

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

JARDINS DE CHUVA COMO SOLUÇÃO MITIGADORA PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MICROBACIAS URBANAS

IZIDRO, Gustavo ¹; LIMA, Guilherme Theodoro N. P. de ² & PEZZUTO, Cláudia Cotrim ³

Resumo:

O aumento das áreas impermeáveis devido a expansão dos centros urbanos, atrelado às alterações climáticas e aumento das precipitações, traz mudanças significativas no ciclo hidrológico urbano devido a conversão da parcela que antes infiltrava em escoamento superficial direto. Esta mudança pode gerar alagamentos trazendo prejuízos às populações. Visando minimizar este fenômeno, a utilização de soluções de infraestrutura verde, como jardins de chuva, apresenta-se como uma importante aliada, pois, pode trazer um retardamento do fluxo atuante na bacia e ainda propiciar a sua infiltração trazendo diversos benefícios ambientais como recomposição de lençol freático e combate à poluição difusa e às ilhas de calor urbana. O presente estudo avaliou um recorte urbano no município de Jundiaí, SP e através de simulações computacionais com o software Personal Computer Storm Water Management Model considerou a implantação de jardins de chuva junto aos passeios. Foram simulados 5 cenários com um total de 15 simulações onde os resultados demonstraram maior eficiência na redução de volume acumulado atingindo 21,450% frente as reduções de vazão de pico que atingiram 5,405%. O estudo também demonstrou a importância na definição dos parâmetros relativos às camadas componentes da estrutura a ser implantada e a influência da variação do tempo de retorno nos resultados encontrados.

Abstract:

The increase in impervious areas due to the expansion of urban centers, coupled with climate change and increased rainfall, brings significant changes to the urban hydrological cycle due to the conversion of the portion that previously infiltrated into direct surface runoff. This change can generate flooding, bringing harm to the population. Aiming to minimize this phenomenon, the use of green infrastructure solutions such as rain gardens is an important ally, since it can slow down the flow acting in the basin and also promote its infiltration, bringing several environmental benefits such as replenishing the water table and combating diffuse pollution and urban heat islands. The present study evaluated an urban area in the municipality of Jundiaí, SP and through computer simulations with the Personal Computer Storm Water Management Model software, considered the implementation of rain gardens along the sidewalks. Five scenarios were simulated with a total of 15 simulations, where the results demonstrated greater efficiency in reducing the accumulated volume, reaching 21,450% compared to peak flow reductions that reached 5,405%. The study also demonstrated the importance of defining the parameters relating to the component layers of the structure to be implemented and the influence of the variation in return time on the results found.

Palavras-Chave – Soluções Baseadas na Natureza (SBNs), Biorretenção, Drenagem Urbana

1) Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana pela PUC Campinas. Rua Prof. Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1516, Campinas – SP, CEP: 13087-571, gustavo@hyzi.com.br

2) Dr, Diretor Dpto Planejamento, Gestão e Finanças, Prefeitura de Jundiaí. Avenida da Liberdade, s/nº, Jundiaí – SP, CEP 13214-900, gtnplima@gmail.com

3) Professora Dra. Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, PUC Campinas. Prof. Doutor Euryclides de Jesus Zerbini, 1516, Campinas – SP, CEP: 13087-571, claupezzuto@gmail.com

INTRODUÇÃO

A ineficiência no planejamento dos sistemas de infraestrutura urbana frente à expansão dos centros urbanos gera uma série de problemas à população. Estes problemas têm sido intensificados pelas alterações climáticas resultando em um desequilíbrio do ciclo hidrológico urbano trazendo como um dos seus maiores impactos, o aumento do escoamento superficial nas bacias, podendo resultar em enchentes, inundações e alagamentos. Suresh et al.(2023); Silveira et al.(2025).

Historicamente, as soluções e projetos de manejo de águas pluviais ocorre de forma isolada, com foco na utilização de infraestruturas cinzas. Tais estruturas são projetadas sobre uma perspectiva higienista pois buscam afastar rapidamente o escoamento para pontos a jusante da bacia, diminuindo o tempo de concentração e consequentemente aumentando a intensidade das precipitações e a vazão de pico nos exutórios. Canholi (2015).

Diante deste cenário faz-se necessário uma adaptação nos processos, visando melhorias das infraestruturas existentes ou projetadas e, a utilização de estratégias de infraestrutura verde, apresenta-se como uma importante aliada para esta adaptação. Estas soluções incluem a implantação de jardins de chuva, valas de infiltração, telhados verdes, cisternas, entre outros, podendo auxiliar na redução dos problemas de manejo de águas pluviais encontrados nos centros urbanos mas também proporcionando benefícios para a saúde e qualidade de vida da população. Ferrans et al. (2023).

Com isso em mente, esta pesquisa propõe a utilização de jardins de chuva (JCs) aplicados a montante de uma microbacia urbana, avaliando sua eficácia na redução da vazão de pico (VP) e volume acumulado (VA). O município de Jundiaí, estado de São Paulo, foi definido como local de estudo e, mediante a caracterização das bacias contribuintes e suas características físicas, foram realizadas modelagens computacionais com o software *Personal Computer Storm Water Management Model software (PCSWMM)* para diferentes cenários.

Jardins de chuva como solução mitigadora

Conhecido também como biorretenção, os JCs são depressões no terreno, existentes ou executadas para este fim, onde a contribuição proveniente das chuvas precipitadas ao redor e sobre ele, é capturada e armazenada, parte desse fluxo segue para infiltração no solo (caso o solo local possua capacidade de infiltração) e o excedente da vazão de contribuição retorna para o sistema de drenagem tradicional. Cormier; Pellegrino (2008).

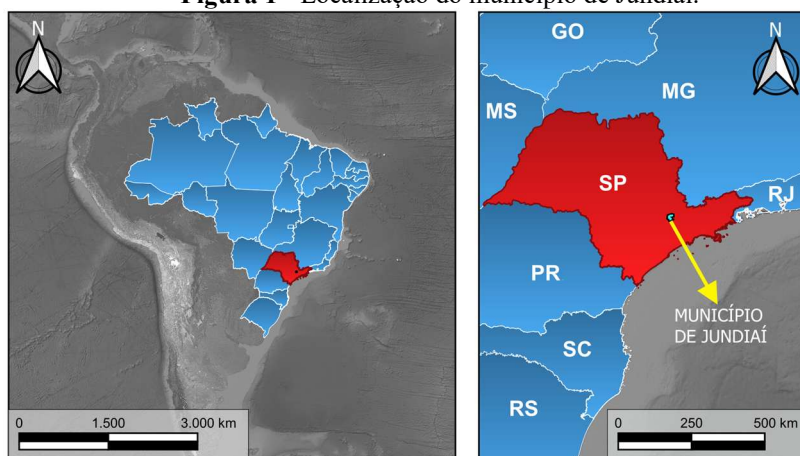
A conformação básica do JC deve possuir a camada superior (zona de detenção) onde o fluxo se acomoda e entra em contato com as vegetações implantadas, a camada seguinte onde encontra-se o substrato para plantio e a camada de armazenamento que deve ser preenchida com material de granulometria aberta e pode ou não existir. Por fim ressalta-se a importância do vertedor para a extravasão do excesso acumulado em precipitações de maior intensidade. Pinheiro et al. (2023).

METODOLOGIA

Para realização do presente estudo, optou-se pela análise de um recorte urbano no Município de Jundiaí, SP. Com uma área territorial total de 431,204 km², o município apresenta 112 km² de área urbana e 319 km² de área rural. A população do município atinge um total de 443.221 habitantes, o que representa uma densidade demográfica de 1.027,87 hab./Km². IBGE (2022).

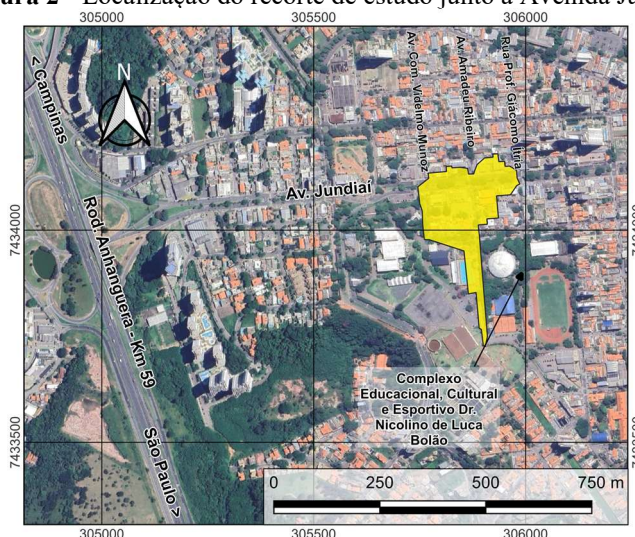
Jundiaí fica a uma distância de 49 km da Capital do Estado de São Paulo e a **Figura 1** apresenta a sua localização.

Figura 1 - Localização do município de Jundiaí.



No município de Jundiaí, identifica-se que a hidrografia é dividida em 7 bacias sendo a Bacia do Rio Jundiaí a principal e que recebe contribuições de outras bacias a montante. No presente estudo, o recorte de análise localiza-se próximo ao ponto alto, na divisa da Bacia do Rio Jundiaí com a bacia ao lado denominada Bacia do Estiva. O recorte está localizado em um trecho a montante da Av. Jundiaí, entre as vias Av. Comandante Vidélmo Munoz, Av. Amadeu Ribeiro e Rua Professor Giácomo Itria (onde localiza-se o exutório sendo o ponto de análise dos resultados), não possuindo contribuições externas em excesso e não apresentando histórico de alagamentos conforme pode ser observado na **Figura 2**. O recorte do estudo possui características adequadas para o estudo, como, localização junto ao ponto alto (divisa das bacias), dimensões regulares ao longo do recorte e ausência de contribuições externas excessivas.

Figura 2 - Localização do recorte de estudo junto à Avenida Jundiaí



O município possui um plano de mobilidade para a Avenida Jundiaí, junto ao trecho de estudo. Este programa chama-se “*Ativa!*”, nele busca-se a promoção da mobilidade segura, acessível e agradável, especialmente para pedestres e ciclistas através de ações integradas de desenho urbano e segurança viária, incentivando o uso dos espaços públicos e promovendo a mudança de comportamento das pessoas na cidade. PMJ (2024).

O programa *Ativa!* propõe características geométricas específicas para o sistema viário sendo utilizadas como referência para definição do cenário base. Com essa consideração, o presente estudo busca apresentar soluções alinhadas com as demandas do município podendo ser utilizado como instrumento futuro de planejamento urbano.

Coleta de Dados – Equação IDF

Para definição da equação IDF a ser utilizada no presente estudo, foram analisados os postos pluviométricos da região, bem como publicações técnicas. A cerca de 500m do local do estudo, foi localizado o posto pluviométrico 2.346.097 que além da proximidade ao local, possui grande disponibilidade de dados (1938 a 2023). O Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí apresenta a equação desenvolvida para este posto, e a mesma foi utilizada neste estudo. PCJ & Engenharia e Ambiente SA (2021).

A Equação 1 é indicada abaixo, onde o i representa a intensidade pluviométrica em mm/h, o TR representa o tempo de retorno em anos e t representa a duração da chuva ou tempo de concentração em minutos.

$$i = \frac{949,14 \times (TR^{0,186})}{(t+11,52)^{0,756}} \quad (1)$$

Coleta de dados - Vistoria

No presente estudo, foram realizadas vistorias no local com o intuito da obtenção dos dados físicos e delimitação das bacias. Juntamente à vistoria foram realizadas análises de plantas de levantamento topográfico e imagens aéreas do local permitindo a definição das seguintes variáveis: delimitação das sub-bacias e suas áreas, aferição da largura e declividade das sub-bacias e a identificação das áreas permeáveis e impermeáveis. Durante a realização das vistorias foram verificadas as posições dos deságues superficiais, tipos de revestimento do solo, presença de dispositivos superficiais como sarjetões, entre outras informações relevantes à pesquisa. Após as vistorias foram realizadas vetorizações das áreas com a utilização do software Autodesk Civil 3D sendo possível, com base no tipo de revestimento, obter as áreas das bacias e as áreas permeáveis e impermeáveis tanto para o sistema viário, quanto para os lotes existentes no recorte.

Parâmetros de modelagem no PCSWMM

Esta pesquisa utilizou o software PCSWMM, desenvolvido pela empresa CHI (Computational Hydraulics Inc.). A base do PCSWMM utiliza-se do motor do software SWMM, desenvolvido pela EPA US. O SWMM é um software livre que vem sendo utilizado largamente em estudos atuais relacionados ao manejo de águas pluviais para bacias simples e complexas de diferentes escalas. Fileni et al. (2019). A **Tabela 1** apresenta os parâmetros utilizados na simulação inicial do cenário atual.

Para as simulações, faz-se necessário as definições dos parâmetros físicos das sub-bacias e estes parâmetros, são apresentados na **Tabela 2** sendo os coeficientes de manning definidos conforme Canholi (2015), e as profundidades de retenção em depressões conforme Rossman (2015). A **Tabela 3** apresenta os demais parâmetros das bacias 01 a 04 além dos valores de CN e a média ponderada (MP).

Tabela 1 - Resumo de parâmetros para simulação inicial

Tipo	Parâmetro avaliado	Valor considerado	Referência
Hidrológico	Tempo de Retorno	2, 10 e 25 anos	Le Floch et al. (2022)
	Duração de Chuva	60 minutos	Ferrans et al. (2023)
	Discretização da chuva	Blocos Alternados (2 min.)	Canholi (2015)
Infiltração	Infiltração do solo (superficial) CN (SCS)	Áreas permeáveis: 61 Áreas impermeáveis: 98	Canholi (2015)
	Infiltração do solo (subterrâneo)	36 mm/h	ABNT (2015)

Tabela 2 - Parâmetros específicos das bacias para modelagem no PCSWMM

Bacia	Área total (m ²)	Largura (m)	Decl. média (%)	Área Imperm. (%)	CN (MP)	N-imperv	N-Perv	Dstore-imperv (mm)	Dstore-perv (mm)
B1	11.806,21	38,00	6,60%	76,67%	89	0,024	0,150	2,54	5,00
B2	6.207,51	112,00	9,80%	41,91%	77	0,024	0,150	2,54	5,00
B3	4.954,76	66,00	8,90%	76,08%	89	0,024	0,150	2,54	5,00
B4*	16.541,73	97,00	3,00%	86,83%	93	0,024	0,150	2,54	5,00

* A Bacia 04 é a bacia onde encontra-se o recorte da Av. Jundiaí, as demais são as bacias de contribuição à montante

Tabela 3 - Demais parâmetros específicos das bacias 01 a 04 para modelagem no PCSWMM

Bacia	Descrição		Área	Classif.	CN	% Áreas	
			m²			Perm.	Imperm.
B1	Sistema Viário	Fx Rolamento	5.366,83	Imperm.	98	23,33%	76,67%
		Passeios	534,70	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	2.730,47	Perm.	61		
	Lotes	Construções	3.150,11	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	24,10	Perm.	61		
	Total		11.806,21	CN (MP)	89		
B2	Sistema Viário	Fx Rolamento	786,12	Imperm.	98	58,09%	41,91%
		Passeios	357,36	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	0,00	Perm.	61		
	Lotes	Construções	1.457,88	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	3.606,15	Perm.	61		
	Total		6.207,51	CN (MP)	77		
B3	Sistema Viário	Fx Rolamento	930,03	Imperm.	98	23,92%	76,08%
		Passeios	476,40	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	0,00	Perm.	61		
	Lotes	Construções	2.363,16	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	1.185,17	Perm.	61		
	Total		4.954,76	CN (MP)	89		
B4	Sistema Viário	Fx Rolamento	5.048,39	Imperm.	98	13,17%	86,83%
		Passeios	2.023,16	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	1.267,15	Perm.	61		
	Lotes	Construções	7.292,27	Imperm.	98		
		Áreas Verdes	910,76	Perm.	61		
	Total		16.541,73	CN (MP)	93		
Total			39.510,21				

Cenários de estudo

Foram definidos 5 cenários sendo a situação atual para compreensão do modelo, cenário base conforme programa Ativa e cenários com implantação de jardins de chuva com 3 profundidades de armazenamento, totalizando 15 simulações devido aos 3 valores de TRs considerados (2, 10 e 25 anos). Os cenários foram aplicados no recorte localizado na Bacia 04 (Av. Jundiaí), as demais bacias não sofreram alterações.

Situação atual e cenário base – CB

A situação atual foi simulada para compreensão do modelo e posteriormente, visando padronizar as dimensões encontradas na situação atual atendendo as premissas do programa Ativa!

elaborou-se o cenário CB. Nesta definição, foram consideradas também as dimensões mínimas para os passeios recomendadas por Nacto (2016). A **Tabela 4** apresenta os valores para a Bacia 04 após modificações propostas no CB, como dito, as demais bacias (bacias 01 a 03) não sofreram alteração e possuem parâmetros como na situação atual e sua contribuição acumula-se na bacia 04.

Tabela 4 - Dados da Bacia B4 para CB

Tabela 1 - Dados da Bacia B4 para CB					
Bacia	Descrição		CB		Classific.
			Área (m²)	CN	
B4	Sistema Viário	Fx. Rolamento	4.540,31	98	Imperm.
		Passeio	3.113,43	98	Imperm.
		Jardins	684,96	61	Perm.
	Lotes	Construções	7.292,27	98	Imperm.
		Jardins	910,76	61	Perm.
	TOTAL		16.541,73	94	
	Área impermeável total		14.946,01 (90,35%)		

O cenário CB propôs modificações nas dimensões do trecho de recorte conforme pode ser observado na **Tabela 5**. É importante ressaltar que foi mantida a largura total da caixa viária (36,00m) bem como as árvores localizadas no canteiro central da avenida Jundiaí.

Tabela 5 - Modificações no viário do recorte (bacia 04) propostas para CB

Elemento modificado	Dimensões (m)		Observações
	Situação Atual	Cenário Base (programa Ativa!)	
Faixas de Rolamento	2 x 10,50	2 x 9,50	Redução de 1,00m nas faixas de rolamento
Canteiro Central	7,00	3,00	Redução de 4,00m no canteiro central com manutenção das árvores existentes no canteiro
Passeios	2 x 4,00	2 x 7,00	Expansão dos passeios em 3,00m propiciando a implantação de Jardins de Chuva além de manter dimensões mínimas de utilização conforme proposto por Nacto (2016).
Caixa Viária Total	36,00	36,00	Foi mantida a caixa viária total

Cenário Base com Jardim de Chuva – CBJC

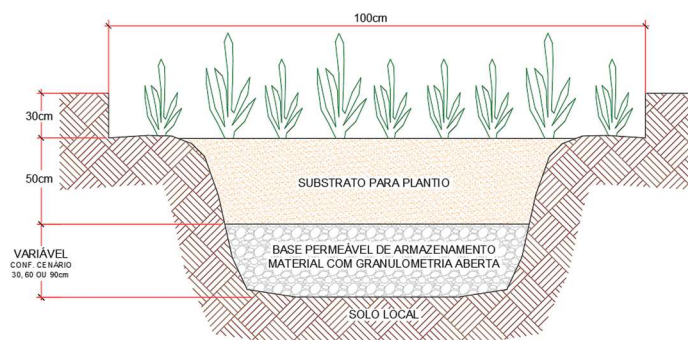
O cenário base com jardim de chuva (CBJC) considera a implantação de jardins de chuva com largura de 1,00m nos passeios do trecho do recorte (Av. Jundiaí – Bacia 04), nos locais onde foi possível a implantação, eliminando entradas de garagens e paradas de ônibus (informações definidas em vistoria).

Foram consideradas ainda 3 (três) variações na espessura de armazenamento, sendo 30cm, 60cm e 90cm, totalizando 3 cenários com jardim de chuva e 9 simulações devido as variações de tempo de retorno (2, 10 e 25 anos). Para estes cenários foram adotadas as nomenclaturas de CBJC1 (espessura de armazenamento de 30cm), CBJC2 (espessura de armazenamento de 60cm) e CBJC3 (espessura de armazenamento de 90cm).

A seção transversal do Jardim de Chuva considerado nas simulações é apresentada na

Figura 3 onde nota-se a camada superior de reservação junto as vegetações, a camada de substrato para plantio e a camada permeável de armazenamento que propicia o armazenamento dos volumes e por fim, o solo local de apoio da estrutura.

Figura 3 - Seção transversal do jardim de chuva (JC) considerado nos cenários CBJC1, CBJC2 e CBJC3



Com a implantação dos JCs foi necessário a readequação dos valores de input para a Bacia 04 devido as novas áreas permeáveis, novos valores de CN e percentual de área impermeável pois a implantação dos JCs modifica as áreas dos passeios de impermeáveis para permeáveis nos locais implantados. Os novos valores são apresentados na **Tabela 6** e as demais bacias não sofreram alteração.

Tabela 6 - Informações alteradas da bacia B4 para o CBJC

Bacia	Descrição		CBJC		Classific.
			Área (m²)	CN	
B4	Sistema Viário	Fx. Rolamento	4.540,31	98	Imperm.
		Passeio	2.898,43	98	Imperm.
		Jardins de Chuva	467,00	61	Perm.
		Jardins	432,96	61	Perm.
	Lotes	Construções	7.292,27	98	Imperm.
		Jardins	910,76	61	Perm.
	TOTAL		16.541,73	94	
	Área impermeável total		14.731,01 (89,05%)		

Para realização das simulações são necessários os parâmetros da solução mitigadora implantada. Para JCs define-se a camada de superfície (surface), camada de solo substrato (soil) e a camada de armazenamento (storage). A **Tabela 7** apresenta os parâmetros utilizados.

Tabela 7 - Parâmetros de modelagem relativo a implantação de Pavimento Permeável.

Camadas	Parâmetro	Valor	Referência
Surface	Berm Height (mm)	300	Christo, 2021
	Vegetation Volume (fraction)	0,20	Christo, 2021
	Surface Roughness (manning – adm)	0,150	Canholi, 2015
	Surface Slope (%)	3	Declividade real do recorte
Soil	Thickness (mm)	500	Ferrans et al., 2023
	Porosity (volume fraction)	0,40	Ferrans et al., 2023
	Field capacity (volume fraction)	0,17	Ferrans et al., 2023
	Wilting point (volume fraction)	0,11	Ferrans et al., 2023
	Conductivity (mm/hr)	167,9	Ferrans et al., 2023
	Conductivity slope	21,09	Ferrans et al., 2023
	Suction head (mm)	37,31	Ferrans et al., 2023
Storage	Thickness (mm)	300, 600 e 900	Definição do autor
	Void ratio (voids/solids)	0,50	Silva et al., 2019
	Seepage rate (mm/h)	36	ABNT, 2015

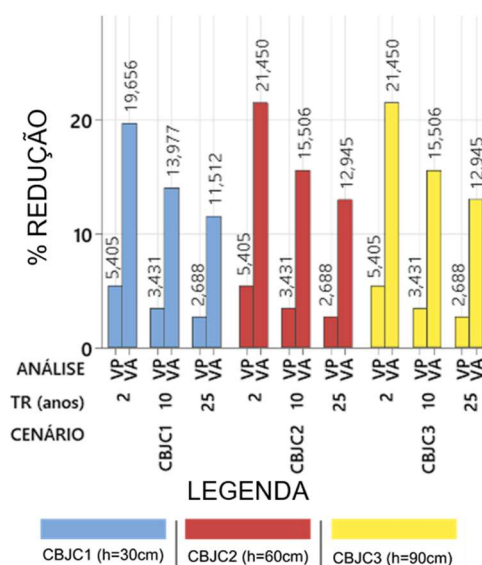
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a obtenção de todos os parâmetros e realização das simulações, foram obtidos os resultados de redução de vazão de pico (VP) e volume acumulado (VA) para TRs 2, 10 e 25 anos. Os cenários CBJC 1, 2 e 3 tiveram suas eficiências de redução verificadas sobre o cenário base, CB. A **Tabela 8** e a **Figura 4** apresentam os resultados de VP e VA encontrado além das reduções efetivas (Red.) para os cenários simulados.

Tabela 8 - Reduções de VP e VA para CBJC1, CBJC2 e CBJC3

Cenário	TR (anos)	VP (m³/s)	Red. VP (%)	VA (m³)	Red. VA (%)
CB	2	0,777	-	1.338	-
CB	10	1,166	-	1.896	-
CB	25	1,451	-	2.302	-
CBJC1	2	0,735	5,405	1075	19,656
CBJC1	10	1,126	3,431	1631	13,977
CBJC1	25	1,412	2,688	2037	11,512
CBJC2	2	0,735	5,405	1051	21,450
CBJC2	10	1,126	3,431	1602	15,506
CBJC2	25	1,412	2,688	2004	12,945
CBJC3	2	0,735	5,405	1051	21,450
CBJC3	10	1,126	3,431	1602	15,506
CBJC3	25	1,412	2,688	2004	12,945

Figura 4 - Reduções de VP e VA para CBJC1 a CBJC3



Em análise a **Tabela 8** nota-se que os cenários CBJC apresentaram reduções de VP variando entre 2,688% e 5,405%. Para VA os resultados de redução variaram entre 11,512% e 19,656% para CBJC1, entre 12,945% e 21,450% para os cenários CBJC2 e CBJC3, sendo as variações em função dos TRs considerados nos cenários simulados.

Estes resultados demonstraram que a variação da profundidade das camadas de armazenamento não trouxe aumento de eficiência. Este fato se justifica pois nos jardins de chuva, aplica-se uma camada de solo de plantio (substrato) onde as vegetações são implantadas. Nas simulações realizadas o coeficiente de infiltração utilizado para o substrato não foi suficiente para permitir a passagem do fluxo para as camadas de armazenamento de forma que trouxesse aumento na eficiência. Portanto, neste caso simulado, mesmo aumentando a camada de armazenamento, não ocorre aumento de eficiência na redução de VP e VA, ainda que seja observado uma ligeira eficiência no VA quando a camada foi alterada de 30cm para 60cm pois para chuva de TR menor, mesmo com os parâmetros de infiltração utilizados no substrato houve uma pequena acumulação de fluxo na camada de armazenamento.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, utilizou-se o software PCSWMM para as simulações e os resultados foram analisados com o auxílio dos softwares Microsoft Excel e MiniTab. Considerou-se a implantação de JC nos passeios do recorte nos locais disponíveis para isso.

Os resultados indicaram que para redução de VA, os JCs demonstraram maior eficiência em comparação a redução de VP. Essa conclusão está associada às características físicas da solução: camada superior de armazenamento direto favorecendo a redução de VA, enquanto o substrato destinado ao plantio, pode retardar a infiltração para a camada granular de armazenamento, dificultando a rápida infiltração no subsolo em curto espaço de tempo não sendo eficiente para VP.

Este comportamento ressalta a importância na definição dos parâmetros de infiltração de acordo com os tipos específicos de solo que serão utilizados nos jardins de chuva a serem implantados nos locais simulados. Observou-se também que a variação do TR influencia nas eficiências das soluções: chuvas com TR menores apresentaram melhores resultados, enquanto chuvas com TR maiores apresentaram um desempenho inferior. Isso ocorre, pois, mesmo com a variação da chuva, a área das estruturas simuladas permanece constante, alterando, desta forma, as eficiências encontradas, ressaltando a importância da disponibilidade de espaço para implantação de soluções verdes.

A utilização de jardins de chuva precisa ser avaliada de forma abrangente pois possui diversos benefícios com a integração de elementos verdes na paisagem, como, auxílio na redução das ilhas de calor urbanas, auxílio no combate à poluição difusa, entre outros, mas, por outro lado, restringe o acesso ao espaço, impedindo a livre circulação, entrada de garagens, acesso à comércio, etc. A implantação de JCs exige planos de manutenção rigorosos para acompanhamento do desenvolvimento das espécies, podas e limpeza em geral. É importante por fim ressaltar a necessidade de utilização de materiais granulares oriundos de programas de reciclagem, evitando a exploração de jazidas e contribuindo para a redução do impacto ambiental das soluções.

Por fim, os resultados apresentados nesta pesquisa foram obtidos com base nas características do recorte estudado, nos parâmetros hidrológicos e na metodologia utilizada. Em estudos de manejo de águas pluviais é crucial avaliar as especificidades de cada área de estudo e, com uma metodologia definida, obter resultados seguros que reflitam as condições particulares da área estudada.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao apoio da PUC Campinas e CAPES / PROSUC II, a empresa CHI (Computational Hydraulics Inc.), Ontário, Canadá, no fornecimento da licença do software PCSWMM, a empresa Hyzi Engenharia pelo fornecimento dos computadores e estrutura de simulação e ao Processo nº 2023/09875-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

- ABNT. (2015). *Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos*. NBR 16416/2015.
- CANHOLI, A. P. (2015). *Drenagem urbana e controle de enchentes* (2nd ed.). Oficina de textos
- CHRISTO, D. C. (2021). *“A GIS-SWMM System to Evaluate Low Impact Development (LID) Feature Effectiveness on UNO’s Campus”*. University of New Orleans.

- CORMIER, N. S., & PELLEGRINO, P. R. M. (2008). *“Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana”*. Paisagem e Ambiente, 25
- FERRANS, P., REYES-SILVA, J. D., KREBS, P., & TEMPRANO, J. (2023). *“Flood Management with SUDS: A Simulation–Optimization Framework”*. Water, 15(3), 426
- FILENI, F. DE M., COSTA, M. E. L., & ALVES, C. DE M. A. (2019). *“The application of LIDs in Savanna region for mitigation of flooded áreas”*. RBRH, 24.
- IBGE. (2022). *“Cidades e estados, Jundiaí”*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/jundiai.html>. Acesso em: 5 de Maio de 2024.
- LE FLOCH, N., PONS, V., HASSAN ABDALLA, E. M., & ALFREDSEN, K. (2022). *“Catchment scale effects of low impact development implementation scenarios at different urbanization densities”*. Journal of Hydrology, 612.
- NACTO, N. A. OF C. T. O. (2016). *“Global Street Design Guide”*.
- PCJ, & ENGENHARIA E AMBIENTE SA, P. (2021). Plano diretor de macrodrenagem da bacia hidrográfica do rio jundiaí.
- PINHEIRO, M. B., CHAVES, C., CODAS, B., CASTAGNA, G. N., CORAZZA, R., RIBEIRO, P., CACCIA, L. S., & JESUS, K. S. (2023). *“Cartilha de infraestrutura verde para drenagem sustentável: Jardim de Chuva”*. 1st ed., Vol. 1, Prefeitura Municipal de Salvador, Secis.
- PMJ. (2024). *“Prefeitura Municipal de Jundiaí”*. Disponível em: <https://jundiai.sp.gov.br/>. Acesso em 10 Abril de 2024.
- ROSSMAN, L. A. (2015). *“Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.1 – manual”*. 1st ed. U.S. Environmental Protection Agency.
- SILVA, C. DE M., LIMA, D. L. C., OLIVEIRA, T. R. P. DE, COSTA, M. E. L., & SILVA, G. B. L. DA. (2019). *“Avaliação de cenários com medidas de controle do escoamento no sistema de drenagem em uma área urbana”*. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos .
- SILVEIRA, G. B., RODRIGUES, L. H. R., & DORNELLES, F. (2025). *“Uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) pela Gestão Pública Brasileira no Manejo de Águas Pluviais Urbanas”*. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 17.
- SURESH, A., PEKKAT, S., & SUBBIAH, S. (2023). *“Quantifying the efficacy of Low Impact Developments (LIDs) for flood reduction in micro-urban watersheds incorporating climate change. Sustainable Cities and Society”*, 95.