

Aplicação de jardim vertical para mitigar os efeitos de problemas ambientais em áreas urbanas**Application of vertical garden to mitigate the effects of environmental problems in urban areas**

DOI: 10.34188/bjaerv3n3-011

Recebimento dos originais: 20/05/2020

Aceitação para publicação: 20/06/2020

Amanda Simões Souza de Oliveria

Mestranda em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense

Instituição: Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua 227, 08 - Conforto, Volta Redonda – RJ, Brasil

E-mail: amandasimoes2195@gmail.com

Felipe da Silva Costa

Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Geraldo Do Biase

Instituição: Centro Universitário Geraldo Do Biase

Endereço: Rua Salvador Barbosa Lima, 221 - Mirandópolis, Quatis – RJ, Brasil

E-mail: crefelipe@gmail.com

Phillipe Justino Martins

Bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Geraldo Do Biase

Instituição: Centro Universitário Geraldo Do Biase

Endereço: Rua Theodora Barbosa Ribeiro, 500 - Arrozal, Piraí – RJ, Brasil

E-mail: pjustinom@gmail.com

Janaina da Costa Perreira Torres de Oliveira

Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade São Paulo

Instituição: Centro Universitário Geraldo Di Biase

Endereço: Rua Deputado Geraldo Di Biase, 81 - Atarrado, Volta Redonda – RJ, Brasil

E-mail: janainacpto@gmail.com

Valmir Torres de Oliveira

Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense

Instituição: Centro Universitário Geraldo Di Biase

Endereço: Rua Deputado Geraldo Di Biase, 81 - Atarrado, Volta Redonda – RJ, Brasil

E-mail: valmirtjt@gmail.com

RESUMO

A engenharia civil tem como um de seus objetivos atender as necessidades de infraestrutura da sociedade. As consequências da degradação do meio ambiente no que diz respeito ao aumento da temperatura e a enchentes urbanas tem tornado cada vez mais necessárias medidas solucionar esses problemas. Os “altos” custos gerados por soluções convencionais criam uma brecha para a inovação na área. Seguindo essa linha de pesquisa, este projeto tem o intuito de introduzir o jardim vertical do tipo vegetação-PET como auxílio para sanar duas problemáticas das cidades brasileiras, isolando edifícios termicamente e reduzindo o escoamento superficial, mostrando as vantagens desse método

quando aplicado em edificações verificadas com uma análise qualitativa e quantitativa de resultados obtidos através de experimentação.

Palavras-chave: Jardim Vertical, Vegetação-PET, Climatização, escoamento Superficial

ABSTRACT

Civil Engineering has as one of its main objectives suit the society's infrastructure needs. The consequences of the degradation of the environment with regard to temperature increase and urban floods has made it increasingly necessary to measure these urban problems. The "high" costs generated by conventional solutions create a breach for innovation in the area. Following this line of research, this project aims to introduce the vertical garden of the vegetation-PET type as an aid to remedy two problems in Brazilian cities, thermal insulating buildings and reducing the surface runoff, showing the advantages of this method when applied on buildings verified with qualitative and quantitative analysis of the results obtained through experimentation.

Keywords: Vertical Garden, Vegetation-PET, Air Conditioning, Surface Runoff. *Apis mellifera*, Larvae weight, Beehives Recria, Method Orphaned or without Queen.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil tem como um de seus objetivos atender as necessidades da população no que se diz respeito à infraestrutura da sociedade criando soluções para a resolução de problemas levando em conta o meio ambiente e a sustentabilidade. Com a intensa degradação do meio ambiente e as consequências que isso traz ao planeta, a construção civil sofreu uma mudança no que diz respeito a suas prioridades e adequações as novas necessidades surgidas ao longo dos anos. Duas vertentes que possuem bastante ênfase no cenário ambiental é o aumento da temperatura global e a alta ocorrência de enchentes, ambas serão tratadas nesse trabalho.

Esse aumento de temperatura pode ser facilmente percebido, o Rio de Janeiro bateu recorde de temperatura em 2019 no estado, chegando à temperatura de 41,8°C no mês de novembro, segundo matéria da agência pública de notícias da EBC (Empresa Brasil de Comunicação), com sensação térmica de 50,1°C (CORRÊA, 2019).

O aumento do espaço ocupado pelos locais urbanizados afeta a temperatura nas regiões metropolitanas (KOPPE *et al.* 2004) e a redução das áreas verdes nas cidades remove a ação amenizadora de calor que pode ser proporcionada pelas vegetações urbanas (LU *et al.*, 2012). Com isso vem sendo buscado cada vez com mais frequência o conforto térmico em edificações (MORELLI, 2009), entretanto a saída mais visada, o uso de ar condicionado, acaba por gerar um ônus energético que aumenta o uso de energia, gerando uma maior demanda de recursos para a produção da mesma (FROTA e SCHIFFER, 2001).

As altas ocorrências de enchentes, segundo Freitas e Ximenes (2012), causam grandes problemas de mobilidade nas áreas urbanas e afetam uma grande parte da população com a perda de

bens, por exemplo. Isso é causado devido à grande área utilizada pelas estradas e o material impermeável utilizado para a confecção das mesmas que faz com que ao encontrar o solo a água da chuva tenha um intenso escoamento superficial devido a absorção insuficiente da pavimentação urbana (BRAGA *et al.*, 2010, p. 74).

Esse fato cria a necessidade e espaço para novas alternativas que reduzam o escoamento superficial, uma infraestrutura para que as águas pluviais sejam absorvidas pelo solo ou mesmo transportadas para os rios, dando continuidade ao ciclo hidrológico, diminuindo a frequência de enchentes, minimizando os impactos causados por elas. (JUSTINO, PAULA e PAIVA, 2011)

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575/2013 tem o foco “no comportamento em uso dos elementos e sistemas do edifício no atendimento dos requisitos dos usuários e não na prescrição de como os sistemas são construídos”, dessa maneira temos a liberdade de adequar instalações das mais diversas maneiras. A alternativa apresentada é a aplicação de um jardim vertical para auxiliar nos dois quesitos, uma vez que as plantas necessitam de água e absorvem parte dela diminuindo o escoamento superficial e também fornecem uma camada de proteção contra o calor nas edificações. Esse trabalho verificou a utilização do Jardim Vertical do tipo vegetação-PET como uma forma de melhorar o conforto térmico de ambientes internos e reduzir o escoamento superficial de água da chuva auxiliando na redução de enchentes, buscando garantir a viabilidade funcional, estrutural e estética para aplicação.

2 METODOLOGIA

Este trabalho apresentou-se como uma pesquisa qualitativa, quantitativa e experimental que busca descrever, experimentar e solucionar a problemática com base nos objetivos da pesquisa. Neste estudo foi feito um levantamento bibliográfico e experimental com o objetivo de verificar a viabilidade do jardim vertical, do tipo vegetação-PET, em duas propostas: redução da temperatura interna de edifícios e auxílio na diminuição do escoamento superficial da água da chuva. Serão avaliadas a viabilidade funcional, estética e estrutural do método.

Os jardins verticais são tipos de paredes verdes que podem ser divididos em sistemas contínuos (hidropônico) e modulares (com substrato). Os sistemas modulares, tratado nesse trabalho, englobam elementos onde as plantas possam crescer e criar raízes, e tais elementos são fixados em uma estrutura complementar ou diretamente na parede. (MANSO e CASTRO, 2015).

Neste trabalho é idealizado um jardim vertical de tipo modular onde o elemento de suporte do substrato seria uma garrafa PET dando uma nova finalidade a esse objeto que seria descartado (Figura 1). A garrafa PET foi alterada a fim de permitir a utilização da forma proposta e da criação o aspecto

visual encontrado nos jardins verticais. Por se tratar de um modelo de jardim vertical ainda não utilizado também foi verificada a tensão gerada pela aplicação do mesmo e seu custo de aplicação.

Figura1- Sistema Vegetação-PET



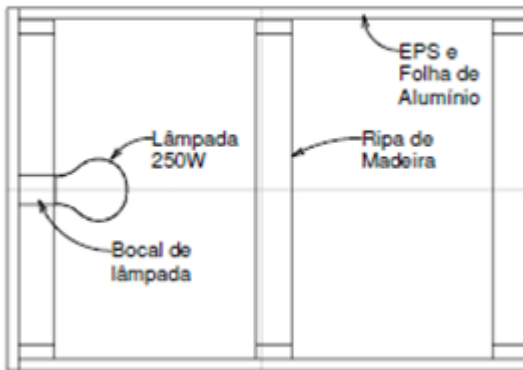
Fonte: Autores.

A escolha das vegetações mais adequadas para esse tipo de jardim vertical foi feita a partir do estudo das condições as quais elas seriam expostas e da necessidade delas apresentarem um bom volume de folhagem mantendo-as por todo o ano.

A verificação estrutural do modelo de jardim vertical proposto foi realizada com o cálculo da carga de todo o sistema e a partir disso foi projetado um protótipo que atende as necessidades estruturais desse jardim vertical ao ser aplicado em edificações.

O potencial em isolar termicamente uma edificação foi avaliado através de um procedimento utilizando uma lâmpada de 250W anexada com um bocal e fios à uma estrutura feita de placas de EPS, ripas de madeira e papel alumínio, disposto de maneira que gere calor (Figuras 2 e 3), a análise do coeficiente térmico foi obtida através de um termômetro digital infravermelho (Lasergrip GM400, -50°C~400°C, Hang Rui Technology) verificando a temperatura na face interna e externa da estrutura (Figura 4).

Figura 2 - Caixa geradora de calor.



Fonte: Autores.

Figura 3 - Edificação para teste prático utilizando tijolo de solo-cimento.



Fonte: Autores.

Figura 4 – Sistema para teste experimental – isolamento térmico.



Fonte: Autores.

No experimento para analisar a redução do escoamento superficial proporcional foi feito uso de uma mangueira, ligada a uma fonte de água, que foi acoplada a um sensor de fluxo (Figura 5) conectado a um kit Arduino (Figura 6) para exibição das informações do sensor em um computador com o auxílio do software Arduino Online (Figura 7), assim obtendo a vazão e o volume da água. A ponta da mangueira, ajustada para dispersão em área, afeta a vegetação por completo, 0,64 m². Foi utilizada uma calha, para coleta da água que escoar da fachada verde, que é acoplada a um segundo sensor de fluxo medindo a vazão e o volume de saída. Gerando o sistema (Figura 8) utilizado como base para os experimentos. Após o término dos testes, foi realizada a análise de todos os dados obtidos através do experimento.

Figura 5 – Sensor de fluxo.



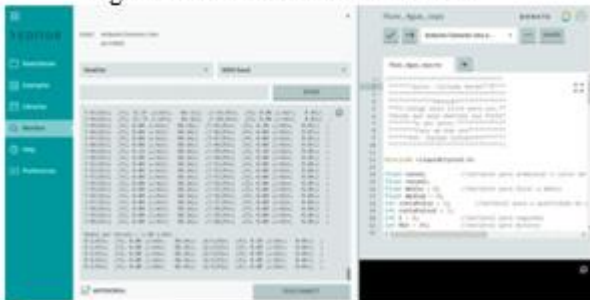
Fonte: Autores.

Figura 6 – Kit Arduino.



Fonte: Autores.

Figura 7 – Software Arduino Online.



Fonte: Autores.

Figura 8 – Sistema para teste experimental - escoamento superficial.



Fonte: Autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram escolhidas a *Tradescantia zebrina* (Trapoeraba-roxa) (Figura 7) e a *Tradescantia albiflora* (Trapoeraba rosa) (Figura 8), ambas da família Commelinaceae e nativas do continente Americano. Optou-se por tais espécies por serem perenes, necessitarem de umidade e se desenvolverem sem necessidade de manutenção frequente quando em substrato adequado e em sol pleno, de acordo com Romahn (2000), o que se adequa às necessidades de um jardim vertical. Suas folhagens vastas e cheias criam um aspecto visual bonito, atendendo aos critérios de estética do projeto. Na realização dos testes foi utilizada a *Tradescantia zebrina* (Trapoeraba-roxa) por ser a mais fácil de se encontrar na região onde foi realizado os testes.

Figura 9 – *Tradescantia zebrine* (Trapoeeraba-roxa).



Fonte: Autores.

Figura 10 – *Tradescantia albiflora* (Trapoeeraba-rosa).



Fonte: Autores.

A partir dos experimentos realizados para testar o isolamento térmico do sistema foram obtidos os seguintes resultados (Tabela 1).

Tabela 1- Resultado médio dos testes experimentais – conforto térmico

	TEMPERATURA		
	Ambiente (°C)	Externa (°C)	Interna (°C)
	25,1	27,4	22,5
5 minutos	25,0	33,3	24,7
10 minutos	25,2	34,7	25,1
20 minutos	24,0	32,5	24,2
30 minutos	23,6	37,6	23,7
40 minutos	23,9	37,5	24,9
50 minutos	23,8	37,0	25,2
60 minutos	24,4	36,9	26,6

Fonte: Autores.

Enquanto a temperatura externa logo à frente da vegetação começou a subir com a ação da lâmpada o interior da estrutura montada para esse projeto se manteve em uma temperatura bem próxima a temperatura ambiente no momento em que o experimento foi realizado. Com os dados do teste foi possível perceber uma variação de temperatura externa de 9,5°C, enquanto no interior da estrutura, variou 4,1°C.

Após os testes para escoamento superficial foram obtidos os resultados a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado médio dos testes experimentais – escoamento superficial

Tempo (minutos)	ÁGUA			
	Entrada		Saída	
	Q (L/min)	V (L)	Q (L/min)	V (L)
01:00	4,83	4,83	2,19	0,94
05:00	5,13	24,98	2,72	11,73
10:00	3,23	41,70	2,59	25,25
15:00	3,16	57,81	2,52	38,42
20:00	0,00	58,26	0,47	50,57
21:03	0,00	10,62	0,07	9,87
Corrigido		56,12		
Vazão média que a vegetação retém por m ²	0,090240634 L/min			

Fonte: Autores.

Existem dois fatores que tornam os sistemas de drenagem das cidades ineficientes, rios nas proximidades, e lixo descartado em locais impróprios. Levando isso em conta, o jardim vertical é uma alternativa que não seria afetada por nenhuma dessas variáveis pois é aplicada verticalmente à edifícios.

Com base nos resultados obtidos foi possível verificar que o jardim vertical consegue reter 18,72 L de água a cada 1 m², considerando o índice pluviométrico municipal de Volta Redonda-RJ (cidade onde o experimento foi realizado) para pancadas de chuva com período de retorno de um ano. Uma parte significativa dessa absorção de água é realizada pelo substrato, por conta do tipo de elemento utilizado para plantio (garrafa PET) e por não ter perda de solo durante esse processo, não ocorrem grandes alterações na quantidade de água retida pelo sistema. De acordo com isso, para uma fachada de 900 m² (valor médio de fachadas de edifícios comerciais) teríamos uma retenção de 16,848 L de água.

A estrutura foi pré-dimensionada através da equação $\sigma = \frac{F}{A}$, onde segundo Pilkey e Pilkey (1974), tensão é igual a força sobre área, para isto foram pesadas três garrafas PETs com substrato e vegetação, onde foram encontrados os valores de 1,215 kg, 1,365 kg, 1,240 kg, com média de 1,273 kg, multiplicando pelo valor da aceleração da gravidade obtivemos o valor de 12,491 N, porém as vegetações poderão crescer e podemos obter um valor maior, sendo assim foi majorado para 30 N cada garrafa PET com vegetação, utilizando um vão de 7 m e espaçamento entre fixação dos pilares a cada 2 m para evitar a flambagem.

Para estrutura foi determinado o uso de perfis UDC (50x25x2,65 mm) de até dois metros de comprimento, que poderiam ser anexados a fachada da construção ou a estruturas externas, onde as garrafas seriam penduradas com o uso de arame galvanizado (4,9 mm). Também foi estimada a utilização de uma mangueira micro perfurada que passaria por dentro do sistema garantindo a rega de plantas em locais de difícil acesso. Tais determinações foram baseadas nos cálculos estruturais, garantindo a segurança desse sistema.

A verificação do custo de aplicação foi determinada com base em todos os elementos que compõem o sistema de jardim vertical do tipo vegetação PET. A análise dos custos para a aplicação do jardim vertical com garrafas PET foi realizada com a separação dos custos em estruturais e vegetais. Os dados do estudo realizado foram compilados e tabelados (Tabela 3) de forma que fosse determinado o custo por metro quadrado desse modelo de jardim vertical.

Tabela 3 – Tabela de Custos.

Material	Descrição	Unidade de medida	Quantidade por m ²	Custo
Estrutura	Perfil UDC (50x25x2,65mm)	Unidade	0,143	R\$ 17,14
	Parafuso	Unidade	0,167	R\$ 0,13
	Arame Galvanizado (4,9mm)	Metro	2,7	R\$ 5,09
	Mangueira Perfurada	Metro	10	R\$ 10,00
	TOTAL			
Vegetação	Mudas	V	27	R\$ 40,50
	Solo/Substrato	Quilograma	8	R\$ 6,40
	Adubo	Quilograma	4	R\$ 3,20
	TOTAL			

Fonte: Autores

Tabela 4 – Comparativo econômico entre o jardim vertical – PET com outros modelos disponibilizados pelo mercado.

Descrição	Custo (m ²)	Manutenção	Peso (m ²)
Jardim vertical vegetação - pet	R\$ 82,46	6 em 6 meses	35 kg
Jardim vertical com substrato - vasos	R\$ 750 a R\$ 900 + plantas	Bimestral	60 kg a 80 kg
Jardim vertical com substrato - blocos cerâmicos	R\$ 395 + plantas	Bimestral	70kg + plantas
Jardim vertical com substrato	R\$ 853,00	Trimestral	25 kg
Jardim vertical hidropônico - mantas geotêxteis	R\$ 1200 a R\$ 1800	Trimestral	25 kg a 40 kg
Fachada verde direta - arbustos e árvores	Mudas + Substrato	6 em 6 meses	Substrato + plantas
Fachada verde indireta - guias contínuas	Mudas + Substrato	3 a 6 meses	12 kg

Fonte: Autores e Manso e Castro (2015).

O custo total pode ser reduzido de maneira estratégica fazendo a reutilização das vegetações quando crescerem, sendo utilizados seus ramos para o plantio em outras partes do jardim vertical. Com o custo do jardim vertical foi possível realizar um comparativo entre o custo do sistema de jardim vertical vegetação-pet presente nesse trabalho e o custo de sistemas de paredes verdes convencionais (Tabela 2). Foi percebido que o jardim vertical vegetação-pet apresenta um custo inferior aos outros modelos de jardim vertical com os quais foi comparado. Apresentando também um maior tempo até a necessidade de se realizar uma manutenção, além de gerar menos peso adicional na estrutura do edifício por ser um sistema mais leve.

4 CONCLUSÕES

Com a finalização do trabalho, os resultados apontaram um aumento do conforto térmico quando há a aplicação do jardim vertical, demonstrando que ela pode ter a função de isolante térmico em edificações.

Também foi indicado pelos resultados a viabilidade do jardim vertical como redutor do escoamento superficial e conseqüente redução de enchentes, através da absorção de água pelo sistema vegetação-pet. É recomendado que para uma atuação efetiva do sistema, o jardim vertical seja aplicado em uma área mínima de 10 m² garantindo assim um resultado favorável. É importante ter em mente que para sanar o problema das enchentes em áreas urbanas é necessário um conjunto de métodos atuando de forma simultânea

A questão estética também teve um desfecho positivo, uma vez que a vegetação do jardim vertical apresenta um padrão visual harmônico e possui um papel apelativo de atenção sem causar poluição visual.

Outro ponto positivo do projeto é redução de resíduos descartados no meio ambiente, já que parte da estrutura do jardim vertical é formada por garrafas PET.

Dessa forma, pôde-se chegar à conclusão de que o jardim vertical do tipo vegetação-pet pode vir a ser uma alternativa viável para a atenuação de alguns efeitos de problemas ambientais urbanos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2º. Ed. PEARSON, 2010.
- CORRÊA, Douglas. Rio tem segunda-feira com temperatura acima de 41°C. EBC, Empresa Brasil de Comunicação. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-12/rio-tem-segunda-feira-com-temperatura-acima-de-41oc>. Acesso em: jun/2020.
- FREITAS, C. M. de; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, nº 6, p.1601-1615, 2012.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico*. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel Ltda, 2001.
- JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M. De; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. *Catalão-GO, Espaço em Revista*, v. 13, nº 2, p.16-38, 2011.
- KOPPE, C.; KOVATS, S.; JENDRITZKY, G.; MENNE, B. Health and global environmental change; heat-waves: risks and responses. Series no. 2, energy, environment and sustainable development. *Copenhagen: World Health Organization, 2004*.
- LU, J.; LI, C.; YU, C.; JIN, M.; DONG, S. Regression analysis of the relationship between urban heat island effect and urban canopy characteristics in a Mountainous City, Chongqing. *Indoor Built Environ.* v. 21, n. 6, p. 821–836, 2012.
- MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green Wall systems: A review of their characteristics. Centre of Materials and Building Technologies, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ScienceDirect. ELSEVIER. V. 41, p. 863-871, jan. 2015.
- MORELLI, D. D. de O. *Paredes Verdes: Vegetação como Qualidade Ambiental no Espaço Construído*. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas, SP, 2009.
- PILKEY, W. D.; PILKEY, O. H. *Mechanics Of Solids*. Nova York: Quantum Publishers, 1974.
- ROMAHN, V. *101 Plantas e Flores*. 1. ed. São Paulo: Europa, 2000.