



Avaliação da Eficiência, Viabilidade Técnica e o Custo/Benefício no Uso de Telhados Verdes na Cidade de Boa Vista-RR

José Evaldo Correia Filho¹, Alex Bortolon de Matos², Mariana Ramos Chrusciak³

¹ UFRR (evaldo_filho@hotmail.com)

² UFRR (alex.bortolon@ufrr.br)

³ UFRR (mariana.chrusciak@ufrr.br)

Resumo

Com o crescimento populacional urbano e a redução de áreas vegetadas nas grandes cidades, faz-se necessário a inserção de novas tecnologias que amenizem os impactos causados pela construção de novas edificações. O uso de telhados verdes nos centros urbanos pode ser um grande aliado no combate ao efeito estufa, às ilhas de calor e no aumento na qualidade do ar e da água. Tendo em vista esse cenário, esta pesquisa busca avaliar a implementação de telhados verdes na cidade de Boa Vista/RR, a partir da utilização de um protótipo com este tipo de cobertura, e com o uso de materiais encontrados no mercado local. Desta forma, avaliou-se os benefícios gerados por sua utilização, através de ensaios e simulações computacionais (software GreenRoof) para a retenção de águas pluviais e da temperatura para conforto térmico no ambiente, sendo-os comparados com um tipo de cobertura tradicionalmente utilizada no país, o telhado de fibrocimento. Ao final deste estudo foi possível concluir que apesar do investimento inicial (R\$ 226,38 por m²), este é um projeto viável, que fornece uma redução de 43% no escoamento superficial gerado pela chuva e uma redução de até 4 °C na temperatura interna do ambiente. Os resultados servirão de subsídio para a indústria da construção civil local para a implementação de técnicas sustentáveis na cidade de Boa Vista/RR.

Palavras-chave: Telhado Verde. Conforto Térmico. Retenção de Águas Pluviais.

Área Temática: Tecnologias Ambientais.

Evaluation of Efficiency, Technical Viability and Cost/Benefit in the Use of Green Roofs in the City of Boa Vista-RR

Abstract

With urban population growth and the reduction of vegetated areas in large cities, it is necessary to insert new technologies that mitigate the impacts caused by the construction of new buildings. The use of green roofs in urban centers can be a great ally in combating the greenhouse effect, the heat islands and increase the quality of air and water. Given this scenario, this research aims to evaluate the implementation of green roofs in the city of Boa Vista/RR from the use of a prototype with this type of coverage, and the use of materials found in the local market. Thus, we evaluated the benefits generated by its use, through tests and computer simulations (GreenRoof software) for retaining rainwater and the temperature for thermal comfort in the environment, being them compared to a type of coverage traditionally used in the country, the roof of cement. At the end of this study it was concluded that although initial investment (R\$ 226,38 per m²), is a viable project, which provides a 43% reduction in runoff generated by rain and a decrease of until 4 °C in the internal temperature of the environment. The results will subsidize the local construction industry to implement sustainable techniques in the city of Boa Vista/RR.

Key words: Green Roofs. Thermal Comfort. Retaining Rainwater.

Theme Area: Environmental Technologies.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

1 Introdução

Com o crescimento populacional urbano, surgem problemas relacionados à ocupação inadequada do solo. Essa ocupação ocorre em todo o Brasil, geralmente sem qualquer tipo de gestão ambiental e estudos que analisem as consequências da impermeabilização do solo, tornando as cidades sujeitas a alagamentos a cada evento pluvial.

A cidade de Boa Vista/RR, estando localizada próxima a linha do equador, apresenta um clima do tipo Aw (classificação de Köppen), com temperatura média anual de 27,4°C (INMET, 2015a), e pluviosidade média na faixa de 1420,4 milímetros por ano (INMET, 2015b). Nesta região, a incidência solar é bastante intensa e as chuvas ocorrem de forma irregular, ocasionando problemas associados ao conforto térmico dos ambientes e à drenagem de águas pluviais.

Também atrelado a essa problemática, existe a escassez de alternativas sustentáveis e isso tem motivado certa acomodação dos construtores locais perante a escolha de novos materiais e técnicas, no ramo da construção civil, que permitam minimizar problemas relacionados à drenagem e ao aproveitamento das águas pluviais.

Desta forma, com o intuito de contrabalançar o meio ambiente e avaliar a viabilidade de implementação de novas técnicas sustentáveis na indústria da construção civil local, têm-se como foco deste estudo a implementação do telhado verde. Para tanto, foi desenvolvido um protótipo de uma edificação com telhado verde, comparando-o a um protótipo de telhado convencional já instalado no local, buscando avaliar a eficiência, viabilidade técnica e o custo/benefício no uso de telhados verdes na cidade de Boa Vista.

2 Materiais e métodos

Os protótipos utilizados nessa pesquisa estão localizados na Universidade Federal de Roraima (UFRR), próximos ao Bloco 5, no Campus do Paricarana (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



O local escolhido para instalação dos protótipos é ideal, uma vez que não existem obstáculos próximos, que poderiam causar algum tipo de interferência nas medições e, deste modo, foi possível realizar os experimentos com uma maior precisão.

O protótipo com telha de fibrocimento já existia no local, e foi elaborado por Chrusciak & Morais (2011) com a finalidade de utilizá-lo como estrutura de controle para um estudo sobre o conforto térmico, com utilização de embalagens Tetra Pak em edificações.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

A estrutura em questão possui inclinação de 12%, e dimensões retangulares conforme descrito a seguir: comprimento da estrutura: 1,20m; profundidade da estrutura: 1,25m; altura menor da estrutura: 0,85 m; altura maior da estrutura: 1,00m; comprimento do telhado: 1,40m; e, profundidade do telhado: 1,45m (Figura 2).

Figura 2 - Protótipo de controle.



Primeiramente, foi dimensionada a estrutura para suportar o peso dos componentes. Em seguida, foi erguida a estrutura com blocos cerâmicos de 6 furos, com dimensões similares às do protótipo com telhado convencional (inclinação horizontal de 5%, uma inclinação lateral de 2%, altura de 1,20 m, pé-direito de 0,75 m, dimensões internas de 1,45 m por 1,40 m e área interna de 2,0 m²) (Figura 3). Uma pequena abertura frontal foi deixada para que a leitura da temperatura fosse realizada. Posteriormente, foi confeccionada a laje em concreto armado.

Figura 3 - Estrutura base do protótipo de telhado verde.



A drenagem da cobertura foi realizada com a instalação de um ralo instalado no canto inferior esquerdo da estrutura.

Na etapa de impermeabilização, usou-se uma substância conhecida como *primer* para melhorar a aderência entre a laje e a manta asfáltica de poliéster, de 0,3 cm de espessura. Esta camada é de essencial importância, pois está diretamente ligada à eficiência e durabilidade da cobertura verde.

O telhado verde escolhido para este estudo foi do tipo extensivo e contínuo (FERREIRA, 2007), separado em camadas, com os seguintes materiais constituintes e

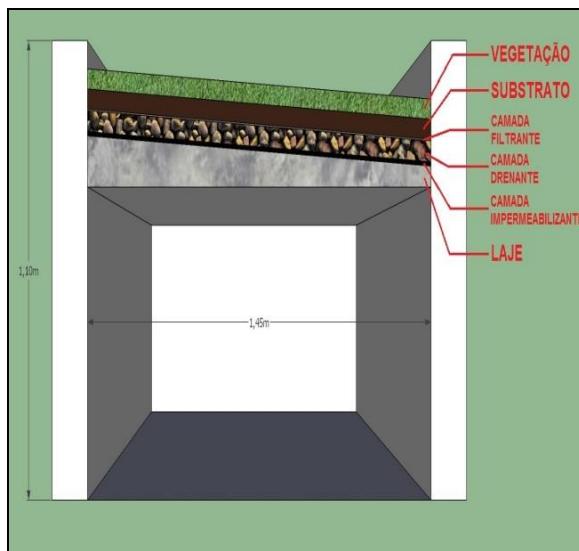


6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

espessuras (Figura 4): uma camada drenante de esferas de argila expandida (3 cm); uma camada filtrante de geotêxtil (0,2 cm); um substrato composto por adubo orgânico (5 cm); e uma camada de vegetação de grama natural do tipo Esmeralda (*zoysia japonica*) (10 cm).

Figura 4 - Componentes estruturais do telhado verde.



Para a manutenção desse tipo de grama, algumas empresas especializadas recomendam utilizar diariamente entre 8 e 10 litros d'água para cada metro quadrado de cobertura, para a rega. Para a estrutura em estudo, por conta do clima, optou-se por utilizar 18 litros de água, diariamente (exceto em dias posteriores a eventos de chuva), sendo as regas aplicadas preferencialmente no horário da manhã.

Após 15 dias, pôde-se verificar que a grama esmeralda adaptou-se de forma bastante satisfatória ao clima local (Figura 5).

Figura 5 - Telhado verde após 15 dias de implantação da cobertura.



Para avaliar a eficiência e os benefícios da utilização do telhado verde na redução do escoamento superficial proveniente das águas pluviais, foram utilizados dois métodos: o ensaio de retenção e o software GreenRoof.

Para os ensaios de retenção, foi simulada a precipitação através de regadores, com capacidade de 6 litros. Não foi possível utilizar dados de eventos de chuva, uma vez que não



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

existem pluviômetros próximos ao local de instalação, onde seria possível quantificar com exatidão a lâmina precipitada. Com a utilização de regadores com volumes conhecidos foi possível obter um controle maior sobre os dados, aumentando a precisão. Logo após, foram coletados o volume de água escoado e retido na cobertura.

Os ensaios de retenção e a coleta de dados foram realizados em dias alternados, com a finalidade de simular o período de chuva, no qual não há necessidade de irrigar a vegetação, desprezando-se, assim, a armazenagem de água proveniente da irrigação diária. Além disso, foram realizados no horário da noite, de forma que fosse desconsiderado a evapotranspiração da vegetação, obtendo-se dados mais precisos com relação ao volume de água retido.

Foram realizados cinco ensaios de retenção ao longo do período de avaliação e, deste modo, foi possível obter uma média do volume armazenado pelo telhado, a fim de utilizá-la como parâmetro de ajuste no software GreenRoof - Water balance model (RAES *et al.*, 2006). O software consiste em uma ferramenta de simples manuseio, com a função de obter volumes de escoamento em diversos tipos de cobertura, a partir de dados de precipitação e evapotranspiração previamente estabelecidos.

Com o intuito de elaborar um estudo que levasse em consideração a evapotranspiração e precipitação real para a cidade de Boa Vista, foi utilizado o software GreenRoof para se obter uma estimativa do volume escoado e retido, durante um ano, para os dois tipos de cobertura utilizados no estudo (convencional e telhado verde).

Para avaliar a eficiência e os benefícios do telhado verde no conforto térmico do ambiente, foi utilizado o método do controle e medição da temperatura interna e externa da estrutura, com um termômetro à laser, sendo as temperaturas medidas comparadas com os dados do protótipo de fibrocimento.

As temperaturas de ambos os protótipos existentes foram verificadas diariamente, durante o período de 30 dias e nos horários em que há maior incidência solar (10, 12 e 14 horas).

Na estrutura com cobertura verde, a medição foi realizada na laje e internamente, nos três horários descritos anteriormente, sendo que no horário de 10 horas, as leituras foram realizadas antes e depois de regar a vegetação, para avaliar a sua influência. Na estrutura com cobertura convencional (telha de fibrocimento), a medição foi realizada apenas internamente, nos três horários descritos anteriormente.

3 Resultados

Para o protótipo com 2 m² de área, foram gastos R\$ 452,75 para instalação do sistema de cobertura verde, conforme descrito a seguir (Quadro 1).

Quadro 1 - Custo total de implantação da cobertura verde.

Material / Serviço		Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Impermeabilização da laje	Manta Asfáltica	14,00 m (Rolo c/ 1,00 m de largura)	7,15	100,10
	Mão de Obra	-	-	100,00
Argila Expandida		80 Litros	2,00	160,00
Geotêxtil		1,50 m (Rolo c/ 1,50 m de largura)	8,70	13,05
Substrato		50 Quilos	0,20	10,00
Vegetação		5,80 m (Rolo c/ 0,35 m de largura)	12,00	69,60
Total				452,75



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Desta forma, obteve-se o valor de R\$ 226,38 (duzentos e vinte seis reais e trinta e oito centavos) por metro quadrado para a implantação.

Por meio dos ensaios de retenção, verificou-se que a estrutura apresentou escoamento somente a partir de 24 litros adicionados e, desta maneira, foi possível determinar o volume de água retido e escoado na cobertura verde (Quadro 2).

Quadro 2 - Avaliação da retenção de água na cobertura verde.

	Volume de Água Adicionado (Litros)	Volume de Água Escoado (Litros)	Volume de Água Retido (Litros)
Primeiro Ensaio	24	1,00	23,00
Segundo Ensaio	24	0,10	23,90
Terceiro Ensaio	24	0,20	23,80
Quarto Ensaio	24	0,05	23,95
Quinto Ensaio	24	1,10	22,90
Média	24	0,49	23,51

Deste modo, foi obtida uma média do volume de água retido na cobertura verde (23,51 litros). Com esta informação, foi possível adaptar os parâmetros do software GreenRoof ao protótipo construído e, desta forma, obter a quantidade de água retida durante o período de um ano para a cidade de Boa Vista/RR.

Para a área de cobertura do protótipo de 2m², foi possível converter os 24 litros ou 0,024m³ de volume de chuva, em um evento de precipitação de 12,0 mm, que foi considerado como um evento de chuva para 1 dia, e que serviu de ajuste para o software.

A partir do volume de água armazenado no telhado verde (23,51 litros), foi possível estimar a quantidade de água retida na cobertura. Para uma área com aproximadamente 2 m², a retenção total equivale a 11,75mm.

A partir daí, executou-se o software, com o intuito de comparar os seus resultados com os obtidos nos ensaios de retenção e, deste modo, realizou-se a calibragem do programa. Os valores obtidos foram bastante próximos, com o ensaio de retenção apresentando 0,49 litros, e o software 0,4 litros (a precisão do software é de apenas uma casa decimal).

Finalizada a calibração do software, iniciou-se a inserção dos dados de precipitação real e evapotranspiração média para a cidade de Boa Vista/RR, obtidos através da ANA (HIDROWEB, 2014) e conforme descrito em Araújo *et al.* (2012).

O período de tempo utilizado no software vai de 01 de junho de 2013 a 31 de maio de 2014, contabilizando-se os 365 dias do ano.

Neste ponto, foi necessário adotar a condição de “cobertura moderadamente umedecida” no software. Isto porque trabalhou-se com as condições reais do telhado, onde há a necessidade de irrigação diária para sua manutenção.

Deste modo, obteve-se o coeficiente de deflúvio (C), sendo definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Para o protótipo com a cobertura verde tem-se C = 0,57 e para a cobertura convencional tem-se C = 0,98, o que representa uma retenção de água de 43% e 2%, respectivamente. Estes valores são coerentes, se comparados aos encontrados por Ohnuma Jr. *et al.* (2014).

Por fim, executou-se o mesmo procedimento descrito anteriormente, mas desta vez, foi adotada uma área de cobertura igual a 1 m², a fim de se obter a relação do volume retido por metro quadrado de cobertura.

Desta forma, observou-se que o uso da cobertura verde resultaria numa redução de 466 litros de água no escoamento superficial por metro quadrado, durante o período de um ano, em comparação com o uso da cobertura convencional.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Comparando os resultados de temperatura internas nos horários de 10 horas, 12 horas e 14 horas, durante os 30 dias, foi possível observar uma redução máxima de 4°C.

Conforme análise feita, nota-se que antes da rega, a temperatura é sempre maior, obtendo-se uma diferença média de 3°C na temperatura da superfície da laje e de 1°C na temperatura do interior da estrutura.

Pode-se verificar também que a maior temperatura encontrada foi no período da tarde, por volta de 14 horas em grande parte dos dias, não sendo, no entanto, obrigatoriedade, pois em alguns dias a temperatura foi maior em outros horários, devido aos fatores externos ambientais.

4 Conclusões

O presente trabalho teve por finalidade avaliar, através de ensaios de campo os benefícios da utilização de um telhado verde na cidade de Boa Vista/RR. As principais conclusões deste trabalho são:

A técnica construtiva adotada mostrou-se adequada, não apresentando vazamentos após a impermeabilização da laje, além da estrutura ter suportado todo o peso dos componentes do telhado verde.

Todos os materiais utilizados para a construção do telhado verde foram obtidos no mercado local, com preços similares aos encontrados nas grandes cidades brasileiras. Desta forma, verificou-se que a indústria da construção civil na cidade já está preparada para implantação deste sistema na cobertura nas edificações.

A instalação deste sistema foi simples, porém verificou-se a necessidade de mão-de-obra especializada para a implantação da manta impermeabilizante, além de uma manutenção periódica da vegetação a fim de mantê-la em condições aceitáveis.

Com relação à capacidade de retenção das águas pluviais nos telhados verdes, pôde-se comprovar através dos ensaios de retenção e simulações computacionais por meio do software GreenRoof, a sua eficiência como gestor de águas pluviais e como importante medida de controle na fonte nos projetos de drenagem urbana. Observou-se uma retenção de até 43% do volume precipitado na cobertura verde, enquanto que na cobertura convencional (telha de fibrocimento) esta retenção foi de apenas 2%. Assim, foi verificado que a utilização de telhado verde proporcionaria uma redução anual de 466 litros de água para cada metro quadrado, se comparado com a cobertura convencional. Esse volume é significativo e deixará de escoar até as ruas, reduzindo os alagamentos ou os condutos das redes de drenagem.

Nas verificações sobre conforto ambiental observou-se no telhado verde uma redução máxima, em alguns dias, de 4°C em relação ao telhado de fibrocimento. Verificou-se também que em algumas medições, o protótipo de cobertura convencional chegou a apresentar temperaturas inferiores à estrutura com cobertura verde, fato este explicado devido à fatores climáticos que ocorreram nos determinados dias, como chuva e ventos fortes, visto que, diferentemente da cobertura verde, o telhado de fibrocimento apresenta aberturas entre a infraestrutura e o telhado, o que permite o arejamento do protótipo.

A partir dos dados analisados, constatou-se uma forte influência da rega na redução da temperatura da superfície da laje (aproximadamente 3°C). Este fenômeno se deve à água absorver o calor como uma maneira de tentar equilibrar a temperatura do conjunto. Apesar disso, vale ressaltar que a análise do conforto térmico foi realizada utilizando os valores de temperaturas antes da rega.

15 dias após o fim do experimento, dos quais não houve nenhum evento de chuva, a grama começou a morrer. Com 22 dias sem receber nenhuma água a camada de vegetação já estava inutilizada.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Com relação aos custos de implantação, chegou-se ao valor de R\$ 226,38 por metro quadrado de área construída. Esse valor pode ainda ser reduzido ao se trabalhar em áreas maiores, visto que, a mão-de-obra seria mais barata, além de ocorrerem menos desperdícios de materiais.

Analisando os custos de implementação e os benefícios que o telhado verde pode proporcionar, temos que essa alternativa sustentável é viável para ser aplicada na cidade de Boa Vista. Vale frisar que hoje existe apenas uma residência na cidade de Boa Vista que utiliza em parte da sua cobertura com telhado verde, apresentando bons resultados.

Com isso, podemos afirmar que a cidade possui todas as ferramentas necessárias para a implementação de sistemas como o telhado verde, pois além de aumentar o conforto ambiental, ainda contribuem para reduzir os problemas de alagamento nas cidades, e que o desinteresse nesses sistemas se deve à falta de estudos e de divulgação desses métodos construtivos.

Referências

ARAÚJO, W. F.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; VENANCIO, J. B. **Evapotranspiração de Referência Diária em Boa Vista (RR) com Base na Temperatura do Ar.** *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, p. 155–169, 2012.

CHRUSCIAK, M. R.; MORAIS, D. M. **Análise da temperatura interna de células-teste de alvenaria de blocos cerâmicos com sistema de forro de embalagens de leite longa vida.** In: XI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, Búzios. *Anais do Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído: Associação nacional de tecnologia no ambiente construído.* v. 1. p. 1-9, 2011.

FERREIRA. M. F. **Teto verde: o uso de coberturas vegetais em edificações.** In: *Relatório de PIBIC:* PUC Rio, Rio de Janeiro. p. 1-11, 2007.

HIDROWEB – SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS. Dados de Precipitação Real e Evapotranspiração Média para a Cidade de Boa Vista/RR. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao.asp?Codigo=8260000>. Acesso em: 10 de novembro de 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Temperatura Média Anual (mm).** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais>. Acesso em: 15 de janeiro de 2015a.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Precipitação Anual (mm).** Disponível em: http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Precipitacao-Acumulada_NCB_1961-1990.xls. Acesso em: 15 de janeiro de 2015b.

OHNUMA JR., A. A.; NETO, P. A. MENDIONDO, E. M. **Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 41-52, 2014.

RAES, D.; TIMMERMAN, A.; HERMY, M.; MENTENS, J. **GreenRoof – water balance model.** K. U. Leuven University, Faculty of Bioscience Engineering, Division of Soil and Water Management, Leuven, Belgium. 2006.