

INFLUÊNCIA DE TELHADOS VERDES PRÉ-MOLDADOS NA REDUÇÃO E RETARDO DO ESCOAMENTO EM PRECIPITAÇÕES INTENSAS

Zacarias Caetano Vieira¹
Karinne Santiago Almeida²
Eugênio Figueiredo de Albuquerque³

RESUMO

Os sistemas tradicionais de drenagem tornam-se insustentáveis com o passar do tempo, gerando a busca por soluções alternativas, como os telhados verdes. Diante do exposto, esse trabalho objetiva realizar a simulação da substituição dos telhados convencionais por telhados verdes pré-moldados nos terminais de integração de Aracaju- SE. Foram utilizados quatro telhados verdes pré-moldados com capacidades de retenção variando de 25 l/m² até 160 l/m², e adotado chuvas hipotéticas com diferentes intensidades e durações. Foi estimado o volume de água jogado na drenagem urbana em ambos os casos, e posteriormente, indicado a redução de vazão conseguida, e o retardo para o início do escoamento. Os resultados mostram uma redução do volume escoado de variando de 39,68% até 100% em relação aos telhados convencionais, e um tempo de retardo variando de 11,90 até 82,76 minutos. Conclui-se que o uso em larga escala de telhados verdes pré-moldados, pode impactar positivamente no sistema de drenagem das cidades, reduzindo e retardando as vazões de picos.

Palavras-chave: Sistemas prontos; Chuvas intensas; Enchentes.

INTRODUÇÃO

Conforme relata Vieira et al. (2018) o crescimento urbano das cidades tem ocasionado uma maior impermeabilização do solo, provocando assim, um aumento do escoamento superficial, dos picos de vazão e dos pontos de alagamentos. Conforme a USGS (2003) apud Costa, Poletto e Ramme (2016), tais picos de vazão resultam em um aumento de frequência e gravidade de inundações, além da intensificação dos processos erosivos com aumento da produção, transporte e deposição de sedimentos. A drenagem tradicional baseia-se em escoar o volume excedente rapidamente para jusante, o que apenas transfere os impactos para outros pontos, mas não resolve o problema, sendo eficaz apenas em curto prazo, mas com o passar do tempo e necessidade de expansão das redes, torna-se insustentável (KIPPER, 2015). Durante e após a ocorrência de chuvas intensas, as partes constituintes do telhado verde podem absorver quantidades significativas de precipitação, reduzindo e retardando o escoamento de águas pluviais para o sistema drenagem, podendo essa ação ser intensificada em telhados pré-moldados, tendo em vista que estes possuem um reservatório que acumula

¹ Professor do Curso de Edificações, Instituto Federal de Sergipe – SE, zacariascaetano@yahoo.com.br;

² Professora do Curso de Edificações, Instituto Federal de Sergipe – SE, krnn.santiago@gmail.com;

³ Professor do Curso de Edificações, Instituto Federal de Sergipe – SE, eugenioefa@gmail.com;

diferentes volumes – depende de cada modelo- de água. Aracaju, capital do estado de Sergipe, apresenta sérios problemas de drenagem, e de acordo com Goes, Jesus e Cardoso Júnior (2014), em 2014 foram identificados 57 pontos de alagamentos. Frente a esse quadro, torna-se cada vez, mas necessária à adoção de práticas que visem tornar as cidades mais sustentáveis, dentre as quais podemos citar: adoção de superfícies permeáveis, construção de reservatórios de retenção de águas pluviais (poços de infiltração) e uso de telhados verdes, entre outros. Diante do exposto, o presente trabalho objetiva realizar a simulação da substituição dos telhados convencionais por telhados verdes prontos em terminais de integração da cidade de Aracaju- SE. Foram utilizados quatro sistemas com capacidades de retenção variando de 25 l/m² até 160 l/m². A simulação adotou chuvas hipotéticas - com as intensidades pluviométricas para diferentes períodos de retorno e durações. Estimou-se o volume de água pluvial jogado no sistema de drenagem em ambos os telhados, e indicou-se a redução de vazão e o retardo para o início do escoamento.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste inicialmente na descrição dos telhados verdes modulares pré-fabricados que serão utilizados na simulação. Em seguida foram consideradas chuvas hipotéticas com diferentes intensidades, períodos de retorno e durações. Com esses dados de chuva e a área de cobertura dos terminais, foi calculado o volume de chuva jogado no sistema de drenagem urbana, considerando telhados convencionais e os telhados verdes escolhidos. Finalmente, apresentou-se a redução da vazão e o retardo no início do escoamento em cada caso.

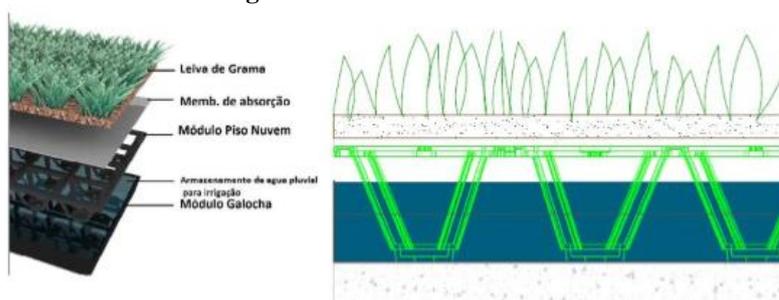
DESENVOLVIMENTO

Telhados verdes pré-moldados. Telhado verde corresponde à técnica de aplicação de substrato e vegetação sobre uma camada impermeável com a função de cobertura de uma determinada edificação, podendo ser inclinado ou plano (SAVI, 2015). Vieira et al. (2018) informam que atualmente, são muito utilizado os módulos pré-elaborados, chamados de telhados verdes prontos, os quais são comercializados e instalados por empresas especializadas, que fornecem os módulos prontos com a vegetação crescida, formados por um sistema de encaixe que agiliza sua montagem, sendo de fácil manutenção. Esses sistemas caracterizam-se por apresentarem um reservatório de captação de água de chuva – o volume

de retenção dependerá de cada sistema – só após o enchimento desse reservatório é que ocorre o escoamento de água para a rede de drenagem. Para realização da simulação proposta serão utilizados os sistemas da Ecotelhado (2017) apud Vieira et al. (2018) descritos abaixo:

Sistema Hidromodular. Caracteriza-se por módulos que reservam até 50 l/m² de água, irrigando a vegetação por capilaridade para lajes com pouco caimento (Figura 1). Este sistema deve ser utilizado apenas em lajes, onde a área de instalação do sistema deverá ter perímetro fechado por uma mureta de no mínimo 12 cm; devendo a laje suportar o peso de 75 kg/m².

Figura 1. Sistema Hidromodular



Fonte: Ecotelhado(2017) apud Vieira et al. (2018)

Sistema Hexa. Composto por módulos (placas com reservatório hexagonal) com membranas de absorção (retém água e nutrientes para as raízes das plantas), argila ou substrato, gel (ajuda a reter umidade) e a vegetação escolhida para cada caso (Figura 2). O local deve suportar o peso de 108 kg/m², e a capacidade de retenção de água é de 25 l/m². Altura total do sistema é em média 12 cm, podendo variar conforme vegetação utilizada.

Figura 2. Sistema Hexa

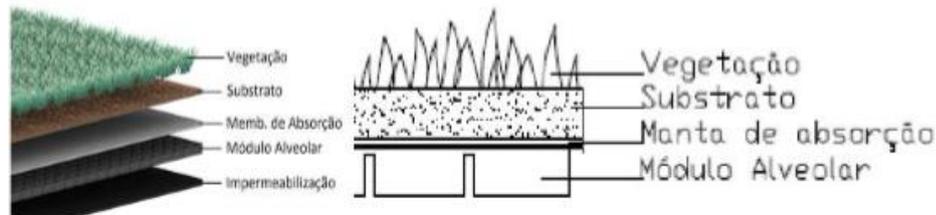


Fonte: Ecotelhado(2017) apud Vieira et al. (2018)

Sistema Alveolar Leve. Composto por um módulo alveolar (placas plásticas semiflexíveis com reservatórios em formato retangular) possuindo: membranas de absorção (retém água e nutrientes para as raízes das plantas), substrato, gel (ajuda a reter umidade) e a vegetação

escolhida (Figura 3). O local deve suportar o peso de 80 kg/m² e a capacidade de retenção de água é de 35 l/m². A altura total do sistema é 12 cm, podendo variar conforme vegetação utilizada. O local deverá ter uma contenção lateral para o sistema em todo seu perímetro.

Figura 3. Sistema Alveolar Leve



Fonte: Ecotelhado(2017) apud Vieira et al. (2018)

Sistema Laminar Alto. Composto por um módulo rígido de plástico, com as dimensões 33 x 30 x 18 cm (retenção de água para as raízes da vegetação, reservatório d'água, sem necessidade de irrigação superficial), com as seguintes características: membrana de absorção (sua finalidade é de retenção de água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação), membrana anti-raízes (proteger a impermeabilização contra as raízes), substrato (retenção de água e nutrientes) e argila expandida (suporte para as raízes, com grande poder de retenção de água), figura 4. O local deve suportar o peso de 250 kg/m² e a capacidade de retenção de água é de 160 l/m². Deve ser prevista uma caixa de visita para análise do reservatório. A área de instalação do sistema deverá ser com perímetro fechado por uma mureta de no mínimo 25 cm, devendo ser a laje plana e a mureta impermeabilizada. O escoamento do excesso de água deverá ser feito através de ralos ou busetes laterais (ladrões) que deverão estar localizados a 16 cm de altura da parte superior da laje pronta.

Figura 4. Sistema Laminar Alto



Fonte: Ecotelhado (2017) apud Vieira et al. (2018)

Área de estudo. Aracaju, capital de Sergipe, situa-se na Região Nordeste do Brasil, com uma população de 571.149 habitantes, que apresenta 39% de toda a população do Estado de Sergipe, e delega para esta região a característica de intensa ação antrópica da cobertura do

solo (IBGE, 2010 apud PEREIRA, 2015). Esse mesmo autor relata que a capital sergipana apresenta um sistema de drenagem prejudicado por alguns intervenientes como o acúmulo de lixo na rede de microdrenagem, a ocupação irregular do solo - com aumento da impermeabilização e consequente estrangulamento da capacidade dos dispositivos de macrodrenagem – além de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem. Esse quadro se torna crítico quando ocorrem chuvas de altas intensidades.

Figura 4. Localização da cidade de Aracaju/SE



Fonte: Elaborado pelos autores

Terminais de Integração. Em Aracaju, o transporte coletivo urbano é feito exclusivamente por sistema de ônibus, sendo o mesmo composto por terminais de integração que permitem ao passageiro trocar de ônibus sem precisar pagar uma nova passagem, os quais são mantidos pelas empresas de ônibus que operam na cidade, onde ocorre o transbordo dos passageiros (VIEIRA et al., 2016). Para realização desse trabalho foram escolhidos cinco terminais de integração: Centro, Distrito Industrial, Zona Sul, Zona Oeste e Maracaju.

Área de Cobertura. Para estimar as áreas das coberturas dos terminais Vieira et al. (2016) utilizaram as ferramentas Google Earth Pro e AutoCAD, obtendo as seguintes áreas: Terminal do Distrito Industrial (972,49 m²), Terminal da Zona Oeste (2519,36 m²); Terminal da Maracaju (776,02 m²); Terminal da Zona Sul (1119,29) e Terminal do Centro (589,31 m²). As imagens utilizadas para cálculo das áreas de cobertura são apresentadas a seguir, na Figura 5.

Figura 5. Cobertura dos Terminais de Integração de Aracaju/SE



Fonte: Vieira et al. (2016)

Dados Pluviométricos Simulados. Na simulação adotou-se as intensidades pluviométricas de Aracaju/SE para períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos, conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) na Tabela abaixo. Foram adotadas três durações de chuvas: 10, 20 e 30 minutos.

Tabela 1. Intensidade pluviométrica para diferentes períodos de retorno

Local	Intensidade Pluviométrica (mm/h)		
	Período de retorno (anos)		
	1	5	25
Aracaju	116	122	126

Fonte: ABNT (1989)

Volumes escoados e tempo de retardo. Inicialmente calculou-se a vazão, para as diferentes intensidade pluviométricas utilizando a Equação 1, extraída de NBR 10844 (ABNT, 1989):

$$Q = \frac{i \times A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão (L/min); i = intensidade pluviométrica (mm/h); A = área de cobertura (m²).

Em seguida, considerando as diferentes durações adotadas, estimou-se para cada evento, o volume de água jogado na rede de drenagem com uso do telhado convencional, e com a adoção dos telhados verdes prontos.

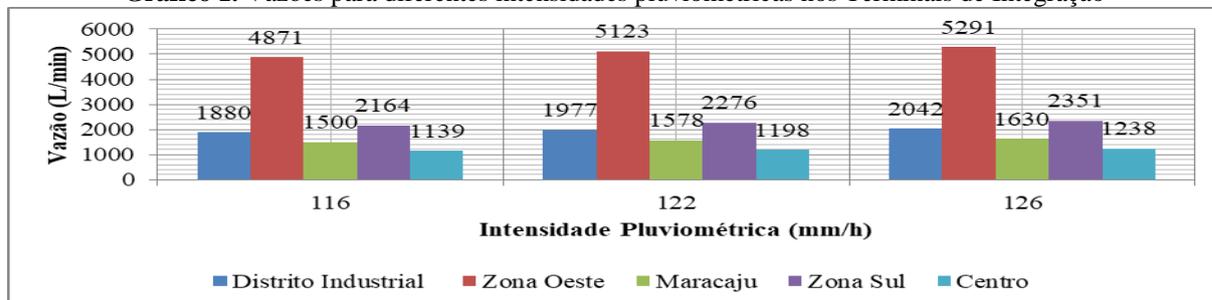
Conforme Vieira et al. (2018) nos telhados verdes prontos com reservatórios de retenção, o escoamento só se inicia após o completo enchimento desses reservatórios; assim quando se diz que um sistema tem uma capacidade de retenção de 25 l/m², significa que o reservatório retém os primeiros 25 mm de precipitação, só sendo gerado escoamento a partir do que exceder desses 25 mm. Logo o volume de água escoado na cobertura com o telhado verde será o volume escoado no telhado convencional menos o volume que fica retido nos reservatórios de retenção.

A geração do escoamento no telhado convencional é praticamente imediato, mas nos telhados verdes prontos, ocorre um retardo no início do escoamento, pois a chuva incide sobre o telhado verde, e só depois que enche os reservatórios se inicia o escoamento. Esse retardo dependerá da intensidade e duração da chuva, bem como o volume de acumulação de cada sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vazões para diferentes intensidades pluviométricas

Gráfico 1. Vazões para diferentes intensidades pluviométricas nos Terminais de Integração

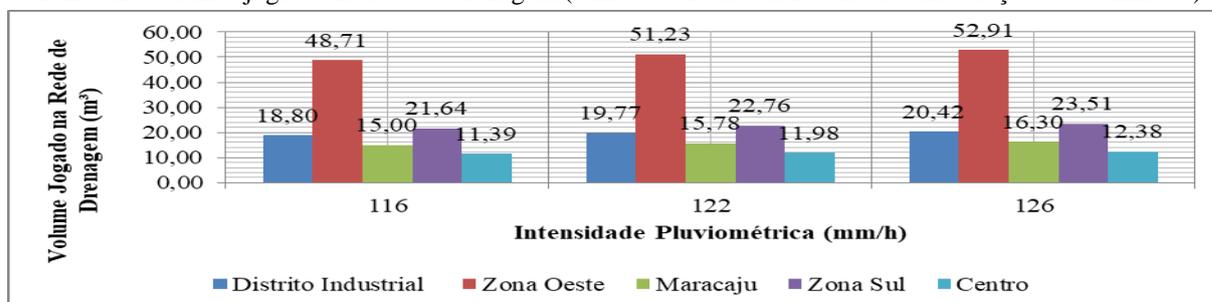


Fonte: Elaborado pelos autores

A vazão gerada é proporcional à área de captação e a intensidade pluviométrica, ou seja, quanto maior esses parâmetros, maior a vazão gerada. Assim as vazões calculadas variaram, conforme Gráfico 1, de 1139 L/min no Terminal do Centro (menor área) para uma de intensidade 116 mm/h até 5291 L/min no Terminal da Zona Oeste (maior área) para uma intensidade de 126 mm/h.

Volumes escoados (precipitação de 10 minutos) – Telhado Convencional

Gráfico 2. Volumes jogados na rede de drenagem (telhado convencional e chuva com duração de 10 minutos).



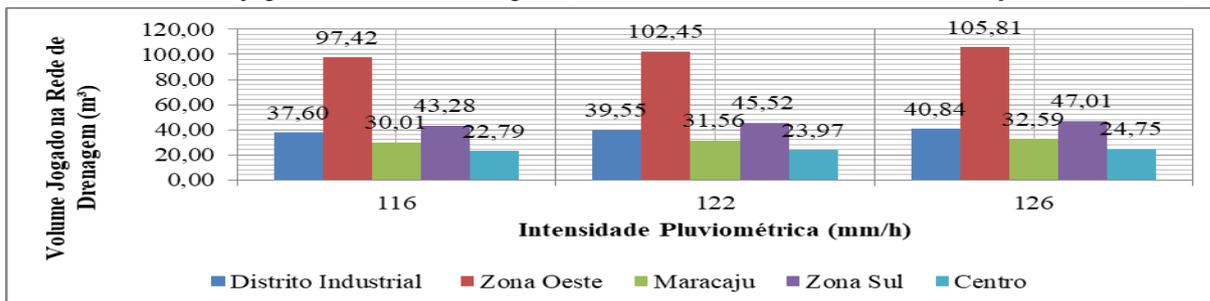
Fonte: Elaborado pelos autores

No telhado convencional quase todo o volume incidente sobre o telhado é encaminhado para drenagem. Simulando chuvas com duração de 10 minutos o volume variou, conforme Gráfico 2, de 11,39 m³ (Terminal do Centro) até 52,91 m³ (Terminal da Zona Oeste).

Volumes escoados (precipitação de 10 minutos) – Sistemas Hexa, Hidromodular, Alveolar Leve e Laminar Alto. Considerando a substituição do telhado convencional pelos sistemas Hexa, Hidromodular, Alveolar Leve e Laminar Alto, não houve escoamento em nenhuma das intensidades consideradas, ou seja, neste caso, consegue-se uma redução de 100% do volume escoado.

Volumes escoados (precipitação de 20 minutos) – Telhado Convencional

Gráfico 3. Volumes jogados na rede de drenagem (telhado convencional e chuva com duração de 20 minutos).

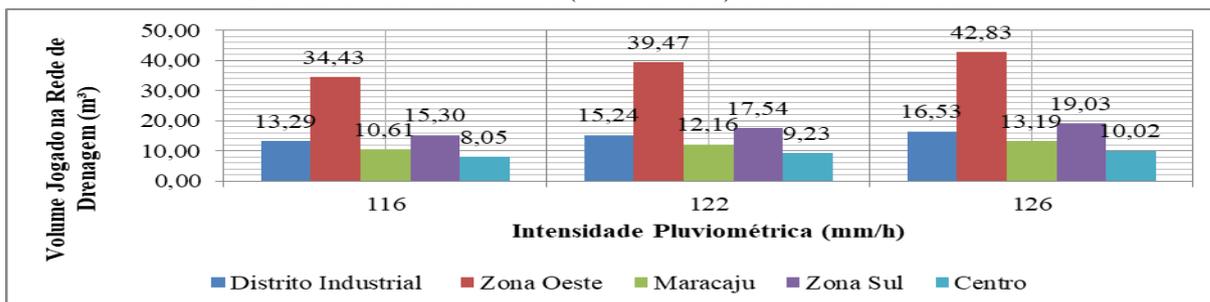


Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando chuvas com duração de 20 minutos e as diferentes intensidades, o volume variou, conforme Gráfico 3, de 22,79 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 105,81 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h).

Volumes escoados (precipitação de 20 minutos) - Sistema Hexa

Gráfico 4. Volumes escoados (Sistema Hexa) e chuva de 20 minutos.

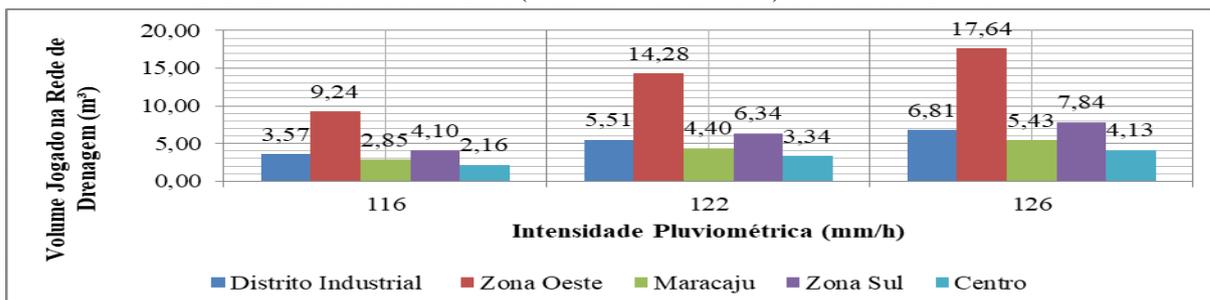


Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando a substituição do telhado convencional pelo Sistema Hexa, o volume variou, conforme Gráfico 4, de 8,05 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 42,83 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h). A redução no volume jogado na drenagem é inversamente proporcional à intensidade, e variou de 59,52% até 64,66%.

Volumes escoados (precipitação de 20 minutos) - Sistema Alveolar Leve

Gráfico 5. Volumes escoados (Sistema Alveolar Leve) e chuva de 20 minutos.



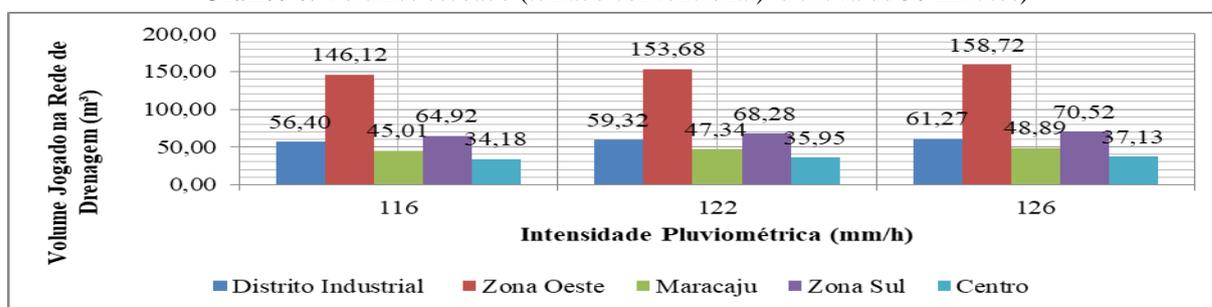
Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando a substituição do telhado convencional pelo Sistema Alveolar, o volume variou, conforme Gráfico 5, de 2,16 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 17,64 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h). A redução no volume de água jogada na rede de drenagem variou de 83,33% até 90,52%.

Volumes escoados (precipitação de 20 minutos) - Sistemas Hidromodular e Laminar Alto. Considerando a substituição do telhado convencional pelos sistemas Hidromodular e Laminar Alto, não teremos geração de escoamento em nenhuma das intensidades consideradas, ou seja, consegue-se uma redução de 100% do volume escoado.

Volumes escoados (precipitação de 30 minutos) - Telhado Convencional

Gráfico 6. Volumes escoado (telhado convencional) e chuva de 30 minutos)

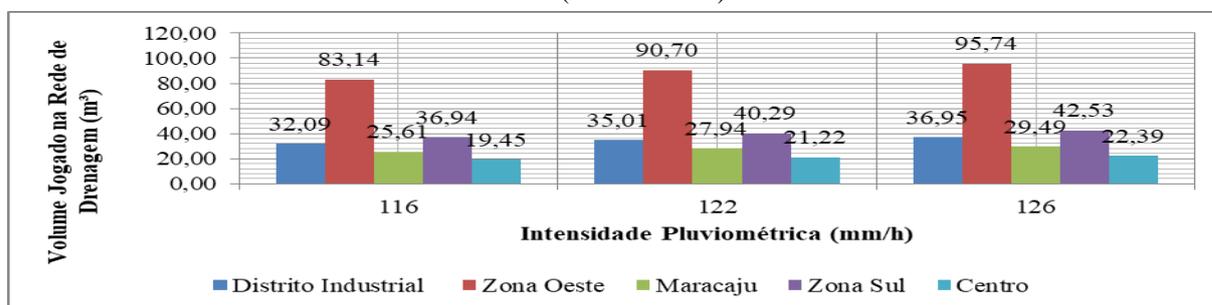


Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando chuvas com duração de 30 minutos e as diferentes intensidades, o volume variou, conforme Gráfico 6, de 34,18 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 158,72 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h).

Volumes escoados (precipitação de 30 minutos) - Sistema Hexa

Gráfico 7. Volumes escoado (Sistema Hexa) e chuva de 30 minutos.

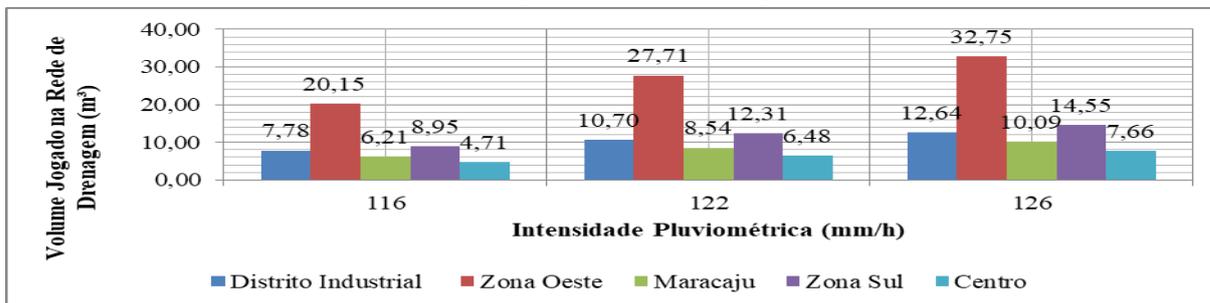


Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando a substituição do telhado convencional pelo Sistema Hexa, o volume variou, conforme Gráfico 7, de 19,45 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 95,74 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h). A redução no volume de água jogada na rede de drenagem variou de 39,68% até 43,10%.

Volumes escoados (precipitação de 30 minutos) - Sistema Hidromodular

Gráfico 8. Volumes escoado (Sistema Hidromodular) e chuva de 30 minutos

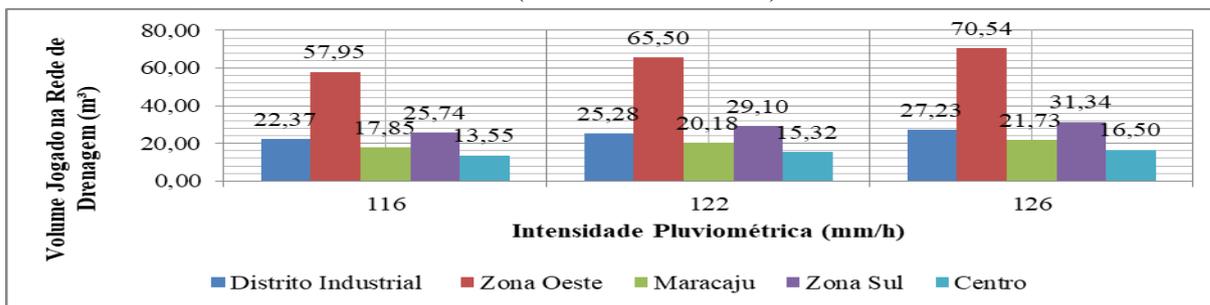


Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando a substituição do telhado convencional pelo Sistema Hidromodular, o volume variou, conforme Gráfico 8, de 4,71 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 32,75 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h). A redução no volume de água jogada na rede de drenagem variou de 79,37% até 86,21%.

Volumes escoados (precipitação de 30 minutos) - Sistema Alveolar Leve

Gráfico 9. Volumes escoados (Sistema Alveolar Leve) e chuva de 30 minutos.



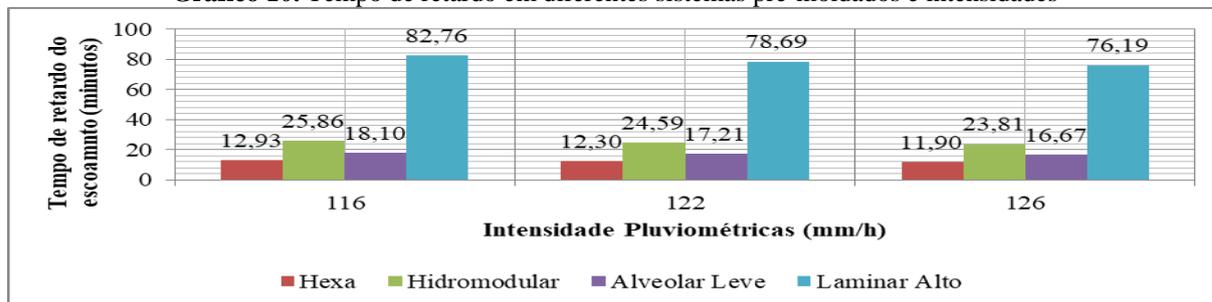
Fonte: Elaborado pelos autores

Simulando a substituição do telhado convencional pelo Sistema Alveolar Leve, o volume variou, conforme Gráfico 9, de 13,55 m³ (Terminal do Centro e intensidade de 116 mm/h) até 70,54 m³ (Terminal da Zona Oeste e intensidade de 126 mm/h). A redução no volume de água jogada na rede de drenagem variou de 55,56% até 60,34%.

Volumes escoados (precipitação de 30 minutos) - Sistema Laminar Alto. A substituição pelo Sistema Laminar Alto, mesmos considerando uma chuva de duração de 30 minutos, não gerou escoamento. Toda a chuva é armazenada nos reservatórios de retenção, reduzindo em 100% o volume de água jogado na rede drenagem.

Tempo de retardo em diferentes sistemas e intensidades pluviométricas.

Gráfico 10. Tempo de retardo em diferentes sistemas pré-moldados e intensidades



Fonte: Elaborado pelos autores

O tempo de retardo corresponde ao tempo necessário para que os reservatórios de retenção sejam totalmente cheios, e assim, comecem a escoar o excedente de água para a rede de drenagem. Esse tempo é diretamente proporcional à intensidade da chuva, e inversamente proporcional ao volume de retenção de cada sistema.

Considerando a intensidade pluviométrica de 116 mm/h o tempo de retardo variou de 12,93 minutos (Hexa) até 82,76 (Laminar Alto). Adotando a intensidade pluviométrica de 122 mm/h, nota-se uma redução nesses tempos, que variaram de 12,30 a 78,69 minutos. Finalmente, para uma intensidade pluviométrica de 126 mm/h os tempos foram de 11,90 minutos até 76,19 minutos. Vale salientar que o tempo de retardo não é influenciado pela área do telhado, mas pela capacidade de retenção do sistema por unidade de área (L/m²).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos podemos concluir que a redução do volume de água jogado na rede de drenagem mostrou-se relevante, variando de 39,68% até 100% a depender de fatores como intensidade pluviométrica, duração da chuva e sistema adotado. O retardo no início do escoamento para drenagem variou de 11,90 até 82,76 minutos, a depender da intensidade da chuva e do sistema adotado. Para precipitações com intensidades inferiores aos valores simulados, teremos um aumento do retardo na geração do escoamento. Finalmente, o uso em larga escala de telhados verdes pré-moldados, pode impactar positivamente no sistema de drenagem das cidades, reduzindo e retardando a ocorrência das vazões de picos, devendo a instalação ser avaliada por um engenheiro estrutural, devido as sobrecargas geradas na estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT 1989. 13 p.

COSTA, J. da; POLETO, C.; RAMME, S. da S.. **Redução e retardo do escoamento superficial das águas pluviais em telhados verdes**. In: IV ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2016, Toledo. Anais do IV ENDICT. Toledo: UTFPR, 2016, p. 1 - 13.

GOES, J. H. D. A. de; JESUS, J. B. de; CARDOSO JUNIOR, J. C. A. **Mapeamento dos pontos de alagamento da cidade de Aracaju - SE**. In: VII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2014, Sergipe. Anais do ENRHSE 2014. Aracaju: Embrapa, 2014. p. 85-88. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em: 17 jul. 2018.

KIPPER, A. **Drenagem urbana: comparativo entre sistemas de tradicional, compensatório e de baixo impacto**. 2015. 79f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

PEREIRA, F. D. de S. **O desafio entre a drenagem urbana e os resíduos sólidos: o caso de Aracaju/SE**. 2015. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

SAVI, A. C. **Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba**. 2015. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

VIEIRA, Z. C. et al. **Avaliação dos volumes de cisternas para uso em terminais de integração com demandas estimadas**. In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRICOS DO NORDESTE, 2016, Aracaju/SE. Anais do XIII SRHN. ABRHidro, 2016.

VIEIRA, Z. C. et al. **Simulação do uso de telhados verdes prontos para atenuação de enchentes urbanas: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe como estudo de caso**. *Revista Tecnologia*, [s.l.], v. 39, n. 2, p.1-13, 2018. Fundação Edson Queiroz. <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2018.8014>.