

IMPACTOS NA DRENAGEM URBANA DECORRENTES DA SUBSTITUIÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO POR PAVIMENTO ASFÁLTICO EM UM LOTEAMENTO EM URUSSANGA-SC

Ramon Luca Vitor¹
Bruno Pereira Mariano²

Resumo

O presente estudo tem como objetivo analisar os impactos na drenagem urbana decorrentes da substituição do pavimento intertravado por pavimento asfáltico em um loteamento localizado no município de Urussanga, Santa Catarina. Para isso, foi utilizado o Método Racional, com simulações através do software SWMM, considerando diferentes períodos de retorno de chuva. Os resultados indicaram que, no período de retorno de 2 anos, as variações entre os tipos de pavimento foram menores, demonstrando que a rede de drenagem atual ainda consegue suportar o volume escoado sem apresentar sinais de sobrecarga. No entanto, ao considerar o período de retorno de 5 anos, verificou-se um aumento expressivo nas vazões em sete pontos da rede de drenagem, com destaque para o trecho B8, que apresentou o maior aumento devido ao grande volume concentrado de águas pluviais. Esse comportamento reforça que o pavimento asfáltico, por possuir baixa permeabilidade, intensifica o escoamento superficial e tende a comprometer a capacidade do sistema em situações de chuva mais intensa. Deste modo, constata-se que para a substituição do tipo de pavimento nesse loteamento será necessária uma reavaliação de trechos específicos a fim de evitar falhas no sistema durante chuvas de grande intensidade.

Palavras-chave: Drenagem urbana; Pavimentação asfáltica; Pavimentação intertravado de concreto; Software SWMM.

1 Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina.
E-mail: ramon.lv@aluno.ifsc.edu.br

2 Especialista e Professor do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina.
E-mail: bruno.mariano@ifsc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é responsável pelo controle e manejo das águas pluviais nas cidades, garantindo a coleta, o transporte e o destino adequado da água por meio de estruturas como sarjetas, bocas de lobo e galerias. Esse sistema tem papel essencial no planejamento urbano, pois evita alagamentos, erosões e outros impactos causados pela impermeabilização do solo. O tipo de pavimento adotado nas vias públicas influencia diretamente o comportamento do escoamento superficial e o desempenho da rede pluvial. Quando o revestimento não considera as características de permeabilidade do solo, o sistema de drenagem pode ser comprometido, resultando em prejuízos estruturais e ambientais.

Este estudo aborda a drenagem urbana a partir da análise dos impactos gerados pela substituição do pavimento de piso intertravado de concreto por pavimento asfáltico, em um loteamento localizado na cidade de Urussanga, Santa Catarina. A necessidade deste estudo decorre da influência que a substituição de pavimentos exerce sobre o escoamento superficial, podendo afetar o funcionamento do sistema de drenagem urbana.

O pavimento de piso intertravado permite certa infiltração da água da chuva, reduzindo o volume de escoamento e contribuindo para o alívio da rede pluvial. Já o pavimento asfáltico, por ser impermeável, faz com que praticamente todo o volume precipitado seja direcionado às bocas de lobo e drenagem, aumentando o escoamento superficial e a pressão sobre o sistema de drenagem. Essa diferença pode gerar sobrecargas no sistema de drenagem, alagamentos e danos à infraestrutura urbana. Compreender esses efeitos é essencial para o planejamento de obras urbanas. Em muitos casos, a substituição de pavimentos ocorre por questões estéticas, econômicas ou de manutenção, sem considerar as propriedades hidráulicas do novo material. No entanto, essa prática pode comprometer o funcionamento do sistema de drenagem e causar prejuízos à infraestrutura e à segurança da população.

Dessa forma, analisar a troca do pavimento intertravado pelo asfáltico torna-se fundamental para avaliar seus impactos sobre o desempenho hidráulico e a durabilidade das vias urbanas.

O objetivo geral deste estudo é analisar os impactos na drenagem urbana

gerados pela alteração do pavimento intertravado para pavimento asfáltico em um loteamento localizado no município de Urussanga, Santa Catarina, verificando a capacidade do sistema de drenagem originalmente projetado. Para atingir esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Avaliar se o dimensionamento do sistema de drenagem projetado possui capacidade de suportar o novo pavimento asfáltico;
- II. Analisar as mudanças no tempo de concentração e no pico de vazão decorrentes da alteração do revestimento;
- III. Simular cenários com diferentes períodos de retorno, de 2 e 5 anos, considerando o novo pavimento, para determinar a probabilidade de falhas no sistema de drenagem;
- IV. Identificar as diferenças de permeabilidade e os coeficientes de escoamento entre o piso intertravado e o pavimento asfáltico, relacionando esses parâmetros ao desempenho hidráulico do sistema;
- V. Propor medidas de mitigação ou adequação que permitam manter a eficiência da drenagem urbana após a substituição do tipo de pavimento.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

A pavimentação das ruas nas áreas urbanas têm um papel importante na forma como a água da chuva se comporta dentro de centros urbanos, especialmente em locais com muitas construções. Entre os diferentes tipos de revestimentos aplicados nas vias, o asfalto se destaca por sua durabilidade, rapidez na execução e fácil manutenção. No entanto, sob o ponto de vista da drenagem urbana, ele é considerado um revestimento totalmente impermeável, ou seja, não permite que a água penetre no solo. Isso faz com que, durante as chuvas, aumente tanto a quantidade de água quanto a velocidade da água que escoam pelas superfícies (Bernucci, Motta, Ceratti e Soares, 2022).

Em contrapartida, o piso intertravado, feito com blocos de concreto assentados sobre uma base de areia ou pó de pedra, é considerado um tipo de pavimento permeável ou semipermeável (Rocha e Greco, 2021). Essa característica permite que parte da água da chuva se infiltre no solo, o que ajuda a diminuir o volume que escorre pela superfície e reduz os picos de vazão, especialmente em

períodos de chuvas intensas. Adicionalmente, um estudo feito por Rocha e Greco (2021), na sub-bacia do Embira, mostrou que o uso desse tipo de pavimento contribui significativamente para aliviar a carga sobre os sistemas de drenagem, ajudando no controle de alagamentos em áreas urbanas.

Em conjunto, nos projetos de drenagem urbana, existe um aspecto técnico importante que denomina-se coeficiente de escoamento superficial, que pode ser expresso como a medida da quantidade de água da chuva que consegue percorrer sobre uma superfície, sem infiltrar no solo. Esse número muda consideravelmente, a depender do tipo de revestimento. Dessa forma, sabe-se que no piso intertravado, este coeficiente é relativamente baixo, já no asfalto, este coeficiente é alto. Com isso, nesta troca de revestimento pode haver grandes chances de o sistema de drenagem não suportar o novo volume de água, principalmente durante chuvas intensas (Araújo, Tucci, Goldenfum, 2000).

Quando se substitui um pavimento que permite infiltração, como o intertravado, por um material impermeável, como o asfalto, sem que o sistema de drenagem seja ajustado para essa nova realidade, os impactos tendem a ser negativos. É comum surgirem sobrecargas na drenagem pluvial, aumento na frequência de alagamentos e até danos estruturais em algumas regiões da cidade.

Com o aumento da urbanização, dentro do modelo de desenvolvimento vigente, ocorreu uma gradual impermeabilização do solo, devido à construção de edifícios com calçadas impermeáveis, ligados por ruas pavimentadas. O crescimento urbano e a demanda por vias de tráfego asfaltadas e planas levaram à ocupação de grande parte da superfície das cidades com materiais impermeáveis, como o concreto asfáltico e o concreto de cimento Portland. Essa alteração reduz seriamente a área de contato da água com o solo, dificultando ou impedindo a infiltração e aumentando os volumes do escoamento superficial das águas pluviais, o que se torna em um desafio cada vez maior para as redes de drenagens pluviais. (HÖLTZ, 2011, p. 22).

Dessa forma, a troca do pavimento intertravado por pavimento asfáltico torna necessária a avaliação dos pontos onde a impermeabilização adicional pode gerar impactos no escoamento. É fundamental considerar se o sistema de drenagem do local possui capacidade para suportar a nova condição de impermeabilização, evitando assim transtornos futuros para a infraestrutura e para os moradores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para este estudo de caso é o método hipotético-dedutivo, que baseia-se na formulação de hipóteses que buscam explicar determinado fenômeno. A partir dessas hipóteses, deduzem-se consequências que podem ser verificadas por meio da observação e da experimentação. O processo envolve a tentativa de falsear ou confirmar as hipóteses iniciais, permitindo o avanço do conhecimento científico. Esse método valoriza a lógica e a coerência entre teoria e prática, promovendo uma análise racional dos fatos. Assim, constitui uma importante abordagem na construção e validação de teorias científicas (LAKATOS e MARCONI, 2007).

A área de estudo corresponde a um loteamento localizado no município de Urussanga, Santa Catarina em uma região caracterizada por solos Podzólico Vermelho-Amarelo álico e Cambissolo álico. Os Podzólicos ocorrem em relevo ondulado e utilizados principalmente para pastagens e culturas de subsistência. Os Cambissolos, derivados do diabásio, tem bom potencial agrícola, mas aparecem em áreas de topografia acidentada. O clima é subtropical úmido com verões quentes, com precipitação média anual de cerca de 1.623 mm, concentrada no verão, e temperatura média anual de 19,4 °C, variando entre invernos amenos e verões quentes (SILVA, 1997).

O loteamento possui área total de 20,1925 ha, distribuída entre áreas impermeáveis, representadas por ruas pavimentadas e superfícies com baixa capacidade de infiltração, e áreas permeáveis, constituídas por lotes ainda não edificadas, áreas verdes e espaços destinados à infiltração das águas pluviais. Para a definição e quantificação das áreas, foi considerado o levantamento topográfico fornecido pela empresa responsável pelo empreendimento. Esse levantamento permitiu identificar as curvas de nível (anexo A), possibilitando a análise das declividades do terreno. No anexo B podemos observar a divisão de áreas e suas respectivas bacias.

O sistema de drenagem existente no loteamento é composto por linhas de drenagem de tubos de concreto 40, 50 e 60 centímetros de diâmetro, bocas de lobo de 85x85 centímetros e poços de visita de 60 centímetros de diâmetro. Projetado para atender à demanda de escoamento considerando as condições originais de

pavimentação. O coeficiente de Manning para tubos de concreto é de 0,015 (TOLENTINO JUNIOR, 2023).

A área do loteamento estudada corresponde sobre a parte onde os sistemas de drenagem são utilizados, como mostra o anexo C. Todos os trechos de drenagem são de 40 centímetros de diâmetro, com exceção dos trechos B5 e B6 são de 50 centímetros de diâmetro e os trechos B7 e B8 são de 60 centímetros de diâmetro. Com a caracterização da área de estudo pode-se definir os parâmetros hidrológicos utilizados nas análises de drenagem.

O levantamento de dados pluviométricos foram realizados com o auxílio do software “HidrochuSC 2.0”, uma ferramenta desenvolvida para o processamento e análise de informações hidrológicas do estado de Santa Catarina. O programa permite consultar e organizar séries históricas de chuvas máximas diárias registradas em estações pluviométricas, facilitando a determinação de parâmetros essenciais, como a curva intensidade-duração-frequência (IDF) (Equação 1) (BACK, 2013). Por meio do “HidrochuSC 2.0”, é possível selecionar a estação mais representativa, que no caso foi a de Urussanga que tem como nome o dígito 02849011 de acordo com o software citado anteriormente, para a área de estudo (anexo D).

$$i = \frac{630,03 \cdot T^{0,1994}}{(tc + 9,16)^{0,7116}}$$

(Equação 1)

Sendo que T é o tempo de retorno, em anos; tc é o tempo de concentração, em minutos; i é a intensidade média máxima da precipitação, em mm/h.

O tempo de concentração da bacia pode ser descrito pela fórmula de Kirpich (TUCCI, PORTO E BARROS, 1995) (Equação 2).

$$tc = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{Dh} \right)^{0,385}$$

(Equação 2).

Sendo que tc é o tempo de concentração, em min; L é o comprimento do curso d'água principal da bacia, em km; Dh é a diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório, em m.

Em sistemas de microdrenagem urbana o tempo mínimo para utilização do

Método Racional é de 10 minutos (BRASIL, 2006).

Para Tucci, Porto e Barros (1995), o período de retorno é definido como o intervalo médio de tempo em que um determinado evento hidrológico tem probabilidade de ser igualado ou superado uma vez. Os sistemas de microdrenagem urbana, bocas de lobo e galerias de pequeno porte, devem ser dimensionados considerando períodos de retorno entre 2 e 5 anos, conforme o uso e a importância da via. No presente estudo, foram adotados períodos de retorno de 2 e 5 anos nas análises de drenagem do loteamento.

De acordo com Stein (2022), o Método Racional utiliza a vazão máxima de escoamento como (Equação 3):

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

(Equação 3)

Sendo que Q é a vazão máxima do escoamento superficial, em m³/s; i é a intensidade da média máxima da precipitação, em mm/h (Equação 01); A é a área da bacia de contribuição, em hectares; C é o coeficiente de deflúvio de Runoff, adimensional.

O método de infiltração utilizado para o estudo de caso é a equação de Horton, que descreve o comportamento da taxa de infiltração da água no solo ao longo do tempo durante uma chuva (TUCCI, 2000) (Equação 4).

$$I_t = I_s + (I_0 - I_s) \cdot e^{-kt}$$

(Equação 4)

Sendo que I_t é a taxa de infiltração no instante de tempo t; I_s é a taxa mínima de infiltração; I₀ é a taxa de infiltração inicial em t=0; k é uma constante.

O coeficiente de deflúvio, também chamado de coeficiente de escoamento superficial ou Run-Off, indica a porção da chuva que não infiltra no solo e escoar pela superfície. Esse valor varia de acordo com características como o tipo de material, a declividade do terreno e o nível de impermeabilização da área (TUCCI, PORTO E BARROS, 1995).

Em termos práticos, o Run-Off mostra o quanto da água da chuva realmente contribui para o escoamento superficial, sendo um parâmetro essencial no cálculo da vazão pelo método racional. O manual do DNIT (BRASIL, 2005), diz que, para

áreas de residências o coeficiente de Run-Off deve ser de 0,50, a parte das áreas de utilização pública (A.U.P) do loteamento é de gramado íngreme e tem por coeficiente 0,20 e o coeficiente de defluxo para o asfalto é de 0,95. Para pisos intertravados de concreto temos o coeficiente no valor de 0,60 (ARAÚJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000).

De acordo com a NBR 15953, o pavimento intertravado é classificado como um tipo de pavimento flexível, cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base) e por uma camada de revestimento formada por peças de concreto. Essas peças são assentadas sobre uma camada de apoio, e os espaços entre elas são preenchidos com material de rejuntamento, o que garante a união e estabilidade do conjunto. O intertravamento é a capacidade das peças de resistirem a deslocamentos em qualquer direção, mantendo às peças conectadas. Para assegurar o bom desempenho e a durabilidade do sistema, são utilizados elementos de contenção, como meios-fios, que mantêm as peças no devido alinhamento.

O pavimento asfáltico é composto por uma mistura de agregados, fíler e ligantes asfálticos, formando geralmente quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico tem a função de resistir às cargas dos veículos, impermeabilizar e proporcionar conforto e segurança na rodagem. Sua estrutura pode incluir camadas de rolamento e de ligação, variando conforme o tipo de tráfego e os materiais disponíveis. O subleito, que serve de apoio à estrutura, deve ser devidamente compactado e regularizado para garantir suporte adequado. As demais camadas de base, sub-base e reforço do subleito também possuem papel essencial no desempenho estrutural do pavimento (BERNUCCI, MOTTA, CERATTI e SOARES, 2022).

Para a elaboração da simulação, foram utilizados os dados do loteamento, como as dimensões das sub-bacias (anexo B), dimensão dos trechos de drenagem (anexo C) e as aplicações dos princípios do Método Racional descritos anteriormente. Com isso, foi possível elaborar a base para as simulações através do software SWMM, foram geradas simulações para cada pavimento, modificando os períodos de retorno de 2 e 5 anos e seus respectivos dados pluviométricos (anexo D). A Figura 1 mostra como a base para as simulações foi gerada.

Figura 1: Simulação no Software SWMM



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da coleta de informações referentes ao loteamento e da aplicação dos princípios do Método Racional, foi possível analisar o comportamento hidrológico da área em estudo diante da substituição do pavimento de piso intertravado de concreto pelo pavimento asfáltico. Essa etapa teve como finalidade comparar o desempenho do sistema de drenagem existente com as novas condições de impermeabilização, verificando se a rede de drenagem pluvial projetada inicialmente mantém sua eficiência hidráulica após a modificação do revestimento superficial.

As simulações para o período de retorno de 2 anos, modificando o tipo de pavimento, estão na Figura 2 e mostram a vazão em metros cúbicos por segundo. Na Figura 2 temos duas imagens a primeira é de pavimento de piso intertravado e a segunda de pavimento asfáltico.

Tabela 1: Trechos de drenagem e suas vazões – período de retorno de 2 anos

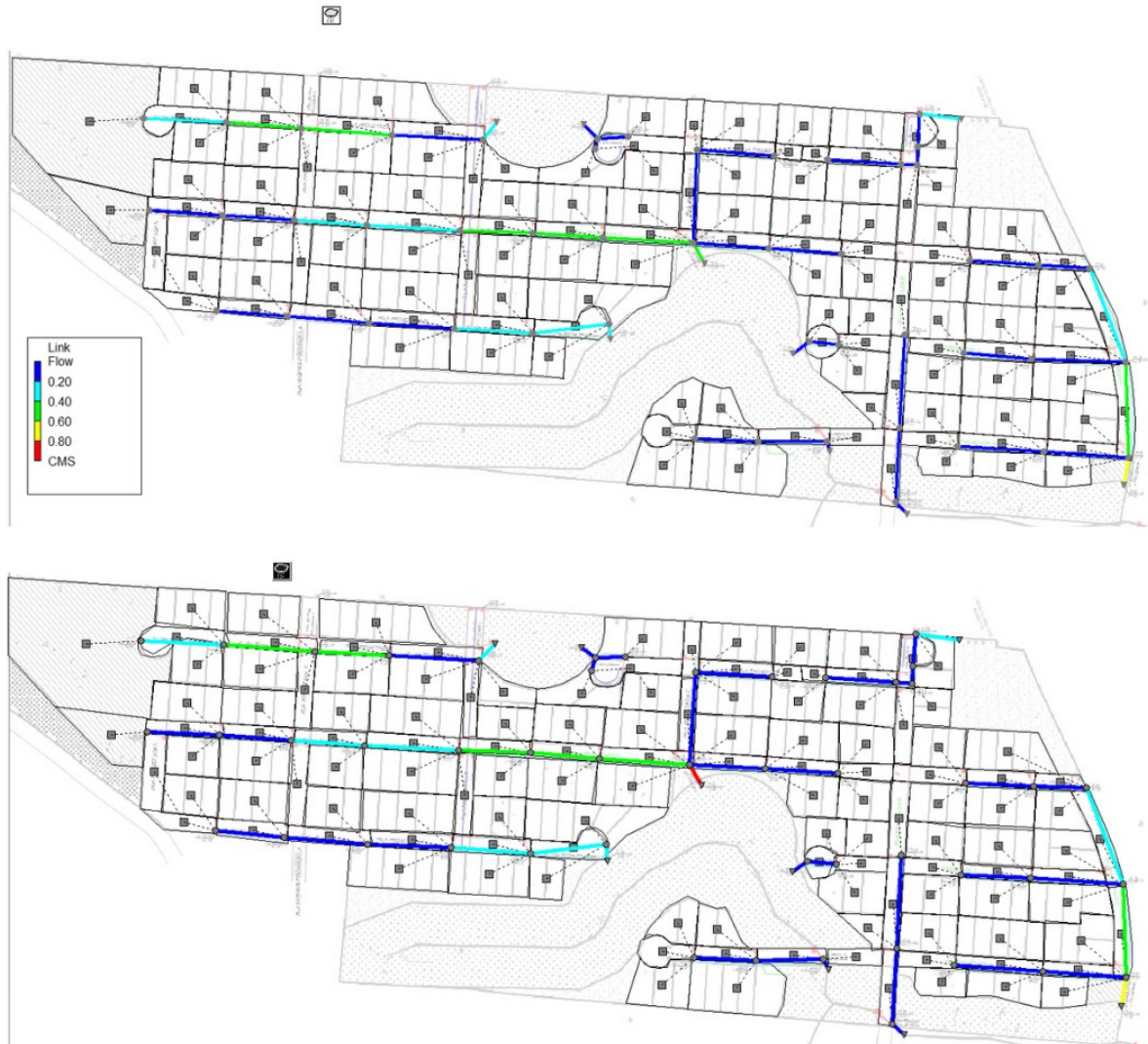
TRECHOS DE DRENAGEM	PAVIMENTO ASFÁLTICO (m³/s)	PAVIMENTO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO (m³/s)	TRECHOS DE DRENAGEM	PAVIMENTO ASFÁLTICO (m³/s)	PAVIMENTO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO (m³/s)
A1	0,25	0,25	D2	0,05	0,05
A2	0,31	0,31	D3	0,06	0,06
A3	0,38	0,38	E1	0,03	0,03
A4	0,14	0,12	E2	0,11	0,11
A5	0,27	0,21	E3	0,12	0,12
B1	0,04	0,04	E4	0,12	0,12
B2	0,10	0,10	E5	0,16	0,16
B3	0,18	0,18	F1	0,08	0,08
B4	0,23	0,23	F2	0,07	0,07
B5	0,32	0,32	G1	0,06	0,06
B6	0,40	0,36	G2	0,12	0,10
B7	0,47	0,42	G3	0,15	0,15
B8	0,72	0,53	G4	0,06	0,06
B9	0,12	0,12	G5	0,13	0,13
B10	0,06	0,06	G6	0,34	0,34
B11	0,11	0,11	G7	0,05	0,05
B12	0,03	0,03	G8	0,12	0,12
C1	0,03	0,03	G9	0,50	0,50
C2	0,07	0,07	H1	0,01	0,01
C3	0,10	0,10	H2	0,03	0,03
C4	0,20	0,20	H3	0,04	0,04
C5	0,27	0,27	I1	0,06	0,06
C6	0,29	0,29	I2	0,14	0,14
D1	0,11	0,11	I3	0,15	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os resultados mostraram que, para o período de retorno de 2 anos, as diferenças entre as condições com pavimento intertravado e com pavimento asfáltico foram pouco expressivas. Os trechos B6, B7 tiveram um aumento de 11,11% e 11,90% respectivamente, o trecho B8 foi o mais representativo tendo um aumento de 35,84% devido ao grande número de trechos que descarregam suas águas pluviais neste ponto. Outros trechos que tiveram aumento foram o A4, A5 e G2 que aumentaram 16,66%, 28,57% e 20,00% respectivamente, não ocorreram alterações em outros trechos. Nessa situação, a rede pluvial mostrou-se capaz de suportar o volume escoado sem apresentar sinais significativos de sobrecarga, indicando que, para eventos de chuva menos intensos e mais frequentes, a alteração do pavimento não compromete de forma imediata o sistema existente.

As simulações para o período de retorno de 5 anos, modificando o tipo de pavimento, estão na Figura 3 e mostram a vazão em metros cúbicos por segundo. Na Figura 3 temos duas imagens a primeira é de pavimento de piso intertravado e a segunda de pavimento asfáltico.

Figura 3: Trechos de drenagem e suas vazões – período de retorno de 5 anos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.
Nota: CMS significa m³/s.

A Tabela 2 mostra as vazões de cada trecho que estão em destaque na figura 3. Os trechos de drenagem mostrados na Tabela 2 foram retirados do anexo C.

Tabela 2: Trechos de drenagem e suas vazões – período de retorno de 5 anos

TRECHOS DE DRENAGEM	PAVIMENTO ASFÁLTICO (m³/s)	PAVIMENTO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO (m³/s)	TRECHOS DE DRENAGEM	PAVIMENTO ASFÁLTICO (m³/s)	PAVIMENTO DE PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO (m³/s)
A1	0,33	0,33	D2	0,07	0,07
A2	0,42	0,42	D3	0,09	0,09
A3	0,53	0,51	E1	0,04	0,04
A4	0,14	0,12	E2	0,14	0,14
A5	0,27	0,23	E3	0,17	0,17
B1	0,05	0,05	E4	0,16	0,16
B2	0,13	0,13	E5	0,21	0,21
B3	0,23	0,23	F1	0,11	0,11
B4	0,30	0,30	F2	0,10	0,10
B5	0,43	0,43	G1	0,08	0,08
B6	0,53	0,48	G2	0,18	0,13
B7	0,64	0,56	G3	0,21	0,21
B8	0,97	0,63	G4	0,08	0,08
B9	0,16	0,16	G5	0,17	0,17
B10	0,08	0,08	G6	0,44	0,44
B11	0,14	0,14	G7	0,06	0,06
B12	0,04	0,04	G8	0,16	0,16
C1	0,04	0,04	G9	0,65	0,65
C2	0,09	0,09	H1	0,01	0,01
C3	0,14	0,14	H2	0,04	0,04
C4	0,27	0,27	H3	0,05	0,05
C5	0,36	0,36	I1	0,09	0,09
C6	0,29	0,29	I2	0,18	0,18
D1	0,15	0,15	I3	0,20	0,20

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Ao analisar o período de retorno de 5 anos, observou-se um comportamento distinto. A simulação com o pavimento asfáltico apresentou aumento nas vazões de pico em sete trechos analisados, indicando um aumento mais expressivo na rede de drenagem. Esses trechos são: B6, B7 e B8 que tiveram um aumento 10,41%, 14,28% e 53,96% respectivamente, o trecho B8 foi o mais afetado por conta do grande volume de águas pluviais que chega até este trecho. Os trechos A3, A4, A5 e G2 tiveram um aumento de 3,92%, 16,66%, 17,39% e 38,46% respectivamente, este aumento se justifica pela troca de pavimento e por estarem em áreas de grande declividade aumentando a velocidade do escoamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo, foi possível entender que a troca do pavimento intertravado pelo pavimento asfáltico impacta no funcionamento da drenagem urbana no loteamento, em Urussanga, Santa Catarina. O objetivo geral da pesquisa, que buscava verificar se o sistema de drenagem originalmente projetado continuaria eficiente, mesmo após essa alteração no revestimento, foi alcançado.

Com esse estudo verificou-se que a troca de pavimento gera impactos no sistema de drenagem, mas a capacidade do sistema projetado atendeu aos aumentos de vazão. Como para o período de retorno de 2 anos, as diferenças entre o pavimento intertravado e o asfáltico foram pequenas, demonstrando que o sistema é capaz de suportar este volume de escoamento durante eventos de chuva menos intensos. Mesmo assim, alguns trechos apresentaram aumento de vazão, como B6 (11,11%), B7 (11,90%), A4 (16,66%), A5 (28,57%) e G2 (20,00%). O trecho B8 foi o mais expressivo com um acréscimo de 35,84%.

Por outro lado, ao analisar o período de retorno de 5 anos, as diferenças se tornaram um pouco mais evidentes. A simulação com o pavimento asfáltico indicou aumento nas vazões de pico em sete trechos, sendo B6 (10,41%), B7 (14,28%), B8 (53,96%), A3 (3,92%), A4 (16,66%), A5 (17,39%) e G2 (38,46%). O trecho B8 novamente apresentou o maior aumento, devido ao grande volume de águas pluviais que chegam a este trecho. Esse comportamento mostra que a troca de pavimento intensifica o escoamento superficial e reduz o tempo de concentração, principalmente em regiões com maior declividade.

A partir das simulações realizadas e da aplicação do Método Racional, foi possível alcançar os objetivos específicos compreendendo sobre a capacidade do sistema de drenagem existente, e como a mudança do tipo de revestimento altera o comportamento das chuvas em sua superfície por conta da alteração do coeficiente de escoamento. Já com os períodos de retorno de 2 e 5 anos utilizando o tempo de concentração de 10 minutos, podemos observar o aumento das chuvas e sua intensidade que alteram os picos de vazão no sistema de drenagem.

Os resultados alcançados nos mostram que o tipo de pavimento afeta diretamente o funcionamento dos sistemas de drenagem urbana. O pavimento intertravado, por permitir infiltração parcial, reduz a velocidade de escoamento,

reduzindo as vazões e aliviando a carga sobre a rede pluvial. Já o pavimento asfáltico, por ser totalmente impermeável, direciona praticamente todo o volume precipitado para o sistema de drenagem, podendo gerar sobrecargas nos sistemas.

Diante disso, conclui-se que a substituição do pavimento intertravado pelo pavimento asfáltico deve ser analisada com cautela, especialmente em locais onde a rede pluvial foi dimensionada para condições de menor impermeabilização. Apesar de que o sistema projetado apresentou bom desempenho para eventos de baixa intensidade, com um período de retorno de 2 anos, os resultados para o período de retorno de 5 anos indicam a necessidade de reavaliação em trechos específicos, a fim de evitar falhas durante chuvas mais intensas.

Como recomendação, sugere-se que, em futuras pesquisas, se amplie a análise considerando mais períodos de retorno de chuvas como: 10, 25, 50 e 100 anos, de modo a compreender o comportamento do sistema de drenagem para chuvas de alta intensidade ou extremas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15953: PAVIMENTO INTERTRAVADO COM PEÇAS DE CONCRETO - EXECUÇÃO**. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 19 p. Disponível em: <https://www.gedweb.com.br/visualizador>. Acesso em: 20 set. 2025.

ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NA REDUÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**. 5. ed. Porto Alegre: Rbrh, 2000. 9 p. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Sumarios/44/48ba673566bf8968f9c4c613a6f1a9af_f2be3ce54d1b6412ba634aca68acf5c0.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2013, p.193. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1140>. Acesso em: 21 set. 2025.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e estimativas da chuva de projeto para o estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2022. 204p. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/solucoes/tecnologias/>. Acesso em: 21 set. 2025.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: formação básica para engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2022. 759 p. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/recursos-para-desenvolvimento-tecnologico-rdt/projetos-rdt/transbrasiliana/finalizado/livro-pavimentacao-asfaltica-2013-formacao-basica-para-engenheiros-2013-2deg-edicao.pdf/view>. Acesso em: 15 mai. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT)**. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2005. Publicação IPR-715. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf Acesso em: 20 set. 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. edição. Rio de Janeiro: DNIT / DPP / IPR, 2006. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.

HÖLTZ, Fabiano da Costa. **USO DE CONCRETO PERMEÁVEL NA DRENAGEM URBANA: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E DO IMPACTO AMBIENTAL**. Porto Alegre: Ufrgs, 2011. 138 p. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/35615>. Acesso em: 02 jul. 2025.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Projeto de pesquisa e relatório de pesquisa**. In: Metodologia do trabalho científico. 9.ed., São Paulo: Atlas, 2024. Disponível em:
[https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597026559/epubcfi/6/10\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4\]!/4/24/3:79\[olu%2Cme\]](https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597026559/epubcfi/6/10[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4]!/4/24/3:79[olu%2Cme]). Acesso em: 18 jun. 2025.

ROCHA, Pedro Magalhães; GRECO, Jisela Aparecida Santanna. **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS NOS GRANDES CENTROS URBANOS: ESTUDO NA SUB-BACIA DO EMBIRA (MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE-MG)**. 2. ed. Anápolis: Revista Mirante, 2021. 13 p. Disponível em:
<https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/1>. Acesso em: 02 jul. 2025.

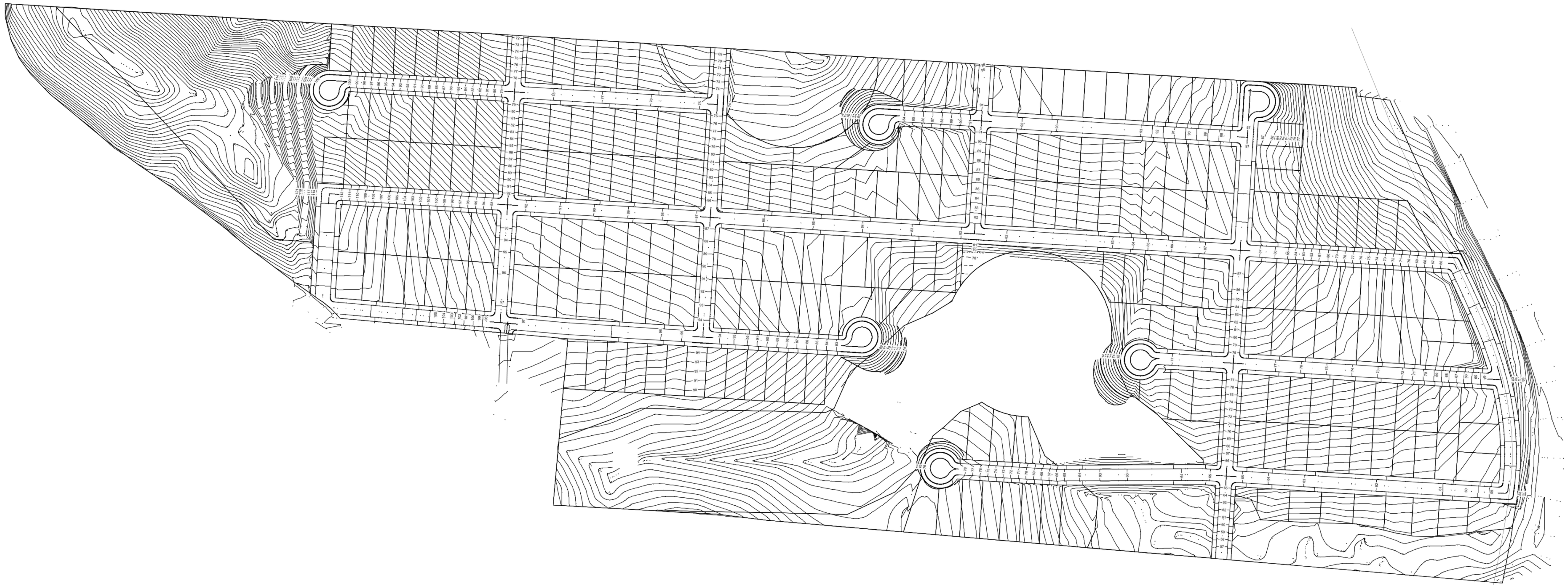
SILVA, Vicente Rocha. **Caracterização física e sócio-econômica da microbacia do Rio Maior, Urussanga – SC**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências, Florianópolis, 1997. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/>. Acesso em: 16 set. 2025.

STEIN, Ronei Tiago. SANTOS, Franciane Mendonça dos. PELINSON, Natália de Souza e outros. **Hidrologia e Drenagem**. Porto Alegre: SAGAH, 2022.

TOLENTINO JUNIOR, João B.. **Hidráulica Agrícola**. Curitiba: Ufsc, 2023. Disponível em: <https://hidraulica.tolentino.pro.br/f%C3%B3rmula-de-manning.html>. Acesso em: 25 set. 2025.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario T. de. **DRENAGEM URBANA**. Porto Alegre: Ufrgs, 1995. 428 p.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2000.



Levantamento:	Projeto:
Proprietário:	Responsável Técnico:
Arquivo:	

Folha: **1**
3

Escala 1/1.000



QUADRO DE ÁREAS SUB-BACIAS									
ÁREAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
ÁREA DE LOTES (m²)	13505,00	35117,00	16240,00	4352,00	6573,00	3216,00	24679,00	1403,00	6390,00
ÁREA DE RUAS (m²)	2740,00	5989,00	3051,00	644,00	1393,00	571,00	4149,00	1281,00	1407,00
ÁREA DE A.U.P (m²)	10950,00	1677,00	-	-	-	-	-	-	-

		Folha: 2 3
Levantamento:	Projeto:	
Proprietário:	Responsável Técnico:	Escala 1/1.000
Arquivo:		

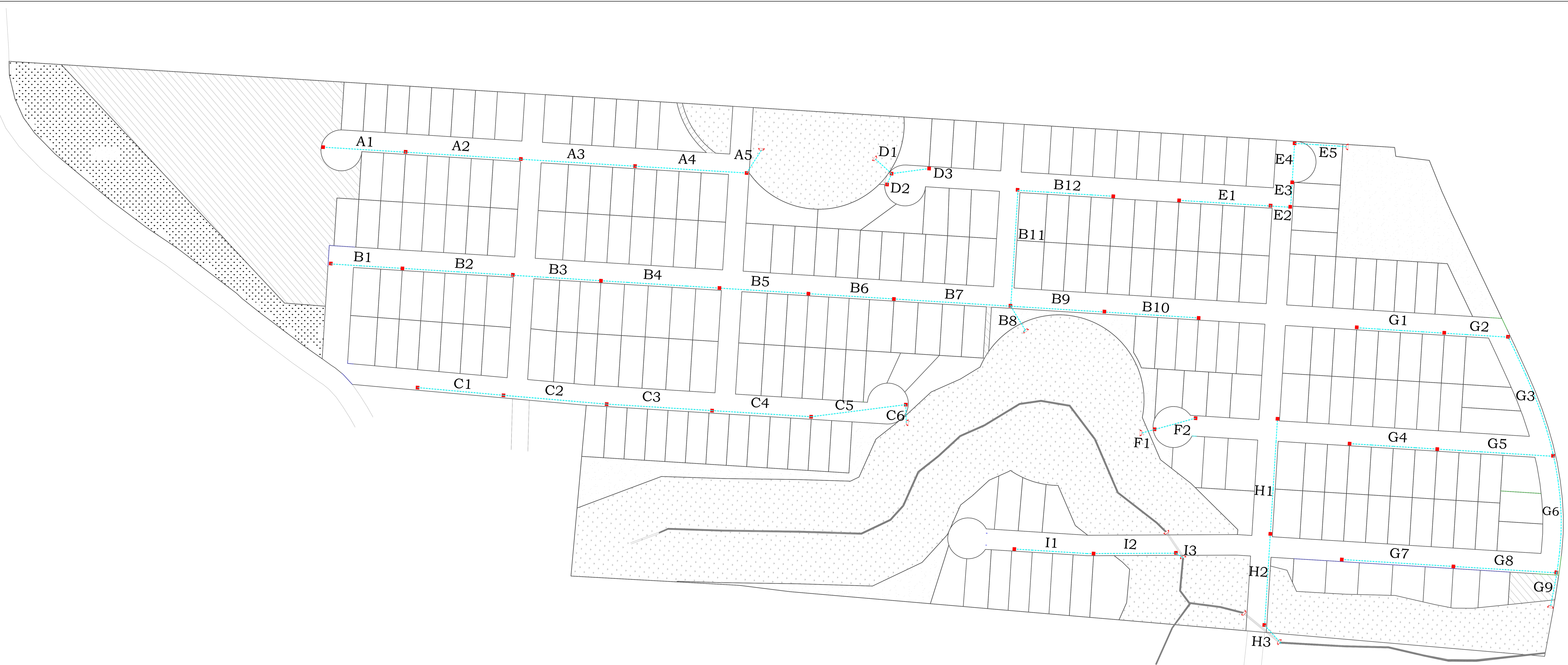


TABELA DIMENSÕES DE DRENAGEM

SUB-BACIA A			SUB-BACIA E		
TRECHO	DIÂMETRO (cm)	COMPRIMENTO (m)	TRECHO	DIÂMETRO (cm)	COMPRIMENTO (m)
A1	40	65,00	E1	40	65,00
A2	40	65,00	E2	40	10,00
A3	40	68,00	E3	40	15,00
A4	40	65,00	E4	40	25,00
A5	40	20,00	E5	40	28,00

SUB-BACIA B			SUB-BACIA F		
TRECHO	DIÂMETRO (cm)	COMPRIMENTO (m)	TRECHO	DIÂMETRO (cm)	COMPRIMENTO (m)
B1	40	55,00	F1	40	10,00
B2	40	55,00	F2	40	25,00
B3	40	55,00	SUB-BACIA G		
B4	40	70,00	TRECHO DIÂMETRO (cm) COMPRIMENTO (m)		
B5	50	50,00	G1	40	50,00
B6	50	50,00	G2	40	40,00
B7	60	65,00	G3	40	75,00
B8	40	10,00	G4	40	50,00
B9	40	55,00	G5	40	65,00
B10	40	55,00	G6	40	70,00
B11	40	70,00	G7	40	65,00
B12	40	55,00	G8	40	60,00
SUB-BACIA C			G9	40	55,00
TRECHO DIÂMETRO (cm) COMPRIMENTO (m)			SUB-BACIA H		
C1	40	50,00	TRECHO DIÂMETRO (cm) COMPRIMENTO (m)		
C2	40	60,00	H1	40	70,00
C3	40	60,00	H2	40	55,00
C4	40	60,00	H3	40	10,00
C5	40	55,00	SUB-BACIA I		
C6	40	5,00	TRECHO DIÂMETRO (cm) COMPRIMENTO (m)		
SUB-BACIA D			I1	40	45,00
TRECHO DIÂMETRO (cm) COMPRIMENTO (m)			I2	40	50,00
D1	40	10,00	I3	40	10,00
D2	40	10,00			
D3	40	25,00			

Levantamento:		Projeto:	
Proprietário:		Responsável Técnico:	
Arquivo:		Folha: 3 / 3	
Escala 1 / 1.000			

ANEXO D - RELATÓRIO - HIDROCHUSC 2.0



HidroChuSC - 2.0

Chuvas intensas e chuvadeprojeto para Santa Catarina

Chuvas máximas baseadas na série histórica da estação

Nome da estação: Urussanga **Código:** 02849011
Município: Urussanga
Latitude: -28,53° **Longitude:** -49,32° **Altitude:** 48 m
Fonte: ANA
Ano inicial: 1949 **Ano final:** 1994 **Nº de dados:** 46 **Falhas:** 0

Equação IDF

Obtida pela desagregação da chuva diária com coeficientes de SC (Back, 2013)

$$i = \frac{KT^m}{(t + b)^n}$$

K: 550,85 **m:** 0,3098 **b:** 9,16 **n:** 0,7116
RMEQ: 2,7400 **R²:** 0,9978 **Nash:** 0,9978

(min)	T	i (mm/h)	i (mm/min)	h (mm)
10	2	83,51	1,392	13,9
10	5	110,92	1,849	18,5

