresentado memorial descritivo e de cálculo da sua respectiva eficiência, autorizada a utilização de um ou mais sistemas constantes no item 5.3
- 5.5.** Fica sob a responsabilidade do proprietário das áreas que possuam a cisterna ou reservatório de acumulação, a sua manutenção e limpeza periódica, de forma a garantir o perfeito escoamento de águas pluviais. Nos casos de áreas públicas, a responsabilidade passará a ser do Município após os prazos legais já estabelecidos.
- 5.6.** Não serão consideradas como áreas permeáveis independente do seu revestimento, as áreas de arruamento de condomínios e loteamentos. O efeito de colmatção causado pela circulação de veículos, (mesmo sendo estes pavimentos considerados permeáveis), é alto, inviabilizando sua implantação, prejudicando sua eficiência. Salvo comprovação técnica que garanta a manutenção do efeito/ação permeabilizante ao longo dos anos, sem comprometimento das medidas mitigadoras projetadas e/ou instaladas.
- 5.7.** O Projeto de Drenagem deverá apresentar todos os elementos gráficos para o perfeito entendimento dos dispositivos a serem utilizados, tais como:
- Planta de Situação
 - Planta, corte e detalhes do sistema e das técnicas compensatórias de retenção hídrica.
 - Legenda de todos os componentes de drenagem que forem utilizados em projeto;
 - Representar na implantação o local e cotas do lançamento das águas pluviais na rede pública, bem como comprovar que este é suficiente para atender a contribuição adicional gerada pelo empreendimento.
- 5.8.** Quando da ligação direta na galeria de águas pluviais, obrigatoriamente, deverá ser executado um poço de visita com tampa de ferro fundido, diâmetro mínimo de 60cm e inscrição das águas pluviais.

- 5.9. Todas as áreas permeáveis e impermeáveis deverão ser indicadas nas pranchas através de hachuras e textos com indicações do tipo de pavimento e área. (Atentar que a soma de todas as áreas permeáveis e impermeáveis deverá ser igual à área total de terreno).
- 5.10. As áreas permeáveis e impermeáveis devem ser representadas na prancha de implantação do projeto arquitetônico em aprovação junto a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação.
- 5.11. Caso julgue necessário, o INIS poderá exigir estudos acerca da permeabilidade do solo e determinação do coeficiente de permeabilidade do solo, levando em consideração a NBR 14545 - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável ou NBR 13292 - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante.
- 5.12. É vedada qualquer contribuição do sistema de drenagem ao sistema de tratamento de efluentes.
- 5.13. A tubulação da água pluvial na rede pública coletora deverá ser totalmente separada da tubulação de águas servidas, prevendo-se a futura implantação da rede pública de coleta de esgoto sanitário doméstico. As águas pluviais provenientes da cobertura em nenhuma hipótese poderão ser lançadas nas divisões laterais ou frontal do lote.
- 5.14. Dimensionamento do volume de retenção de águas

$$V = 7,054 * 10^{-5} * AI^{1,3237} * A$$

V = Volume do reservatório em m³;

AI = Área impermeável em %;

A = Área total do lote em m².

OBS: A Área Impermeável total deverá ser calculada previamente, considerando a área do Sistema Viário + Área dos Lotes (ou Área das edificações). Deverão ser excluídas as áreas verdes, APP, e demais áreas onde não haverá diminuição da permeabilidade do solo. A Taxa de Impermeabilidade a ser aplicada deverá ser a máxima permitida pela Lei de Uso do Solo vigente.

Assim, para se calcular a Área Impermeável (AI em %), temos:

$$AI (\%) = \text{Área Impermeável total (m}^2\text{)} / \text{Área da Matrícula (m}^2\text{)} * 100$$

Exemplo de situação e cálculo:

- Primeira etapa é determinar às áreas impermeáveis

Loteamento com 338 lotes, com taxa de permeabilidade de 10%, conforme lei de uso do solo				
A1		Área da matrícula	216.348,20	m2
A2		Área de arruamento ou pátio	42.775,15	m2
A3	ver item 5.6 desta IN	Taxa de permeabilidade	0,00	%
A4	(100% - A3) * A2	Área de arruamento ou pátio impermeável	42.775,15	m2
A5		Área loteável / útil	78.718,62	m2
A6	Zoneamento	Taxa de permeabilidade da área loteável / útil	10,00	%
A7	(100% - A6) * A5	Área loteável / útil impermeável	70.846,76	m2
A8	A4 + A7	Área impermeável total	113.621,91	m2
A9	A8 / A1 *100	Taxa de impermeabilização total	52,52	%

- Segunda etapa é aplicar a equação do item 5.14:

$$V = 7,054 * 10^{-5} * AI^{1,3237} * A$$

$$V = 7,054 * 10^{-5} * 52,52^{1,3237} * 216348,20$$

$$V = 2877,67 m^3$$

Ou seja, neste caso, as medidas mitigadoras previstas no item 5.3 deverão ser capazes de reter o volume mínimo de 2.877,67 m³.

- 5.15. O volume obtido através do item 5.14, é o volume de retenção mínimo que o empreendimento deve possuir. Deve-se utilizar quaisquer mecanismos de contenção de cheias constantes no item 5.3 para armazenamento/infiltração deste volume.
- 5.16. O responsável técnico, deve informar o volume de retenção/infiltração de cada mecanismo de contenção de cheias escolhido. Caso for selecionado mais de um mecanismo, deve apresentar memorial de cálculo individual e um resumo completo dos sistemas adotados e sua respectiva parcela do total de retenção/infiltração calculado pela fórmula do item 5.14.

6. INSTRUÇÕES PARA PROTOCOLO

- 6.1. Devem ser protocoladas unicamente todas as documentações constantes no item 7 desta Instrução Normativa. O protocolo das documentações deve ser direcionado ao processo de licenciamento ambiental ao qual se refere o sistema de contenção de cheias. Não será aceito o protocolo caso haja documentos faltantes ou se não for indicado claramente a qual processo de licenciamento se refere às documentações.

7. DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

7.1. Exigências para a LAP:

- i. Análise Prévia da Defesa Civil, informando a cota histórica de inundação da área e classificação de risco de recorrência de inundação.
- ii. Croqui com as informações necessárias à localização das medidas mitigatórias realizadas caso o empreendimento esteja localizado em área de médio ou alto risco de enchentes ou alagamentos.

7.2. Exigências para a LAI:

- i. Para a apresentação dos projetos, deve ser aplicada a ABNT NBR 16752:2020
- ii. Para processos digitais, deve ser apresentado em formato PDF, em escala visível, não utilizando cores claras.
- iii. Em processos físicos, deve ser apresentado somente uma via para análise.
- iv. Projeto de mitigação de cheias, dimensionado conforme item 5.
- v. O projeto deve conter: planta baixa com cotas, legenda de identificação, memorial de cálculo.
- vi. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do(s) profissional(ais) habilitado(s) para a elaboração do sistema de contenção de cheias.

8. DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

- 8.1. Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação, sendo aplicada imediatamente nos processos de licenciamento ambiental em análise no Instituto Itajaí Sustentável – INIS.

ANEXO 01 - MÉTODO DE FORMULAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE ITAJAÍ PARA CÁLCULO DE VOLUMES PARA MITIGAÇÃO INTRA-LOTE DA SOBRECARGA GERADA NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM DEVIDA À IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO NOS PROCESSOS DE URBANIZAÇÃO.

Eng. Civil Luis Beduschi
Fevereiro, 2021

INTRODUÇÃO

A seguir será descrito o procedimento que levou à uma formulação a ser utilizada no cálculo de volumes para mitigação intra-lote da sobrecarga gerada no sistema de macrodrenagem devida à impermeabilização do solo nos processos de urbanização. O processo é fruto do balanço hídrico e consiste em determinar valores para as vazões de escoamento superficial para a situação de pré-urbanização e pós-urbanização, devendo a diferença entre estes valores ser detida/retida de forma a evitar a sobrecarga nos sistemas de macrodrenagem.

A rotina de cálculo faz parte de um procedimento padrão que já vem sendo aplicado há várias décadas em planos diretores de drenagem de referência, em cidades como Porto Alegre, Curitiba, Brasília, entre outras.

O texto a seguir está dividido em três partes. A primeira parte descreve o processo utilizado para determinar, para o município de Itajaí, a vazão específica de pré-urbanização. Uma vez calculada, segue-se com a descrição do procedimento de cálculo do volume específico de controle. Finalmente, são apresentadas algumas considerações de pesquisas científicas e simulações de projeto que são tomadas como base para a determinação final da formulação proposta para o município.

VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE ITAJAÍ

VAZÃO ESPECÍFICA DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO

A vazão de pré-desenvolvimento corresponde às condições mais próximas da situação natural. Como princípio, esta vazão, deve ser mantida após o desenvolvimento. Para a regulamentação da vazão de pré-desenvolvimento é necessário estabelecer critérios simples que sejam aplicáveis de forma geral na Região de Itajaí, sem prejuízo do seu controle. Para áreas de contribuição de até 200 ha, a vazão pode ser obtida pelo Método Racional pela expressão:

$$Q = \frac{10}{3,6} \cdot C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

Onde :
Q e a vazão máxima em l/s;
C e o coeficiente de escoamento superficial;
i e a intensidade da precipitação em mm/h;
A e a área da bacia em ha.

Esta equação pode ser expressa na forma de vazão específica natural, e depende de C e i:

$$q_n = \frac{Q}{A} = \frac{10}{3,6} \cdot C \cdot i \quad (2)$$

Onde: q_n é obtido em l/(s.ha).

O coeficiente de escoamento superficial de uma bacia pode ser estimado pela ponderação dos coeficientes das diferentes superfícies ali presentes. Considerando uma bacia urbana onde podem existir, simplificada, dois tipos básicos de superfícies, permeável e impermeável, é possível estabelecer que:

$$C = \frac{C_p A_p + C_i A_i}{A_t} \quad (3)$$

Onde:
 C_p é o coeficiente de escoamento de área permeável da bacia;
 A_p é a área da bacia com superfície permeável;
 C_i é o coeficiente de escoamento da área impermeável;
 A_i é a somatória das áreas impermeáveis;
 A_t é a área total.

Esta equação pode ser transformada, obtendo-se:

$$C = C_p \frac{A_p}{A_t} + C_i \frac{A_i}{A_t} \rightarrow C = C_p + (C_i - C_p) AI \quad (4)$$

Onde: $AI = A_i / A_t$, representa a relação entre as áreas impermeáveis e a área total.

Com base em trabalhos vários trabalhos de referência, tais como Schueler (1987), Urbonas et al. (1990) e Tucci (2000), adota-se o valor de $C = 0,95$ para áreas de contribuição impermeabilizadas. Considerando que C_i representa o coeficiente de escoamento da parcela urbanizada, o valor obtido retrata principalmente superfícies de asfalto e concreto, onde o valor é próximo do limite superior.

Para definir um valor realístico para C_p , deve-se considerar as características dos principais tipos de solo da região de Itajaí. Aqui, tomou-se como base o Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

O boletim descreve a ocorrência dos solos da região do litoral do rio Itajaí como:

- Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb A moderado, textura argilosa – Solo com valores de argila compreendidos, em geral, entre 35 e 50%, e entre 45 e 60% respectivamente nos horizontes A e B, enquadrando-se, portanto, na classe textural argila, apesar de por vezes terem sido constatados casos de solos com mais de 60% de argila no horizonte B (muito argilosa).
- Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb A moderado, textura média/argilosa – Solo com contribuições médias das frações areia, silte e argila são de 50, 22 e 28% respectivamente, enquanto que no horizonte B essas mesmas frações contribuem com 36, 14 e 50%. O horizonte A é, portanto, de textura média e o B de textura argilosa.
- Podzol Álico hidromórfico A moderado e proeminente, textura arenosa, fase floresta tropical de restinga, relevo plano - Pa1 - Solos muito pobres, arenosos e de drenagem restrita.
- Areias Quartzosas Marinhas Álicas A moderado e proeminente, fase floresta tropical de restinga, relevo praticamente plano e suave ondulado - AMA1 – são solos extremamente arenosos.

Além disso, o Boletim descreve os parâmetros de uma amostra colhida, como solo do tipo Gleí Húmico Eutrófico Ta, textura argilosa. Este tipo de solo, cuja amostragem se situa nas planícies próximas às margens do rio Itajaí-Açu a alguns quilômetros à montante de seu exutório, é caracterizado pela má drenagem bem como pelo excesso de água nele contida.

Figura 1 - Dados de uma amostra de solo da região de Itajaí

Amostra: E-219, E-147, C-SC-25 e C-SC-35*

Solo: Gleí Húmico Eutrófico Ta, textura argilosa

Nº da amostra	Horizonte		Composição granulométrica %				% Silte % Argila	Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	pH (1:2,5)		C (orgânico) %	Cor do solo (unido)	Município e Coordenadas
	Símbolo	Profundidade cm	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila				Água	KCl 1N			
E-147	A	0-20	1	1	51	47	1,09	2	98	4,6	4,1	4,93	2,5YR3/1	Jaguariuna
	Bg	40-70	1	1	55	43	1,28	0	100	4,1	3,4	0,84	5YR5/1	28°36'S-49°03'W
E-219	A	0-20	1	1	61	37	1,85	21	43	4,5	3,9	10,04	-	Calos Rameos
	Cg	30-50	1	1	47	51	0,92	46	10	5,6	4,5	2,26	-	27°18'S-48°38'W
C-SC-25	Ap	0-40	1	1	62	36	1,72	20	44	4,6	4,1	4,66	10YR3/1,5	Tubarão
	Bg	80-100	4	3	53	40	1,33	34	15	4,8	3,6	0,78	10YR4,5/1	28°31'S-49°03'W
C-SC-35*	Ap	0-20	2	2	46	50	0,92	32	36	4,9	4,0	6,31	6	Itajaí
	Bg	40-80	0	1	59	64	0,55	43	93	4,4	3,5	2,18	6	28°53'S-48°46'W

Fonte: (EMBRAPA, 2004)

Assim, considerando os tipos de solo majoritariamente encontrados no município de Itajaí, estimou-se que eles se situassem entre os tipos de solo B e C da classificação que segue

o método desenvolvido pelo National Resources Conservatoin Center dos EUA (antigo Soil Conservation Service – SCS). Esta classificação caracteriza os tipos de solos B como sendo de média capacidade de infiltração e os de tipo C como tendo baixa capacidade de infiltração. Assim, pode-se estabelecer uma correlação entre o valor de CN (parâmetro adimensional para diferentes condições de cobertura vegetal, uso do solo e tipos de solos) e o coeficiente de escoamento superficial a ser considerado para a situação de pré-urbanização. A média entre os dois tipos de solo B e C, considerando o valor obtido para uma chuva de 60 minutos e um período de retorno de 10 anos fornece um valor de C_p de 0,20; que foi adotado nesta etapa de cálculo.

A equação 4 assume, então, a seguinte forma:

$$C = 0,20 + 0,75 AI \quad (5)$$

Onde: $0 \leq AI \leq 1$

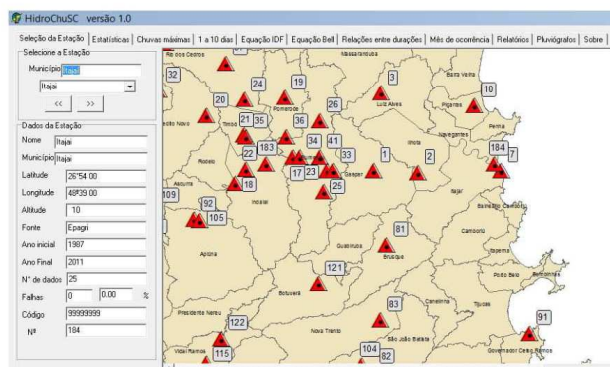
INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO

A intensidade da precipitação é estimada através de funções cujas variáveis são: a duração da chuva (ou o tempo de concentração da bacia) e o tempo de retorno. São as chamadas curvas Intensidade x Duração x Frequência (IDF). Quanto menor o tempo de concentração, maior a intensidade e maior será a vazão específica média a ser adotada. Da mesma forma, quanto maior o tempo de retorno, maior será a vazão específica natural. Valores altos de vazão específica natural implicam em menor volume de controle para cada local.

CÁLCULO DA VAZÃO DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO:

As intensidades de chuvas na Região de Itajaí são obtidas utilizando-se a curva IDF de Álvaro Back através do software HidroChuSC, descrito em seu artigo (BACK e BONETTI, 2014). A equação IDF é fruto de 25 anos de dados diários de uma estação (nº 184) monitorada pela EPAGRI.

Figura 2 - Dados da Estação na origem da equação IDF



Fonte: Autor.

A equação fica:

$$i = \frac{932,3 \cdot T^{0,217}}{(t + 8,92)^{0,699}} \quad (6)$$

Onde: i é a intensidade da chuva em mm/h;
T é o período de retorno em anos;
t é a duração da chuva em minutos.

Adota-se, para o cálculo da vazão específica, uma precipitação de 60 minutos e um período de retorno de 10 anos. O período de retorno de 10 anos utilizado para o cálculo da vazão específica de pré-ocupação é independente o período de retorno adotado no projeto do empreendimento. Assim, para o município de Itajaí, a vazão específica de pré-desenvolvimento é igual a:

$$q_n = 44,29 \text{ l/(s.ha)} \quad (7)$$

Isto significa que ao menos uma parte das vazões que excederem o valor de 44,29 l/s.ha devem ser armazenadas em estruturas dimensionadas para conter os volumes específicos de controle definidos a seguir.

VOLUME ESPECÍFICO DE CONTROLE

O volume de controle para pequenas áreas urbanas (< 2 km²) pode ser estimado com base na equação:

$$V = (Q_u - Q_n) \cdot 60 \cdot t \quad (8)$$

Onde: V é o volume em litros;
 Q_n é a vazão de pré-desenvolvimento em l/s;
 Q_u é a vazão resultante do desenvolvimento urbano em l/s;
 t é duração em minutos.

A vazão devido ao desenvolvimento urbano é estimada pela equação 1. A vazão de pré-desenvolvimento foi estimada no item anterior através da sua vazão específica. Assim, expressando a equação 8 em volume específico, ou seja, volume por unidade de área, resulta:

$$v = \frac{V}{A} = \left(\frac{10}{3,6} \cdot C \cdot i - q_n \right) \cdot 60 \cdot t \quad (9)$$

Onde: v = volume específico em l/ha;
 i = intensidade da chuva em mm/h;
 q_n = vazão específica de pré-desenvolvimento;
 t = tempo de duração em min;
 C = coeficiente de escoamento superficial ponderado = 0,20+0,75 AI.

Generalizando a curva IDF de Itajaí, para i em l/s.ha e t em minutos, têm-se:

$$i = \frac{M T^N}{(T + P)^S} \quad (10)$$

Onde: M = 932,3 x 2,778 = 2.589,722
 N = 0,217
 P = 8,920
 S = 0,699
 t = tempo de duração em min;
 T = período de retorno em anos.

Substituindo na IDF de Itajaí obtém-se:

$$v = \frac{60}{100} \cdot t \cdot \left[C \cdot \frac{M T^N}{(T + P)^S} - q_n \right] \quad (11)$$

Onde: a duração t é em minutos e o volume é obtido em m³/ha.
 Fazendo:

$$\beta = C M T^N \quad (12)$$

Resulta:

$$v = 0,06 \cdot t \cdot \left[\frac{\beta}{(t+P)^S} - q_n \right] \quad (13)$$

A duração que produz o maior volume é obtida pela derivada da equação acima em função de t.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0,06 \cdot t \cdot \left[\frac{\beta}{(t+P)^S} - q_n \right] - 0,06 \cdot t \cdot \left[\frac{\beta S (t+P)^{S-1}}{(t+P)^{2S}} \right] \quad (14)$$

Fazendo $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$, a equação resultante é não-linear e é resolvida por iteração.

$$\beta(t+P) - q_n(t+P)^{S+1} - t \beta S = 0 \quad (15)$$

O valor de q_n pode ser a capacidade da drenagem numa área existente ou a vazão natural do local onde está sendo proposto um novo desenvolvimento.

PROPOSIÇÃO DE FÓRMULA PARA APLICAÇÃO EM ITAJAÍ

A Engenheira gaúcha Rutinéia Tassi, em sua dissertação de mestrado, defendida na UFRGS, em 2002, explica que, ao analisar os efeitos na rede de macrodrenagem do uso de microrreservatórios nos lotes, com a adoção de vazões de restrição superiores à vazão de pré-urbanização, obtém-se resultados positivos tanto sobre o aspecto da operacionalidade dos microrreservatórios (que podem trabalhar com diâmetros maiores nos dispositivos de escoamento, diminuindo o tempo de armazenamento), tanto quanto sobre o custo final dos dispositivos de contenção.

Para as simulações efetuadas em sua pesquisa, a engenheira afirma que microrreservatórios dimensionados para uma vazão de restrição igual a três vezes a vazão natural de pré-desenvolvimento, obtém-se uma economia no dimensionamento de redes de macrodrenagem da ordem de 27% em relação às redes que seriam necessárias para uma bacia sem controle de escoamento no lote, além de microrreservatórios de custo inferior aos necessários para vazões de restrição menores (TASSI, 2002).

Assim, para chegar a uma formulação aplicável em Itajaí, sem onerar de maneira impeditiva os proprietários dos lotes e, ainda assim, mantendo um ganho considerável para o município em termos de economia nos gastos com a rede de macrodrenagem é proposta a solução a seguir:

Considere-se a vazão de controle como sendo igual a três vezes a vazão natural de pré-desenvolvimento ($3q_n = 132,86 \text{ l/(s.ha)}$) de forma a determinar os valores de volumes a serem controlados em função da área impermeável. Assim, foi obtida uma fórmula para um período de retorno para obras de microdrenagem de 10 anos, conforme abaixo:

$$V_{3q_n (T=10 \text{ anos})} = 7,054 \cdot 10^{-5} \cdot AI^{1,3237} \cdot A \quad (16)$$

Onde: V = Volume do reservatório em m³;
AI = Área impermeável em %;
A = Área total do lote em m².

REFERÊNCIAS

BACK, Á. J.; BONETTI, A. V. Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 260-267, 2014.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Embrapa. Rio de Janeiro, p. 745. 2004.

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. Porto Alegre: [s.n.], 2002. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
CREA-SC
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina



ART OBRA OU SERVIÇO
25 2021 7694023-7
Inicial Individual

1. Responsável Técnico LUIS HENRIQUE BEDUSCHI Título Profissional: Engenheiro Civil		RNP: 2514023785 Registro: 132886-0-SC
Empresa Contratada:		Registro:

2. Dados do Contrato Contratante: Burka e Lehn engenharia e arquitetura Ltda Endereço: RUA FIDES DEEKE Complemento: Sala 02 Cidade: BLUMENAU Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 4.000,00 Contrato: Celebrado em:		CPF/CNPJ: 21.852.346/0001-98 Nº: 30 CEP: 89030-210 Bairro: ITOUFAVA SECA UF: SC Ação Institucional: Tipo de Contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado
--	--	---

3. Dados Obra/Serviço Proprietário: Burka e Lehn engenharia e arquitetura Ltda Endereço: RUA FIDES DEEKE Complemento: Sala 02 Cidade: BLUMENAU Data de Início: 23/02/2021 Finalidade:		CPF/CNPJ: 21.852.346/0001-98 Nº: 30 CEP: 89030-210 Bairro: ITOUFAVA SECA UF: SC Coordenadas Geográficas:
Data de Término: 23/02/2022		Código:

4. Atividade Técnica Estudo Hidrologia		
Dimensão do Trabalho:	40,00	Hora(s)

5. Observações
Determinação de equação, proveniente do balanço hídrico, para cálculo de volumes para mecanismos de retenção/detenção em virtude da impermeabilização do solo no município de Itajaí - SC.

6. Declarações
Acessibilidade: Declaro, sob as penas da Lei, que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART não se exige a observância das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe
NENHUMA

8. Informações
A ART é válida somente após o pagamento da taxa.
Situação do pagamento da taxa da ART em 23/02/2021: TAXA DA ART A PAGAR
Valor ART: R\$ 88,78 | Data Vencimento: 05/03/2021 | Registrada em:
Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número:
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-sc.org.br/art.
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

9. Assinaturas
Declaro serem verdadeiras as informações acima.
LUIS HENRIQUE BEDUSCHI: 901.855.609-20
Assinada de forma digital por LUIS HENRIQUE BEDUSCHI em 23/02/2021 às 18:48:38 -03'00'
BLUMENAU - SC, 23 de Fevereiro de 2021
LUIS HENRIQUE BEDUSCHI
901.855.609-20
Contratante: Burka e Lehn engenharia e arquitetura Ltda
21.852.346/0001-98

www.crea-sc.org.br
Fone: (48) 3331-2000

falecom@crea-sc.org.br
Fax: (48) 3331-2107





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
CREA-SC
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina



ART OBRA OU SERVIÇO
25 2021 7694356-0
Inicial Individual

1. Responsável Técnico TULIO BURKHARDT Título Profissional: Engenheiro Civil		RNP: 2519869267 Registro: 178340-8-SC
Empresa Contratada:		Registro:

2. Dados do Contrato Contratante: SINDUSCON - SIND. IND. CONST. CIVIL Endereço: RUA JOSE FERREIRA DA SILVA Complemento: Cidade: ITAJAÍ Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 3.000,00 Contrato: Celebrado em:		Bairro: CENTRO UF: SC Ação Institucional: Tipo de Contratante:	CPF/CNPJ: 76.705.250/0001-99 Nº: 43 CEP: 88301-335
--	--	---	--

3. Dados Obra/Serviço Proprietário: SINDUSCON - SIND. IND. CONST. CIVIL Endereço: RUA JOSE FERREIRA DA SILVA Complemento: Cidade: ITAJAÍ Data de Início: 23/02/2021 Finalidade:		Bairro: CENTRO UF: SC Coordenadas Geográficas:	CPF/CNPJ: 76.705.250/0001-99 Nº: 43 CEP: 88301-335 Código:
Data de Término: 23/02/2022			

4. Atividade Técnica Estudo Hidrologia			
Dimensão do Trabalho:	30,00	Hora(s)	

5. Observações
Acompanhamento da determinação de equação, proveniente do balanço hídrico, para cálculo de volumes para mecanismo de retenção/detenção em virtude da impermeabilização do solo no município de Itajaí-SC

6. Declarações
Acessibilidade: Declaro, sob as penas da Lei, que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART não se exige a observância das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe
NENHUMA

8. Informações
A ART é válida somente após o pagamento da taxa.
Situação do pagamento da taxa da ART em 24/02/2021: TAXA DA ART A PAGAR
Valor ART: R\$ 88,78 | Data Vencimento: 08/03/2021 | Registrada em: 24/02/2021
Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número: 14002104000129558
A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-sc.org.br/art.
A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

9. Assinaturas
Declaro serem verdadeiras as informações acima.
ITAJAÍ - SC, 24 de Fevereiro de 2021
TULIO BURKHARDT
080.502.779-33
Contratante: SINDUSCON - SIND. IND. CONST. CIVIL
76.705.250/0001-99

www.crea-sc.org.br
Fone: (48) 3331-2000

falecom@crea-sc.org.br
Fax: (48) 3331-2107

