

DESEMPENHO TÉRMICO DE TELHADOS VERDES: ALTERNATIVA PARA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Ana Julia Frizon¹

Pedro Henrique Branco Lázaro²

Felippe Benavente Canteras³

Recursos Naturais

RESUMO

Com o crescimento acelerado das áreas urbanas, o planejamento de áreas verdes por muitas vezes foi deixado em segundo plano pela sociedade, e por isso, o mundo atual enfrenta diversos problemas ambientais decorrentes da falta de áreas de infiltração de água e baixa arborização dos centros urbanos. Uma das soluções encontradas para melhorar parte desses problemas é o telhado verde, que possui diversas vantagens em relação às coberturas convencionais, podendo auxiliar na minimização de enchentes, da poluição do ar e sonora, das ilhas de calor e principalmente atuam como isolante térmico para os edifícios, proporcionando maior conforto térmico e economia de energia. Entretanto, uma de suas desvantagens é o custo elevado de implantação. Uma vez que poucas pesquisas estudam esta desvantagem e a capacidade de isolamento térmico em países de clima quente, este trabalho visa analisar estes tópicos. Foi realizado o levantamento das principais configurações de telhados verdes e, a partir disso, foram realizados orçamentos com empresas do ramo, bem como dos preços dos materiais utilizados em lojas especializadas, obtendo uma variação de valor de R\$117,65m⁻² a R\$982,175m⁻². Para a análise de temperatura e umidade, foram construídos três módulos experimentais, sendo um apenas com laje impermeabilizada (M1), e os outros com telhado verde extensivo, um utilizando *Chlorophytum comosum* (M2) e o outro, com *Hemigraphis alternata* (M3). As medições foram feitas a cada 10 minutos durante 40 dias, os resultados indicam que as coberturas vegetadas apresentam melhor desempenho térmico, apresentando temperaturas máximas até 3,4°C inferiores às apresentadas pelo módulo controle.

Palavras-chave: Telhados Verdes; Orçamentos; Variação de Custo; Conforto Térmico; Construções Sustentáveis.

INTRODUÇÃO

A revolução industrial levou à formação de grandes centros urbanos e populacionais, na maioria das vezes criados sem planejamento e com poucas áreas verdes (SPOSITO, 2000). Problemas ambientais como a poluição do ar, solo e água, escassez de água de boa qualidade, ocorrência de enchentes, ilhas de calor, entre outros, podem estar relacionados à ocupação desordenada do solo, ao elevado número de indústrias e à ausência de espaços verdes (SANTOS, 2012 e PAULA, 2004).

¹Aluno de graduação do curso de Tecnologia em Construção de Edifícios e bolsista de Iniciação Científica do CNPq; Faculdade de Tecnologia da UNICAMP; Campus 1 de Limeira; anajfrizon@gmail.com.

²Mestrando em Tecnologia na área de Ambiente; Faculdade de Tecnologia da UNICAMP; Campus 1 de Limeira; pedrolazaro3@gmail.com

³Prof. Dr. Felipe Benavente Canteras da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP; Campus 1 de Limeira; felippe.canteras@ft.unicamp.br

Dessa forma, é crescente a busca por alternativas que solucionem ou minimizem esses problemas. Uma destas alternativas são os telhados verdes, compostos por diversas camadas com diferentes funções, como impermeabilização da laje, barreira radicular (sistema anti-raiz), sistema de drenagem, filtro, solo, substrato e vegetação (TAM, WANG e LE, 2016).

Apesar das pesquisas internacionais (SQUIER e DAVIDSON, 2016), poucas pesquisas foram realizadas no Brasil sobre o impacto causado pelo telhado vegetado na temperatura e na umidade do ar dentro da edificação, quando comparado com a cobertura convencional. O mesmo ocorre com relação aos custos de implantação do telhado verde, sendo escassos na literatura valores fidedignos com a realidade brasileira.

Tendo em vista o cenário descrito, os principais objetivos desse trabalho foram realizar o levantamento das principais configurações de telhados verdes extensivos e, a partir disso, fazer o estudo dos custos de cada uma e, através da construção de módulos experimentais, avaliar a influência da cobertura vegetal no conforto térmico, analisando dados de temperatura e umidade dentro e fora dos módulos, coletados de forma contínua durante parte do verão e do outono na cidade de Limeira - SP.

METODOLOGIA

A revisão de literatura definiu as principais configurações dos telhados verdes extensivos. Feito isso, procedeu-se a consulta a lojas especializadas, orçando todos os materiais utilizados, e o orçamento de empresas especializadas na construção de telhados verdes.

Para avaliar o conforto térmico, três módulos experimentais de alvenaria estrutural foram construídos, sendo um deles de cobertura convencional, apenas com a laje impermeabilizada, servindo como o módulo controle (M1). Os demais módulos, contam com camada de impermeabilização, manta anti-raiz, drenagem (manta bidim e 10 cm de argila expandida), 10cm de substrato e as espécies escolhidas, *Chlorophytum comosum*, também conhecida como Clorofito do Sol (M2), e *Hemigraphis alternata* (M3). Os módulos têm 3,00 metros de altura e ambos os lados medem 1,74 metros.

As medições de temperatura e umidade foram realizadas a cada 10 minutos, gerando um total de 144 medições por dia, com a utilização de termo higrômetros Testo 174h data logger, (-20°C a +70°C \pm 0,1°C e 0 a 100% RH 0,1% RH). Vale ressaltar que as medidas foram iniciadas na segunda quinzena de fevereiro e terminaram no dia 10 de abril de 2018, totalizando 21 dias de medições no verão e 19 dias no outono.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levantamento de Custos

Através de revisão de literatura, foram definidos os 4 tipos de telhados verdes extensivos mais comumente utilizados, bem como o levantamento dos materiais para cada um deles:

- Modelo 01: impermeabilizante, drenagem, substrato e vegetação;
- Modelo 02: impermeabilizante, drenagem, módulos, substrato e vegetação;
- Modelo 03: impermeabilizante, drenagem, membrana alveolar, módulos, substrato e vegetação;
- Modelo 04: impermeabilizante, drenagem, módulos, substrato, vegetação e sistema de irrigação.

Ao todo, foram consultadas 77 lojas de diversas áreas de comércio para buscar o preço dos materiais, bem como 05 empresas que trabalham com a implantação de telhados verdes que situam em diversas regiões do estado de São Paulo. Com isso, os resultados máximos, mínimos e médios encontrados para a implantação de telhado verde estão expressos na Tabela 01.

Tabela 01 – Valores gerais para implantação do telhado verde

	Custo de implantação (R\$)				
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Empresas
Mínimo	117,65	192,05	247,13	192,79	190,00
Máxima	490,45	616,05	671,13	982,17	310,00
Média	284,64	386,24	441,32	464,16	249,20

Conforto térmico

Analisando inicialmente as temperaturas registradas foi observado que tanto no verão, quanto no outono, os horários de mínimo de temperatura são: das 6 as 7 horas para a temperatura externa, e das 7 as 8 horas para os módulos. E os horários de máximas foram das 14 as 15 horas para os registros externos e entre 17 as 18 horas para os módulos (Figura 1a), indicando que os módulos retardam o ganho de calor em até 4 horas. Já em relação a umidade, é visível o comportamento inverso, obtendo os maiores valores quando as temperaturas eram mínimas, e os menores valores de umidade estão associados às temperaturas mais elevadas (Figura 1b).

Na Tabela 02 estão representados os valores mínimos, médios e máximos, de temperatura e umidade obtidos no verão e no outono de 2018.

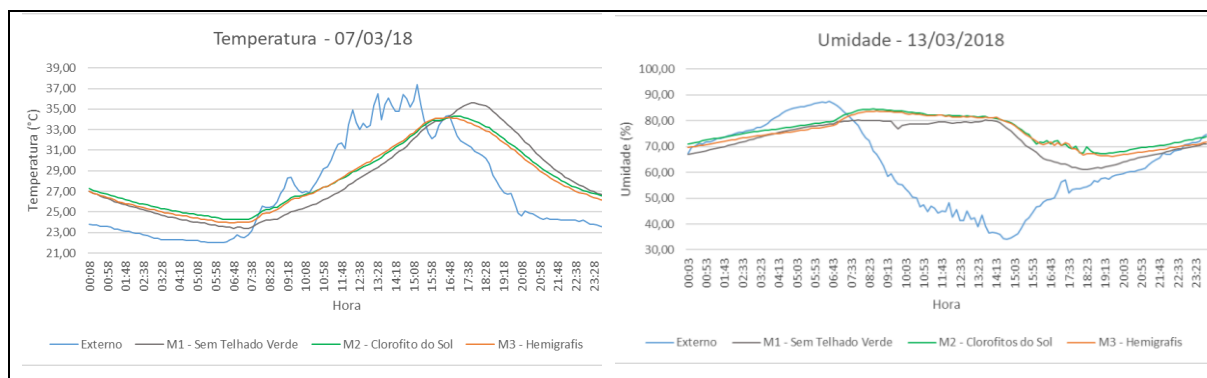


Figura 1 – Registro de Temperatura (a) e Umidade (b) durante um dia.

Tabela 02 – Temperatura e Umidade no Verão (2018)

		Temperatura (°C)				Umidade (%)			
		Externa	M1	M2	M3	Externa	M1	M2	M3
Verão	Mínima	17,8	20,4	20,4	20,1	29,0	42,0	64,6	63,9
	Média	26,9	27,5	27,5	27,4	70,8	84,5	87,0	86,6
	Máxima	44,3	40,9	39,0	38,7	99,9	98,5	99,9	99,9
Outono	Mínima	18,5	20,6	21,2	20,7	15,8	47,5	51,0	47,8
	Média	27,5	28,2	28,3	28,1	62,0	71,8	73,3	73,3
	Máxima	41,2	40,8	38,7	38,4	99,9	84,6	87,5	86,7

A comparação de desempenho dos módulos foi realizada através das diferenças de temperatura obtidas entre M2 e M1, e M3 e M1 para cada estação. Na maioria dos dias é possível perceber que os módulos com telhados verdes perderam menos temperatura durante a madrugada, resultando em temperaturas maiores que o M1 nos períodos da madrugada e manhã, mantendo a edificação mais aquecida. Já no período mais quente do dia é possível observar que as temperaturas em M2 e M3 ficaram até 2,8°C e 3,3°C menores do que as temperaturas registradas em M1 durante o verão, e 3,0°C e 3,4°C no outono, respectivamente. Esse comportamento foi registrado em 61,90% dos dias em M2-M1, e 71,42% para M3-M1 no verão, e, para o outono os percentuais são de 30,43% e 65,22%, respectivamente.

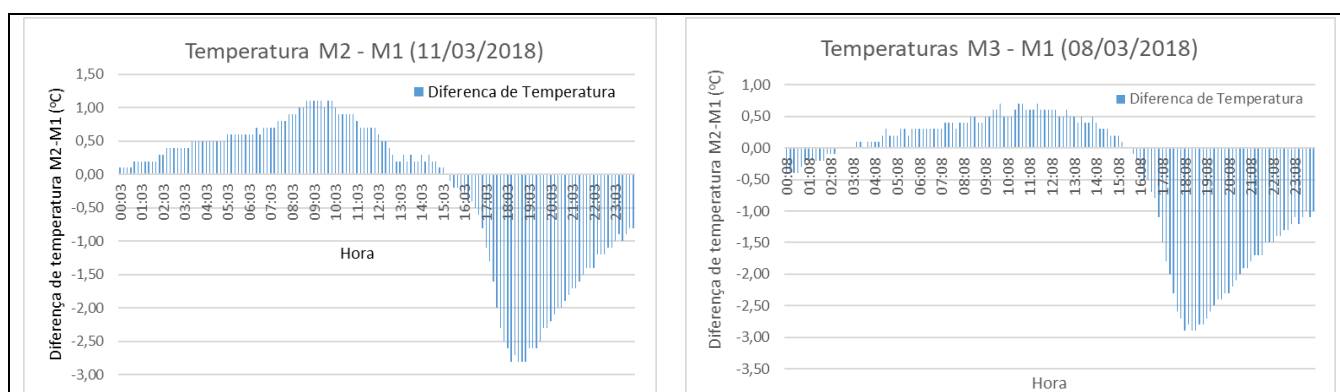


Figura 2 – Diferença de temperatura (°C) entre os módulos M2-M1(a) e M3 e M1(b).

Em relação a umidade, a maior diferença foi de 23,4% para M2-M1, e 23% para M3-M1, no período de verão, e de 16,2% e 13%, respectivamente para o outono, sendo esse comportamento observado na maioria dos dias. Esses resultados comprovam a eficiência dos telhados verdes como isolantes térmicos, sendo capazes de manter as temperaturas das edificações mais elevadas nos períodos mais frios do dia e mais baixas nos períodos mais quentes do dia, assim como mantém uma umidade mais elevada, comprovando seu melhor desempenho térmico.

CONCLUSÕES

Apesar dos telhados verdes terem um custo médio de implantação elevado (R\$321,64m⁻²), apresentam ganhos de isolamento e conforto térmico, mantendo a edificação até 3,3°C mais fria em dias de verão em comparação com um telhado convencional, além de manter a umidade do ambiente até 23,4% maior. Dessa forma, é possível afirmar que os telhados verdes conseguem atenuar os picos de temperatura e aumentar a umidade nas edificações durante os períodos mais quentes do ano, mantendo o ambiente mais confortável para o usuário, podendo inclusive diminuir o uso de equipamentos de refrigeração de ambientes, gerando economia de energia. Em relação às plantas utilizadas para o estudo, a *Hemigraphis alternata* apresenta melhor desempenho, aumentando o isolamento térmico dos módulos.

REFERÊNCIAS

PAULA, R. Z. R. D. A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído. Campinas, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SANTOS, D. J. P. Desempenho Térmico de uma Cobertura verde Num Edifício Solar Passivo. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.

SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e Urbanização. Contexto. São Paulo: 10, 2000.

SQUIER, M.; DAVIDSON, C. I.; Heat Flux And Seasonal Thermal Performace Of Na Extensive Green Roof. Building and Environment. V. 107, p. 235-244, 2016.

TAM, V. W. Y.; WANG, J.; LE, K. N. Thermal Insulation And Cost Effectiveness Of Green-roof Systems: Na Empirical Study In Hong Kong. Building and Environment. V. 110, p. 46-54, 2016.