

TELHADO VERDE ASSOCIADO AO REÚSO D'ÁGUA PLUVIAL: ESTUDO DE MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DAS CHUVAS ABUNDANTES E DE ESCASSEZ DE ÁGUA EM CENTROS URBANOS.

GREEN ROOF ASSOCIATED WITH RAINWATER REUSE: MITIGATION STUDY OF THE EFFECTS OF ABUNDANT RAIN AND WATER SCARCITY IN URBAN CENTERS.

Yago da Silva Barcaro*

Robson Mendonça Martins**

Ana Flávia Ramos Cruz***

Geraldo Furtado Neto****

RESUMO

Este artigo apresenta o uso do telhado verde em conjunto ao reúso d'água pluvial como solução para os problemas de chuvas abundantes em centros urbanos, como: enchentes, inundações fluviais, alagamentos, enxurradas. É importante ressaltar que esses problemas são causados principalmente pela alta impermeabilização dos solos nos centros urbanos que acaba por alterar o ciclo hidrológico regular da água. É possível perceber que ao aplicar os métodos de telhado verde junto ao reúso d'água pluvial há uma mitigação dos problemas citados anteriormente pelo fato de retardar o tempo que essa água será escoada aos leitos dos rios, e de gerar economia de água pelo fato de reutilizar a água da chuva para fins não potáveis.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Água. Telhado Verde. Reúso.

ABSTRACT

This article presents the use of the green roof together with the reuse of rainwater as a solution to the problems of abundant rainfall in urban centers, such as: floods, river inundations, flooding, floods. It is important to emphasize that these problems are mainly caused by the high impermeability of soils in urban centers, which ends up altering the regular hydrological cycle of water. It is possible to see that by applying the green roof methods with the reuse of rainwater there is a mitigation of the problems mentioned above by delaying the time that this water will be drained into river beds, and generating water savings due to the fact that reuse rainwater for non-potable purposes.

Keywords: Sustainability. Water. Green roof. Reused.

*Rede de Ensino Doctum-Unidade Cataguases - yago_barcaro_@hotmail.com - graduando em engenharia civil.

**Rede de Ensino Doctum-Unidade Cataguases - robsonmendoncamartins@gmail.com - graduando em engenharia civil .

***Rede de Ensino Doctum-Unidade Cataguases - ana.cruz@engenharia.ufjf.br - mestra em Ambiente Construído.

****Rede de Ensino Doctum-Unidade Cataguases - geraldofurtado@gmail.com - mestrando em Modelagem Computacional.

1 Introdução

A construção civil é uma atividade que em sua essência causa impactos no meio ambiente. Um problema recorrente de muitas cidades brasileiras está ligado às águas das chuvas, em especial nos centros urbanos, devido à insuficiente infraestrutura e a alta impermeabilização dos pavimentos asfálticos sobre os solos fazem com que as águas das chuvas não consigam penetrar a superfície asfáltica, causando diversos problemas como: enchentes, inundações fluviais, alagamentos, enxurradas e muitos outros problemas. Não sendo o bastante, outro problema que encontra-se ligado à gestão da água em centros urbanos é a escassez da mesma devido à alta demanda e a falta da mesma para tratamento e possível distribuição em períodos de pouca chuva como no verão por exemplo, isso se deve ao fato que a urbanização gera uma alta concentração de pessoas em um local onde não foi projetado para esse fim, com isso faz-se necessário obter da engenharia uma pronta resposta para reduzir o consumo d'água tratada por residências/pessoas e evitar que água pluvial escoe para os rios de forma súbita e por consequência venha causar inundações e demais problemas.

Devido a todos os problemas mencionados anteriormente, este artigo apresenta soluções para mitigar os efeitos indesejáveis que a água pode causar, seja por excesso nos períodos de fortes chuvas, seja pela redução de oferta nos períodos de pouca chuva. Para isso utilizar-se-á o telhado verde para amenizar a velocidade de escoamento das águas das chuvas para os leitos dos rios e com isso evitar as enchentes e demais problemas provindos da chuva abundante, e do sistema de reúso d'água pluvial para fins não potáveis para reduzir o uso de água tratada.

Para isso é necessário entender o funcionamento do conjunto para poder aplicá-lo nas construções e compatibilizá-los nos projetos. Há várias formas de mitigar os problemas de água em centros urbanos, este artigo irá abordar duas técnicas concomitantemente: aplicação de telhado verde e sistema de reúso d'água pluvial.

Para Jadovski (2005) a indústria da construção civil e todos os setores envolvidos no processo têm importância na missão de reduzir os impactos gerados, priorizando aumentar os níveis de sustentabilidade.

Jacobi (2003) explica que o tema sustentabilidade confronta-se com o paradigma da sociedade consumista, e isso implica na busca de alternativas ou

práticas sociais baseadas no fortalecimento do direito ao acesso à informação e educação ambiental.

A construção sustentável, segundo Plessis (2007), é alcançada quando o conceito de desenvolvimento sustentável for inserido em todo o ciclo de vida da construção. Sendo resultado de um processo multidisciplinar com o objetivo de restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído enquanto estabelece assentamentos que reafirmam a dignidade humana e encorajam a igualdade econômica.

- **Objetivos**

- O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade econômica e sustentável da implantação de um sistema de telhado verde e de captação, armazenamento e reúso de águas pluviais nas edificações da Avenida Astolfo Dutra, situada no centro de Cataguases-MG.

- **Objetivos Específicos**

- Caracterização do sistema de reúso de água pluvial e telhados verdes;
- Caracterização das edificações e drenagem urbana fluvial no centro de Cataguases-MG;
- Revisão bibliográfica de telhados verdes e sistemas de dimensionamento de captação de água de chuva.

1.1 Justificativa

A construção civil é o ramo que mais consome recursos naturais, degradam o meio ambiente, e geram desperdício. Dados do *Sustainable Building and Climate Initiative* (SBCI), entidade ligada ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a construção consome 25% da água doce em seus processos de produção e fabricação.

As enchentes, inundações, enxurradas e os alagamentos promovem a destruição da infraestrutura das cidades afetadas, perdas, propagação de doenças, geram desabrigados, feridos, mortos, etc. As inundações e demais problemas relacionados à vazão de águas pluviais e fluviais podem ter diversos fatores desencadeadores, como falta de planejamento de construções, desmatamento, infraestrutura precária e etc., porém neste artigo será abordado apenas os que são devido à: impermeabilização do solo urbano, construção inadequada de córregos e projetos ineficazes de captação da água pluvial. Todos esses aspectos favorecem

para que ocorram inundações em períodos de precipitação pluviométrica de grande intensidade.

Depois da grave crise hídrica de 2015 que afetou a população de São Paulo, os moradores do Distrito Federal (DF) também passaram pelo primeiro racionamento nos últimos 30 anos devido à falta de água nas principais bacias que abastecem a região. Por mais de um ano, os moradores da capital do país tiveram que se adaptar a um rodízio de dias sem água devido ao esgotamento dos reservatórios das principais bacias que abastecem a cidade. (Agência Brasil.2012).

"Mais de 70 milhões de brasileiros podem sofrer com falta de água até 2035". O tema pode soar controverso aos brasileiros pelo fato de termos a maior reserva terrestre de águas superficiais, além de duas das maiores áreas úmidas do mundo – o Pantanal Mato-Grossense e a Bacia Amazônica – e vastos reservatórios de água subterrânea, porém o recurso natural está distribuído de forma bastante desigual pelo território nacional e, sem investimentos em infraestrutura para garantir o abastecimento, 74 milhões de brasileiros podem sofrer com a falta d'água até 2035, estes dados foram obtidos pelo relatório temático "Água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil". O relatório destaca que, além da população e da biodiversidade, praticamente todas as atividades econômicas no Brasil dependem de água. A agricultura irrigada e a pecuária são os principais usuários dos recursos hídricos do país, consumindo, respectivamente, por volta de 750 mil e 125 mil litros de água por segundo, já a indústria usa mais de 180 mil litros de água por segundo (Exame.2019).

Diante dessas situações faz-se necessário repensar a forma de construir e de mitigar os danos causados ao meio ambiente, em especial ao uso e gestão da água. Aplicar técnicas e conceitos de sustentabilidade em construções é um passo para frear a forma convencional de se construir e garantir uma mudança de ideologia na sociedade para preservação do meio ambiente.

O uso do telhado verde tem contribuição social por mitigar os efeitos de inundações nos centros urbanos, pelo fato de reter água de chuva e retardar o tempo de devolução da mesma para os rios. Há também contribuição econômica com o reúso de água pluvial, uma vez que se reduz o consumo da água tratada.

Do ponto de vista ambiental a união dos sistema de reúso de água pluvial e telhado verde contribuem pra preservação do meio ambiente, pelo fato de preservar a água do planeta e gerar capacidade de estocar água pra momentos de pouca chuva, além de amenizar problemas de inundações.

2 Referencial teórico

2.1 Da importância e preocupação com o meio ambiente na engenharia civil

Segundo Veiga (2006) o desenvolvimento sustentável é um enigma a ser solucionado afirmando que o desenvolvimento sustentável é uma utopia para o

século XXI, apesar de defender a necessidade da busca por um novo paradigma científico que substitua os paradigmas da globalização.

Melo (2007) ressalta que o dilema do homem contemporâneo, em ter que atender a demanda e ao consumo decorrente do crescimento populacional, e o aumento da utilização de recursos naturais para atender a essas demandas. Nesse cenário, nos ecossistemas o ser humano passou a ser o maior predador, e contrariamente aos desejos ilimitados do homem, os recursos são limitados, e a capacidade de regeneração dos recursos renováveis não é permitida devida a alta escala de extração humana.

Diante disso, Melo (2007) afirma que o progresso da humanidade traz consigo o elevado custo ambiental, isto é, conforme a sociedade busca seu desenvolvimento ela está gerando a degradação dos recursos naturais e a poluição do meio ambiente, os quais estão ganhando dimensões preocupantes e alarmantes.

Melo (2007) diz ser possível perceber que com o desenvolvimento tecnológico ocorreram diversas mudanças no processo produtivo e como consequência se teve a transformação do meio ambiente, a contaminação de água, ar, solo, rios, destruição de florestas, influenciando diretamente no equilíbrio do planeta. Com o tempo essas transformações começaram a refletir diretamente na qualidade de vida das pessoas, iniciando a preocupação com o meio ambiente.

As principais preocupações são relacionadas aos impactos gerados ao meio ambiente advindo das práticas organizacionais, na qual as críticas fomentam alterações das políticas em prol de um modelo de desenvolvimento sustentável (Santos, 2007).

Nessa perspectiva, o objetivo das organizações, que até então era o lucro, é acrescido ao impacto que elas geram no ambiente que operam (Donaire, 1999).

Diferentes grupos de interesse (*stakeholders*¹), como governo, clientes e sociedade, começaram a atentar para responsabilidade ambiental e a exigir das empresas postura apropriada no que concerne ao meio ambiente (Weber, 1999).

Há fatores que motivam as organizações a adotarem uma conduta que priorize práticas responsáveis com o meio ambiente, como por exemplo, a diminuição de custos e substituição econômica de insumos, benefícios da imagem

¹Parceiros envolvidos na atuação da organização (colaboradores, acionistas, fornecedores, clientes, concorrentes, governo e etc.).

de uma organização limpa, as exigências de padrões ambientais devido à legislação vigente e a importância do consumidor consciente (os quais demandam produtos e serviços que priorizem cuidados com o meio ambiente) (Silva e Lima, 2013).

Nessa discussão sobre a necessidade da educação ambiental, Batista e Ramos (2011) enfatizam que para a formação de um profissional, é de suma importância a interação desse tema nos currículos acadêmicos, pois se compreende que a universidade é um espaço que possibilita a construção do conhecimento e deve ter o envolvimento direto nas questões ambientais.

Batista e Ramos (2011) dizem que diante dessa temática, faz-se necessária uma postura interdisciplinar nos cursos, com uma articulação entre ensino, pesquisa e extensão, de modo que as pessoas conheçam que o papel da universidade é formar profissionais críticos, com competência científica, técnica e social para enfrentar os problemas e desafios que são construídos pelo sistema capitalista.

Para Martins (2011) o ensino superior é responsável por desenvolver no indivíduo o senso crítico, possibilitando o conhecimento a nível global e a transformação deste em uma forma de agir local que venha contribuir com a adoção de práticas sustentáveis no mercado que o indivíduo esteja inserido. As instituições de ensino superior devem ser o universo em que são debatidas as teorias, sendo transformadas em idéias e atitudes para buscar soluções e atender as demandas da sociedade.

2.2 Da importância do reúso d'água pluvial

Segundo a organização Mundial de Saúde (OMS, 1999), o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais que o dobro das taxas de crescimento da população, e continua a crescer.

Reusar água é reaproveitá-la, isto ocorre na própria natureza, através do ciclo hidrológico ou através da ação humana, de forma controlada. O reúso planejado da água pode ser utilizado para fins potáveis ou não potáveis. O reaproveitamento não potável pode ser feito para atividades recreacionais, recarga de lençol freático, geração de energia, irrigação, reabilitação de corpos d'água e uso industrial (SABESP, 2008).

Diante de problemas de falta de água no Brasil faz-se necessário reduzir o consumo de água tratada, uma forma de mitigar este problema é reutilizar a água de chuva pra fins não potáveis. Isso é possível com sistemas de captação de água de chuva que consiste basicamente em captar a água da chuva de um telhado e drená-

la para um reservatório diferente do de água tratada e assim poder usar esta água pra fins não potáveis como em jardins, calçadas, cemitérios, combate a incêndios, lavagens de veículos e ruas e muitos outros fins que em que não necessitem de água tratada.

Segundo Carvalho Machione (2015), o índice pluviométrico trata-se de uma medida em milímetros, resultante da somatória de volume da precipitação de água (chuva, neve, granizo) em um determinado local, durante um determinado período de tempo analisado, geralmente mensal ou anual.

Carvalho Machione (2015) explica que a implantação do sistema de captação e armazenagem é constituído por telhado, dispositivo de coleta de água pluvial (calhas, tubos), capaz de coletar a água de chuva nos telhados das edificações, sendo transportada até uma filtração primária, para a remoção do particulado sólido de maior tamanho, como folhas, papéis e grânulos quaisquer, e após a filtragem a água pluvial é armazenada em recipientes próprios como cisternas ou caixas de água.

Pereira *et al.* (2008) dizem que os projeto de reúso de água pluvial devem conter os reservatórios na parte em nível da residência para posterior recalque (através de bombas elétricas automatizadas com sensores) ao reservatório na parte superior (laje ou nível acima do telhado) onde este servirá de reservatório de utilização pela residência e que é indispensável o uso de respiros (pra controle da pressão interna) e de vertedouros (pra situações de excesso de água nos reservatórios), e frisa a questão de não poder haver cruzamento de linhas de águas pluviais, tratadas e águas de esgotos.

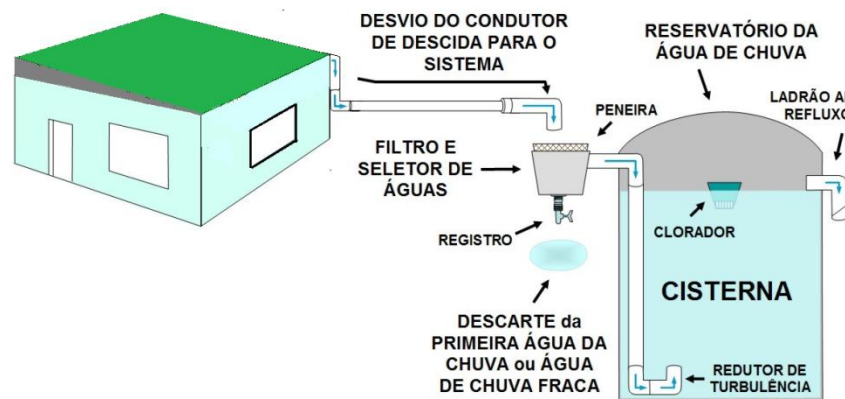
Pereira *et al.* (2008), ressaltam também que em locais onde é cobrado taxa por tratamento de esgoto, é gerada a economia referente a quantidade de água que não será usada da concessionária pelo fato de se usar a água captada pelo sistema pluvial.

Pereira *et al.* (2008) concluem que a economia varia de acordo com a metragem da área de captação e do volume de água consumido pela residência e pelo custo cobrado pela concessionária, mas que independente desses fatores a economia surgirá pelo fato de que o uso d'água é contínuo e no caso do seu projeto de 100 m² de telhado na cidade de Goiânia-GO houve uma economia de R\$ 455,22 anuais com um investimento de R\$ 3.584,44 onde o tempo de retorno foi de 7,87

anos, e que não é considerado somente o retorno financeiro mas também o retorno ambiental e a preservação do meio ambiente.

A composição básica do sistema de reúso d'água é exemplificado pela figura 01 onde é possível observar o trajeto da captação na seguinte ordem: canalização da água de chuva para a peneira e posteriormente ao filtro seletor de águas (há um registro para descarte da primeira água chuva que normalmente traz consigo sujeiras proveniente do telhado), cisterna com clorador e sistema de ladrão. É importante ressaltar que no mercado existem diversos produtos componentes do sistema exemplificado na figura 01, e que este artigo preza apenas na conceituação do sistema, sendo assim não aprofundará no detalhamento dos componentes.

Figura 01: Sistema de reúso d'água pluvial.



Fonte: Adaptado de acquanova (2018).

2.3 Características do sistema de reúso d'água pluvial

O sistema de reúso d'água pluvial tem a função de armazenar a água de chuva para posteriormente ser utilizada pra fins não potáveis, isso gera economia de água tratada cooperando economicamente e sustentavelmente. No caso deste trabalho onde está sendo associado o reúso d'água pluvial com o telhado verde o conjunto passa a se complementar pois a capacidade de retenção de água de chuva será ainda maior, uma vez que enquanto o telhado verde não estiver saturado, a água da chuva será recolhida por ele, e quando estiver saturado a água será drenada e armazenada nos reservatórios do sistema de reúso d'água pluvial.

Desta forma tem-se um sistema tecnicamente eficiente em amenizar inundações nas localidades onde se aplica este tipo de projeto, ressaltando que quanto maior o número de edificações com sistema telhado verde e reúso d'água pluvial maior será essa eficiência. Em contrapartida, para contribuir especificamente em determinados pontos como no caso da situação do estudo: centro de

Cataguases, onde o córrego inunda em momentos de intensas chuvas, seria mais eficiente que o projeto fosse realizado nas edificações localizadas nas regiões próximas ao córrego, pois a área de contribuição das edificações influenciaria sobremaneira na vazão da água de chuva que escoar pro córrego.

2.4 Da importância do telhado verde

Ferreira *et al.* (2007) destacam que os primeiros usos de telhado verde se deram na Babilônia onde se tem registros de vegetações acima das construções e que a idéia original era apenas estética, porém com o passar do tempo observou-se que havia contribuição para o conforto térmico e atualmente busca-se avaliar a capacidade de retenção de água nos telhados verdes. O anexo 04 demonstra as vantagens em comparação ao telhado convencional.

De acordo com Palla *et al.*(2008) uma alternativa para a redução do pico de vazão é a retenção na fonte, para a qual existem algumas tecnologias, dentre elas o telhado verde que é uma vegetação sobre edificações com drenagem e impermeabilização adequada e que o telhado verde retém uma parcela da água pluvial para o metabolismo das plantas, diminuindo o volume original de água que escoar dos telhados e vai para o sistema de drenagem, como também, retarda o tempo de pico do escoamento superficial.

"Coberturas verdes podem reter até 200 litros de água por metro quadrado e são apontados por especialistas como uma opção viável para cidades" e fala da angústia vivida pelos belo-horizontinos por causa da falta de estrutura somada às fortes chuvas: tiram vidas e geram prejuízos na capital mineira... poder público sempre coloca nas obras a solução das cheias que cercam todas as regionais da cidade. Em um mundo cada vez mais aberto às inovações, os telhados verdes aparecem como alternativa para drenar a água da chuva. (Estado de Minas.2020).

Durante e após fortes chuvas, os materiais de planta, substrato e a camada de drenagem projetada em um telhado verde podem absorver quantidades significativas de precipitação e escoamento de águas pluviais (Cantor, 2008).

Cantor (2008) ainda diz que a quantidade de água retida por um telhado verde é mensurável, e que a contribuição de vários telhados verdes gerariam um impacto na bacia de um sistema de drenagem de águas pluviais. Este impacto cumulativo está sendo modelado em uma série de cidades, incluindo *Winnipeg* (Canadá), Toronto (Canadá) e Washington DC (EUA).

Bureau of Environmental Services (2008 *apud* Cantor, 2008), diz que o telhado verde é uma camada de proteção à prova de água, sol e das variações de temperatura por mais de 36 anos, enquanto no telhado convencional a proteção é pouca e em decorrência da exposição de seus elementos a sua duração é menor do que 20 anos. Embora o custo inicial de um telhado verde seja maior do que um telhado convencional, ao longo do tempo o telhado verde prolonga sua vida útil, protegendo-o da exposição direta aos raios ultravioleta e outras radiações nocivas.

Segundo *National Roofing Contractors Association* (NRCA) em seu manual da *Green Roof Systems Manual* (2007), o telhado verde consiste de uma vegetação sobre a cobertura de edificações que recebem tratamento adequado de impermeabilização, barreira anti-raízes e drenagem, sendo possível aplicar este telhado em edificações usadas (com respectivos estudos prévios de suporte de cargas) e em projetos de edificações novas. É possível aplicar o telhado verde em telhados com inclinações, porém pra fins de telhados que armazenem água pluvial o indicado seria telhados planos (com a mínima inclinação pra drenagem da água).

Mediondo e Cunha (2004) demonstraram a capacidade de retenção de água do telhado verde através do balanço hídrico composto pela evapotranspiração, precipitação atmosférica, escoamento superficial, infiltração e escoamento subterrâneo pelo leito drenante e delimitado pela superfície impermeável, a laje. O autor mostrou que, considerando o substrato insaturado, em uma simulação de precipitação de 35,41 mm, a cobertura verde pode retardar o escoamento em até 13,91 mm, mostrando-se eficaz para a diminuição do escoamento superficial no pico de vazão.

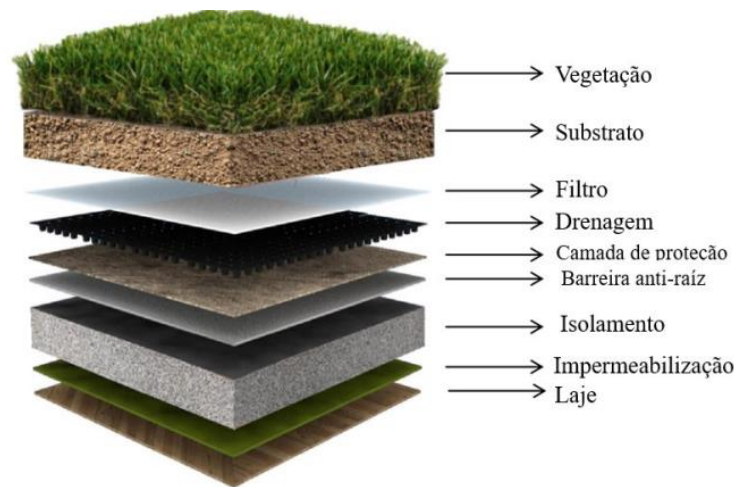
Moran, Hunt e Jennings (2003) concluíram que o telhado verde é capaz de exercer as funções de retenção de água de chuva e redução da vazão de pico. No período analisado, o telhado verde reteve os primeiros 15 mm de precipitação, e em média, foi capaz de reter 63% da precipitação. A redução do pico de vazão variou entre 78% e 87%.

Robertson *et al.* (2005) estimaram que a redução do escoamento superficial varia entre 40% e 80% em situações extremas de chuva e em condições normais, respectivamente.

Teemusk e Mander (2007) observaram valores que variam entre 70% a 90% de retenção de águas pluviais no verão, e entre 25% a 40% no inverno, fatores relacionados diretamente com a taxa de evapotranspiração.

As camadas que podem compor os telhados verdes podem variar de um fabricante pra outro, inclusive pode-se suprimir algumas camadas em algumas situações, a figura 02 exemplifica.

Figura 02: Composição do telhado verde.



Fonte: Adaptado de Vijayaraghavan (2016).

Seguem as descrições das camadas que compõe o telhado verde.

- **Vegetação**

As vegetações de acordo com Kibert (2008), são classificadas como extensivas e intensivas. Os sistemas extensivos possuem baixa manutenção, resistência à seca e exigem pouca ou nenhuma irrigação, adubação e manutenção. Já os sistemas intensivos são definidos por alta manutenção, pois é possível a criação de jardins com terraços e espelhos d'água, além de incluir gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores. Os sistemas intensivos são mais pesados do que os extensivos e requerem maior investimento e manutenção.

- **Substrato**

Os substratos têm uma variedade de opções, mas é essencial projetá-los de acordo a suprir necessidades das plantas em absorver a umidade e nutrientes necessários, Snodgrass e McIntyre (2010) sugerem utilizar partículas de granulometria maior do que as areias, silte e argila que compõem o solo.

Para Friedrich (2005) os substratos necessitam possuir as seguintes qualidades: boa drenagem; aeração e consistência; estrutura que lhe permite reter a água para a absorção pelas plantas, capacidade de tornar acessível aos nutrientes de plantas e raízes através da capacidade de troca de cátions, resistência à

decomposição e compressão, peso leve, e estabilidade física e química (*apud* Snodgrass e McIntyre, 2010).

- **Filtros**

Segundo Alberto, Eduardo Zarzur *et al.* (2012) os filtros tem a função de reter as partículas orgânicas que seriam levadas pela água da chuva.

- **Drenagem**

Para Heneine (2008) a drenagem da água da chuva dá vazão ao acúmulo de água, além de servir como filtro separando os poluentes. Esta camada pode ser constituída de diversos matérias como de brita, seixos e argila expandida.

- **Camadas de retenção**

As camadas de retenção de água são descritas por Cantor (2008) como alternativa, ela pode ser de fôrmas de plástico, em formato de copos, com reentrâncias na superfície superior para captar/reter a água. Assim aumentando a capacidade natural de retenção da água do telhado verde. A água armazenada nesta camada é absorvida pelas plantas e ainda ajuda a manter o substrato úmido.

- **Barreira anti-raiz**

Segundo Cantor (2008) para as barreiras anti-raízes são utilizadas membranas termoplásticas, embora em algumas montagens utilize-se uma membrana de cobre e produtos químicos retardadores de raiz.

- **Isolamento**

Dependendo da localidade a ser construído o telhado verde poderá ser usada a camada isolante que Cantor (2008) diz ter função de limitar o ganho ou perda de calor. Sua utilização torna-se apropriada em regiões muito frias, onde é necessário conservar o calor nas edificações. É preciso que este tipo de isolamento tenha a característica de leveza e possua resistência à compressão, de modo que não sofra esmagamento pelo peso dos materiais das camadas posteriores. O material mais utilizado, neste caso, é o poliestireno expandido.

- **Impermeabilização**

A camada de impermeabilização mais usada segundo Snodgrass e McIntyre (2010) é a manta asfáltica. A *National Roofing Contractors Association* (NRCA) recomenda, dentre outras, uma membrana isolante para telhado verde, composta por uma camada com 5,4 mm de espessura mínima com tecido entrelaçado reforçado, uma camada de asfalto quente e uma camada de manta asfáltica.

- **Laje/Pavimento**

As lajes/pavimentos que vão receber o telhado verde são geralmente de concreto armado ou de concreto pré-fabricado, deve-se atentar para a capacidade de resistência dos pavimentos para suportar a carga advinda dos telhados verdes.

- **Características dos telhados verdes**

Os telhados verdes são conhecidos por vários benefícios, geralmente o que se leva a utilizá-los é o conforto térmico e acústico trazido frente aos telhados tradicionais, porém um ponto pouco discutido mas que pode impactar de forma significativa é o fato de o telhado verde ser um "retardador" de vazão de água, explica-se: ao percolar a vegetação e o substrato a água da chuva leva um tempo determinado, que coopera para a redução de vazão dessa água para os rios, ou seja, a edificação com telhado verde irá contribuir retardando a devolução da água de chuva ao rio. Com essa definição conclui-se que quanto maior for a quantidade de edificações com telhado verde maior será a contribuição para reduzir a vazão de água de chuva pros rios em momentos de forte chuva.

Durante e após fortes chuvas, os materiais de planta, substrato e a camada de drenagem projetada em um telhado verde podem absorver quantidades significativas de precipitação e escoamento de águas pluviais (Cantor, 2008).

Essa sistemática encontra algumas particularidades, porém é possível medir de forma teórica a diferença que o telhado verde apresenta em relação aos telhados convencionais.

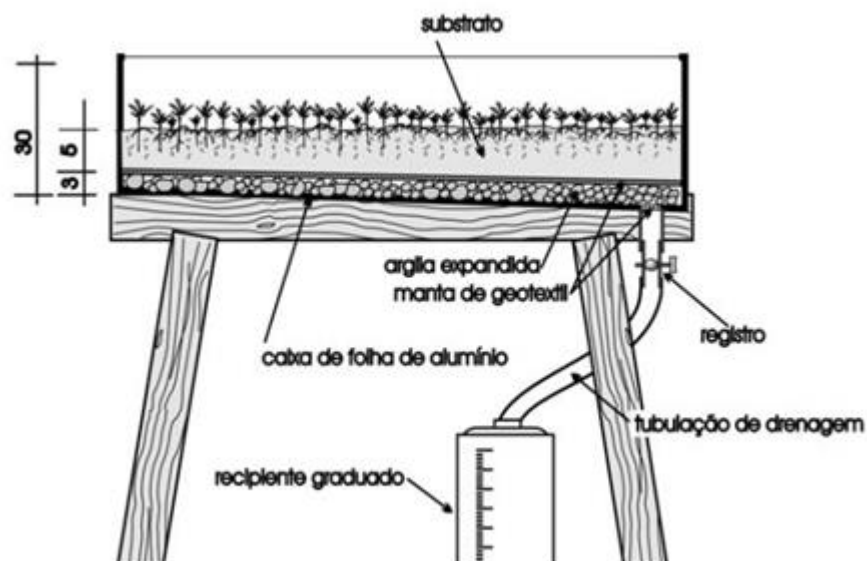
No tocante ao sistema de reúso d'água pluvial, é comum ser instalado em edificações no intuito de armazenar a água de chuva pra posterior uso em situações onde não se exige água tratada, porém ao relacionar esse sistema com o telhado verde passa-se a ter uma função conjunta: quando o telhado verde estiver saturado de água e não puder reter o excesso de água de chuva, o sistema drenará o excedente de água para o sistema de reúso de água pluvial, descritas no referencial teórico, e dessa forma o único limite de reserva de água pluvial será a capacidade do reservatório de reúso d'água pluvial em cada edificação.

Com essas informações o próximo passo será quantificar a diferença de retenção de água entre um telhado convencional (cerâmico), telhado impermeabilizado e o telhado verde, para isso será tomado como base o projeto da dissertação realizada por Silvia Maria Nogueira Baldessar: "telhado verde e sua

contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada", como parâmetro da quantificação de água retida pelo telhado verde. Este projeto foi realizado no bairro de Vila Isabel, em Curitiba, estado do Paraná, entre os dias 26 de novembro de 2011 e 27 de fevereiro de 2012.

Segundo Baldessar (2012) foram construídos três recipientes em chapas de alumínio com espessura 0,4 mm devidamente vedados, com 1 m² cada, confeccionados com diferentes materiais com intuito de simular o telhado verde, telhado impermeabilizado, e telhado de cerâmica, todos apoiados sobre suporte de madeira como ilustra a figura 03:

Figura 03: Representação do projeto.



Fonte: Adaptado de Baldessar (2012).

A figura 04 ilustra o projeto realizado.

Figura 04: Projeto realizado.



Fonte: Adaptado de Baldessar (2012).

As medições de vazão foram feitas em horários fixos de 21hs às 22hs. Foram considerados os dados de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e registrados na quadro 01 referente ao mês de novembro, e nos anexos

01, 02 e 03 referentes aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro respectivamente (disponíveis após as referências).

Quadro 01: Comparação dos valores registrados em mm/dia dos 3 telhados.

Novembro de 2011		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
22/11/2011	5,4	chuva intensa sobre substrato saturado		
23/11/2011	0,0	substrato saturado de umidade		
24/11/2011	0,0			
25/11/2011	0,2			
26/11/2011	4,0	5,35	3,70	0,26
27/11/2011	0,2	0,00	0,00	0,00
28/11/2011	0,4	0,22	0,00	0,00
29/11/2011	0,0	1,00	0,00	0,00
30/11/2011	5,4	1,65	0,02	0,00

Fonte: adaptado de Baldessar (2012).

Dos dados obtidos do quadro 01 e dos anexos 01, 02 e 03 constata-se no período analisado (94 dias no total), que dos 325 litros de precipitação, 32% foram escoadas pelo telhado verde e 96% pelo telhado convencional (cerâmico), já o telhado impermeabilizado não retém água, por isso o volume de água captado do recipiente graduado é mais próximo da precipitação indicada pelo INMET, e que a diferença constatada se deve à evapotranspiração, que é um fenômeno natural do ciclo hidrológico, onde a água evapora da superfície terrestre em função do calor. Outro ponto importante é que o telhado impermeabilizado serviu como pluviômetro de aferição aos índices pluviométricos do INMET, pelo fato de ser um recipiente padronizado e com medição graduada. O quadro 02 resume a quantidade de água retida em cada tipo de telhado.

Quadro 02: Total de água escoada nos meses analisados.

TOTALIZAÇÃO DE ÁGUA ESCOADA - EXPERIMENTO				
Água escoada mm				
Período	laje impermeável medido	telhado de barro medido	telhado verde medido	TOTAIS
nov/11	8,2	3,7	0,3	total mensal (em mm)
dez/11	109,8	85,1	29,1	
jan/12	78,7	61,2	21,3	
fev/12	128,3	101,2	49,0	
	325,0	251,2	99,6	total geral (em mm)
	100,0	77,3	30,7	total geral (em %)

Fonte: Adaptado de Baldessar (2012).

2.5 Associação de telhado verde e sistema de captação d'água pluvial

Ferreira *et al.* (2007) ressaltam que a melhor eficiência conjunta do sistema de telhado verde e sistema de aproveitamento de água de chuva, ficam restritas à eventos chuvosos ocorridos somente após longos períodos de estiagem, pelo fato de que no início de chuva toda a água é absorvida pelo telhado verde e somente após haver a saturação do substrato que será iniciado o armazenamento da água de chuva pelo sistema de reúso.

Bastos *et al.* (2020) ressaltam que é importante a construção civil amenizar os prejuízos causados pelas construções ao meio ambiente e que a difusão do telhado verde com o sistema de reúso d'água pluvial deve ser constante no mercado, tanto pelo âmbito dos construtores, engenheiros civis, quanto pelo âmbito governamental e sociedade.

Bertoldi (2017) diz que a implantação da cobertura verde com captação d'água pluvial é vantajosa devido ao o equilíbrio térmico interno, a redução dos efeitos de ilhas de calor e do escoamento superficial, e aproveitamento da água da chuva.

Simoneli (2015) diz que o telhado verde e reúso d'água possibilita uma perceptível economia de água potável, aumento no conforto térmico da edificação e tempo de retorno financeiro relativamente curto, dessa forma diz ser viável a instalação da cobertura verde com um sistema de aproveitamento de água pluvial, tanto do ponto de vista financeiro, quanto do ponto de vista sustentável.

Oliveira (2009) demonstra como o conjunto telhado verde e reúso d'água funcionam na prática, observa-se na figura 05 que foi usado um reservatório de irrigação que servirá pra irrigar a vegetação em épocas de pouca chuva. Salienta-se que os reservatórios da figura são abertos e postos sobre o solo, mas que no

mercado já existem diversos modelos de reservatórios como cisternas, caixas modulares, caixas de água convencionais e outros.

Figura 05: Sistema de telhado verde e reúso d'água.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2009).

3 Metodologia

3.1 Delineamento da pesquisa

Este artigo é um estudo de caso no município de Cataguases-MG, onde buscou-se avaliar a viabilidade de implantação de telhados verdes em associação ao sistema de armazenamento de água pluvial para melhoria dos problemas de escoamento superficial e inundações no centro município.

Para o desenvolvimento foi escolhido um trecho de 374m de extensão na Av. Astolfo Dutra na cidade de Cataguases-MG, onde caracterizou-se as edificações construídas e os tipos de coberturas, foi quantificado a redução de água de chuva escoada pro córrego da respectiva avenida e a capacidade de reservação da água de chuva com o uso de telhado verde e sistema de captação, armazenamento e reúso d'água pluvial. A pesquisa contou com os dados comparativos de taxa de escoamento dos três tipos de sistemas de cobertura obtidos pela pesquisa bibliográfica (Quadro 01).

3.2 Plano de coleta e interpretação de dados

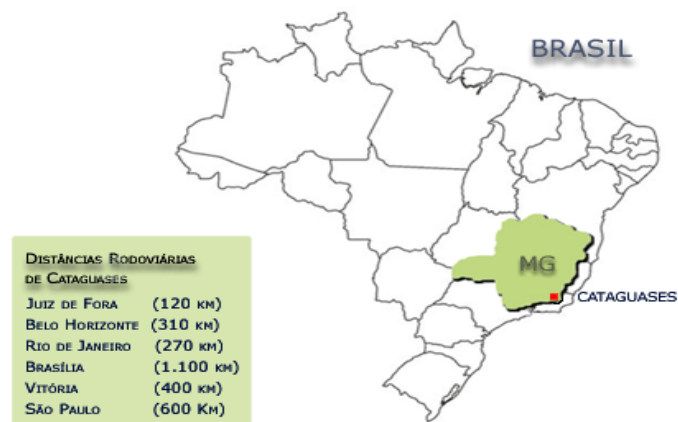
Feita a revisão bibliográfica os próximos passos consistem em caracterizar o município do estudo de caso e seus problemas de drenagem urbana, além de definir a região estudada no município e o procedimento de implantação do sistema de telhados verdes e captação e reúso d'água pluvial na região estudada.

a) Caracterização do município do estudo de caso e de seus problemas de drenagem urbana

A cidade de Cataguases está localizada na zona da mata mineira, na região sudeste brasileira, distante aproximadamente 270 km do Rio de Janeiro e 310 km da capital mineira, Belo Horizonte.

Segundo o IBGE a cidade de Cataguases tem 491,7 km² de área territorial, integra a bacia do rio Paraíba do Sul, sendo banhado pelo rio Pomba e seu afluente ribeirão Meia Pataca, sua população foi estimada em 75.540 mil habitantes (IBGE, 2020), a figura 06 situa a cidade:

Figura 06: Localização de Cataguases.



Fonte: Leandro MD. (2012).

No tocante ao sistema de drenagem urbana a cidade apresenta problemas de inundações em períodos de muita chuva, principalmente na área central da cidade, onde há um córrego de água fluvial que deságua no rio Pomba, que em momentos de chuva intensa não dá vazão e transborda para as ruas ao redor causando prejuízos financeiros aos comerciantes locais e riscos de acidentes para as pessoas que ali se encontram, as figuras 07 e 08 ilustram.

Figura 07: Av. Astolfo Dutra pós chuva.



Fonte: Lopes (2018).

Figura 08: Av. Astolfo Dutra pós chuva.



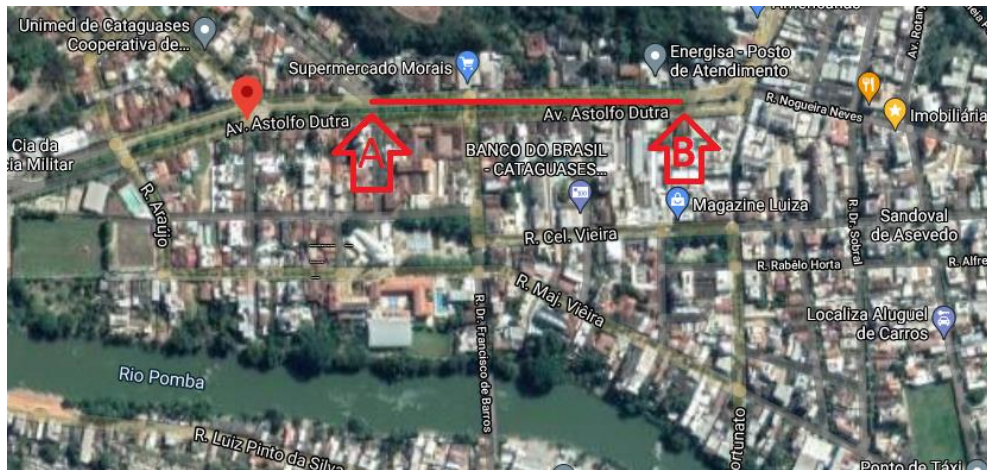
Fonte: Lopes (2018).

Esta pesquisa considerou o trecho da Av. Astolfo Dutra, que conforme as figuras 07 e 08 demonstram os impactos dos problemas de drenagem urbana no município nos momentos de forte chuva.

b) A região estudada e o procedimento de implantação do sistema de telhado verde e reúso d'água pluvial.

Devido à extensão do córrego ser grande, foi considerada apenas o trecho entre da Av. Astolfo Dutra (Ponto A ao B) com aproximadamente 374m de extensão, como segue na figura 09.

Figura 09: trajeto do córrego na Av. Astolfo Dutra, Cataguases-MG.



Fonte: Google Earth adaptado (2021).

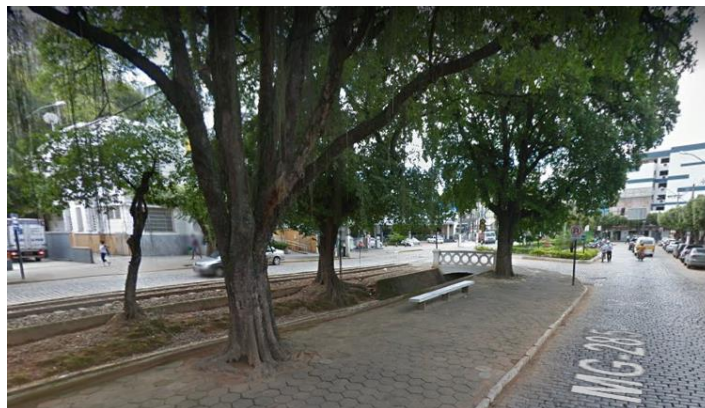
As figuras 10 e 11, representam na respectiva ordem o início e o fim do trajeto de estudo mencionado na figura 09.

Figura 10: Início do trajeto de estudo (Ponto A).



Fonte: Google Maps adaptado (2021).

Figura 11: Final do trajeto de estudo (Ponto B).



Fonte: Google Maps adaptado (2021).

- **Características das edificações do estudo de caso.**

A maioria das edificações de Cataguases são de telhado cerâmico, fibrocimento, galvanizado ou laje de concreto aparente, isso se deve à cultura de

construir com esses materiais, e pelo motivo do mercado ter facilidade de venda para esses materiais.

- **Descrição dos cálculos**

Os cálculos mencionados no tópico 4 são descritos abaixo pelas equações:

$$\text{Volume de precipitação} = \frac{\text{mm} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2} * \text{área} \quad \text{Eq. 01}$$

Ao realizar a expressão matemática deve-se atentar que na prática basta multiplicar a incógnita "área" pela incógnita "mm" e dar a unidade de Litros ao resultado.

$$\text{Volume de precipitação} = \frac{\text{mm} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^2} * \text{área} * 70\% \quad \text{Eq. 02}$$

A constante "70%" advém da porcentagem de eficiência do telhado verde mencionados pelos autores no referencial teórico.

4 Resultados e discussões

Como mencionado na figura 09, a região de estudo foi limitada ao trecho da Av. Astolfo Dutra com aproximadamente 374 m de extensão, e foi considerada uma área de contribuição de chuva exemplificada na figura 12. As edificações dessa área de contribuição foram numeradas e plotadas para o Auto-CAD (software de desenho assistido por computador) por coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), posteriormente mensuradas as áreas dos telhados das edificações e área de contribuição (poligonal amarela conforme figura 12), com o intuito de obter a área total de telhado da área de contribuição estudada.

Figura 12: Planta de situação da área estudada.



Fonte: Os autores (2021).

Observa-se pela figura 12 e pelo anexo 06 que os telhados são predominantemente de cores laranja e cinza, que seriam respectivamente de telhados fabricados em cerâmica e possivelmente de telhas galvanizadas, telhas de fibrocimento ou lajes de concreto. O quadro 01 demonstra que cada tipo de telhado tem uma determinada capacidade de reter água e que o telhado impermeável é a que menos retém água ao passo que o telhado verde retém boa parte da água de chuva. Baseado nesse princípio o estudo seguirá com a hipótese que os telhados da região de estudo são todos de telhados impermeáveis, que seria a pior situação no sentido de reter água de chuva, será desconsiderada a evapotranspiração e não será considerada a absorção de água pela pavimentação que no caso é de bloco intertravado, foi convencionado desconsiderar essas variáveis para que se possa mensurar a eficácia do sistema de telhado verde e reúso d'água pluvial isoladamente. Será feito um comparativo de quanto será retido/reservado de água caso as edificações da região de estudo utilizarem telhado verde e sistema de reúso d'água pluvial.

Através da numeração da figura 12 é possível obter a área dos telhados das edificações da área de estudo como é exemplificado no anexo 05. O somatório das áreas dos telhados equivalem à aproximadamente 30.906,78 m². Os dados de precipitação para a cidade de Cataguases entre 1961 e 1979 são de 1.235 mm anuais segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) conforme a quadro 03.

Quadro 03: Precipitação no município de Cataguases-MG.

Município: Cataguases-MG	
Latitude: 21,58 S Longitude: 42,68 W Altitude: 168m Período: 1961-1979	
Mês	Pluviosidade (mm)
Jan	241
Fev	187
Mar	127
Abr	56
mai	29
Jun	11
Jul	22
Ago	15
Set	48
Out	99
Nov	197
Dez	203
Totais	1.235
Médias	103

Fonte: Adaptado de Embrapa (1961-1979).

Seguindo o experimento de Baldessar, em conformidade com os autores mencionados neste artigo e conforme quadro 02, o total retido de água pelo telhado verde é de aproximadamente 70% do volume de água de chuva. Ressalta-se que as variáveis do experimento são os tipos de telhados, a saber: telhado verde, impermeável e cerâmico, as precipitações da região de estudo.

Será considerada a precipitação anual que servirá de base pra calcular o quanto de água será possível armazenar pra posterior reuso pelas edificações pra fins não potáveis e uma hipótese de forte chuva num prazo curto de tempo que servirá de base pra calcular o quanto de água será retida pelos telhados verde e consequentemente retirado do escoamento superficial, de forma a amenizar as inundações no córrego da área de estudo. Para isso será utilizada a área total do anexo 05, que é de 30.906,78 m² e a precipitação anual conforme a quadro 03 de 1.235 mm anuais.

O mês que tem maior precipitação em Cataguases é o de janeiro como indica a quadro 03, onde a média é de 241 mm. A média diária nesse mês seria de aproximadamente 8mm diários, sabe-se que a média não representa a realidade de precipitação de forma eficiente pois em alguns dias chove mais intensamente que em outros, desta forma o estudo irá considerar uma precipitação superdimensionada de 25 mm em 1 hora (simulando uma chuva forte) que provavelmente ocasionaria inundação no córrego da área de estudo.

Com os dados de precipitação diária e anual, área das edificações e valor médio de retenção de água pelo telhado verde de 70%, serão efetuado os cálculos de retenção e armazenamento de água nos telhados verdes e sistema de reuso d'água pluvial da área de estudo.

Tem-se anualmente os 1.235 mm de precipitação que correspondem à 1.235 Litros/m² de água e área de estudo da região de 94.767,082 m². Ao multiplicar o volume de precipitação de 1.235 Litros/m² pela área da região de estudo de 94.767,082 m², (conforme Eq. 01) obtém-se um volume de aproximadamente 117.037.346,3 litros de água de chuva na região de estudo. Já sobre os telhados o volume de água captada é obtida pela Eq. 01 onde se multiplica o volume de precipitação de 1.235 Litros/m² pela área dos telhados da região de estudo (30.906,78 m²) que dão 38.169.873,3 litros de água de chuva, esse valor é o quanto de água o sistema de telhado verde e reuso d'água poderão armazenar durante um ano. O volume de litros de água de chuva precipitada anualmente sobre os telhados

foi considerado para demonstrar a capacidade de reservação das edificações, esta suposição se limita à capacidade real que as edificações tem de armazenar a água em reservatórios, ou seja, na realidade será armazenado um volume tal que a edificação disponha através do reservatório de reúso d'água pluvial.

Quanto à capacidade de mitigar as inundações o cálculo depende da precipitação diária instantânea (considerada de 25 mm em 1 hora), pois é esta precipitação que influencia sobre o escoamento de água para o córrego num determinado momento de pico de chuva. Sabe-se que os 25 mm correspondem à 25 litros/m² de água e que ao multiplicar o volume de 25 litros/m² pela área de estudo (94.767,082 m²) tem-se um volume de 2.369.177,05 litros de chuva na região de estudo (conforme Eq. 01).

Segundo a Eq. 02, ao multiplicar-se o volume de 25 litros/m² pela área de telhado verde (30.906,78m²) e pela porcentagem de eficiência do telhado verde (70%) tem-se um volume de 540.868,65 litros de água retida apenas nos telhados verdes e os outros 30% restantes (231.800,85 litros) serão drenados para o sistema de reúso. No total serão 772.669,5 litros de água que deixarão de escoar para o córrego da área de estudo no momento de pico de chuva.

Resumindo, o volume de água precipitada na área da região de estudo (2.369.177,05 litros) subtraída do volume captado pelos telhados verdes e sistema de reúso de água (772.669,5 litros), dão uma diferença de 1.596.507,55 litros, ou seja, na hipótese sem o telhado verde e sistema de reúso o córrego receberia 2.369.177,05 litros de água no momento de pico de chuva e na hipótese com telhado verde e reúso de água o córrego receberia 1.596.507,55 litros de água de chuva, essa redução de água escoada para o córrego corresponde aproximadamente à 33%. Salienta-se que estes cálculos consideraram a pior situação possível quanto aos tipos de telhados, pois foi considerado que todos os telhados do estudo são de telhas galvanizadas (praticamente impermeáveis) e que se fossem consideradas as telhas de cerâmica essa retenção de água seria um pouco maior, outro ponto que não foi considerado é a capacidade de drenagem pluvial da cidade o que seria ainda mais benéfico se entra-se no cálculo, pois a drenagem pluvial da cidade também contribui para a redução de água escoada para o córrego, porém este artigo se limitou a avaliar a eficiência dos telhados verdes e sistema de reúso d'água pluvial isoladamente.

5 Considerações finais

Conclui-se que existe viabilidade sustentável e social para implantação do sistema de telhado verde e reúso de água pluvial pelo fato de contribuir para a redução de no mínimo 33% de água escoada para o córrego da Av. Astolfo Dutra em uma situação hipotética de 25 mm de precipitação em 1 hora, que é considerada uma chuva forte e assim podendo estender o tempo em que o córrego leva pra transbordar e em alguns casos onde a chuva for de menor intensidade ou em maior tempo de decorrência poderá não ocorrer o transbordo do córrego.

É importante lembrar que o estudo foi feito considerando as piores situações hipotéticas, como exemplo, as ruas da área de estudo são todas praticamente de blocos inter-travados e conseqüentemente permitem uma certa percolação de água de chuva e isso se considerado no cálculo reduziria ainda mais a quantidade de água escoada pro córrego. Outro ponto não considerado é a drenagem pluvial da cidade que capta boa parte da água de chuva e também se estivesse no cálculo ajudaria a reduzir o volume de água que iria pro córrego. Todas essas variáveis foram desconsideradas pra realçar a eficiência do conjunto de telhado verde e reúso d'água pluvial.

Salienta-se também que a viabilidade do sistema vai além do fato de reduzir o escoamento de chuva para o córrego, pois também reserva a água de chuva pra uso não potável pra posterior uso, gerando economia de água potável e podendo economizar com taxa de esgoto em locais onde seja cobrado pelo serviço, desta forma a economia gerada é ainda maior. Seriam 38.169.873,3 litros de água que poderiam ser armazenados durante um ano pelas edificações.

Outro ponto importante é o fato do telhado verde ser isolante térmico, fazendo com que a necessidade de se usar ventiladores e ares-condicionados seja reduzido, e assim gera-se economia de energia elétrica e cooperação com a sustentabilidade.

Referências

Acquanova. **Sistema de reaproveitamento de água da chuva pode ser obrigatório.** Disponível em:< <http://www.acquanova.com.br/sistema-de-reaproveitamento-de-agua-da-chuva-pode-ser-obrigatorio/> >. Acesso em junho. 2021

ALBERTO, Eduardo Zarzur et al. **ESTUDO DO TELHADO VERDE NAS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.** 2012.

BALDESSAR, Sílvia MN. ***Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.*** UFPR, PPGE. Curitiba, 2012.

BASTOS, Camila Ribeiro Da Silva et al. **Uma análise e proposta de implantação de telhado verde e reaproveitamento de água da chuva para uma residência de luxo na região metropolitana de Belo Horizonte.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 18961-18996, 2020.

BERTOLDI, Daiane et al. **Estudo de implantação de cobertura verde associada à captação de águas pluviais.** 2017.

CANTOR, Steven L. ***Green Roofs in Sustainable Landscape Design.*** W.W. Norton & Company, New York – London, 2008.

DA SILVA BATISTA, Maria do Socorro; RAMOS, Maria da Conceição Pereira. **DESAFIOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO SUPERIOR–DAS POLÍTICAS ÀS PRÁTICAS NO BRASIL E EM PORTUGAL.** Disponível em : <<https://anpae.org.br/simposio2011/cdrom2011/PDFs/trabalhosCompletos/comunicacoesRelatos/0356.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

DE CARVALHO MACHIONE, Eduardo; LOPES, Marco Antonio. ***Análise da viabilidade econômico-ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em construções de 100m² de cobertura no município de Colina-SP.*** Unimontes Científica, v. 17, n. 1, p. 03-17, 2015.

Débora Brito. ***A água no Brasil: da abundância à escassez.*** Agência Brasil. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>>. Acesso em: 12 maio de 2021.

DONAIRE, Denis. ***Gestão Ambiental na Empresa, 2. Ed.*** São Paulo. Editora Atlas, 1999.

DU PLESSIS, Marina. O papel da gestão do conhecimento na inovação. *Journal of Knowledge Management* , 2007.

Elton Alisson. **Mais de 70 milhões de brasileiros podem sofrer com falta de água até 2035. Exame.** Disponível em: <<https://exame.com/brasil/mais-de-70-milhoes-de-brasileiros-podem-sofrer-com-falta-de-agua-ate-2035/>>. Acesso em: 12 maio de 2021.

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis.** Encontro nacional, v. 4, p. 1027-1036, 2007.

Gabriel Ronan, Telhados verdes: saiba como eles podem amenizar impactos das chuvas. Estado de Minas. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/03/09/interna_gerais,1127124/telhados-verdes-saiba-como-eles-podem-amenizar-impactos-das-chuvas.shtml> Acesso em 10 de junho 2021.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

HENEINE, M. C. A. S. Cobertura Verde. 2008. 49 f. **Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2008.

JACOBI, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** Cadernos de pesquisa, n. 118, p. 189-206, 2003.

JADOVSKI, Iuri. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição.** 2005.

KIBERT, Nicole C.; KIBERT, Charles J. ***Sustainable development and the US Green Building Movement-Profitable Development Projects can be good for the planet, too. Prob. & Prop.***, v. 22, p. 21, 2008.

Leandro MD. **Cataguases é um buraco!**(2012). Disponível em: <<http://leandromd.blogspot.com/2012/11/cataguases-e-um-buraco.html>>. Acesso em junho. 2021.

LOPES, M. **Apesar de intensa, chuva ainda não provocou estragos em Cataguases.** (2018). Disponível em: <<https://www.marcelolopes.jor.br/noticia/detalhe/22788/apesar-de-intensa-chuva-ainda-nao-provocou-estragos-em-cataguases>> Acesso em junho. 2021.

MARTINS, Leidiane Maria S. **Educação ambiental-uma perspectiva transdisciplinar no ensino superior.** MII SEAT–Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade UFG/IESA/NUPEAT-Goiânia, 2011.

MELO, N. G. **Os limitantes imanentes ao conceito de meio ambiente como bem de uso comum do povo.** Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestrado do Programa de Pós Graduação em Direito da Fundação Universidade de Caxias do Sul, 2007.

MENDIONDO, Eduardo Mario. **EXPERIMENTO HIDROLÓGICO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA USANDO COBERTURAS VERDES LEVES (CVL):** Processo FAPESP: 03/06580-7.

MORAN, Amy; HUNT, Bill; JENNINGS, Greg. **A North Carolina field study to evaluate greenroof runoff quantity, runoff quality, and plant growth.** In: World Water & Environmental Resources Congress 2003. 2003. p. 1-10.

NRCA - National Roofing Contractors Association (EUA) - **NRCA Green Roof Systems Manual (2007).** Disponível em: <<https://www.nrca.net/>>. Acesso em : 12 de maio de 2021.

OLIVEIRA, EWN de; SILVA, L. P.; MARY, Wellington. **Telhados verdes em habitações de interesse social e retenção das águas pluviais para drenagem**

urbana sustentável. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, 2009.

PALLA, A.; BERRETTA, C.; LANZA, L. G.; BARBERA, P. La. 2008. **Modelling storm water control operated by green roofs at the urban catchment scale.** University of Genoa – Italy, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

PEREIRA, R. P.; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura.** Recuperado em, v. 10, 2008.

ROBERTSON, S. et al. **Stanford University's Green Dorm Water System Management Project.** 2005.

RODRIGUES, William Costa et al. **Metodologia científica.** Faetec/IST. Paracambi, p. 2, 2007.

SANTOS, M. O. **Responsabilidade ambiental nas organizações. A Busca Pelo Diferencial Competitivo.** R. Cairu, 2007.

SELLTIZ, Claire et al. **Coleta de dados: questionários e entrevistas.** IN_. Métodos de, 1967.

SILVA, Danielly Ferreira; DA COSTA LIMA, Gustavo Ferreira. Empresas e meio ambiente: contribuições da legislação ambiental. **INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar**, v. 10, n. 2, p. 334-359, 2013.

SIMONELI, Gustavo Forastiere. **Estudo da viabilidade da instalação de um telhado verde acoplado a um sistema de captação de águas pluviais no bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SNODGRASS, Edmund C.; MCINTYRE, Linda. ***The green roof manual: a professional guide to design, installation, and maintenance***. Timber Press, 2010.

STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. ***Noções básicas de técnicas de pesquisa qualitativa***. Thousand Oaks, CA: Publicações Sage, 1998.

TEEMUSK, Alar; MANDER, Ülo. Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events. *Ecological engineering*, v. 30, n. 3, p. 271-277, 2007.

VEIGA, José Eli da. **Neodesenvolvimentismo: quinze anos de gestação**. *São Paulo perspect*, p. 83-94, 2006.

WEBER, P. S. **A Gestão Ambiental na Empresa**. *Revista Sanare*, v. 12, 1999.

Anexos

Anexo 01.

Dezembro de 2011		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
01/12/2011	10,6	0,00	0,00	0,00
02/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
03/12/2011	1,0	2,78	0,00	0,00
04/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
05/12/2011	1,0	0,88	0,00	0,00
06/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
07/12/2011	1,2	1,55	0,00	0,00
08/12/2011	7,4	10,50	6,50	0,00
09/12/2011	32,0	38,75	37,40	21,85
10/12/2011	2,0	0,68	0,53	0,25
11/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
12/12/2011	2,0	0,33	0,00	0,00
13/12/2011	1,2	3,75	1,35	0,00
14/12/2011	2,8	8,30	5,53	0,05
15/12/2011	6,6	0,00	0,00	0,00
16/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
17/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
18/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
19/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
20/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
21/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
22/12/2011	0,2	1,32	0,10	0,00
23/12/2011	0,0	3,67	1,37	0,00
24/12/2011	17,2	10,45	7,30	0,00
25/12/2011	6,8	0,10	0,00	0,00
26/12/2011	2,0	1,95	1,61	0,67
27/12/2011	1,0	0,00	0,00	0,00
28/12/2011	1,0	7,87	7,50	2,65
29/12/2011	1,0	1,90	1,80	0,40
30/12/2011	0,6	1,20	1,10	0,20
31/12/2011	7,2	13,80	13,00	3,00

Fonte: Baldessar (2012).

Anexo 02.

Janeiro de 2012		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
01/01/2012	1,6	3,10	2,90	0,70
02/01/2012	0,8	1,50	1,40	0,30
03/01/2012	0,6	0,00	0,00	0,00
04/01/2012	0,4	0,00	0,00	0,00
05/01/2012	0,4	0,00	0,00	0,00
06/01/2012	1,0	5,40	1,50	0,00
07/01/2012	6,6	0,00	0,00	0,00
08/01/2012	0,0	0,60	0,00	0,00
09/01/2012	7,4	2,40	0,80	0,00
10/01/2012	4,8	0,00	0,00	0,00
11/01/2012	1,4	0,00	0,00	0,00
12/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
13/01/2012	3,0	5,70	3,70	0,00
14/01/2012	4,4	8,30	8,30	0,00
15/01/2012	4,2	8,00	8,00	5,60
16/01/2012	4,4	2,25	0,90	0,47
17/01/2012	2,6	4,80	3,20	1,30
18/01/2012	2,2	1,30	0,90	0,00
19/01/2012	1,4	0,80	0,60	0,00
20/01/2012	1,2	0,70	0,50	0,00
21/01/2012	1,4	0,80	0,60	0,00
22/01/2012	0,8	0,50	0,30	0,00
23/01/2012	13,2	7,40	5,60	0,00
24/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
25/01/2012	0,0	0,10	0,00	0,00
26/01/2012	13,2	25,00	22,00	12,90
27/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
28/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
29/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
30/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
31/01/2012	0,0	0,00	0,00	0,00

Fonte: Baldessar (2012).

Anexo 03.

Fevereiro de 2012		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
01/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
02/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
03/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
04/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
05/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
06/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
07/02/2012	0,2	12,10	7,60	0,10
08/02/2012	20,4	10,30	7,40	1,20
09/02/2012	2,4	1,40	0,10	0,00
10/02/2012	51,2	22,00	18,60	12,10
11/02/2012	1,0	2,00	1,90	1,90
12/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
13/02/2012	2,0	4,90	4,00	0,00
14/02/2012	10,0	6,80	5,90	5,90
15/02/2012	7,8	7,90	4,30	2,80
16/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
17/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
18/02/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
19/02/2012	9,8	10,10	8,10	0,00
20/02/2012	22,2	22,90	22,90	20,00
21/02/2012	2,4	2,50	0,00	0,00
22/02/2012	2,4	2,50	0,00	0,00
23/02/2012	2,0	0,00	0,00	0,00
24/02/2012	19,2	1,90	0,40	0,00
25/02/2012	0,2	0,40	0,00	0,00
26/02/2012	3,4	0,40	0,00	0,00
27/02/2012	22,8	20,20	20,00	5,00

Fonte: Baldessar (2012).

Anexo 04.

Assunto	Telhado Verde	Telhado Convencional
Água de Chuva		
Retenção de Volume	10-35% durante a época chuvosa, 65-100% durante a época seca	Nenhuma
Mitigação da Vazão de Pico	Redução dos picos de escoamento de chuvas intensas Nenhuma	Nenhuma
Mitigação da Temperatura	Todas as Chuvas	Nenhuma
Melhoria da Qualidade da Água	Retém a deposição atmosférica e retarda a degradação dos materiais que compõem o telhado, menores volumes menor carreamento de poluentes	Não
Qualidade do Ar	Filtra o ar, previne o aumento da temperatura, armazena carbono.	Nenhuma
Conservação de Energia	Isolamento das construções, redução dos impactos das Ilhas de Calor Urbanas	Nenhuma
Vegetação	Permite evapotranspiração sazonal, promove a fotossíntese, o oxigênio, o balanço carbono hídrico	Nenhuma
Espaço Verde	Realoca espaços verdes perdidos com as edificações, no entanto não equivalente a uma floresta	Nenhuma
Redução das Taxas de Drenagem Urbanas	Pode chegar a 45%.	Nenhuma
Aprovado como medida de Gestão de Água de Chuva	Para todas as necessidades atuais das cidades	Não
Habitat	Para insetos e pássaros	Nenhuma
Habitabilidade	Amortece ruídos, elimina luzes ofuscantes, alternativa estética, oferece recreação passiva	Nenhuma
Custos Compensáveis	Redução dos equipamentos de água de chuva, economia de energia, aumento do valor do aluguel e da propriedade, redução da necessidade do uso de materiais isolantes, redução do volume de esgoto, criação de indústrias e empregos	Nenhum
Durabilidade	Membrana impermeável protegida da ação da temperatura e da exposição solar dura mais de 36 anos	Pouca proteção, exposição aos elementos, dura menos de 20 anos

Fonte: Adaptado de Ferreira *et al.* (2007).

Anexo 05.

TABELA DE ÁREAS DAS COBERTURAS					
LADO ESQUERDO					
Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)
1	360,52	11	176,23	21	225,96
2	260,46	12	252,15	22	100,3
3	390,69	13	550,12	23	90,1
4	2946,78	14	142,79	24	110,09
5	272,66	15	38,22	25	137,76
6	299,31	16	548,38	26	266,06
7	293,44	17	328,07	27	470,99
8	640,56	18	256,69		
9	492,01	19	78,57		
10	365,94	20	224,23		
TOTAL LE (m²):					10.319,08

TABELA DE ÁREAS DAS COBERTURAS											
LADO DIREITO											
Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)	Cobertura	Área (m ²)
1	320,5	21	161,85	41	149,93	61	293,56	81	154,96	101	555,04
2	195,54	22	129,9	42	103,52	62	78,31	82	653,48		
3	185,65	23	85,18	43	50,99	63	73,61	83	227,95		
4	623,06	24	156,54	44	361,54	64	186,53	84	268,54		
5	564,95	25	101,59	45	278,72	65	50,26	85	195,4		
6	434,99	26	154,78	46	138,26	66	168,4	86	160,41		
7	260,37	27	192,37	47	129,02	67	163,23	87	581,94		
8	196,84	28	253,28	48	347,04	68	393,59	88	248,33		
9	256,66	29	137,28	49	290,66	69	170,28	89	73,52		
10	194,16	30	98,9	50	351,06	70	603,71	90	113,34		
11	199,36	31	32,52	51	109,5	71	413,67	91	84,47		
12	345,63	32	62,23	52	143,29	72	197,79	92	299,1		
13	160,14	33	60,76	53	256,29	73	99,17	93	427,82		
14	940,44	34	80,37	54	283,96	74	147,89	94	144,72		
15	194,64	35	88,65	55	541,7	75	154,55	95	167,31		
16	142,36	36	95,8	56	231,47	76	336,17	96	202,52		
17	196,92	37	273,51	57	172,82	77	223,18	97	194,81		
18	249,45	38	90,81	58	440,55	78	189,92	98	70,8		
19	186,94	39	413,41	59	293,81	79	288,91	99	66,55		
20	194,84	40	552,11	60	161,17	80	284,81	100	78,57		
TOTAL LD (m²):											23.587,70
TOTAL LE + LD:											30.906,78

Fonte: Os Autores (2021).

Anexo 06: Planta de situação da área de estudo.



Legenda



área de contribuição
94.767,082 m²



área de cobertura
30.906,78 m²

Fonte: Os autores (2021).