

Capacidade de Retenção de Água de Telhados Verdes Construídos com Geossintéticos

Thiago de Souza Louzada
UFRN, Natal, Brasil, thiagoslouzada@gmail.com

Fagner Alexandre Nunes de França,
UFRN, Natal, Brasil, fagneranfranca@gmail.com

RESUMO: Os telhados verdes, além de contribuírem no controle do escoamento superficial urbano, proporcionam vantagens, como a diminuição de ilhas de calor em centros urbanos, bom isolamento térmico em climas frios e quentes, melhora da qualidade do ar e outros. As coberturas verdes são relativamente populares na Europa, especialmente na Alemanha, país onde há uma ampla e crescente utilização do sistema. Os geossintéticos mostram-se importantes para o avanço da técnica, podem ser utilizados com diferentes funções, como na impermeabilização da base, na proteção contra raízes, como filtro, na drenagem, no armazenamento de água e na estabilidade do substrato, acarretando uma série de vantagens construtivas e funcionais aos projetos. Neste trabalho buscou-se a partir de modelos físicos experimentais e um simulador de chuvas, observar a capacidade de retenção de água de diferentes configurações de telhados verdes, em que as variações se deram no material geossintético utilizado como camada drenante e na inclinação dos módulos. Os resultados comprovam que os telhados verdes mesmo que com 4 cm de altura de substrato, conseguem reter considerável quantidade de água, que somado ao atraso no início do escoamento, os torna uma medida compensatória nos sistemas de drenagem urbana. A capacidade de retenção, ficou entre 47% quando inclinado e 65% quando plano para intensidades de precipitação de 44 mm/h e 42 mm/h respectivamente e 20 minutos de simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Green roof, telhados verdes, geossintéticos, escoamento superficial.

1 INTRODUÇÃO

Os telhados verdes, por longo período da história da arquitetura, vêm sendo utilizados, porém com conotações diferentes. Suas motivações foram estéticas, vernaculares, de lazer, ecológicas e por fim sustentáveis. Por este último motivo é que hoje se procura implantar maiores quantidades de telhados verdes nas cidades utilizando-os como um mecanismo de eficiência energética, de conforto térmico e acústico e um potencial redutor da vazão de água pluvial escoada.

Segundo Berndtsson *et al.* (2009) as coberturas verdes podem apresentar dois tipos básicos: os telhados extensivos e os telhados intensivos. Os

telhados extensivos são feitos com uma camada de substrato mais delgada, suportam vegetais com raízes curtas, como gramíneas e suculentas e praticamente dispensam manutenção. Já os telhados intensivos apresentam uma camada de substrato mais espessa, podendo suportar espécies vegetais de maior porte. Os benefícios dos telhados verdes se dividem em três categorias principais: gestão de águas pluviais, conservação de energia e disposição de habitat urbano, (Dunett *et al.*, 2007).

1.1 Redução do escoamento superficial urbano

A ocupação urbana por meio de telhados,

pavimentação de ruas, passeios e estacionamentos gera uma modificação intensa no local, provendo a impermeabilização de uma área que anteriormente desempenhava um papel importante dentro de ciclo hidrológico. Com a perda da capacidade de infiltração e evapotranspiração, o volume de água escoada pela superfície aumenta sobrecarregando o sistema de drenagem. Quando da ocorrência de chuvas, essa contribuição se transforma em escoamento superficial tendo como consequência o aumento dos volumes escoados, das vazões de pico, e a redução do tempo de concentração da bacia que eleva os picos de hidrogramas de cheias, (Tucci, 2003). Como solução para os problemas relacionados à drenagem pluvial adotam-se medidas de controle estruturais e medidas de controle não-estruturais, sendo os telhados verdes tratados como uma medida estrutural compensatória, que atuam de forma auxiliar ao sistema de drenagem pluvial, e tem como objetivo principal promover a infiltração e o armazenamento das águas de chuva, (Tucci, 2007).

Castro (2011) afirma que a variação da capacidade de reter água de uma cobertura verde, está ligada principalmente a espessura e composição do substrato, mas também pode variar de acordo com o tipo de vegetação, os materiais utilizados nas camadas de drenagem, a inclinação da cobertura, o clima local e o número de dias antecedentes sem chuva.

Mentens *et al.* (2005) comentam que graças à sua capacidade de armazenamento de água, os telhados verdes podem reduzir significativamente o pico de escoamento em eventos de chuva. A redução consiste: (a) no atraso do tempo inicial de escoamento, devido à absorção de água no sistema de telhado verde; (b) em reduzir o escoamento total restando parte da precipitação; (c) na distribuição do escoamento ao longo de um período de tempo, através da liberação do excesso de água que é armazenada temporariamente nos poros do substrato.

Hathaway *et al.* (2008) observaram o desempenho hidrológico de dois telhados verdes na Carolina do Norte. Um deles em Goldsboro, com 70 m² de área, plano e com uma profundidade de substrato de 7,5 cm. O outro é localizado em

Kinston com 27 m² de área e profundidade de substrato de 10 cm. Para camada de drenagem em ambos foi utilizado material geossintético, no telhado de Goldsboro um modelo de geocomposto formado por uma georrede e um geotêxtil não-tecido e em Kinston foi utilizado um geoespaçador com capacidade de armazenamento de 4 litros de água por m² e um geotêxtil não-tecido. Na Tabela 1 observam-se os resultados obtidos para a capacidade de retenção.

Tabela 1. Valores para capacidade de retenção na Carolina do Norte. Fonte: Hathaway et al. (2008).

Telhado verde	Total precipitado (mm)	Total escoado (mm)	Porcentagem retida
Goldsboro	1270	450	64%
Kinston	350	125	64%

A capacidade de retenção de água pelos telhados verdes foi menor quando vários eventos de chuva ocorreram em dias consecutivos. Nos meses com maior volume precipitado a porcentagem retida foi menor, com a porcentagem de retenção variando entre 40% e 90%.

Tassi *et al.* (2014) analisaram 43 eventos de chuva entre os anos de 2010 e 2012. Em média, apenas 38% do volume total de chuva que incidiu no telhado verde resultaram em escoamento, contra os 87% do telhado convencional, mostrando que, mesmo parcialmente, foi possível controlar o escoamento pluvial. A capacidade média de armazenamento de água no telhado verde foi de 12,1 mm/m².

1.2 Aplicações de geossintéticos em telhados verdes

Os geossintéticos estão cada vez mais presentes em diversos tipos de obras e tem aumentado significativamente nos últimos anos na engenharia civil. A seguir são apresentados materiais geossintéticos com possibilidade de utilização em telhados verdes, dividindo-os de acordo com suas aplicações em: Impermeabilização, proteção, filtro, drenagem e estabilização do substrato.

1.2.1 Aplicações em impermeabilização

O advento dos geossintéticos introduziu novos materiais para composição de barreiras impermeáveis como as geomembranas (GM), que consistem em mantas poliméricas flexíveis que apresentam permeabilidades extremamente baixas (da ordem de 10^{-12} cm/s) utilizadas como barreiras para líquidos e vapores. As principais geomembranas hoje utilizadas são as termoplásticas: polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno bastante flexível (PBF), polietileno linear de baixa densidade (PELBD), polivinil clorado (PVC) e etileno propileno dieno (EPDM). Uma incorreta seleção da membrana de impermeabilização pode conduzir à ocorrência de problemas nas coberturas e nos próprios edifícios, por não desempenharem corretamente a sua função. Desses problemas resultam quase sempre infiltrações de água para as camadas subjacentes à do revestimento de impermeabilização ou para os espaços do último piso, provocando prejuízos que podem ser significativos, (Gonçalves *et al.*, 2005).

A NRCA (2007) recomenda que independentemente do tipo de membrana de impermeabilização utilizada para telhados verdes, ela deve ter as seguintes propriedades: baixa absorção de água, baixa transmissão de vapor, resistência à perfuração, resistência química (por exemplo, fertilizantes) e capacidade de resistir às forças impostas pelo projeto, através de resistência à tração ou alongamento. Dependendo do caso pode-se utilizar a sobreposição de duas ou mais camadas, como, por exemplo, a utilização de uma membrana flexível em PVC ou EPDM, que permitem fazer a impermeabilização dos beirais, e sobre esta, uma membrana mais rígida e resistente (PEAD), com função de proteção a danos mecânicos e a raízes.

1.2.2 Aplicações como filtro

Os sistemas filtrantes devem bloquear a passagem de partículas do solo e ao mesmo tempo permitir o fluxo de líquidos. Existem três tipos de geotêxteis que desempenham esta função, os geotêxteis tecidos (GTw), geotêxteis não-tecidos (GTnw) ou

ainda os tricotados, (Vertematti, 2004). Os mais utilizados em telhados verdes, são os geotêxteis não-tecidos, compostos por fibras cortadas ou filamentos contínuos distribuídos aleatoriamente. Utilizado para filtração, os geotêxteis substituem com vantagens uma ou mais camadas de agregados naturais nos sistemas filtrantes convencionais.

Segundo Vertematti (2004), o geotêxtil apresenta em relação aos filtros granulares algumas vantagens como: a) a espessura do filtro é menor, o que em se tratando de telhados verdes, permite uma redução significativa de carga sobre a estrutura; b) trata-se de um produto industrial, portanto com características controladas e regulares; c) há continuidade da estrutura filtrante, mesmo em caso de recalques; e d) facilidade de instalação e baixo custo. Além de características filtrantes, alguns modelos de geotêxteis podem atuar na drenagem e na proteção da impermeabilização.

1.2.3 Aplicações em drenagem

A função de drenagem consiste na coleta e condução de um líquido em direção ao coletor principal, que pode ser obtida a partir de materiais granulares ou de materiais geossintéticos. As principais vantagens da utilização de geossintéticos com função drenante são: a) permitem uma significativa redução na espessura dos sistemas drenantes, em comparação com sistemas convencionais; b) serem produtos uniformes, contínuos e flexíveis, podendo ser aplicados mesmo em superfícies irregulares ou descontínuas; c) são facilmente manuseados, facilitando a instalação; d) são extremamente leves, em comparação com os agregados naturais, proporcionando menores sobrecargas nas estruturas, fator esse muito importante em se tratando de telhados verdes, (Vertematti, 2004).

A Conservation Technology (2008) divide os sistemas de drenagem em três tipos: a) drenagem em placas, que são geoespaçadores que possibilitam o armazenamento de água na parte superior e a drenagem (movimento) da água na parte inferior; b) drenagem tipo granular, utiliza um material inorgânico, leve e poroso incorporado a um tubo de drenagem (geotubo); e c) tapete de

drenagem (geocompostos).

Oliveira e Pereira (2015) verificaram a necessidade de encontrar um sistema que apresentasse maior facilidade executiva, eficiência técnica e de baixo impacto ambiental. Optaram pela utilização do sistema de geocomposto drenante. O geocomposto para drenagem é formado por um núcleo drenante fabricado com filamentos de polipropileno (geomanta) e termosoldado a um geotêxtil não-tecido. Como vantagens sobre o sistema de drenagem tradicional é citada sua elevada capacidade de vazão, leveza, fácil manuseio e instalação, proteção do sistema de impermeabilização contra eventuais danos mecânicos e redução de sobrecarga na estrutura, permitindo maior espessura do solo vegetal, favorecendo o desenvolvimento da vegetação.

1.2.4 Aplicações na estabilização do substrato

Minke (2004) afirma que a utilização de medidas que evitem o deslizamento do substrato dependerá da inclinação do telhado, da área da superfície inclinada do telhado, da espessura do substrato, da composição do substrato e da vegetação utilizada.

A Conservation Technology (2008) recomenda que quando inclinações do telhado chegarem a 10° devem ser tomadas precauções especiais para evitar o deslizamento do solo. As membranas de impermeabilização e proteção devem ser completamente aderidas à estrutura do telhado subjacente. Entre ampla gama de materiais geossintéticos outros modelos podem apresentar bons resultados na contenção do substrato aumentando a resistência ao deslizamento como as geocélulas, geomantas, geogrelhas e georredes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa foram utilizados dois módulos de telhados verdes, os quais receberam diferentes composições e variação na inclinação. Através de um simulador de chuvas foi possível verificar a capacidade de retenção de água para cada situação. A água escoada de cada módulo foi enviada através de uma tubulação a um

reservatório. Durante as simulações de chuva uma balança forneceu a quantidade de água no reservatório em cada instante e sobre os módulos, cinco pluviômetros possibilitaram a aquisição da intensidade chuva. Portanto, tornou-se possível a obtenção do volume de água escoado acumulado e a vazão em cada minuto (hidrogramas), deixando claro o momento de início e término do escoamento.

2.1 Descrição dos módulos

Os módulos foram construídos em madeira de pinus (madeira de reflorestamento), com a estrutura toda aparafusada. Uma base de 110 cm x 130 cm foi fixada sobre quatro pés de 1 metro de altura. Um beiral de 8 cm foi colocado em todo perímetro da base. Optou-se fazer a base do módulo com uma das extremidades móveis, utilizando-se dobradiças, o que possibilitou simulações com telhados planos e íngremes.

2.1.1 Módulo de Controle (MC)

O Módulo de Controle, é composto apenas da impermeabilização, para qual se utilizou uma geomembrana do tipo EPDM. O objetivo deste módulo foi representar um telhado comum, submetido ao mesmo processo de simulação de chuva dos módulos vegetados, a fim de, obter-se uma comparação de resultados. O módulo controle também foi útil na calibração do simulador de chuvas.

2.1.2 Módulo Vegetado Geotêxtil (MVGT)

O Módulo Vegetado Geotêxtil, recebeu um geotêxtil como camada drenante (por isso chamado de MVGT, “GT” abreviatura de geotêxtil) recebeu a mesma barreira impermeabilizante de MC, em geomembrana EPDM, e sobre ela um geotêxtil não tecido, com a finalidade de proteger a impermeabilização e também de auxiliar na drenagem. Acima do geotêxtil uma camada de 4 cm de substrato e a vegetação completam sua composição (Figura 1).

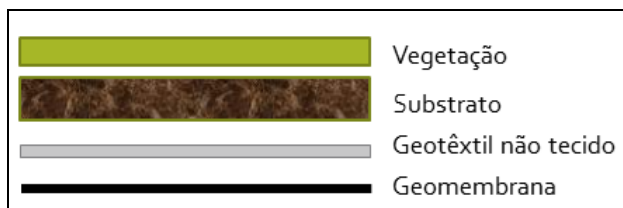


Figura 1. Composição MVGT.

2.1.3 Módulo Vegetado Geomanta (MVGA)

O Módulo Vegetado Geomanta, para o qual se utiliza uma geomanta como camada drenante (por isso chamado de MVGA, “GA” abreviatura de geomanta), aproveitou-se o Módulo de Controle, adicionando alguns elementos. Este módulo já possuía a barreira impermeabilizante em geomembrana EPDM, sobre ela foi fixado um geocomposto drenante, um geotêxtil não-tecido, uma camada de 4 cm de substrato e a vegetação (Figura 2).

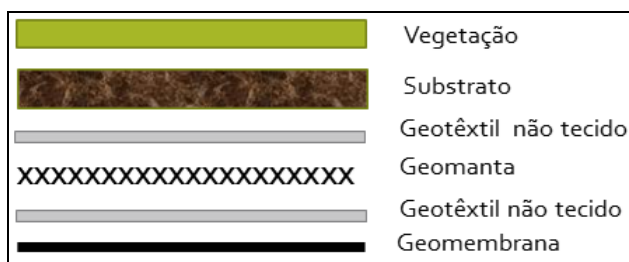


Figura 2. Composição MVGA.

2.2 Características dos elementos constituintes dos módulos

Todos os componentes utilizados em cada um dos dois módulos vegetados foram pesados separadamente e a carga exercida sobre estrutura foi de 78,9 kg/m² (MVGT) e 78,1 kg/m² (MVGA).

A geomembrana utilizada foi do tipo EPDM de 1,1 mm de espessura, reforçada com fibras de poliéster com densidade de 1,2 g/cm³. Esse tipo de geomembrana apresenta elevada resistência mecânica e boa flexibilidade o que a torna um modelo adequado para coberturas verdes.

O geotêxtil não-tecido utilizado nos módulos é feito em poliéster (100%), composto por filamentos contínuos distribuídos aleatoriamente, os quais são interligados por processos mecânicos (chamados agulhados), com gramatura de 200

g/m².

O geocomposto drenante utilizado no MVGA foi o MacDrain 1L 20.2 (Figura 3). É um material leve e flexível, com núcleo drenante formado por uma geomanta tridimensional, fabricada com filamentos de polipropileno e termosoldada a um geotêxtil não tecido de poliéster em todos os pontos de contato. Este geocomposto apresenta elevado índice de vazios, o que proporciona uma excelente capacidade drenante mesmo tendo uma pequena espessura (12 mm). O geocomposto drenante (geomanta + geotêxtil) se mostra uma boa para coberturas verdes.



Figura 3. Geocomposto drenante utilizado no MVGA.

O substrato utilizado foi caracterizado. De acordo com os resultados, se trata de um solo granular com um percentual de aproximadamente 14% de finos (argila e silte), destes, 12% com diâmetro inferior a 0,002 mm (fração argilosa). Os valores obtidos indicam que a amostra de solo possui cerca de 50% de areia fina, 33% de areia média e 3% de areia grossa, o que caracteriza uma areia predominantemente fina. Os ensaios, tanto do limite de liquidez, quanto do limite de plasticidade, comprovaram que o solo não apresenta plasticidade. O valor encontrado para a massa específica dos sólidos do solo foi de 2,61 g/cm³ e o valor encontrado para o coeficiente de permeabilidade (k) foi de 1,05 x 10⁻² cm/s.

A vegetação utilizada foi a *Zoysia japonica*, da família Poaceae, é uma espécie de grama popularmente conhecida como Grama Esmeralda. Ela deve ser cultivada a pleno sol, com adubações semestrais e regas regulares.

2.3 Simulador de Chuvas

O simulador de chuvas foi construído com base no

trabalho de Furegatti (2012). O esquema com os materiais utilizados pode ser visto na Figura 4.

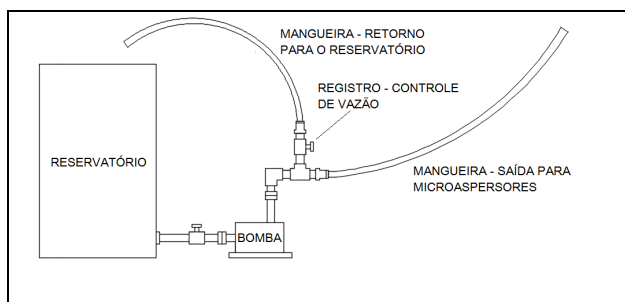


Figura 4. Esquema do simulador de chuvas.

Para calibração do simulador, foram feitas diversas simulações de chuva sobre o Módulo de Controle (MC), onde através de 5 pluviômetros espalhados sobre o módulo registrou-se o volume escoado e a precipitação média. Multiplicando-se a precipitação média pela área do módulo, obteve-se o volume de água que caiu sobre o módulo. Esse volume correspondente aos pluviômetros foi comparado ao volume de água escoado pelo módulo. Após uma série de testes se confirmou que a média dos valores obtidos nos pluviômetros correspondia ao valor escoado pelo módulo.

2.4 Parâmetros analisados

Os parâmetros medidos ou analisados baseiam-se em medições do tempo e intensidade da precipitação e nos valores referentes a capacidade de retenção de água. As simulações foram feitas sempre após um mínimo de três dias sem chuva, sendo assim, conseguiu-se uma maior uniformidade nos eventos, pois é sabido que eventos de chuva antecedentes afetam a capacidade de retenção de água dos telhados verdes. Foram feitas simulações de chuva de 20 minutos, para os módulos com inclinação de 2% (chamados planos) e 20% (inclinados). Para a medição do volume precipitado foram utilizados 5 pluviômetros sobre o módulo em análise, adotando-se a média, como o valor precipitado. Mesmo o simulador de chuvas estando sempre na mesma calibração, a intensidade da precipitação simulada apresentou variações, decorrentes principalmente do vento. A água escoada dos módulos foi conduzida a um reservatório, onde uma balança, com precisão de

20 g, forneceu a quantidade de água no reservatório em cada instante.



Figura 5. Sistema de captação da água escoada.

3 RESULTADOS

Nas Tabelas 2 e 3 são mostrados os valores de precipitação e escoamento em simulações de 20 minutos, nos módulos MC, MVGA e MVGT, para inclinações de 2% (considerados planos) e 20% (considerados inclinados).

Tabela 2. Valores de precipitação e escoamento para 20 minutos de simulação – módulos planos

Valores de precipitação e escoamento	Módulos Planos		
	MC	MVGA	MVGT
Média (mm):	21,20	14,00	21,80
Intensidade da precipitação (mm/h):	63,60	42,00	65,40
Volume total (L):	30,32	20,02	31,17
Volume escoado (L):	27,66	7,02	2,06
Volume retido (L):	2,66	13,00	29,11
Taxa de retenção (%):	8,8	64,9	93,4

Tabela 3. Valores de precipitação e escoamento para 20 minutos de simulação – módulos inclinados

Valores de precipitação e escoamento	Módulos Inclinados		
	MC	MVGA	MVGT
Média (mm):	20,00	14,60	17,80
Intensidade da precipitação (mm/h):	60,00	43,80	53,40
Volume total (L):	28,60	20,88	25,45
Volume escoado (L):	26,66	11,04	3,44
Volume retido (L):	1,94	9,84	22,01
Taxa de retenção (%):	6,8	47,1	86,5

A variação nos valores de precipitação, que vai de 14 mm (MVGA inclinado) e 21,8 mm (MVGT plano), é causada principalmente pelo vento, como dito anteriormente. Observaram-se porcentagens de retenção maiores nos módulos planos que nos módulos inclinados em todos os casos, comprovando que a inclinação, mesmo que de 20%, influencia na capacidade de retenção da cobertura verde. A maior diferença foi registrada para o MVGA, que quando plano apresentou uma retenção de 64,9%, enquanto inclinado a retenção foi de 47,1%. Nota-se também uma variação significativa na porcentagem de retenção de MVGT e MVGA. Quando plano MVGT apresentou 93,4% de retenção, contra 64,9% registrado no MVGA. A menor capacidade de retenção do MVGA se deve especificamente a camada drenante, para a qual se utilizou o geocomposto drenante.

Nas Figuras 6 e 7 mostram-se os hidrogramas para módulos inclinados e planos. Nesses gráficos é possível verificar a variação da vazão de escoamento, com o passar do tempo.

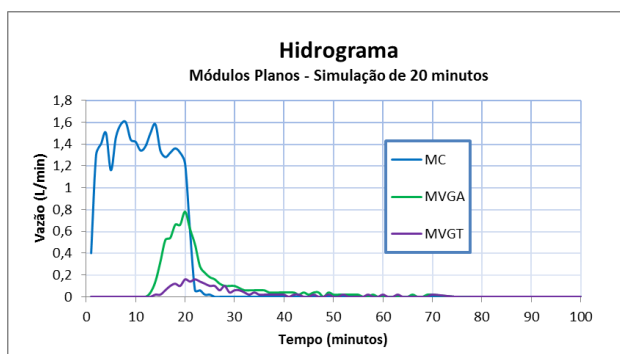


Figura 6. Hidrograma para os módulos planos.

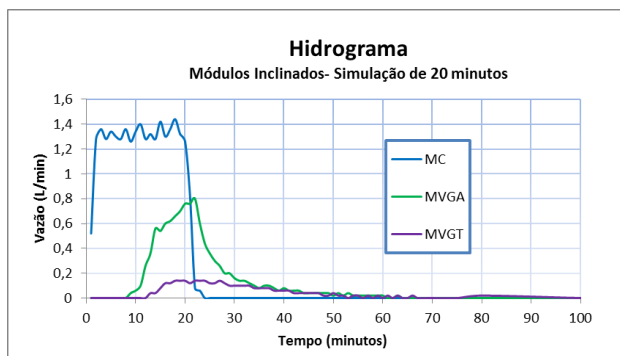


Figura 7. Hidrograma para os módulos inclinados.

Observa-se que para MC o escoamento tem início já no primeiro minuto, com a vazão se mantendo entre 1,2 l/min e 1,6 l/min (litros por

minuto) e observa-se que o escoamento cessa logo após o fim da precipitação. Para os módulos vegetados a situação é outra, há um atraso no início do escoamento, que é ainda maior nos módulos planos. O escoamento teve início aos 13 e aos 9 minutos de simulação para os módulos MVGT e MVGA respectivamente quando inclinados, já quando planos, o início de escoamento se deu aos 14 minutos para MVGT e aos 13 minutos para o MVGA. Para os módulos vegetados também se registrou um atraso para o término do escoamento, depois de terminada a simulação a água continua a escoar com vazões cada vez menores até cessar completamente. É relevante a variação registrada na vazão entre MVGT e MVGA. Enquanto para MVGT a vazão não passou de 0,16 l/min, tanto para o plano como para inclinado o MVGA forneceu vazões de até 0,76 l/min. Nota-se, portanto, que a capacidade drenante do MVGA é consideravelmente maior.

4 CONCLUSÕES

Os geossintéticos possibilitaram a montagem dos módulos sem maiores problemas, a montagem foi simples e rápida, bastando apenas algumas horas para fixar os materiais e plantar a vegetação. Comprovou-se que a geomembrana EPDM apresenta-se como uma boa opção para impermeabilização de superfícies, sendo flexível, bastante resistente e de fácil aplicação. A geomanta funciona perfeitamente como camada drenante, possibilita uma diminuição no peso e na altura da camada de drenagem, assim como, facilidade na aplicação. O geotêxtil não-tecido tem sua importante função de filtro garantida (visualmente não se notou presença de partículas do substrato na água escoada).

Quanto à capacidade de retenção de água, comprovou-se que os telhados verdes, mesmo que com 4 cm de altura de substrato, conseguem reter uma considerável quantidade de água, que somado ao atraso do início do escoamento, os torna uma medida compensatória nos sistemas de drenagem urbana, promovendo o aumento do tempo de concentração e consequentemente diminuindo os picos de vazão dos hidrogramas.

A porcentagem de retenção, ou seja, a

quantidade de chuva retida do volume total precipitado do MVGA ficou entre 47% quando inclinado e 65% quando plano valor obtido para intensidades de precipitação de 44 mm/h e 42 mm/h respectivamente. Para este mesmo módulo, o atraso no início de escoamento foi de 9 minutos quando inclinado e 15 minutos quando plano. Conclui-se, portanto, que a inclinação da cobertura verde influencia na taxa de retenção e no tempo de início de escoamento.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro a esse projeto de pesquisa.

As empresas Maccaferri e Ober Geossintéticos que forneceram amostras de materiais geossintéticos utilizados na pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Berndtsson, J.P., Bengtssona L. e Jinnob K. (2009). Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs, *Ecological Engineering*, Vol. 35, p. 369–380.
- Castro, A.S. (2011) Uso de Pavimentos Permeáveis e Coberturas Verdes no Controle Quali-quantitativo do Escoamento Superficial Urbano, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 142 p.
- Conservation Technology (2008). *Green Roof Handbook*. Baltimore, USA, 24 p. Disponível em: <http://www.conservationtechnology.com/>. Acesso em: 20/03/2015
- Dunnett, N., Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y. e Rowe, B. (2007). Green Roofs As Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, And Services, *American Institute of Biological Sciences*. Vol. 57(10) p. 823-833.
- Furegatti, S. A. (2012) *Avaliação da Variabilidade das Características Geotécnicas Relacionadas aos Processos Erosivos com Ensaios in situ*. Tese Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 467 p.
- Gonçalves M., Lopes J.G., Brito. J. e Lopes M.G., (2005). Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em Terraço, *Engenharia Civil Um*. Vol. 22 (05), p. 59 – 71.
- Hathaway A.M., Hunt W.F. e Jennings G.D. (2008). A Field Study Of Green Roof Hydrologic And Water Quality Performance, *Society of Agricultural and Biological Engineers*, Vol. 51(1), p. 37-44.
- Mentens J., Raes D. e Hermy M. (2005). Green Roofs As a Tool For Solving the Rainwater Runoff Problem In The Urbanized 21st Century?. *Landscape and Urban Planning* vol. 77, p. 21–226.
- Minke, G. (2004) *Tectos verdes. Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos*. Editorial Fin de Siglo. Traducción del alemán: Arq. Denize Enlz Lagiotta, Montevideo, Uruguay, p. 86.
- NRCA - National Roofing Contractors Association (2007). *Green Roof Systems Manual*, National Roofing Contractors Association, Rosemont, IL, EUA, 141 p.
- Oliveira, C.M.M. e Pereira, F.X. (2015) Drenagem de Jardim Suspenso de Centro Empresarial, *7º Congresso Brasileiro de Geossintéticos, 8º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental*, Brasília – DF.
- Tassi, R., Tassinari, L.C.S., Picilli, D.G.A. e Persch, C.G. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154.
- Tucci, C.E.M. (2007) *Inundações Urbanas*, UFRGS/ABRH, Porto Alegre, RS, Brasil, p. 389.
- Tucci, C.E.M. (2003) *Inundações e Drenagem Urbana*, UFRGS/ABRH, Porto Alegre, RS, Brasil, p. 360.
- Vertematti J. C. (2004) *Manual Brasileiro de Geossintéticos*. Edgard Blucher, São Paulo, SP, Brasil, p. 428.