

IMPACTO DAS CONSTRUÇÕES EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM ESTUDO DE CASO

Data de submissão: 28/04/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Glauber Pereira Narcizo

Universidade São Francisco,
Departamento de Engenharia Civil
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2649905612813482>

Letícia Paiva de Oliveira

Universidade São Francisco,
Departamento de Engenharia Civil
Campinas – São Paulo
<https://lattes.cnpq.br/7677369424838435>

Cristina das Graças Fassina

Universidade São Francisco,
Departamento de Engenharia Civil
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3593793991674607>

Renata Lima Moretto

Universidade São Francisco,
Departamento de Engenharia Civil
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9818772550330671>
<https://orcid.org/0000-0001-7431-1651>

RESUMO. A rápida expansão urbana sem uma gestão e planejamento dos recursos hídricos englobando saneamento, drenagem urbana e tratamento de efluentes, combinados com à impermeabilização dos

solos, trouxeram problemas recorrentes de enchentes que se intensificam a cada ano em que não são tomadas as devidas medidas de controle. Este trabalho teve por objetivo analisar o impacto da implantação do empreendimento de grande porte no município de Campinas, identificando a influência da construção no escoamento superficial e na possível sobrecarga ao sistema de drenagem de águas pluviais. Foram realizados levantamentos bibliográficos a respeito do tema, determinação da área de influência da implantação do empreendimento comercial, estimativa da vazão de montante (Q_p) no canal antes da construção e após a sua implantação, através do método I-PAI-WU e do hidrograma unitário. Os resultados apontaram que, devido à impermeabilização do solo com a construção do empreendimento na região, aumentou-se em cerca de 25% a vazão de pico do escoamento superficial da bacia que deságua no córrego das Pedras, podendo assim contribuir para possíveis alagamentos na região. O estudo contribuirá para alertar os gestores públicos quanto à expansão da impermeabilização que ocorre no local devido ao desenvolvimento urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana.

Enchentes. Escoamento Superficial. Impermeabilização do solo.

IMPACT OF CONSTRUCTIONS ON RAINWATER DRAINAGE SYSTEMS: A CASE STUDY

ABSTRACT. The fast urban expansion without water resources management and planning, including sanitation, urban drainage and effluent treatment, combined with the soil's waterproofing as a result, brought frequent flooding problems which intensify each year considering that the necessary control measures has not been taken. The aim of this study was to identify the waterproofing caused because of the construction of a commercial development and its consequences generated in the region's sub-basin. Bibliographic surveys were carried out related to the subject, definition of the area of influence around the commercial development, estimating the amount flow (Q_p) in the water stream before construction and after its implementation, using the I-PAI-WU method and the unit-based hydrograph. The results showed that, due to the soil's waterproofing after the construction of the project in the region, the flow peak of the surface runoff in the basin going into the Pedras river was increased by about 25%, contributing to possible flooding in the region. The study will be a warning piece for the local public administrators regarding the expansion of the soil's waterproofing that occurs in the area due to urban expansion.

KEYWORDS: Urban drainage, Floods, Soil waterproofing, Runoff.

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve a intensificação do desenvolvimento urbano, principalmente nos países em processo de desenvolvimento, que refletiu no aumento da concentração de áreas construídas e na criação de aglomerados urbanos em pequenos espaços (TUCCI, 2008). Por conseguinte, as áreas urbanas vêm causando alterações severas no ciclo hidrológico devido às ações antrópicas, como o crescimento desordenado dos centros urbanos, a ocupação de áreas ribeirinhas, a poluição, a impermeabilização dos solos e a canalização das águas. Todas essas alterações no meio trouxeram problemas que causam impactos negativos para a sociedade como um todo, cujo volume de água que é destinado ao sistema acarreta um aumento nas ocorrências de inundações em meio urbano (TUCCI, 2008).

No município de Campinas há pontos de alagamentos recorrentes e catalogados pela prefeitura em um estudo diagnóstico urbano (SVDS, 2013). Um destes pontos se encontra no bairro residencial Vila Costa e Silva, adjacente ao córrego Ribeirão das Pedras, que é pertencente a Bacia do Rio Anhumas e registra episódios de alagamentos nas casas e ruas pavimentadas mais próximas ao córrego. A área da sub-bacia do ribeirão das pedras contempla uma área residencial, uma área de vegetação e uma grande área ocupada por um empreendimento comercial de grande porte construído em 2012.

Este trabalho teve por objetivo analisar o impacto da implantação do empreendimento de grande porte no município de Campinas, nos alagamentos de sua região adjacente, identificando a influência da construção no escoamento superficial e na possível sobrecarga

ao sistema de drenagem de águas pluviais.

Foram realizados levantamentos bibliográficos a respeito do tema, determinação da área de influência da implantação do empreendimento comercial, estimativa da vazão de montante (Q_p) no canal antes da construção e após a sua implantação, por meio do método I-PAI-WU e do hidrograma unitário.

O trabalho apresenta um alerta para a região, onde há um possível aumento dos impactos devido à impermeabilização com a expansão urbana ao entorno da bacia, apresentando soluções para prevenção futuras.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo da história, o crescimento de áreas urbanizadas ocorreu de forma acelerada, partindo das regiões baixas próximas aos cursos d'água, rumo a regiões de maior altitude (CANHOLI, 2014).

Em meados dos anos 70, as cidades começaram a enfrentar fortes enchentes, já que os canais não suportavam mais a demanda atual das cidades devido ao aumento do escoamento causado pela impermeabilização. Assim, foi necessário adotar uma abordagem diferente para lidar com as enchentes, mirando em soluções de retenção e infiltração das águas de chuva (ANDOH & IWUGO, 2002 *apud* MIGUEZ, 2015). Além disso, a expansão acelerada dos centros urbanos sem o planejamento adequado, por sua vez, acaba permitindo que espaços das várzeas dos rios sejam ocupados e modificados, impermeabilizando e prejudicando a infiltração e retenção natural das águas (MIGUEZ, 2015).

A implementação de um empreendimento gera a impermeabilização do solo, alterando sua capacidade de drenagem. A determinação do escoamento superficial da bacia de drenagem deve abranger a análise das características fisiográficas da bacia, o tipo de solo da área de influência e a permeabilidade de sua cobertura, inclusive a estimativa quanto ao uso e ocupação do solo.

Segundo o DNIT (2005), o método racional é usado para obter uma vazão máxima por meio de uma metodologia simples, levando em conta a precipitação, o coeficiente de deflúvio e a área estudada. Por considerar uma precipitação constante em toda a bacia, e por não considerar as variáveis dentro de uma bacia, métodos modificados de cálculos são mais adequados. O método racional foi modificado a fim de melhor servir áreas maiores de 2km², denominado I-PAI-WU.

O método do hidrograma unitário permite que a precipitação seja transformada em vazão por meio de algumas características físicas da bacia.

3 | METODOLOGIA

Este presente estudo de caso pode-se avaliar o impacto na drenagem urbana devido

à construção de um empreendimento de grande porte e, conseqüentemente, um aumento de vazão de escoamento superficial das águas pluviais local.

A área de influência da bacia, que forma a sub-bacia, foi determinada de acordo com a topografia do terreno e a área até o deságüe do escoamento superficial a jusante.

Para se determinar a eficiência de vazão um canal de uma determinada bacia foi necessário comparar a capacidade de vazão do canal com a vazão que nele deságua.

A vazão de pico do escoamento superficial (Q_p) foi estimada para as situações antes e após a implantação do empreendimento, utilizando-se dois métodos para a análise, sendo eles, o método racional e o método do hidrograma unitário com posterior análise das possíveis interferências da área de construção de um shopping nas ocorrências de alagamentos na região, confrontando-os com a vazão suportada pelo canal e avaliando se o canal ali existente atende de forma eficiente o escoamento das águas, uma vez que há registros de alagamentos na região.

Para o cálculo da vazão de escoamento foi utilizado o método racional modificado, também conhecido como método I-PAI-WU (DAEE, 1994), comparando os resultados com o hidrograma unitário sintético desenvolvido pelo método SCS, em conjunto com os dados levantados de órgãos públicos.

3.1 Método I-PAI-WU

Para bacias entre 2 e 200 km² o DAEE (1994) recomenda que a vazão seja obtida por meio do método I-PAI-WU, expresso pela Equação 1:

$$Q = 0,278 * C * i * A^{0,9} * K \quad (\text{Equação 1}).$$

Em que: Q = descarga máxima, em m³/s; C= coeficiente de deflúvio; i = intensidade da chuva definida, em mm/h; A = área de influência, em km²; K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

3.1.1 Intensidade da chuva (i)

No cálculo da vazão de montante pelo método I-PAI-WU admite-se que a precipitação de chuva sobre a área é constante e uniformemente distribuída sobre a área considerada no estudo. A duração da chuva de precipitação máxima considerada deve ser maior ou igual ao tempo de concentração da bacia (DNIT, 2005).

3.1.1.1. Tempo de concentração (T_c)

A área estudada é uma sub-bacia. Com as informações disponíveis sobre a área o tempo de concentração foi definido pela Equação de *Kirpich* modificada (DAEE, 2005) (Equação 2):

$$t = 1,42 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (\text{Equação 2}).$$

Em que: t: tempo de concentração, horas; L: comprimento do curso d'água, km; H: Desnível máximo do talvegue, m.

Para a determinação das chuvas intensas utilizou-se a Equação de precipitações intensas para Campinas-SP proposta pelo DAEE (2018) (Equação 3).

$$i_{t,T} = (t + 20)^{-0,9483} \times 42,081 T^{0,1429} \quad (\text{Equação 3}).$$

Em que: I: Intensidade que corresponde à duração t em um período de retorno T (mm/min); t: Duração da chuva em minutos; T: Tempo de retorno em anos; $2 < T < 100$: período de retorno em anos; $5 < T < 1.440$: duração da chuva em minutos.

Com esta equação foi possível definir o gráfico das curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) (DAEE, 2018).

3.1.2 Coeficiente de deflúvio ou runoff (C)

O coeficiente de *runoff* ou coeficiente de escoamento superficial, foi determinado em relação à ocupação do solo estudado, obtido em tabelas fornecidas pelo DAEE (2005) para períodos de retorno de 5 a 10 anos.

Considerando períodos de retorno maiores, deve-se corrigir o coeficiente a fim de obter uma melhor representação de seu valor (Equação 4) (DAEE, CTH, 2018).

$$C_T = 0,8 \times T^{0,1} \times C_{10} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: C_T : Coeficiente de escoamento superficial para um período de retorno T (anos); C_{10} : Coeficiente de escoamento superficial para um período de retorno de 10 anos; T: Período de retorno (anos).

Caso seja identificada uma natureza desigual para o solo, deverá ser considerada a média ponderada dos diversos valores de C para cada região específica (DAEE, CTH, 2018).

$$C = \frac{1}{A} \sum C_i \times A_i \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: C: Coeficiente de escoamento superficial médio; A: Área de drenagem da bacia; C_i : Coeficiente de escoamento superficial correspondente a região i; A_i : Área da bacia correspondente a região i.

3.1.3 Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K)

O coeficiente de distribuição espacial da chuva (K) foi determinado por meio da área da bacia e do tempo de concentração, plotados no ábaco fornecido pelo DAEE (Figura 1).

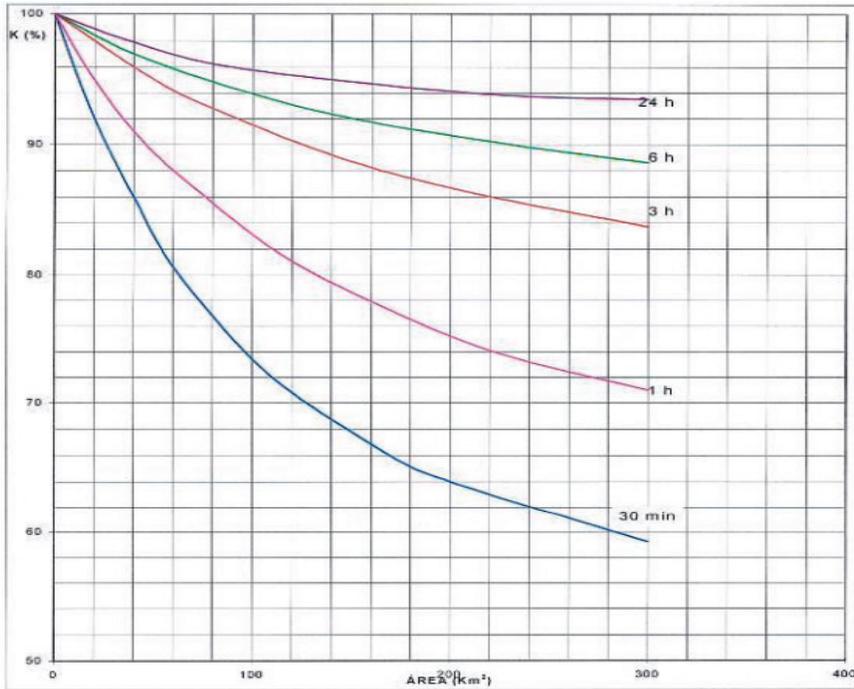


Figura 1 - Fonte: (DAEE, 1994)

3.2 Hidrograma Unitário Sintético

Considerando a falta de dados hidrológicos da bacia, foi utilizado o método do diagrama unitário *Soil Conservation Service* (SCS). Este método permite caracterizar o solo da região estudada por meio de dados tabelados utilizando número de curva (CN) que leva em conta o tipo, condição de uso e umidade anterior do solo. O número de curva CN foi determinado conforme o uso, condições da superfície e tipos de solos. (DNIT, 2005)

Para a adoção do CN, é possível fazer uma média ponderada para áreas heterogêneas (SMDU, 2012).

Os solos para este método são caracterizados em grupos de A a D, em que a permeabilidade do solo ocorre de forma decrescente para os grupos. Para a adoção do CN, é possível fazer uma média ponderada para áreas heterogêneas (SMDU, 2012).

Com o CN determinado é possível calcular a Retenção Potencial (S) máxima através da Equação 6 (DAEE, 1994):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: S = retenção potencial máxima (mm); CN = número de curva.

O tempo de concentração em horas (Tc) pode ser determinado pela Equação 7 (DAEE, 1994):

$$T_c = 0,43 * \frac{L^{0,8}}{S^{0,5}} * \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \quad (\text{Equação 7}).$$

Em que: T_c = Tempo de concentração (min); L = comprimento do talvegue (km); S = declividade do talvegue (m/m); CN = número de curva

O tempo de pico do hidrograma é obtido por meio da Equação 8 (DAEE, 1994):

$$T_p = \frac{1}{2} + 0,6 \times T_c \quad (\text{Equação 8}).$$

Em que: T_p = tempo de pico (horas); T_c = tempo de concentração (horas).

O tempo de retenção de base (T_b) é calculado por meio da Equação 9 (DAEE, 1994):

$$T_b = 2,67 \times T_p \quad (\text{Equação 9}).$$

Em que: T_p = tempo de pico (horas); T_b = tempo de base (horas).

A vazão de pico, para uma precipitação unitária de 1mm, é obtida por meio da Equação 10 (DAEE, 1994):

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad (\text{Equação 10}).$$

Em que: Q_p = vazão de pico (m^3/s); A = área da bacia hidrográfica (km^2); T_p = tempo de pico (horas).

3.3 Estudo do Exutório

Buscando verificar se os alagamentos que ocorrem na região são gerados pela incapacidade de vazão do escoamento bacia em função de precipitações, foi necessário levantar os dados do canal, tanto em dimensão, como também suas informações de projeto.

Assim, a fórmula de Manning (Equação 11) pode ser aplicada a fim de obter a vazão máxima do canal (SMDU, 2012).

$$Q = \frac{A \times R h^{2/3} \times \sqrt{I}}{n} \quad (\text{Equação 11}).$$

Em que: Q = vazão máxima em m^3/s ; A = Área em m^2 ; Rh = Raio Hidráulico em m; I = inclinação em m/m; n = número de Manning.

Com a vazão do canal determinada, foi possível determinar a altura máxima de corpo d'água suportada pelo canal e a altura máxima produzida pela vazão de pico (Q_p) após a construção do empreendimento por meio da Equação 12 (MCDONALD, 1997):

$$Y_n = 0,968 * \left(\frac{Q * n}{\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (\text{Equação 12}).$$

Em que: Y_n = altura do corpo d'água (m); Q = vazão (m^3/s); n = número de Manning;

I = inclinação em m/m.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área pertence a Bacia do Ribeirão das Anhumas, sub-bacia Ribeirão das Pedras, sendo o bairro adjacente, Vila Costa e Silva um dos pontos críticos de risco de alagamento catalogado pela Prefeitura Municipal de Campinas (SVDS, 2013).

A área da sub-bacia analisada foi determinada através do software Google Earth conforme Figura 2.

4.1 Determinação das vazões de pico por meio do método I-PAI-WU

Obtendo uma área total drenada de aproximadamente 3,75 km² e o comprimento do talvegue principal de aproximadamente 2,68km.

A área de implantação do empreendimento construído em 2002 é de aproximadamente 0,47km², em cuja área era permeável e coberta com vegetação local. Na mesma cota de nível do córrego existem áreas residenciais, onde se tem os pontos de possível alagamento caso o córrego não suporte o montante de água pluvial, conforme Figura 3.

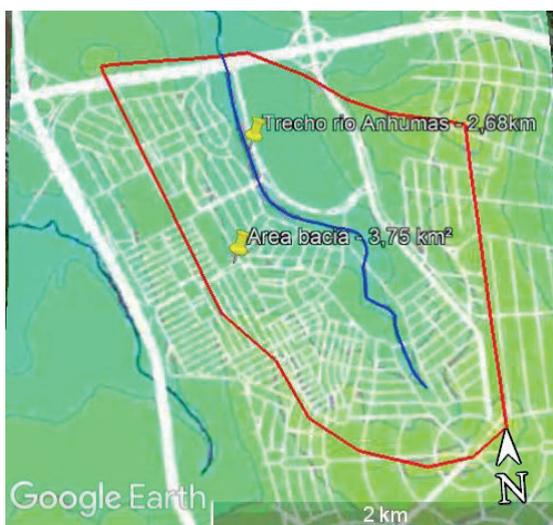


Figura 2 - Área da Sub-bacia Ribeirão das Pedras de interesse do estudo – Campinas- SP. Fonte: Adaptado de Hipsometria (CAMPINAS, 2014)



Figura 3 – Área de implantação do empreendimento e ponto de possível alagamento – Campinas- SP.
Fonte: Adaptado de Hipsometria (CAMPINAS, 2014)

O período de retorno considerado para o trecho foi de 50 anos; o tempo de concentração (T_c) calculado para a área (Equação 2), com o desnível máximo do talvegue (H) estimado em 30 metros, e o comprimento do talvegue (L) estimado em 2,68km, obteve-se $T_c = 48,04$ minutos, equivalente a 0,8 horas.

A intensidade da chuva(i) (Equação 3), considerando o tempo de retorno (T_R) de 50 anos e a duração da chuva(t) igual ao tempo de concentração (T_c) de 48,04 minutos, foi de 1,34 mm/min, equivalente a 80,71 mm/h.

4.1.1 Determinação das vazões de pico por meio do método I-Pai-WU anterior à construção

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial (C) antes da implementação do empreendimento foi estimado as condições de coberturas e áreas, sendo de uso residencial 2,756 km², com $c=0,4$ e de solo não impermeabilizado na natureza, 0,994 km², com $c=0,15$, obtendo-se pela Equação 4, um coeficiente (C) total de 0,336.

Sendo assim, a vazão máxima de deflúvio estimada para a área antes da construção do empreendimento, considerando um K de 0,98 obtido com o uso do ábaco (Figura 1), resulta em 24,27 m³/s (Equação 1).

4.1.2 Determinação das vazões de pico por meio do método I-Pai-WU posterior à construção

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial (C) depois da implementação do empreendimento foi estimado as condições de coberturas e áreas, sendo de uso residencial 2,756 km², com $c=0,4$, de uso com cobertura de concreto e asfalto 0,47 km²,

com $c=0,9$ e de solo não impermeabilizado na natureza, $0,524 \text{ km}^2$, com $c=0,15$, obtendo-se pela Equação 4, um coeficiente (C) total de $0,43$.

A vazão máxima de deflúvio estimada para a área depois da construção do empreendimento, considerando-se um K de $0,98$, conforme ábaco (Figura 1), resulta na vazão de $31,06 \text{ m}^3/\text{s}$ (Equação 1), indicando um aumento de 28% na vazão de pico (Q_p) que deságua no canal.

4.2 Determinação das vazões de pico por meio do Hidrograma

Para a construção dos hidrogramas unitários, foi considerada uma média ponderada do número CN conforme o tipo de solo (Tabela 3), considerando CN 36 para os campos permanentes normais e CN 100 para as superfícies impermeáveis.

4.2.1 Hidrograma anterior à construção do empreendimento

Para a situação anterior à construção foi possível determinar os seguintes índices: Considerando-se $2,75 \text{ km}$ de área impermeável e $0,99 \text{ km}$ de campo permanente normal, chegando, assim, a um CN final de 83 .

Com a Equação 6 determinou-se a retenção potencial (S), sendo igual a $51,89 \text{ mm}$.

Com a retenção potencial ($S=51,89 \text{ mm}$) foi possível calcular o tempo de concentração (T_c) (Equação 7), obtendo-se $0,32 \text{ horas}$.

Determinado o tempo de concentração ($T_c=0,32 \text{ horas}$) foi possível, determinar o tempo de pico (T_p) (Equação 8), igual a $2,4 \text{ horas}$.

O tempo de retenção de base (T_b) foi determinado pela Equação 9, onde se estimou $6,41 \text{ horas}$. Com estas informações foi possível construir o hidrograma (Figura 4).

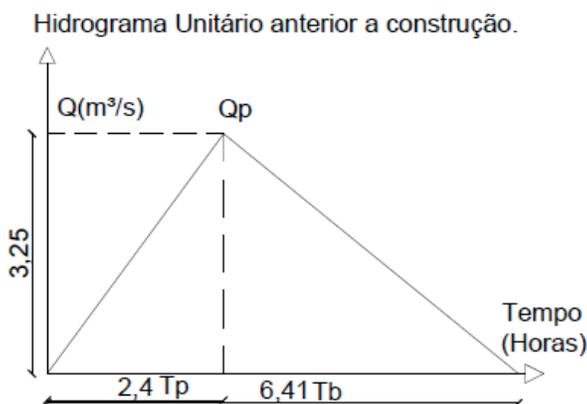


Figura 4 - Hidrograma unitário anterior à construção do empreendimento.

De acordo com o tempo de base (T_b) foi determinada a vazão de pico (Q_p) igual a $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2.2 Hidrograma após a construção do empreendimento

Para o hidrograma posterior à construção foi considerado 3,22 km de área impermeável e 0,52 km de campo permanente normal, obtendo-se CN final de 91. Com a Equação 6 foi possível determinar a retenção potencial (S), sendo igual a 24,95 mm. O tempo de concentração (T_c) (Equação 7), resultou em 0,24 horas. Determinado o tempo de concentração ($T_c=0,24$ horas) foi determinado o tempo de pico (T_p) (Equação 8) igual a 1,94 horas. O tempo de retenção de base (T_b) (Equação 9), foi calculado em 5,18 horas. Com o tempo de base ($T_b=5,18$ horas) foi possível determinar a vazão de pico (Q_p) de 4,02 m^3/s . Com estas informações foi possível construir o hidrograma (Figura 5).

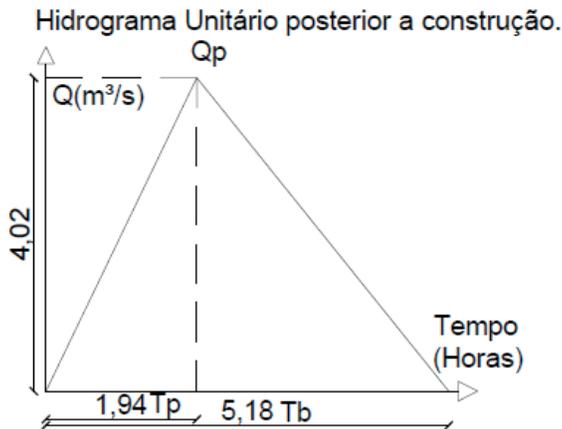


Figura 5 - Hidrograma unitário posterior à construção do empreendimento.

A comparação entre a situação anterior e posterior à construção do empreendimento indicam um aumento de 25% na vazão de pico (Q_p).

Ambos os métodos, método I-PAI-WU e método do hidrograma unitário indicaram que a construção do empreendimento eleva a vazão de pico da bacia estudada em, no mínimo, cerca de 25%.

Segundo Jacomazzi (2015), em seu estudo a respeito do Rio Anhumas, em que descreve toda a sua extensão, o trecho de canal que contempla a sub-bacia deste estudo, para uma seção plena, tem o raio hidráulico estimado de 1,065 metros, a velocidade de 2,48 m/s, o coeficiente de Manning estipulado igual a 0,045 e a declividade equivalente de 0,0061 m/m. Com estes dados foi possível obter a vazão máxima de 33,86 m^3/s no canal.

Com a vazão máxima suportada pelo canal igual a 33,86 m^3/s e contando que haja uma vazão mínima no canal, o acréscimo da vazão de pico de 31,06 m^3/s de água pluvial proveniente da bacia pode fazer com que o canal não suporte toda a água de deflúvio e ocorra alagamentos na região.

A altura máxima do corpo d'água do canal foi determinada com a Equação 12, sendo de 2,95m, o acréscimo de altura do corpo d'água da vazão de pico (Q_p) posterior

a construção do empreendimento é de 2,86m. Sendo assim, se houver uma prévia altura d'água de no mínimo 10 cm no córrego antes do deflúvio há a possibilidade de ocorrer alagamentos.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos resultados obtidos.

	Antes da construção	Depois da construção	Diferença
Área permeável	0,994 km ²	0,524 km ²	- 0,52%
Vazão de pico (I-PAI-WU)	24,27 m ³ /s	31,06 m ³ /s	+ 0,28%
Vazão de pico (hidrograma unitário sintético)	3,25 m ³ /s	4,02 m ³ /s	+ 0,25%
	Máxima do córrego	Deflúvio posterior a construção	
Altura máxima do corpo d'água:	2,95 m	2,86 m	0,1 m

Tabela 1 - Resumo dos resultados anteriores e posteriores a construção e da altura do corpo d'água do córrego.

Constatado a influência da construção de um empreendimento de grande no montante da vazão de pico, no caso de, no mínimo 25%, é possível diminuir a impermeabilidade do solo na construção por meio de algumas medidas estruturais, como a troca do piso de seu estacionamento, que compõe 0,21km², cerca de 45% da área total de implantação do empreendimento, por um piso com maior permeabilidade, como pisos intertravados, a fim de diminuir o escoamento superficial.

Para melhorar de forma mais efetiva a drenagem do solo é necessário a criação de bacias de biorretenção, por onde o escoamento superficial pode percolar no solo e diminuir a vazão de pico que chega ao córrego. Assim há a chance de diminuir a necessidade de obras no canal de macrodrenagem, que não resolveria o problema, apenas o levaria ao próximo canal a jusante.

5 | CONCLUSÃO

Impermeabilizações de solo têm impacto direto no escoamento superficial da bacia, visto que a água não percola no solo e escoar pela superfície, e água que chega ao córrego pode sobrecarregar o mesmo, diminuindo sua eficiência de drenagem, gerando a possibilidade de alagamento.

No estudo de caso foi quantificado o impacto da impermeabilização de uma área, que anteriormente era permeável, na eficiência de drenagem do córrego, em uma região que apresenta episódios de alagamento em Campinas-SP.

Por meio da caracterização da área e dos cálculos teóricos da vazão de pico do

escoamento superficial da bacia, que deságua no talvegue, por meio do método I-PAI-WU, comparando-o com o hidrograma unitário, na situação prévia e posterior à construção de um empreendimento de grande porte.

Os estudos teóricos possibilitaram quantificar a influência da construção no montante da vazão de pico que deságua no talvegue, resultando no aumento de, no mínimo 25% no montante total vazão de pico da bacia, após a construção. Com a análise da capacidade do Córrego das Pedras, constatou-se que há possibilidade de o córrego não suportar corretamente a vazão, podendo gerar alagamentos, caso haja uma altura prévia do corpo d'água do córrego de no mínimo 10 cm antes do deflúvio.

A região está em constante crescimento devido à alta do valor imobiliário que a construção agregou à região. Para evitar uma maior sobrecarga no córrego da bacia do Ribeirão das Pedras, levando a um maior risco de enchentes no local, é necessário que sejam feitos estudos de impacto na bacia antes da implementação de novos empreendimentos, de modo a mitigar a impermeabilização do solo e trazer alternativas para diminuir o escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES-DNIT. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. 133 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf>.

CAMPINAS, P. M. D. Hipsometria, Campinas. Disponível em: <<https://informacao-didc.campinas.sp.gov.br/metadados.php>>.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DAEE. Manual de calculo de vazoes maximas, medias e minimas em bacias hidrograficas do estado de Sao Paulo. **CETESB**, São Paulo, p. 94, 1994.

DAEE. Hidrologia e Hidraulica : Conceitos Basicos e Metodologias. **Guia pratico para projetos de pequenas obras hidraulicas**, São Paulo, v. 1, 2005.

DAEE, CTH. **RECIPAÇÕES INTENSAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**. São Paulo. 2018.

DNIT. Manual de Hidrologia Básica para estrutura de drenagem. **Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transportes** , Rio de Janeiro, n. 2º, 2005.

JACOMAZZI, M. A. Avaliação de cenários para elaboração de plano diretor de macrodrenagem urbana, Estudo de caso: bacia do ribeirão das Anhumas em Campinas - SP. **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2015.

MIGUEZ, M.G.; A. P. V. O. M. R. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015.

MCDONALD, F. Introdução a Mecânica dos Fluidos. **LTC Livros Tecnicos e Cientificos SA** , São Paulo, n. 4ª, 1997.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO-SMDU. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos. São Paulo, v. II, p. 220, 2012. ISSN 978-85-66381-02-3.

SVDS. **Plano municipal de saneamento basico**. Prefeitura Municipal de Campinas. Campinas. 2013.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 01 jan. 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: 09 maio 2020.