

Análise de custos para implantação de telhados verdes em região semiárida com reutilização de águas cinzas

Cost analysis for the implementation of green roofs in semi-arid region with reuse of gray waters

Análisis de costos para la implementación de techos verdes en región semiárida con reusó de aguas grises

Recebido: 29/04/2022 | Revisado: 11/05/2022 | Aceito: 13/05/2022 | Publicado: 19/05/2022

Luana Pontes Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1426-6793>

Centro Universitário INTA, Brasil

E-mail: luana_pontes9@hotmail.com

Maurício de Sousa Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5485-1674>

Centro Universitário INTA, Brasil

E-mail: mauricio.pereira@uninta.edu.br

Maria Emanuelle Aragão Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4731-3819>

Centro Universitário INTA, Brasil

E-mail: emanuelle.aragao@uninta.edu.br

Resumo

O desenvolvimento crescente da construção civil traz a necessidade de adoção de métodos construtivos e sustentáveis. A implantação de telhados verdes tem demonstrado potencial dentro dos métodos construtivos. Porém, um dos obstáculos para a implantação desta técnica são os fatores climáticos regionais, por isso esta técnica não tem sido muito empregado em regiões com essas características. Portanto, esse trabalho de pesquisa abordou um sistema de reaproveitamento de águas cinzas como material de irrigação para telhados verdes. As águas reutilizadas são provenientes da cozinha e máquina de lavar roupas. A metodologia utilizada tratou-se de uma pesquisa bibliográfica embasada em artigos de publicação, livros e periódicos. Além do mais, foi apresentada uma análise de custos de implementação para um telhado verde. Nesse estudo foi analisado uma residência de 250 m², com 156 m² de cobertura verde com sistema laminar. Para a área de telhado vivo em questão, o produto final em relação aos custos foi estimado em média R\$564/m². O valor inclui a instalação, impermeabilização do substrato, o sistema laminar e os materiais usados para o sistema de reaproveitamento de águas cinzas.

Palavras-chave: Telhados verdes; Águas cinzas; Meio ambiente; Sustentabilidade; Ensino.

Abstract

The growing development of civil construction brings the need to adopt constructive and sustainable methods. The implementation of green roofs has shown potential within construction methods. However, one of the obstacles to the implementation of this technique are the regional climatic factors, so this technique has not been widely used in regions with these characteristics. Therefore, this research work addressed a gray water reuse system as an irrigation material for green roofs. The reused water comes from the kitchen and washing machine. The methodology used was a bibliographic research based on published articles, books and periodicals. Furthermore, an implementation cost analysis for a green roof was presented. In this study, a 250 m² residence was analyzed, with 156 m² of green roof with laminar system. For the living roof area in question, the final product in relation to costs was estimated at an average of R\$564/m². The value includes the installation, waterproofing of the substrate, the laminar system and the materials used for the greywater reuse system.

Keywords: Green roofs; Gray waters; Environment; Sustainability; Teaching.

Resumen

El creciente desarrollo de la construcción civil trae consigo la necesidad de adoptar métodos constructivos y sustentables. La implementación de techos verdes ha mostrado potencial dentro de los métodos de construcción. Sin embargo, uno de los obstáculos para la implementación de esta técnica son los factores climáticos regionales, por lo que esta técnica no ha sido muy utilizada en regiones con estas características. Por lo tanto, este trabajo de investigación abordó un sistema de reutilización de aguas grises como material de riego para techos verdes. El agua reutilizada proviene de la cocina y lavadora. La metodología utilizada fue una investigación bibliográfica basada en artículos publicados, libros y periódicos. Además, se presentó un análisis de costos de implementación de un techo

verde. En este estudio se analizó una residencia de 250 m², con 156 m² de techo verde con sistema laminar. Para el área de techo habitable en cuestión, el producto final en relación a los costos se estimó en un promedio de R\$ 564/m². El valor incluye la instalación, impermeabilización del sustrato, el sistema laminar y los materiales utilizados para el sistema de reutilización de aguas grises.

Palabras clave: Techos verdes; Aguas grises; Medio ambiente; Sustentabilidad; Enseñanza.

1. Introdução

O crescente desenvolvimento da construção civil, juntamente com a expansão das cidades tem gerado impactos ao meio ambiente. A construção civil tem consumido de forma significativa os recursos naturais nos processos construtivos. Em vista disso, a necessidade da utilização de métodos construtivos menos agressivos ao meio ambiente tornou-se uma realidade cada vez mais presente em obras de engenharia (Berardi *et al.*, 2014; Roque *et al.*, 2019; Tassi *et al.*, 2014; Ulchak *et al.*, 2020).

Um elemento importante em uma edificação, o telhado, pode ter seu método de concepção adaptado a opções ecologicamente corretas, a exemplo dos telhados verdes. Os telhados verdes têm se mostrado uma inovação tecnológica com potenciais aplicações na construção civil. Muitos estudos em todo o mundo têm investigado os benefícios potenciais alcançados pela transformação dos telhados marrons de edifícios para telhados verdes (Vijayaraghavan & Raja, 2015).

A implantação dos telhados verdes pode colaborar na redução dos impactos ambientais, como a diminuição da emissão de gases poluentes e o uso de matérias primas renováveis, além de contribuir na retenção de água, como também proporciona conforto térmico e acústico, redução de ilhas de calor, entre outras (Borges *et al.*, 2020; Guedes *et al.*, 2019; Scarassatti *et al.*, 2021).

Os obstáculos para a cobertura verde podem ser citados como os fatores climáticos. A implantação desta técnica pode trazer grandes benefícios para as edificações, no entanto ela é mais utilizada em regiões com altas precipitações e com temperaturas mais baixas. Para regiões semiáridas essa técnica não é muito recorrente, pois o custo de implantação se torna mais elevado (Sousa, 2021; Rocha, 2021; Rangel *et al.*, 2015).

Portanto, este trabalho realizou um estudo de um sistema de reaproveitamento de águas cinzas para irrigação dos telhados verdes. Utilizando as águas residuárias da cozinha e máquina de lavar roupas, visando não só economia financeira, como também o reaproveitamento de água. Para esse propósito, foi analisada a viabilidade financeira do projeto de implantação da instalação de uma cobertura verde utilizando vegetação adaptada para clima semiárido.

Sustentabilidade

A necessidade de implementar o desenvolvimento sustentável como um projeto social e político, para a sociedade, vem promovendo uma orientação quanto aos esforços, no intuito de encontrar meios para desenvolver globalmente uma sociedade sustentável. As pesquisas recentes e o crescimento do conhecimento sobre desenvolvimento sustentável aumentaram o interesse em terminologia sobre esse tema, que tem se destacado nas últimas décadas. Ele abrange termos como produção mais limpa, prevenção e controle da poluição, minimização do uso de recursos, design ecológico, entre outros. (Glavi & Lukman, 2007).

A conscientização dos limites de espaço e de recursos naturais do nosso planeta vem despertando, cada vez mais, a preocupação com a manutenção desses recursos para as gerações futuras. Aprimorar a sustentabilidade dos processos, em todos os setores produtivos, é uma estratégia vital para assegurar os recursos do planeta para o futuro, baseado na utilização de energias renováveis, tecnologias limpas e na proteção do meio ambiente. Inovação tecnológica, e consciência na utilização dos recursos naturais e energéticos, incentivo ao crescimento de economias regionais, com melhoria dos padrões de vida das comunidades locais, garantindo expansão do mercado de trabalho e geração de renda, são os princípios básicos de um

desenvolvimento equilibrado (Baptista Junior & Romanel, 2013).

A incorporação de questões ambientais entre os objetivos das organizações modernas tem ampliado substancialmente a discussão quanto a necessidade da implementação de gestão sustentável. Atualmente, na construção civil tem-se buscado inovações tecnológicas que visam o desenvolvimento de edificações sustentáveis, como por exemplo, a implantação de telhados verdes. Outras estratégias têm focado em sistemas de reaproveitamento de água, sobretudo as águas cinzas.

Telhados Verdes

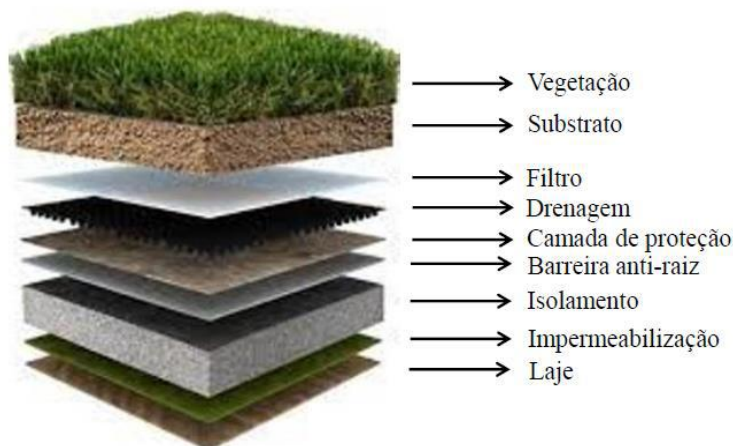
Os telhados verdes são conhecidos por converter a superfície de um telhado convencional em um espaço multifuncional, utilizando, para isso, a vegetação. Os telhados verdes podem ser concebidos com diferentes conceitos, com relação ao tipo de uso previsto e de vegetação que vai comportar. Costuma-se separar os diferentes tipos de telhados verdes em duas grandes categorias: os sistemas extensivos, intensivos e semi-intensivos (Vijayaraghavan & Raja, 2015; Rangel *et al.*, 2015; Tassi *et al.*, 2014).

A classificação afeta diretamente na determinação de que tipos de vegetação serão utilizados, e o cenário final da construção. Telhados verdes intensivos são caracterizados por uma camada de substrato maior que das outras duas classificações. Por esse motivo, esse sistema é capaz de suportar vegetações maiores, arbustos e até mesmo, eventualmente, árvores. Entretanto, demanda manutenção intensa e constante. Os telhados verdes extensivos são caracterizados por uma camada pequena de substrato, limitando ao uso de vegetações rasteiras e de pequeno porte. Não necessita de manutenção, contudo, eventuais regas e fertilizações podem vir a serem necessárias. Por fim, telhados verdes semi-intensivos são caracterizados entre um meio termo entre os outros dois sistemas. Não necessitam da mesma intensidade de manutenção que telhados intensivos, mas não estão tão isentos desta, como telhados extensivos (Bär & Tavares, 2017).

Os sistemas extensivos são coberturas leves, projetadas para comportar plantas resistentes a situações climáticas severas. O telhado verde extensivo é o mais implementado em coberturas pela viabilidade, pois o custo é menor, estrutura mais leve, simples de ser executado e de baixa manutenção. Além disso, este tipo tem maior resistência, como também apresentam uma aparência, mais natural. O telhado verde intensivo é o menos empregado, devido as suas questões de manutenção, que são frequentemente solicitadas. Como também, exige maior atenção e cuidado dos usuários. Sua composição é tipicamente mais pesada e robusta, o que impacta no custo do procedimento (Barros *et al.*, 2021; Berardi *et al.*, 2014; Rocha, 2020;).

Para que telhados verdes sejam uma solução sustentável e também capazes de atender às expectativas de seus usuários, a seleção eficiente de materiais é de vital importância (Scarassatti *et al.*, 2021; Guedes *et al.*, 2019). Na Figura 1, é possível observar os componentes essenciais para a cobertura vegetal. Essas, podem ser adaptadas as espessuras e substratos de acordo com a tipologia escolhida pelo contratante, condições climáticas ou limites de custo.

Figura 1. Exemplo da composição de um telhado verde.



Fonte: Adaptado de (Vijayaraghavan & Raja, 2015).

- *Camada de vegetação*: a cobertura vegetal deve ser adequada às condições climáticas do local. A vegetação atua interceptando uma parcela da chuva, evitando que ela atinja o solo. É por meio do processo de evapotranspiração que a água é perdida para a atmosfera e o potencial de retenção de água no substrato é aumentado. Adicionalmente, a vegetação retarda o escoamento superficial, que passa a ocorrer quando o substrato atinge a saturação;
- *Substrato*: é constituído pela camada de solo, servindo de suporte para a fixação da vegetação, fornece água e nutrientes necessários para a manutenção desta. Essa camada é igualmente importante para o armazenamento temporário da água durante os eventos chuvosos;
- *Filtro*: constitui uma camada filtrante que separa as camadas de vegetais e substrato da camada drenante. Ela evita a migração de partículas do substrato para o interior da camada drenante, reduzindo a funcionalidade do telhado verde;
- *Camada de drenagem*: em telhados praticamente horizontais, como é o caso dos telhados verdes, é fundamental a existência da camada de drenagem, para evitar alagamentos indesejáveis e estresse da cultura. Além disso, a camada de drenagem atua retendo parte da água da chuva, necessária para a vegetação durante períodos de estiagem;
- *Camada de proteção*: destina-se à retenção da umidade e nutrientes acima da estrutura do telhado, fornecendo proteção física para a membrana de impermeabilização contra o crescimento das raízes da vegetação;
- *Impermeabilização*: normalmente realizada com o emprego de hidrorrepelentes, de maneira a evitar o contato da água com a estrutura do telhado;
- *Laje*: deve suportar toda a carga do telhado verde.

Evidentemente, a espessura da camada do substrato e altas taxas de evapotranspiração podem beneficiar a retenção de água pluvial no telhado verde, pois o substrato armazena água, mas os processos de evapotranspiração promovem o esvaziamento dele, aumentando a eficiência do telhado no armazenamento do escoamento pluvial (Tassi, 2014).

Águas cinzas

Águas cinzas são aquelas águas residuárias provenientes de pias, chuveiros, máquinas de lavar, pias de cozinha entre outras que não seja de vasos sanitários, bidês e urinol. Por se tratar de efluente heterogêneo (que pode ser composto de diversos tipos de fontes), suas características são diversas e podem ser influenciadas pela água do abastecimento, pela rede de distribuição, uso de produtos, local coletado, faixa etária, classe social, etc. O tratamento da água cinza é importante devido à

grande variância da fonte, bem como devido a diferentes finalidades do efluente tratado (destinação do reuso), sendo fundamental para a remoção do material biodegradável (Figueiredo *et al.*, 2019; Jefferson *et al.*, 2000; Junho *et al.*, 2020; Monteiro *et al.*, 2020;).

2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão sistemática baseada em artigos científicos, livros e periódicos (Estrela, 2018). Estas fontes deram embasamento técnico para a melhor compreensão do funcionamento do telhado verde, suas propriedades em relação ao conforto térmico e tipologias (extensivos, intensivos e semi-intensivos) e sua influência em relação à sustentabilidade que o uso do método construtivo proporciona. Para esse propósito foram usados bancos de dados como Google Acadêmico, Elsevier, Science Direct e Springer e para selecionar as publicações que derem embasamento ao trabalho de pesquisa, os autores realizaram buscas a partir de palavras-chaves como telhados verdes (green roofs), águas cinzas (gray waters), sustentabilidade, (sustainability) e ensino (teaching).

A Tabela a seguir lista os principais trabalhos usados nesse trabalho de pesquisa.

Tabela 1. Publicações usadas no trabalho de pesquisa.

-
- Bär, B. V. & Tavares, S. F. (2017). Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 8, 257-271.
- Barros, C. B. R., Soares, W. A. & Holanda, M. A. C. R. (2021). Influence of the substrate of green roofs in the reduction of surface runoff when subjected to the climatic conditions of the Metropolitan Region of Recife. *Research, Society and Development*, 10, e57710515401.
- Baptista Junior, J. V. & Romanel, C. (2013). Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Brazilian Journal of Urban Management*, 5, 27-37.
- Berardi, U., Hoseini, A. H. G. & Hoseini, A. G. (2014). State of the art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411-428.
- Borges, H. H. S., Aguiar, W. M. A. & Zampieri, J. N. F. (2020). A utilização do telhado verde na construção civil como alternativa para diminuição dos impactos ambientais. *Revista Interfaces do Conhecimento*, 01, 98-111.
- Estrela, C. (2018). *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa*. Editora Artes Médicas.
- Figueiredo, I. C. S., Duarte, N. C., Coasaca, R. L., Magalhães, T. M., Barbosa, A. C., Portela, D. G., Madrid, F. J. P. L., Cruz, L. M. O. & Tonetti, A. L. (2019). Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. *Revista DAE*, 67, 141-156.
- Guedes, F. L., Filho, R. A., Ferreira, F. G. D. & Azevedo, F. G. (2019). Análise comparativa de custos e vantagens entre telhados verdes e sistemas convencionais de coberturas. *Revista Eletrônica Estácio Recife*, 5, 1-18.
- Glavi, P. & Lukman, R. Review of sustainability terms and their definitions. (2007), *Journal of Cleaner Production*, 15, 1875–1885.
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T. & Judd, S. (2000). Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 1, 285–292.
- Junho, A. L., Santos, I. F. S., Silva, A. M. L. & Barros, R. M. (2020). Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando sementes de Moringa oleífera sob diferentes metodologias de ensaio. *Research, Society and Development*, 9, e8879118136.
- Monteiro, O. P. & Lima, G. B. (2020). Captação, tratamento e reúso de águas cinzas e pluviais em residência unifamiliar. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 1, 98-113.
- Rangel, A. C. L. C., Aranha, K. C. & Silva, M. C. B. C. (2015). Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 35, 397-409.
- Roque, R. A. L. & Pierri, A. C. (2019). Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. *Research, Society and Development*, 8, e3482703.
- Scarassatti, M. R. N., Benatti, A. & Morais, E. B. (2021). Effect of malt and sugar cane bagasse in nutrient retention in extensive green roof substrates. *Research, Society and Development*, 10, e3510312907.
-

Rocha, R. S. T. M. (2020). *Desempenho térmico de telhado verde ecológico de baixo custo em clima semiárido*. Dissertação (Mestrado), Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru - PE.

Sousa, L. P. (2021). *Estudo de implantação de um projeto de um telhado verde em uma região semiárida com reutilização de águas e análise dos custos*. Monografia, Centro Universitário INTA – UNINTA, Engenharia Civil, Sobral – Ce

Tassi, R., Tassinari, L. C. S., Picilli, D. G. A. & Persch, P. C. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, 14, 139-154.

Ulchak, G. C. G. L., Ayoub, J. P. & Oliveira, M. R. N. (2020). *Sustentabilidade na construção civil: Telhado verde e seus benefícios nas áreas urbanas*. Pascal.

Vijayaraghavan, K. & Raja, F. D. (2015). Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption. *Water Research*, 63, 94-101

Fonte: Autores.

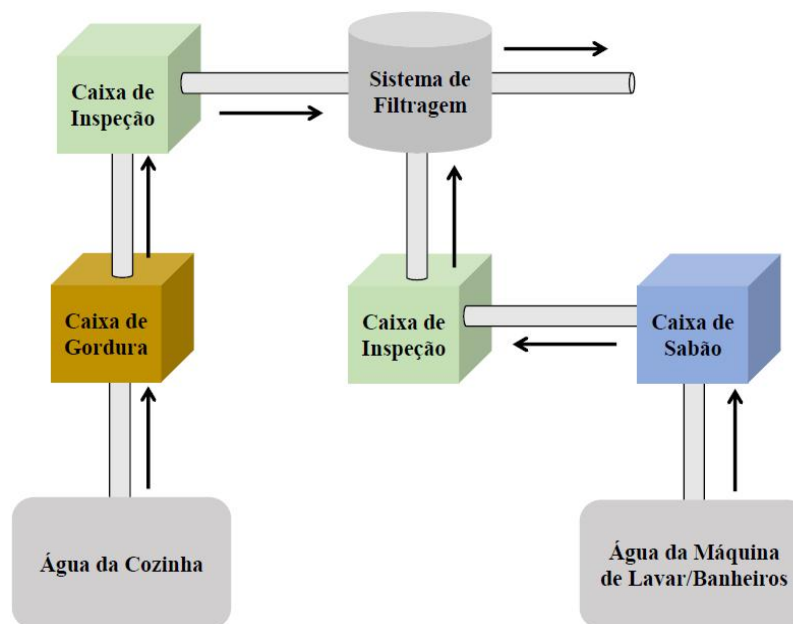
A pesquisa também realiza uma análise qualitativa e quantitativa, com foco em um método de reaproveitamento de águas cinzas para uma residência em uma região semiárida. O trabalho de pesquisa tem como referência o projeto de uma obra residencial e os valores orçados são referentes ao mês de outubro de 2021, fornecido por empresas especializadas. A verificação dos valores contou com o auxílio de tabelas propostas pela literatura e pesquisas de mercado.

A proposta foi inserida em um projeto arquitetônico experimental de área total do terreno de 250m² e a área de cobertura verde de 156m².

Para a elaboração do sistema de reaproveitamento foram definidos os ambientes apropriados de onde as águas seriam fornecidas. As águas cinzas apropriadas para reuso são as das pias de cozinha, máquinas de lavar roupa, chuveiros, lavatórios ou banheiras. Nesse trabalho optou-se pelo uso das águas descartadas da pia da cozinha e da máquina de lavar (Martins et al., (2021).

Segundo a NBR 8160/1999 que regula o sistema prediais de esgoto sanitário, projeto e execução, um sistema hidrossanitário residencial deve ser projetado obedecendo requisitos básicos: por exemplo, deve conter uma caixa de gordura que receberá as águas cozinha e, em seguida, será direcionada para uma caixa de inspeção. A caixa de sabão poderá receberá as águas da máquina de lavar ou dos banheiros e, posteriormente será direcionada para uma caixa de inspeção. As águas residuais devem passar por um processo de filtragem antes de serem utilizadas na irrigação. A Figura 1 ilustra a distribuição do sistema hidrossanitário sugerido pela referida norma.

Figura 1. Representação esquemática simplificada do sistema hidrossanitário das águas cinzas.



Fonte: Autores.

O projeto propõe um reservatório com capacidade de 1500 litros para armazenamento da água após a filtragem. Para o processo de irrigação foi necessária a utilização de uma bomba pressurizadora.

3. Resultados e Discussão

Um ponto de relevância para implementação de telhados verdes é a escolha da cobertura vegetal. As espécies de plantas mais indicadas são as “suculentas” ou cactáceas e gramíneas para regiões semiáridas, sendo estas, as que foram adotadas para o projeto em questão. Em relação a tipologia deste telhado verde foi implementado o de baixa manutenção e menor custo, ou seja, os extensivos (Rola, 2008). De acordo com Costa (2018), o sistema construtivo de cobertura vegetal mais indicado para reaproveitamento de águas cinzas é o sistema laminar, portanto para este projeto optou-se por tal sistema devido a viabilidade econômica.

Os resultados foram obtidos por meio da análise de custos de instalação de uma cobertura verde (sistema laminar) adaptado para uma área de projeto proposta pelos autores (156m²). Os custos de alguns materiais foram obtidos a partir de empresas especializadas e pelas tabelas SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices) e SEINFRA (Secretaria da Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará).

O custo de execução do telhado verde de sistema laminar, com tipologia extensiva e o sistema de reaproveitamento de água resultou em um valor médio de R\$ 564/m².

4. Considerações Finais

Os métodos construtivos sustentáveis estão em ascensão no cenário atual. A utilização de telhados verdes em edificações residenciais tem se tornado uma realidade cada vez mais comum na construção civil. O presente trabalho buscou apresentar o conceito de cobertura verde, indicando sua composição, tipologia, propriedades e custo de instalação em uma residência de 250 m², com 156m² de cobertura verde utilizando sistema laminar.

Além disso, foi sugerido um sistema de reaproveitamento de águas cinzas para irrigação do telhado vivo, para isso

foram estimados o custo de um esquema de filtragem, armazenamento, bombeamento e a distribuição da água cinza no telhado. Incluindo todos os itens necessários para a implantação do telhado verde o custo final foi estimado em R\$ 564/m².

A cobertura verde possui grande diferencial em relação aos telhados convencionais, pois eles podem apresentar durabilidade superior aos convencionais. Outros benefícios apresentados estão relacionados ao conforto térmico, acústico, economia de energia, fatores estéticos, valorização econômica do imóvel. Além disso, contribui de forma sustentável para o meio ambiente.

Considerado a importância de aplicações de metodologias sustentáveis pode-se avaliar o uso telhados verdes usando diferentes tipos de cobertura vegetal e avaliar outras formas de captação e armazenamento de águas, como as pluviais, para utilização em períodos de escassez.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Centro Universitário INTA – UNINTA pelo apoio acadêmico na realização do projeto de pesquisa.

Referências

- Bär, B. V. & Tavares, S. F. (2017). Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 8, 257-271.
- Barros, C. B. R., Soares, W. A. & Holanda, M. A. C. R. (2021). Influence of the substrate of green roofs in the reduction of surface runoff when subjected to the climatic conditions of the Metropolitan Region of Recife. *Research, Society and Development*, 10, e57710515401.
- Baptista Junior, J. V. & Romanel, C. (2013). Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Brazilian Journal of Urban Management*, 5, 27-37.
- Berardi, U., Hoseini, A. H. G. & Hoseini, A. G. (2014). State of the art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411-428.
- Borges, H. H. S., Aguiar, W. M. A. & Zampieri, J. N. F. (2020). A utilização do telhado verde na construção civil como alternativa para diminuição dos impactos ambientais. *Revista Interfaces do Conhecimento*, 01, 98-111.
- Estrela, C. (2018). *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa*. Editora Artes Médicas.
- Figueiredo, I. C. S., Duarte, N. C., Coasaca, R. L., Magalhães, T. M., Barbosa, A. C., Portela, D. G., Madrid, F. J. P. L., Cruz, L. M. O. & Tonetti, A. L. (2019). Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. *Revista DAE*, 67, 141-156.
- Guedes, F. L., Filho, R. A., Ferreira, F. G. D. & Azevedo, F. G. (2019). Análise comparativa de custos e vantagens entre telhados verdes e sistemas convencionais de coberturas. *Revista Eletrônica Estácio Recife*, 5, 1-18.
- Glavi, P. & Lukman, R. Review of sustainability terms and their definitions. (2007), *Journal of Cleaner Production*, 15, 1875 –1885.
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T. & Judd, S. (2000). Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 1, 285–292.
- Junho, A. L., Santos, I. F. S., Silva, A. M. L. & Barros, R. M. (2020). Avaliação da eficiência do tratamento de águas cinzas utilizando sementes de Moringa oleífera sob diferentes metodologias de ensaio. *Research, Society and Development*, 9, e8879118136.
- Monteiro, O. P. & Lima, G. B. (2020). Captação, tratamento e reúso de águas cinzas e pluviais em residência unifamiliar. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 1, 98-113.
- Rangel, A. C. L. C., Aranha, K. C. & Silva, M. C. B. C. (2015). Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 35, 397-409.
- Roque, R. A. L. & Pierri, A. C. (2019). Intelligent use of natural resources and sustainability in civil construction. *Research, Society and Development*, 8, e3482703.
- Scarassatti, M. R. N., Benatti, A. & Morais, E. B. (2021). Effect of malt and sugar cane bagasse in nutrient retention in extensive green roof substrates. *Research, Society and Development*, 10, e3510312907.
- Rocha, R. S. T. M. (2020). *Desempenho térmico de telhado verde ecológico de baixo custo em clima semiárido*. Dissertação (Mestrado), Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru - PE.
- Sousa, L. P. (2021). *Estudo de implantação de um projeto de um telhado verde em uma região semiárida com reutilização de águas e análise dos custos*. Monografia, Centro Universitário INTA – UNINTA, Engenharia Civil, Sobral – Ce.

Tassi, R., Tassinari, L. C. S., Picilli, D. G. A. & Persch, P. C. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, 14, 139-154.

Ulchak, G. C. G. L., Ayoub, J. P. & Oliveira, M. R. N. (2020). *Sustentabilidade na construção civil: Telhado verde e seus benefícios nas áreas urbanas*. Pascal.

Vijayaraghavan, K. & Raja, F. D. (2015). Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption. *Water Research*, 63, 94-101