19 a 23 de setembro de 2022
Brasília/DF
XIV ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS
IV SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS
Promoção: ABRHidro
CT Águas Urbanas

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MANUTENÇÃO DE ÁREAS PERMEÁVEIS E INCORPORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BAIXO IMPACTO NA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO E DAS VAZÕES DE PICO EM LOTES URBANOS

Camila de Andrade Oliveira 1 [1] *; Gustavo Barbosa Lima da Silva* [2]

RESUMO – O processo de urbanização tem como uma das suas principais consequências alterações no ciclo hidrológico do meio urbano, sobretudo, em decorrência do aumento da impermeabilização do solo. Dentre as estratégias adotadas para a promoção de áreas permeáveis nas cidades encontram-se a exigência de uma taxa de permeabilidade mínima nos lotes, prevista nas legislações urbanísticas, e a incorporação de dispositivos de baixo impacto para o controle e tratamento do escoamento gerado. Com o intuito de avaliar os benefícios hidrológicos decorrentes da adoção dessas estratégias, o objetivo do presente trabalho consistiu em quantificar, por meio de simulação hidrológica, o potencial de redução do escoamento e das vazões de pico gerados em um lote urbano padrão da cidade de João Pessoa/PB, considerando a ocorrência de chuvas com tempos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos. Os resultados obtidos demonstraram que a porcentagem de área permeável no lote exerce uma influência significativa na geração do escoamento no lote (-19%) e que os benefícios dessas intervenções podem ser potencializados com o rebaixamento dessa área em 10 cm (-48%) e a incorporação de uma célula de biorretenção e de um telhado verde (-76%).

ABSTRACT – The urbanization process has as one of its main consequences changes in the hydrological cycle of the urban environment, mainly due to the increase in soil sealing. Among the strategies adopted for the promotion of permeable areas in cities are the requirement of a minimum permeability rate in the lots, provided for in urban legislation, and the incorporation of low impact devices for the control and treatment of the generated runoff. In order to evaluate the hydrological benefits resulting from the adoption of these strategies, the objective of the present work was to quantify, through hydrological simulation, the potential for reducing runoff and peak flows generated in a standard urban lot in the city of João Pessoa/PB, considering the occurrence of rains with return times of 2, 5, 10, 25 and 50 years. The results obtained showed that the percentage of permeable area in the lot exerts a significant influence on the generation of runoff in the lot (-19%) and that the benefits of these interventions can be enhanced by lowering this area by 10 cm (-48%) and the incorporation of a bioretention cell and a green roof (-76%).

Palavras-Chave – área permeável, dispositivos de baixo impacto, escoamento

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, (83) 98614-1746, camisandrade95@hotmail.com
2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, (83) 99983-8952, gustavo.silva@academico.ufpb.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento da população e um processo de urbanização acelerado e desordenado resultaram em mudanças significativas no perfil de ocupação das cidades brasileiras. Dentre as principais características desse processo estão a remoção da cobertura vegetal e a expansão das superfícies impermeáveis em decorrência da modificação do uso e ocupação do solo, impactando diretamente na hidrologia dos centros urbanos (SHUSTER et al., 2005).

A redução de obstáculos naturais ao escoamento nas superfícies impermeáveis no meio urbano faz com que a precipitação seja convertida rapidamente em escoamento superficial, superando a capacidade de coleta e transporte dos sistemas de drenagem existentes, revelando a necessidade do emprego de outras soluções que possam compensar a pequena quantidade de superfícies permeáveis existente nas cidades.

Dentre essas soluções encontra-se a manutenção de um percentual de área permeável nos lotes urbanos, sendo essa medida prevista no plano diretor e/ou na lei de uso e ocupação do solo de municípios com mais de 20 mil habitantes, conforme estabelecido na Lei Nº 10.257 (2001), conhecida como Estatuto da Cidade, que estabelece as diretrizes gerais da política urbana. Apesar dessa exigência legal, na prática, a fiscalização acerca da manutenção desse percentual mínimo exigido nas legislações urbanísticas é ineficiente, resultando na existência de lotes urbanos totalmente impermeabilizados. Além disso, alguns estudos apontam que essas taxas de permeabilidade adotadas nos lotes possuem uma eficiência hidrológica limitada, a exemplo do estudo realizado por Zanandrea *et al*. (2018) no município de Viamão/RS em que foi constatado por meio de simulação hidrológica o aumento de 16% no volume de escoamento gerado a partir do aumento da impermeabilização em uma bacia hidrográfica do município.

Uma outra estratégia que vem sendo empregada em países desenvolvidos com o intuito de minimizar os impactos decorrentes da expansão de áreas impermeáveis no meio urbano, é a implantação de dispositivos de baixo impacto que constituem estruturas que atuam no manejo das águas pluviais e que são construídas com o intuito de promover o armazenamento e a infiltração do escoamento superficial nas pequenas parcelas urbanas. São exemplos desses dispositivos, as células de biorretenção e os telhados verdes que podem atuar de maneira isolada ou combinada no controle e no tratamento do escoamento gerado nas áreas impermeáveis do lote.

Com o intuito de avaliar os benefícios hidrológicos decorrentes da adoção das estratégias supracitadas, o objetivo do presente trabalho consiste em avaliar o potencial de redução do escoamento e das vazões de pico gerados em um lote urbano a partir da conversão da área permeável do lote em uma área permeável rebaixada destinada a receber o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis do lote e em uma célula de biorretenção construída com essa mesma finalidade atuando em paralelo a um telhado verde operando no controle do escoamento gerado pelo telhado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho corresponde a um lote padrão da Zona Residencial 1 da cidade de João Pessoa, adotado em razão da presença expressiva desse tipo de lote no município. Em consulta ao Código de Urbanismo de João Pessoa, foram identificados os padrões de ocupação relativos a esse tipo de lote: área mínima do lote de 360,0 m², frente mínima de 12,0 m, ocupação máxima de 50% da área do lote (180,0 m²), afastamento frontal de 5,0 m, afastamento lateral de 1,5 m, afastamento dos fundos de 3,0 m e percentual de solo permeável correspondente a 4% da área do lote (14,4 m²).

Cenários Analisados

A avaliação proposta neste trabalho foi realizada a partir da simulação de cenários que compreendem cinco conjuntos nos quais são avaliados o aumento do percentual de área permeável no lote e o impacto da realização de quatro níveis de intervenções:

- Cenário de Referência: considera a manutenção do percentual de área permeável mínimo (4%) adotado atualmente no Código de Urbanismo da cidade de João Pessoa/PB recebendo apenas a chuva incidente sobre essa área;
- Cenários 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5: compreendem a variação do percentual de área permeável no lote, respectivamente, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%, adotados a partir de consulta às legislações urbanísticas de algumas capitais brasileiras na qual foi verificado que a maior parte delas prevê a obrigatoriedade de manutenção de taxas de permeabilidade mínimas de 10% a 20% com destaque para as cidades de Curitiba/PR e Fortaleza/CE que adotam taxas de 25% e 30%, respectivamente;
- Cenários 2.1, 3.1, 4.1 e 5.1: compreendem a construção de um rebaixamento de 10 cm na área permeável do lote atuando como camada de armazenamento superficial do escoamento das áreas livres impermeáveis;

- Cenários 2.2, 3.2, 4.2 e 5.2: compreendem a conversão de 50% da área permeável do lote em uma célula de biorretenção recebendo o escoamento gerado na área permeável;
- Cenários 2.3, 3.3, 4.3 e 5.3: compreendem a conversão de 50% da área permeável do lote em uma célula de biorretenção recebendo o escoamento gerado na área permeável com um rebaixamento de 10 cm;
- Cenários 2.4, 3.4, 4.4 e 5.4: compreendem a conversão de 100% da área permeável do lote em uma célula de biorretenção recebendo o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis do lote;
- Cenários 2.5, 3.5, 4.5 e 5.5: compreendem a conversão de 100% da área permeável do lote em uma célula de biorretenção recebendo o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis do lote e a instalação de um telhado verde em 100% da área do telhado atuando no controle do escoamento gerado por ele;

A Tabela 1 apresenta um resumo dos cenários adotados considerando as áreas do lote que tem seu escoamento controlado pelas intervenções realizadas, o percentual de área permeável adotado e o percentual da área do lote e do telhado convertido, respectivamente, em uma célula de biorretenção e em um telhado.

Tabela 1 – Resumo dos cenários adotados

Cenário	Área Controlada	% Área Permeável	% LID
REF	-	4%ALote	0%
1.1	ALImp	10%ALote	0%
1.2		15%ALote	
1.3		20%ALote	
1.4		25%ALote	
1.5		30%ALote	
2.1	ALImp	4%ALote + Rebaix. de 10 cm	0%
2.2		2%ALote	2%ALote
2.3		2%ALote + Rebaix. de 10 cm	2%ALote
2.4		0%	4%ALote
2.5	ALImp + ATelhado	0%	4%ALote + 100%ATelhado
3.1	ALImp	10%ALote + Rebaix. de 10 cm	0%
3.2		5%ALote	5%ALote
3.3		5%ALote + Rebaix. de 10 cm	5%ALote
3.4		0%	10%ALote
3.5	ALImp + ATelhado	0%	10%ALote + 100%ATelhado
4.1	ALImp	15%ALote + Rebaix. de 10 cm	0%
4.2		7,5%ALote	7,5%ALote
4.3		7,5%ALote + Rebaix. de 10 cm	7,5%ALote
4.4		0%	15%ALote
4.5	ALImp + ATelhado	0%	15%ALote + 100%ATelhado
5.1	ALImp	20%ALote + Rebaix. de 10 cm	0%
5.2		10%ALote	10%ALote

5.3		10%ALote + Rebaix. de 10 cm	10%ALote
5.4		0%	20%ALote
5.5	ALImp + ATelhado	0%	20%ALote + 100%ATelhado

ALote é a área do lote
AP é a área permeável do lote
ALImp é a área livre impermeável do lote
ATelhado é a área do telhado

Ademais, em cada conjunto de cenários foram consideradas cinco chuvas de projeto com tempos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos, com o intuito de avaliar a eficiência das intervenções propostas com a ocorrência de chuvas com intensidades diferentes. Na Figura 1, são apresentados os valores de precipitação adotados em cada chuva de projeto obtidos a partir da Equação (1), curva IDF (Intensidade-Duração-Frequência) construída por Silva e Oliveira (2017) para a cidade de João Pessoa em que: i_m é a intensidade de precipitação média máxima em mm/h, TR é o período de retorno da chuva em anos e t é a duração da chuva em minutos, tendo sido adotada uma duração de 1 hora.

$$i_m = \frac{1011{,}8743\ TR^{0{,}1846}}{(t + 9{,}7855)^{0{,}7242}} \qquad (1)$$

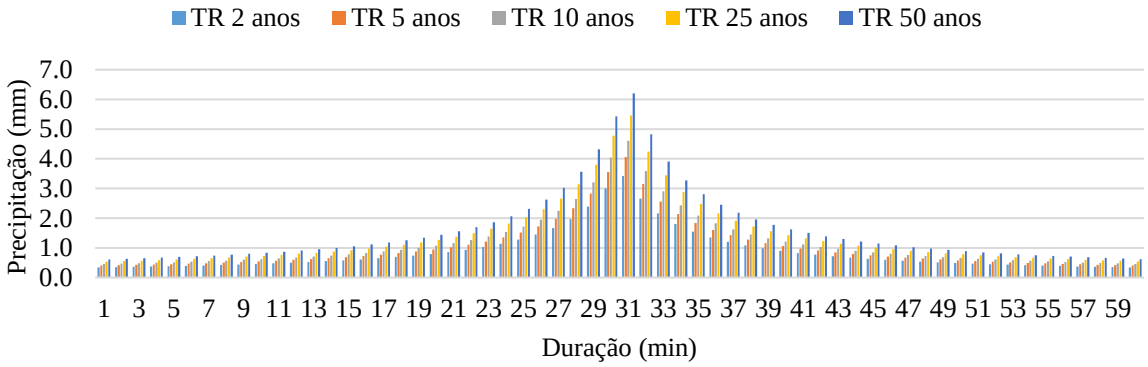

Figura 2 – Chuvas de projeto

Os percentuais de redução do escoamento e das vazões de pico foram obtidos a partir da comparação dos valores obtidos com um cenário de referência no qual o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis do lote é direcionado para um exutório (saída do lote para uma rede de drenagem), fazendo com que a área permeável receba apenas a chuva incidente sobre ela. Enquanto que, nos demais cenários simulados, o escoamento gerado pelas áreas livres impermeáveis do lote foi direcionado para a área permeável com o intuito de avaliar os benefícios advindos da utilização dessa área para o controle do escoamento, conforme ilustrado na Figura 2.

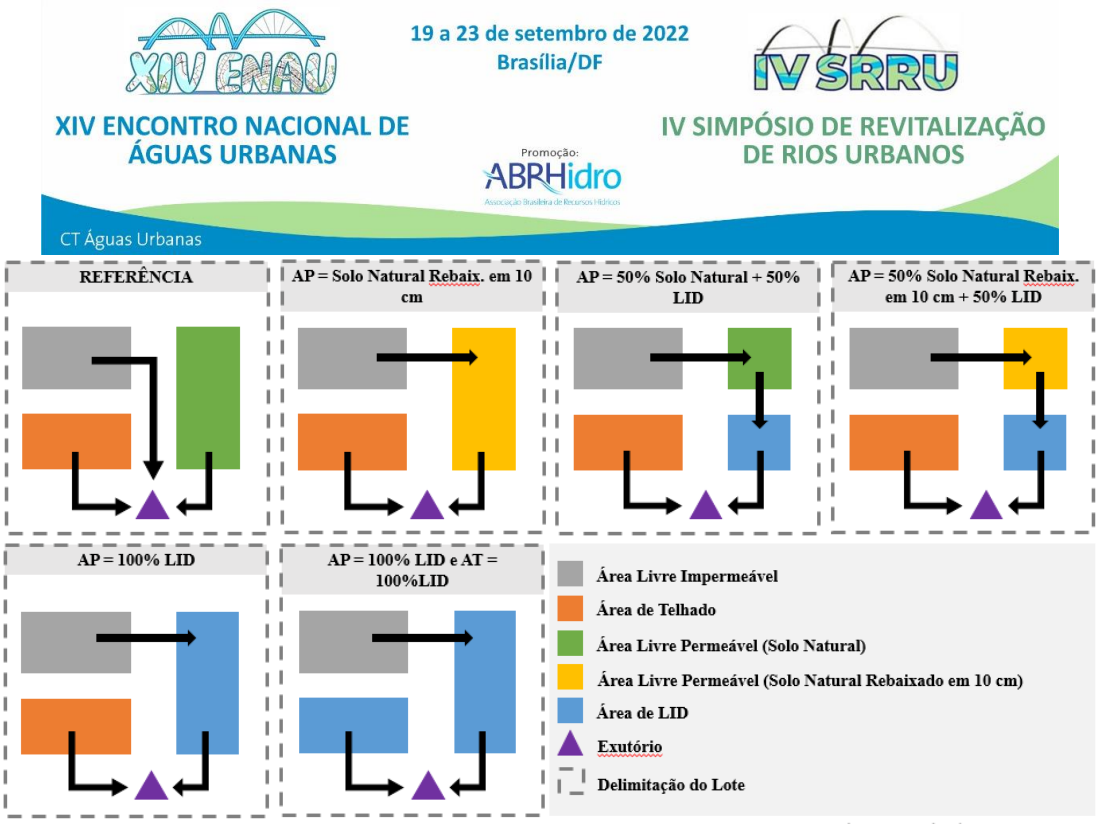

Figura 2 – Esquema do fluxo do escoamento adotado em cada cenário

Estruturas de Baixo Impacto (LID's)

Com o intuito de avaliar o potencial de estruturas de baixo impacto na redução do escoamento e das vazões de pico na área de estudo, foi considerada a presença de uma célula de biorretenção, instalada parcialmente ou totalmente na área permeável do lote, e um telhado verde, instalado sobre a área do telhado. As dimensões das camadas dessas estruturas e outros parâmetros necessários para a modelagem são apresentados na Tabela 2 e foram adotados a partir da média dos valores típicos recomendados por Rossman e Huber (2016).

Tabela 2 – Resumo dos parâmetros adotados no dimensionamento das estruturas de baixo impacto

Camada	Parâmetro	Telhado Verde	Célula de Biorretenção
Superfície	Altura da Berma (mm)	0	150
	Fração do Volume de Vegetação	0.1	0.1
	Rugosidade da Superfície (n de Manning)	0.15	0.15
	Declividade da Superfície (%)	10	0.5
Solo	Espessura (mm)	100	900
	Porosidade (Fração de Volume)	0.525	0.525
	Capacidade de Campo (Fração de Volume)	0.4	0.2
	Ponto de Murcha (Fração de Volume)	0.125	0.1
	Condutividade Hidráulica (mm/h)	2286	95.25
	Declividade da Condutividade (%)	30	30
	Potencial Matricial (mm)	76.2	76.2
Camada Drenante	Espessura (mm)	30	-
	Índice de Vazios	0.3	-
	Rugosidade (n de Manning)	0.02	-
Armazenamento	Espessura (mm)	-	500
	Fração de Vazios (Vazios/Sólidos)	-	0.3
	Taxa de Infiltração (mm/h)	-	0.5
	Fator de Entupimento	-	0

	Coeficiente de Fluxo	-	-
Dreno	Expoente de Fluxo	-	-
	Cota de Referência do Dreno (mm)	-	400

Simulações

A simulação dos cenários foi realizada no SWMM 5.2 (*Storm Water Management Model)*, considerando as áreas permeável, livre impermeável e do telhado como subbacias com as direções de fluxo configuradas conforme os cenários analisados. A área livre impermeável do lote corresponde a toda a área impermeável não ocupada pela edificação. A modelagem das condições de infiltração do solo local foi feita a partir do método da Curva Número adotando-se a presença de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e um CN de valor 74, característico de locais com solo em boas condições e cobertura de grama superior a 75%. Para as áreas impermeáveis do lote foi adotado um coeficiente de rugosidade de Manning igual a 0,013 e para as áreas permeáveis igual a 0,15.

RESULTADOS

Conjunto de Cenários 1: Variação da % de Área Permeável no Lote

Variando-se o percentual de área permeável no lote de 10% a 30% e comparando-se os resultados obtidos em termos de volume de escoamento (VE) e vazões de pico (QP) com o cenário de referência (4% de área permeável), verifica-se na Tabela 3 que, quanto maior o percentual de área permeável adotado, maiores são as reduções de VE e da QP obtidas. Ademais, verifica-se que a intensidade da chuva influencia diretamente na capacidade de redução do escoamento no lote, tendo em vista que, os maiores percentuais de redução são obtidos para chuvas com frequência de 2 anos.

Tabela 3 – Resultados obtidos para o conjunto de cenários 1: variação da % de área permeável no lote

TR	Cenários									
	1.1		1.2		1.3		1.4		1.5	
	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP
2 anos	-4%	-4%	-8%	-8%	-12%	-12%	-15%	-16%	-19%	-19%
5 anos	-4%	-4%	-7%	-8%	-11%	-11%	-14%	-15%	-18%	-18%
10 anos	-4%	-4%	-7%	-7%	-10%	-10%	-13%	-14%	-17%	-17%
25 anos	-3%	-4%	-6%	-6%	-9%	-9%	-12%	-12%	-15%	-16%
50 anos	-3%	-3%	-6%	-6%	-9%	-9%	-11%	-9%	-14%	-14%

Conjunto de Cenários 2: Área Permeável Fixa em 4% + Intervenções

Mantendo-se a área permeável correspondente a 4% da área do lote, é possível verificar na Tabela 4 que o maior percentual de redução do escoamento (50%) em relação ao cenário de referência

foi obtido com a conversão da área permeável em uma célula de biorretenção tratando o escoamento das áreas livres impermeáveis do lote e a implantação de um telhado verde em toda a área disponível no telhado tratando o escoamento derivado dessa área (cenário 2.5). No entanto, apesar da redução do VE ter sido bastante expressiva (50%), o mesmo não foi verificado em relação as QP's que resultaram em valores maiores que os do cenário de referência para as chuvas de maior intensidade (10, 25 e 50 anos). Tal resultado pode ser explicado pelo volume de escoamento recebido pela célula de biorretenção ser muito superior ao recebido pela área permeável no cenário de referência no qual a única contribuição era decorrente da chuva incidente sobre a área.

Tabela 4 – Resultados obtidos para o conjunto de cenários 2: área permeável fixa em 4% + intervenções

TR	Cenários									
	2.1		2.2		2.3		2.4		2.5	
	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP
2 anos	-8%	-10%	-13%	-11%	-16%	-12%	-23%	-15%	-50%	-23%
5 anos	-7%	-9%	-11%	-10%	-14%	-10%	-20%	-11%	-42%	-4%
10 anos	-6%	-8%	-10%	-9%	-12%	-9%	-18%	-9%	-37%	2%
25 anos	-5%	-7%	-8%	-8%	-10%	-9%	-15%	-8%	-31%	5%
50 anos	-4%	-6%	-7%	-9%	-9%	-9%	-13%	-7%	-28%	7%

Conjunto de Cenários 3: Área Permeável Fixa em 10% + Intervenções

Fixando-se o percentual de área permeável no lote em 10% e aplicando as mesmas intervenções feitas ao conjunto de cenários 2, verifica-se na Tabela 5 que os maiores percentuais de redução do VE (-75%) e da QP (-59%) foram obtidos com a atuação em paralelo da célula de biorretenção correspondente a 10% da área do lote e tratando o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis e do telhado verde tratando 100% do escoamento gerado pelo telhado. Além disso, verifica-se que o mesmo percentual de redução do VE obtido no cenário 2.4 para uma chuva de 2 anos (-23%), foi alcançado com a manutenção de uma área rebaixada em 10 cm correspondente a 10% da área do lote (36 m²), sendo essa uma alternativa mais fácil e barata de ser implementada no lote do que a conversão de 4% da área do lote (14,4 m²) em uma célula de biorretenção.

Tabela 5 – Resultados obtidos para o conjunto de cenários 3: área permeável fixa em 10% + intervenções

TR	Cenários									
	3.1		3.2		3.3		3.4		3.5	
	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP
2 anos	-23%	-46%	-32%	-45%	-39%	-47%	-49%	-47%	-75%	-63%
5 anos	-20%	-37%	-27%	-31%	-34%	-47%	-47%	-47%	-69%	-49%
10 anos	-18%	-28%	-24%	-23%	-30%	-40%	-42%	-47%	-62%	-44%
25 anos	-15%	-18%	-21%	-15%	-26%	-24%	-36%	-47%	-53%	-42%
50 anos	-13%	-14%	-19%	-12%	-23%	-16%	-32%	-47%	-47%	-39%

Conjunto de Cenários 4: Área Permeável Fixa em 15% + Intervenções

Fixando-se o percentual de área permeável em 15% da área do lote e aplicando-se as mesmas intervenções feitas aos conjuntos de cenários 2 e 3, tem-se na Tabela 6 que o maior percentual de redução do VE é de 76%, equivalente ao melhor resultado obtido no conjunto de cenários 3 considerando-se as mesmas intervenções. Dessa forma, é possível concluir que para uma chuva de 2 anos, a construção de uma célula de biorretenção com área igual a 10% da área do lote tratando o escoamento gerado pelas áreas livres impermeáveis do lote e atuando em paralelo a um telhado verde instalado em toda a área do telhado, geraria os mesmos percentuais de redução do VE e das QP's obtidos com a aplicação dessa mesma intervenção com a biorretenção correspondente a 15% da área do lote.

Tabela 6 – Resultados obtidos para o conjunto de cenários 4: área permeável fixa em 15% + intervenções

TR	Cenários									
	4.1		4.2		4.3		4.4		4.5	
	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP
2 anos	-37%	-47%	-47%	-47%	-50%	-47%	-50%	-47%	-76%	-63%
5 anos	-33%	-47%	-42%	-47%	-50%	-47%	-50%	-47%	-72%	-49%
10 anos	-30%	-47%	-38%	-47%	-46%	-47%	-51%	-47%	-70%	-44%
25 anos	-27%	-44%	-34%	-39%	-40%	-47%	-51%	-47%	-67%	-42%
50 anos	-25%	-35%	-31%	-27%	-37%	-47%	-49%	-47%	-63%	-42%

Conjunto de Cenários 5: Área Permeável Fixa em 20% + Intervenções

Por fim, fixando-se o percentual de área permeável em 20% da área do lote e aplicando as mesmas intervenções feitas aos conjuntos de cenários, 2, 3 e 4, verifica-se na Tabela 7 que os maiores percentuais de redução do VE e das QP's são obtidos para uma chuva de 2 anos no cenário em que há a atuação em paralelo de uma célula de biorretenção correspondente a 20% da área do lote e de um telhado verde. Assim como nos resultados obtidos para o conjunto de cenários 4, os percentuais máximos de redução obtidos são equivalentes aos obtidos nos conjuntos de cenários 3 e 4.

Tabela 7 – Resultados obtidos para o conjunto de cenários 5: área permeável fixa em 20% + intervenções

TR	Cenários									
	5.1		5.2		5.3		5.4		5.5	
	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP	VE	QP
2 anos	-48%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-75%	-63%
5 anos	-42%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-71%	-49%
10 anos	-37%	-47%	-46%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-69%	-44%
25 anos	-32%	-47%	-40%	-47%	-49%	-47%	-49%	-47%	-66%	-42%
50 anos	-28%	-47%	-36%	-47%	-44%	-47%	-49%	-47%	-64%	-42%

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência hidrológica em termos de redução do escoamento e das vazões de pico decorrentes da manutenção de áreas permeáveis em um lote urbano padrão da cidade de João Pessoa/PB. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que a porcentagem de área permeável no lote exerce uma influência significativa na geração do escoamento no lote e que a taxa de permeabilidade mínima praticada atualmente no município (4%) é muito pequena em relação aos percentuais praticados em outras capitais brasileiras (10% a 30%).

Aumentando-se o percentual de área permeável aplicado ao lote em questão, verificou-se que quanto maior esse percentual, maior é o potencial de redução dos volumes e das vazões de pico gerados. Além disso, foi verificado que os benefícios hidrológicos advindos da manutenção de uma área permeável no lote podem ser potencializados com o rebaixamento dessa área em 10 cm e com a incorporação de células de biorretenção na área permeável do lote controlando o escoamento gerado nas áreas livres impermeáveis.

Foram alcançados percentuais de redução do escoamento e das vazões de pico significativos quando incorporados dois dispositivos de baixo impacto atuando no controle do escoamento de todo o lote, indicando o potencial de utilização desses dispositivos como alternativa no manejo do escoamento gerado nas pequenas parcelas urbanas. Espera-se que os resultados obtidos possam auxiliar na definição das taxas de permeabilidade adotadas nos planos diretores, leis de uso e ocupação do solo e códigos de urbanismo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 10 jul. 2001.

ROSSMAN, L. A.; HUBER, W. C. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume III* – Water Quality.

SILVA, C. B.; OLIVEIRA, L. F. C. (2017). "*Relação Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas Extremas na Região Nordeste do Brasil*". Revista Brasileira de Climatologia 267-283 (1-17), ano 13, vol 20, jan-jul 2017.

SHUSTER, W. D.; BONTA, J.; THURSTON, H.; WARNEMUENDE, E.; SMITH, D. R. "*Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review*". Urban Water Journal, Vol. 2, No. 4, p. 263-275, 2005.

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L.; MICHEL, G. P. (2018). "*Avaliação da Eficiência Hidrológica de Taxas de Ocupação Estabelecidas por Políticas Urbanas*" in Anais do XII Encontro Nacional de Águas Urbanas, Maceió, Nov. 2018.