

## **PROPOSTA DE UM JARDIM FILTRANTE PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS EM UM RESIDENCIAL PRIVADO EM MACAPÁ-AP**

Jonathan Castro Amanajás<sup>1</sup>

Arthur José Dias Bernardes<sup>2</sup>

Emanuel Gomes Meireles<sup>2</sup>

Jhennifer Luana Lopes Leite<sup>2</sup>

Luan Colares Brandão Jorge<sup>2</sup>

Lana Emily Lobo de Queiroz do Nascimento<sup>2</sup>

### **Reaproveitamento, reutilização e tratamento de resíduos (sólidos e líquidos)**

#### *Resumo*

O descarte inadequado do esgoto doméstico sem tratamento pode gerar sérios problemas à qualidade das águas, à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos. Assim, o objetivo deste estudo foi idealizar uma proposta de jardim filtrante para tratamento das águas cinzas produzidas em uma residência unifamiliar. Como metodologia foi escolhida uma residência em um residencial privado em Macapá-AP, de três moradores, cuja proposta foi um jardim filtrante vertical. Nessa tipologia as águas cinzas podem ser tratadas e reutilizadas por meio de um sistema de tratamento natural e simples. Nessas condições, chegou-se à proposta de um jardim filtrante vertical a ser instalado na área lateral da residência, que proporcionará um tratamento eficiente e econômico para o efluente gerado, bem como valorizará a paisagem do espaço onde será implantado.

**Palavras-chave:** Tratamento de efluentes; Fitorremediação; Wetlands.

<sup>1</sup> Prof. Dr. Centro de Ensino Superior do Amapá – Curso de Engenharia Civil, [jonathan.amanajas@ceap.br](mailto:jonathan.amanajas@ceap.br)

<sup>2</sup> Alunos do Curso de Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP, [arthur.arq@outlook.com](mailto:arthur.arq@outlook.com); [emanuel\\_meireles@hotmail.com](mailto:emanuel_meireles@hotmail.com); [jhennifer-luana@hotmail.com](mailto:jhennifer-luana@hotmail.com); [luan\\_colares@hotmail.com](mailto:luan_colares@hotmail.com); [lanaemilylobodequeiroz@gmail.com](mailto:lanaemilylobodequeiroz@gmail.com)



## INTRODUÇÃO

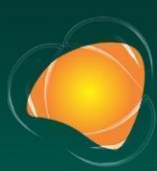
A sustentabilidade na construção civil é um tema que vem sendo fartamente discutido dentro das instituições de ensino superior. Em vários setores da sociedade a preocupação com o meio ambiente e as gerações futuras vem aumentando, principalmente quanto aos usos e ocupações do solo urbano e seus impactos nos recursos hídricos.

De acordo com o Censo Demográfico 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024) a proporção de domicílios com acesso à rede de coleta de esgoto no Brasil chegou a 62,5% em 2022, registrando aumento em relação a 2010 (52,8%). A pesquisa detalha, ainda, que 13,2% da população utiliza fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede e que 24,3% da população ainda utiliza recursos precários de esgotamento sanitário. No estado do Amapá, por exemplo, apenas 11% da população reside em domicílios com coleta de esgoto.

Recentemente, projetos com a possibilidade de tratamento das águas cinzas, no qual tenha como pretexto a proteção da fauna e da flora, vem sendo desenvolvidos, como os jardins filtrantes. Trata-se de um pequeno lago impermeabilizado, com pedras, areia e plantas aquáticas, e é uma alternativa para dar destino adequado ao esgoto proveniente de pias, tanques e chuveiros, ricos em sabões, detergentes, restos de alimentos e gorduras, a chamada “água cinza” (EMBRAPA, 2022).

Os jardins filtrantes foram desenvolvidos pelo engenheiro francês Thierry Jacquet, que observou que as plantas eram utilizadas em pesquisas para o controle da poluição, solução sustentável conhecida como fitorremediação, que consiste no uso de plantas nativas para tratar os esgotos domésticos e efluentes industriais (Phytorestore, 2023). No Brasil, de 30 a 40 tipos de plantas poderiam ser usadas como filtro, para tratar rios em áreas urbanas, dependendo de sua capacidade de filtragem. Ou seja, trata-se de uma solução baseada na natureza a partir da utilização de plantas nativas.

No Amapá, pouco mais de 10% da população tem acesso à rede de esgoto (IBGE, 2024), sendo necessária à sua execução própria, que é muitas vezes em três etapas, o tanque séptico, o filtro anaeróbico e o sumidouro, estes últimos podendo ser construídos em



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

concreto, material responsável por 8% da emissão de gás carbônico no mundo (Chatham House, 2020); ou opta-se pela execução de um vão no solo e o descarte do material, não sendo a melhor opção para o meio ambiente e seres vivos.

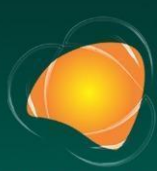
Assim, o jardim filtrante, também conhecido por zona de raízes ou fitorestauração, configura-se como uma opção viável e de baixo custo para tratar naturalmente esgotos domésticos e efluentes industriais a partir do uso de plantas nativas, afim de reduzir o impacto de seus despejos em corpos d'água (Dias; Nascimento; Meneses, 2016; Marques; Américo-Pinheiro, 2018). Ou seja, seu principal objetivo é a melhoria da qualidade da água.

A estação de tratamento é projetada sob critérios de engenharia e as técnicas de construção variam de acordo com o efluente a ser tratado, da eficiência final desejada na remoção de poluentes, da área disponível e do interesse paisagístico. Cada jardim tem plantas capazes de absorver e filtrar determinado tipo de resíduos promovendo, assim, uma das etapas do processo de despoluição.

O jardim filtrante tem a versatilidade como uma de suas inúmeras vantagens, pois serve não apenas para o tratamento de efluentes, como também para o tratamento de água para consumo. Ou seja, é um sistema modulado que pode atender milhares de pessoas, pois serve para o tratamento do esgoto urbano, doméstico ou industrial, desde que seja devidamente projetado.

Para a produção dos jardins filtrantes usam-se materiais porosos, como por exemplo, a brita e o carvão, em que os seus poros conseguem absorver inúmeras partículas, tornando o recurso mais eficiente, e plantas aquáticas, que contribuem para a filtração de águas em torno de 80% de eficiência. Estas plantas possuem crescimento e reprodução rápida, por isso é necessária a manutenção para retirar o excesso (Morais *et al.*, 2015).

A escolha das plantas é baseada em sua capacidade de fitoextração dos micro poluentes e nutrientes presentes na água e de autodepuração do meio úmido plantado (Rocha *et al.*, 2016). Ou seja, as plantas usadas no jardim devem ser capazes de extrair micro poluentes e nutrientes necessários para elas e para a melhora daquele efluente. As macrófitas aquáticas, por exemplo, são plantas aquáticas que vivem desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos (incluindo os corpos d'água doce, salobra e salgada) e são utilizadas no sistema de tratamento natural do jardim filtrante (EMBRAPA, 2022).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

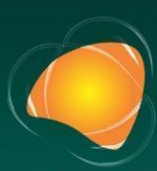
A partir do exposto, acerca da problemática dos índices de saneamento básico, mais especificamente coleta e tratamento de esgoto, objetiva-se com esse estudo avaliar a possibilidade da utilização dos jardins filtrantes no tratamento de águas cinzas em um loteamento privado em Macapá-AP, a partir da proposta de um projeto modelo como solução para as águas cinzas residenciais devolvidas a natureza sem nenhum tratamento. Pressupõe-se que o uso dos jardins filtrantes seja favorável pelo seu baixo custo de implantação, manutenção rápida, pouca exigência de elementos construtivos, ausência de compostos químicos, harmonização com o ambiente e por ser sustentável.

## METODOLOGIA

A proposta de jardim filtrante desenvolvida para coleta e tratamento de águas cinzas terá como local de implantação uma residência unifamiliar, de três moradores, no Vila Bella Residence Club. O Vila Bella Residence Club é um loteamento privado localizado as margens da Rodovia Duca Serra, zona oeste da cidade de Macapá, estado do Amapá (Figura 1). Contempla lotes de 272 m<sup>2</sup> a 529 m<sup>2</sup>, e conta com 30.000 m<sup>2</sup> de área de preservação ambiental. Atualmente, o loteamento não dispõe de sistema de coleta de esgoto coletivo, apenas sistema de coleta de esgoto individual.



Figura 01: Imagem de satélite da localização do Vila Bella Residence Club (polígono amarelo). Fonte: Adaptado do Google Earth (2024).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

O jardim filtrante proposto foi desenvolvido de maneira que fosse compatível com modelos desenvolvidos a partir das metodologias apresentadas pela Phytorestore (2023) e pela EMBRAPA (2022), obtidas por vasta revisão de literatura e descritas a seguir.

Por se tratar de um processo relacionado a águas contaminadas, inicialmente é necessário a impermeabilização do solo, com o objetivo de isolar completamente o terreno de possíveis contaminações por contato com efluentes. Dessa forma, não há qualquer tipo de infiltração, contato ou interação dos efluentes com o solo. Ou seja, o jardim filtrante é um sistema isolado, fechado e que preserva a qualidade dos aquíferos, lençol freático e saúde do solo, tanto que conta com um sistema de dreno testemunho, técnica utilizada para identificação de vazamentos da impermeabilização.

Para a impermeabilização do solo deve-se utilizar manta geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), com espessura de 1,5 mm, posicionada logo após a execução da movimentação de terra (Figura 2a). A manta deve cobrir todo o talude em volta do filtro escavado e a ancoragem é feita nos caminhos adjacentes, através de valas de fixação. A impermeabilização é obrigatória apenas em projetos de tratamento de efluentes, dessa maneira, em projetos de manejo e melhoria da qualidade de águas pluviais, fluviais e lacustres, quando o objetivo for infiltração e recarga de aquífero, os jardins ficam isentos da manta impermeabilizante.

A malha hidráulica tem a função de transporte do efluente, cumprindo as funções de alimentação, drenagem e encaminhamento, tanto na parte interna quanto externa do jardim. Nos filtros cujo meio suporte compõe um ambiente aeróbio, também são utilizados tubos, do tipo corrugado, com o objetivo de promover a circulação natural do ar. O líquido é encaminhado de um filtro para o outro através de tubulações de policloreto de vinila (PVC) ou de PEAD flexível, devendo sempre atender a inclinação mínima de 0,5% para escoamento por gravidade (Figura 2b). Para o controle de fluxo são instaladas válvulas PVC do tipo borboleta, de acordo com cada projeto.

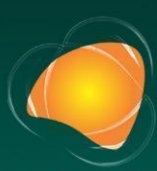
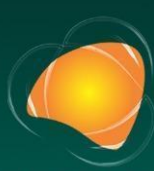


Figura 2: Instalação da (a) manta geomembrana de PEAD e da (b) malha hidráulica. Fonte: Phytorestore.

No jardim filtrante a vegetação é plantada sobre um conjunto de substratos, também chamado de meio suporte, composto de terra vegetal e turfa, areia e seixos ou britas. Sua função é basicamente promover a filtragem durante o processo de escoamento da água e fornecer suporte para o desenvolvimento das plantas. A porosidade dos substratos influencia diretamente no escoamento hidráulico durante o processo de tratamento das águas residuais, sendo que quanto maior a permeabilidade maior é o nível de degradação dos poluentes devido ao contato com a zona de raízes.

O meio suporte deve ser um material capaz de manter o fluxo hidráulico ao longo do tempo juntamente com seu potencial reativo, ou seja, a capacidade de promover adsorção de compostos inorgânicos. O ideal é que no primeiro trecho o substrato não permita elevada condutividade hidráulica, para melhor formação do biofilme de bactérias, já no final quando a concentração de sólidos e de matéria orgânica é menor, outros poluentes devem ser removidos por adsorção, necessitando de um substrato mais poroso, por isso o meio suporte deve ser estruturado por material que apresente diferentes granulometrias, como pedras britadas (Figura 3).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS



Figura 3: Pedras britadas instaladas como meio suporte - (a) brita nº 1, (b) brita nº 2 e (c) brita nº 3. Fonte: Pinterest.

Nos sistemas de fitorremediação a remoção de resíduos é promovida pela passagem mecânica do efluente através dos vegetais e meio suporte. A fricção da passagem possibilita a deposição dos sólidos totais e conseqüentemente a melhoria deste parâmetro de avaliação, também muito ligado à turbidez.

Quanto a vegetação que deve ser utilizada no processo de filtragem e depuração do efluente, estas são conhecidas como macrófitas aquáticas (Figura 4) e “englobam todas as plantas cujas partes fotossinteticamente ativas estão o tempo todo, ou por algum período de tempo, submersas em água ou flutuantes em sua superfície” (Mendes e Pina, p. 34, 2023).

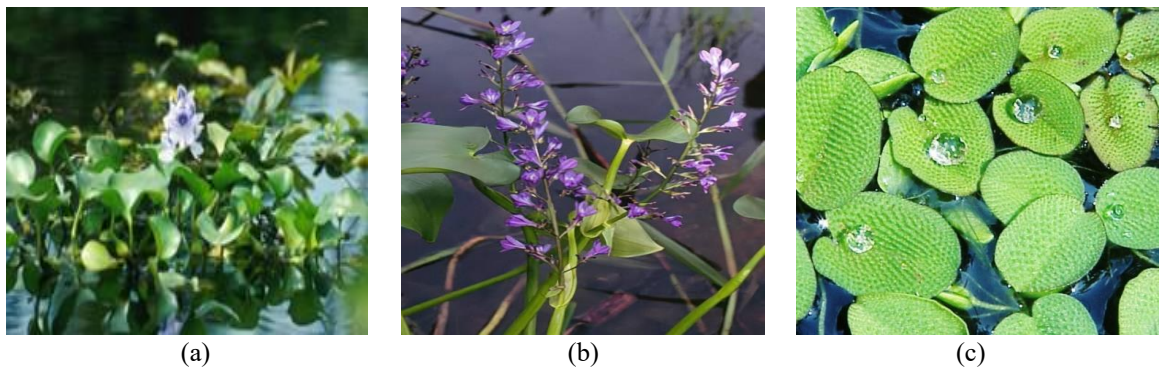
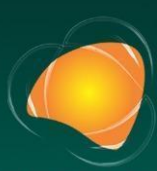


Figura 4: Espécies de macrófitas utilizadas na fitorremediação - (a) mururé (*Eichhornia azurea*), (b) aguapé (*Eichhornia crassipes*) e (c) salvínia (*Salvinia auriculata*). Fonte: wikipedia (2023).

A escolha das plantas é baseada em sua capacidade de fitodegradação e bioacumulação, ou seja, espécies que possuem alto grau de metabolização dos poluentes,



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

mas sem acumulá-los em seus tecidos. A presença das plantas ajuda a reduzir o índice de turbidez da água através da remoção de sólidos suspensos, o material adsorvido pelas raízes compõe um ecossistema favorável para o desenvolvimento de fungos e bactérias que de fato decompõe a matéria orgânica. Segundo Mendes e Pina (2023), os produtos mineralizados resultantes dessa decomposição são em parte absorvidos pela planta como nutrientes necessários para o seu desenvolvimento.

Segundo Silva (2007) as plantas exercem papel fundamental no tratamento, pois proporcionam superfície para a ligação de filmes microbianos (que executam a maior parte do tratamento); ajudam na filtração e adsorção de constituintes das águas residuais; transferem oxigênio para a coluna de água através das raízes e rizomas e proporcionam isolamento térmico (a biomassa no topo do leito ajuda a evitar as perdas de calor por convecção). Elas são responsáveis pela ciclagem dos nutrientes e a sombra promovida pelas folhas inibe o crescimento de algas sobre o substrato e as lâminas de água formadas na superfície.

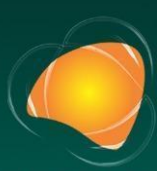
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos estudos realizados, quanto as tipologias de jardim filtrante, optou-se pelo tipo jardim filtrante vertical. Esta tipologia de jardim filtrante tem seus filtros virados verticalmente, permitindo maior condutividade hidráulica, e por não permanecer constantemente saturado é ideal para a região estudada, de clima predominantemente quente e úmido, com chuvas regulares em boa parte do ano, sendo necessário medidas de precaução com a água parada para evitar a incidência de doenças transmitidas pelo *Aedes Aegypti*, que se prolifera nessas condições.

De acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), em uma residência de padrão médio, uma pessoa gera até 130 litros/dia de águas cinzas. Assim, para uma residência de três pessoas, foi dimensionado um jardim filtrante capaz de tratar 390 litros/dia de águas cinzas.

Para a execução do jardim filtrante, inicialmente realiza-se a escavação manual e regularização do fundo da área onde serão instaladas a caixa de retenção de resíduos sólidos





## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

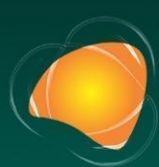
(C.R.R.S.), com altura de 110 cm e 75 cm de diâmetro; a caixa de gordura (C.G.), com capacidade de 36 litros; e o tanque para armazenamento de água tratada (T.A.A.T.). Todos estes reservatórios são fabricados em polietileno de alta resistência. Em seguida, a escavação da área onde será implantado o jardim filtrante, que deve ter 1 m de altura, 1,5 m de largura e 4 m de comprimento, pois deve ter área superficial de 2,0 m<sup>2</sup>/morador.

A cova onde será implantado o jardim filtrante será impermeabilizada por uma manta geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 3,5 m de largura e 6 m de comprimento, acrescentando 20 cm em cada dimensão para que seja executada sua fixação nas laterais com pedregulhos (Figura 2a). Em seguida, acrescenta-se ao fundo 30 cm de brita n° 3, apoiando a tubulação de ventilação sobre a camada (Figura 2b). Posteriormente, insere-se 30 cm de brita n° 2, e sobre esta aplica-se mais 30 cm de brita n° 1. Sobre a camada de brita n° 1 será projetada a tubulação oriunda da caixa de gordura ramificando com conexões até a chegada a 90 cm do fundo.

Após executadas as etapas construtivas do jardim filtrante, insere-se a vegetação (macrófitas emergentes), aproximadamente 5 mudas/m<sup>2</sup>. A zona de raízes funcionará como meio aeróbico, pois a presença de oxigênio permite que diversos processos químicos aconteçam, como a nitrificação e a mineralização dos depósitos orgânicos, resultantes dos sólidos suspensos totais (Phytorestore, 2023).

Levando em conta que o jardim filtrante será executado no Estado do Amapá, realizou-se um levantamento das espécies locais de macrófitas emergentes, segundo Demarchi *et al.* (2018), sendo selecionadas para o jardim filtrante as conhecidas popularmente como mururé (*Eichhornia azurea*) e aguapé (*Eichhornia crassipes*), por possuírem variação média de altura em torno de 15 a 80 centímetros (Figuras 4a e 4b).

Na Figura 5 são apresentadas a localização do jardim filtrante em relação a disposição da residência no lote, detalhamento do corte longitudinal e perspectiva em 3D da proposta. A proposta de jardim filtrante foi alocada na lateral direita da residência, junto a calçada de proteção, visto que os dispositivos hidráulicos geradores de resíduos estão deste lado da residência. No corte longitudinal da estrutura do jardim filtrante, com todas as suas camadas e infraestrutura hidráulica, observa-se que o efluente passará pela (C.R.R.S.), onde ocorrerá a separação dos resíduos sólidos grossos; depois pela (C.G.) antes



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

de chegar ao jardim para evitar o entupimento dos poros; posteriormente entra no jardim para o processo de filtração; finalizando no (T.A.A.T.).

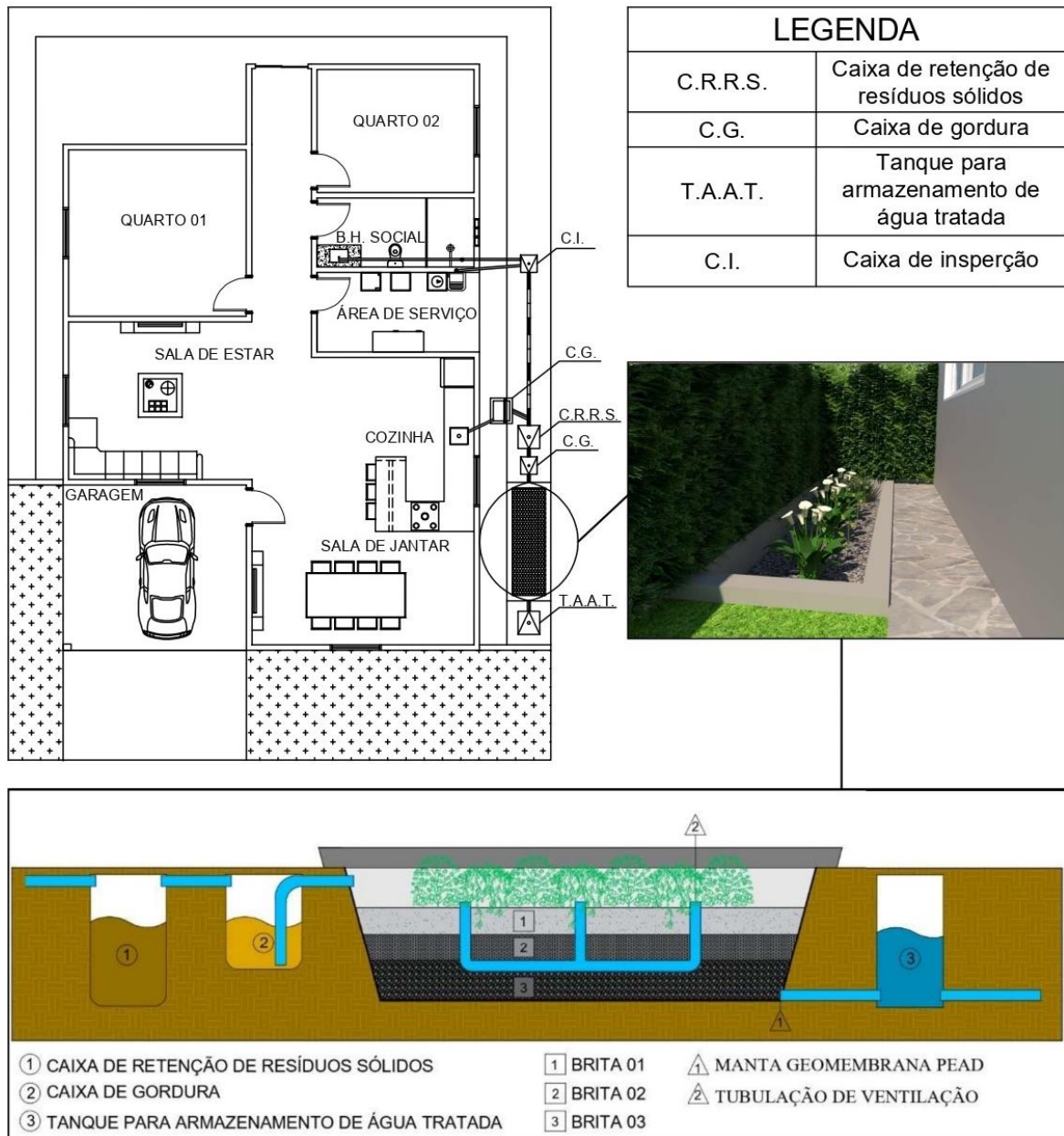
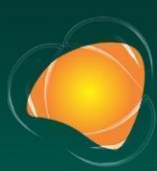


Figura 5: Localização do jardim filtrante com relação a disposição da residência no lote, detalhamento do corte longitudinal e perspectiva em 3D da proposta. Fonte: Autores.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar-se uma análise criteriosa de todos os pontos destacados neste estudo, percebe-se que o jardim filtrante é uma opção eficaz e viável para solucionar o problema do tratamento de águas cinzas geradas por residências em loteamentos privados, principalmente aqueles em que não há ligação com sistema de coleta de esgoto coletivo.

A solução apresentada neste estudo pode contribuir, inclusive, de forma positiva a recuperação de ambientes degradados pelo lançamento inadequado de efluentes, seja em corpos d'água superficiais seja em aquíferos subterrâneos, minimizando a poluição hídrica. Nos últimos anos, a preocupação com a sustentabilidade do meio ambiente para as gerações futuras vem aumentando, principalmente quando se fala em recursos hídricos.

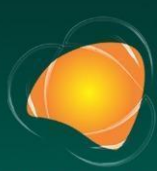
Assim, para que o projeto atinja mais famílias, sugere-se que seja implantado para o tratamento de águas cinzas produzidas pelas áreas comuns do loteamento, como piscinas e salão de festas. Sabe-se que durante o processo de filtração dos efluentes pelo jardim filtrante não há a geração de mau odor e lodo, tão pouco a necessidade de remoção de resíduos, de modo que este pode ser associado ao paisagismo do loteamento, criando paisagens naturais ao seu entorno.

Por fim, entende-se que há muito que se progredir em relação aos estudos e pesquisas que buscam soluções a coleta, tratamento e descarte correto do esgoto doméstico produzido. A proposta aqui apresentada não é uma solução e sim, mais uma alternativa à proteção dos cursos d'água superficiais, aquíferos subterrâneos e ao solo, que progressivamente vem sofrendo impactos das atividades humanas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. NBR 7229. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

CHATHAN HOUSE. **Topics**. Disponível em: <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete>. Acesso em: 05 set. 2024.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

DEMARCHI, L. O.; LOPES, A.; FERREIRA, A. B.; PIEDADE, M. T. F. **Ecologia e guia de identificação: macrófitas aquáticas do Lago Amazônico**. Manaus: Editora INPA, 2018. 44p.

DIAS, S. F.; NASCIMENTO, A. P. J.; MENESES, M. J. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. **Revista Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 106 -115, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Multimídia**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/6166004/jardim-filtrante>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Agência IBGE Notícias**. Disponível em: [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem#:~:text=A%20propor%C3%A7%C3%A3o%20de%20domic%C3%ADlios%20com,2010%20\(52%2C8%25\)](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem#:~:text=A%20propor%C3%A7%C3%A3o%20de%20domic%C3%ADlios%20com,2010%20(52%2C8%25)). Acesso em: 03 jun. 2024.

MARQUES, M. B. L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Wetlands: uma alternativa ecológica para o tratamento de efluentes. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 6, n. 41, 2018.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 3, p. 01-44, 2023.

MORAIS, A. M. P.; SILVA, M. B. M. M; ACIOLI, R. N. A.; SILVA, G. S.; LIMA, S. F. Jardim filtrante como alternativa para o tratamento do Riacho Águas do Ferro, antes do seu lançamento na Praia da Lagoa da Anta. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Maceió, v. 3, n. 1, 2015.

PHYTORESTORE. **Éco-Design Paysager**. Disponível em: <https://phytorestore.fr/>. Acesso em: 03 out. 2022.

ROCHA, M. F.; SANTOS, B.; CARVALHO, G. L. A biotecnologia dos jardins filtrantes na despoluição da Lagoa da Pampulha/ MG. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, 2016.

SILVA, S. C. **“Wetlands construídos” de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.