

Cap. 08

“O Esgotamento Sanitário no Projeto Izidora: Tratamento alternativo com Tanques de Evapotranspiração”

Autores:

Luis Alberto Sáenz Isla¹, Ricardo Motta Pinto-Coelho², Alvânio Ricardo Neiva Júnior³ e Elielder Pereira da Silva³

1. Empresa LASI – Belo Horizonte, MG

2. Empresa RMPC - Meio Ambiente Sustentável – Belo Horizonte- MG

3. Empresa Mais Ambiente Engenharia e Consultoria Ltda - Sete lagoas-MG

E-mail para correspondência: alberto.saenz2007@gmail.com

RESUMO

Existe uma falta crônica de investimentos e de políticas públicas voltadas ao saneamento em todo o Brasil, e de modo especial, nas áreas periféricas das grandes metrópoles brasileiras. Esse é o caso da Ocupação Vitória na Granja Werneck, região norte da cidade de Belo Horizonte (MG). Para amenizar essa carência e buscar soluções alternativas, o Projeto Izidora propôs instalar um sistema de tratamento de esgoto doméstico convencional individual com a intenção de reduzir o ingresso de contaminantes domésticos (excretas humanas) e ajudar na melhora da qualidade da água do córrego Macacos. O sistema escolhido é conhecido pela sigla TEVap. Ele foi criado nos EUA por Tom Watson e adaptado para o Brasil pela empresa pública EMATER-MG. A instalação de um TEVap por casa é uma solução individual para o tratamento e disposição final somente dos efluentes do vaso sanitário. Trata-se de uma solução funcionalmente simples, pois não faz o uso de processos mecanizados, e as estruturas são de fácil construção e operação, além de apresentar baixos custos para elaboração e implantação do projeto. A instalação dos TEVap no Projeto Izidora foi financiada pelo Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal (ACF 209/2021), coordenada pela empresa RMPC, supervisionada em termos técnicos pela empresa LASI e executado pela empreiteira contratada MAIS AMBIENTE. A execução da obra ocorreu entre os dias 01 de agosto de 2023 até o dia 30 de setembro de 2023. Foram instaladas 12 unidades TEVap em moradias localizadas no córrego da Baixada (córrego N-1) próximo da Horta comunitária da Comunidade Vitória, Ocupação Izidora, região Norte do município de Belo Horizonte-MG. Para medir a eficácia da ação, o projeto tem como proposta a continuidade do monitoramento das águas dos tributários do córrego Macacos após a instalação dos TEVaps, mas a execução dessa fase vai exigir a continuidade do monitoramento ambiental por pelo menos mais 24 meses.

Abstract

The deficit in environmental sanitation in rural and urban areas in Brazil is enormous. There is a critical demand for investments in sanitation covering large areas where the people are living in rural areas or on the outskirts of big cities, such as Ocupação Vitória in Granja Werneck, northern region of the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. Addressing this critical need, this project sought to alleviate this situation by installing a set of an alternative individual conventional domestic sewage treatment system with the objective to reduce the input of untreated domestic wastewater to the tributaries of Macacos stream. Originally developed by Tom Watson in the USA and was later adapted to local conditions by the public rural extension company, EMATER-MG, receiving the acronym TEVap. TEVap boasts a functionally simple solution, as it does not use mechanized processes, with structures that are easy to build and operate. Moreover, TEVap has low operational and implementation costs. Funded by the state bank CEF's Socio-Environmental Fund (ACF 209/2021), the project was spearheaded by the company RMPC, receiving technical assistance from LASI and being executed by MAIS AMBIENTE. The work was carried out between August 1st and September 30th, 2023, with a total of 12 TEVap units being successfully installed in houses situated near the Baixada stream (N-1 stream) within the Ocupação Vitória community, northern region of the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. To assess the effectiveness of this intervention, the project proposes ongoing water quality monitoring in the Macacos stream tributaries following the installation of the TEVapS, although the execution of this phase will require an additional 24 months of dedicated environmental monitoring.

Palavras chave: saneamento, poluição das águas, esgotos domésticos não tratados, déficit de saneamento, comunidades urbanas carentes.

Keywords: sanitation, water pollution, untreated domestic sewage, sanitation deficit, poor urban communities.

História do saneamento básico

O início das grandes ocupações humanas ocorreu após o descobrimento da agricultura durante o Holoceno inicial - Fase Girau (Mongeló, 2020). Já durante o Holoceno médio, essas populações começaram um processo de intensificação do manejo ambiental, o que resultou no aparecimento das primeiras terras pretas antropogênicas (Fase Massangana) por acúmulo de matéria orgânica gerada pelos rejeitos humanos.

Segundo Santos (2004, p. 235-236) "... quando tudo era meio natural, o homem escolhia da natureza aquelas suas partes ou aspectos considerados fundamentais ao exercício da vida, valorizando, diferentemente, segundo os lugares e as culturas, essas condições naturais que constituíam a base material da existência do grupo. Esse meio natural generalizado era utilizado pelo homem sem grandes transformações. As técnicas de trabalho se casavam com as dádivas da natureza, com a qual se relacionavam sem outra mediação. As transformações impostas às coisas naturais já eram técnicas, entre as quais a domesticação de plantas e animais aparece como um momento marcante: o homem mudando a natureza, impondo-lhe leis. Assim, a sociedade local era ao mesmo tempo criadora das técnicas utilizadas, comandante dos tempos sociais e dos limites de sua utilização. A harmonia socioespacial assim estabelecida era desse modo, respeitosa da natureza herdada, no processo de criação de uma nova natureza. Produzindo a sociedade territorial produzia também, uma série de comportamentos, cuja razão é a preservação e a continuidade do meio de vida. Tais sistemas técnicos sem objetos técnicos não eram, pois, agressivos, pelo fato de serem indissolúveis em relação à natureza que, em sua operação, ajudavam a reconstruir..."

Na Grécia antiga, entre os séculos V e IV aC, Hipócrates (Cairus,2005), escreveu um dos tratados mais antigos do *corpus hippocraticum*, o tratado "De ares, águas e lugares", no qual determina-se que o meio ambiente tinha influência nas doenças humanas. Já no século VI aC a Cloaca Máxima de Roma foi o primeiro sistema de esgotamento sanitário planejado e implantado no mundo (Sobrinho & Stutiya,1996) um sistema que recebia parte dos esgotos domésticos das áreas adjacentes ao fórum Romano e propiciava a drenagem superficial de uma área bem maior, e que foi essencial para o controle da malária.

Na idade média, muitos dos avanços greco-romanos na área do saneamento foram abandonados. Sobrinho & Stutiya (1996) mencionam que estruturas similares aos

drenos Romanos eram utilizadas nos burgos da Europa medieval, porém, o lançamento de excretas humanas nesses condutos era terminantemente proibido. Como resultado, as excretas eram dispostas nas ruas, até que a próxima chuva, ou lavagem das ruas os levasse para os condutos de drenagem pluvial e os descarregassem no curso de água mais próximo (Sobrinho & Stutiya, 1996). Essas práticas levaram à uma grande contaminação dos ecossistemas aquáticos vizinhos às cidades. Não tardou muito a chegarem as doenças e mortes entre os habitantes dessas terras feudais. Segundo Martino (2017), a peste negra em meados do Século XIV (1348) foi um dos resultados dessas práticas. Essa pandemia matou um quarto da população europeia. A doença teve como vetor a pulga dos ratos que viviam nas comunidades medievais e que tinham contato direto com o esgoto doméstico disponível nas ruas.

A partir do início da Idade Moderna (Séculos XV – XVIII; 1453 a 1789), a humanidade passou a concentrar-se em cidades maiores e já não mais em redutos feudais tais como os burgos e castelos amuralhados. E assim, foram retomados os conhecimentos greco-romanos e, dentre eles, os avanços em hidráulica e saneamento, cálculos de vazões de esgoto e a construção de estruturas para facilitar o escoamento dos resíduos líquidos de origem doméstica.

Esses avanços no esgotamento sanitário também chegaram no Brasil, especialmente no Rio de Janeiro com o aqueduto do Rio Carioca construído em 1620. Os sistemas construídos na idade moderna no Brasil e boa parte do mundo são do tipo unitário, caracterizaram-se por escoar os esgotos domésticos e industriais junto com as águas pluviais em galerias subterrâneas enormes como os observados em Paris, França. Levando os esgotos desde as moradias, por meio de ligações prediais, e transportando-os por meio de galerias subterrâneas até sua disposição final em algum corpo de água. Na maioria das vezes sem realizar nenhum tipo de tratamento de esgoto. (Sobrinho & Stutiya, 1996).

No Brasil da idade contemporânea, podemos ver avanços significativos no sistema de rede de esgotamento sanitário e no tratamento de esgoto. Segundo Azevedo Netto (1992), foi na cidade do Rio de Janeiro, que foi construído o primeiro sistema combinado de esgotos (1857) denominado de “Separador Parcial”, que recebia e conduzia efluente pluviais do interior dos prédios e quintais pavimentados, e esgotos domésticos. Menos de 30 anos depois, em 1876, conforme é mencionado por Mezzomo (2019) que cita os trabalhos de Azevedo Netto entre outros, era construído por

engenheiros ingleses em São Paulo a primeira rede de esgotos do Brasil, que era do tipo misto (separador parcial). Esse tipo sistema de esgotamento, mistura a água das chuvas com o esgoto doméstico em galerias, sendo muito comum em países não tropicais.

Segundo o diagnóstico realizado pelo Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Brasil, 2023), atualmente o índice de atendimento urbano de esgotamento sanitário no Brasil foi de total de 55,8% e urbano de 64,1%. No estudo, 4.744 municípios responderam dados de esgoto ao SNIS. Desse mesmo documento podemos afirmar que 87,5% dos municípios brasileiros possuem sistema de coleta de esgoto e este corresponde, maioritariamente, ao Sistema Convencional de Separador Absoluto, no qual o esgoto doméstico é escoado desde os prédios até os sistemas de tratamento de forma separada da água de chuva. A rede de esgotamento está composta de duas linhas de tubulações totalmente independentes e nunca se misturam. Esses mesmos autores, explicam que em países como o Brasil, onde chove muito (país tropical) a mistura da água de chuva com o esgoto doméstico interferiria significativamente no tratamento desse esgoto, antes de ser lançado para os corpos de água sem gerar impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos.

Sistemas individuais alternativos de esgotamento convencional

Os sistemas individuais surgem como alternativas viáveis na gestão sustentável do esgoto na tentativa de universalizar o acesso ao esgotamento sanitário no mundo. Esses sistemas são desenhados e construídos para realizar o tratamento de esgoto sanitário de unidades habitacionais e pequenas comunidades (Carneiro, 2018)

Segundo Bernardes (2004), o tanque de evapotranspiração (TEVap) é uma tecnologia que consiste em um sistema plantado, onde ocorre decomposição anaeróbia da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água pelas raízes, esse processo possui um custo baixo e preserva o meio ambiente. Costa et al. (2020) qualifica os TEVap como um sistema de tratamento simplificado, que processa os rejeitos domésticos usando bactérias e que os resíduos desse processo bacteriano são absorvidos pelas raízes e a água resultante é evapotranspirada pelas folhas das plantas do sistema.

Conforme mencionado por Galbiati (2009) e Costa et al. (2020), o Tanque de evapotranspiração (TEVap) é uma alternativa viável e importante para o tratamento de

esgotos exclusivamente dos vasos sanitários (águas negras) urbanos, periurbanos e rurais, podendo ser aplicado em pequenos quintais quanto em áreas maiores.

O sistema TEVap pode substituir as fossas sépticas residenciais com vantagens ambientais e econômicas, inclusive em áreas onde há rede coletora de esgotos, para a qual podem ser encaminhados apenas os efluentes devidos às águas cinzas. Galbiati (2009), também menciona que o sistema TEVap pode evitar a sobrecarga das estações de tratamento de esgotos e diminuir a carga poluidora lançada em ecossistemas aquáticos pelo tratamento parcial de esgotos urbanos e que urbanisticamente, pode ser utilizado para compor o paisagismo dos quintais, escolhendo-se espécies de plantas com potencial ornamental. Finalmente, essa mesma autora menciona que as técnicas construtivas podem variar de acordo com os recursos disponíveis, devendo sempre garantir a completa impermeabilização do tanque.

Historicamente, o Tanque de Evapotranspiração (TEVap) é um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes do efluente proveniente do vaso sanitário. Este sistema foi criado pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, com o nome de “Watson Wick” e adaptado por vários permacultores brasileiros (Fig. 1) e pela empresa pública EMATER-MG.

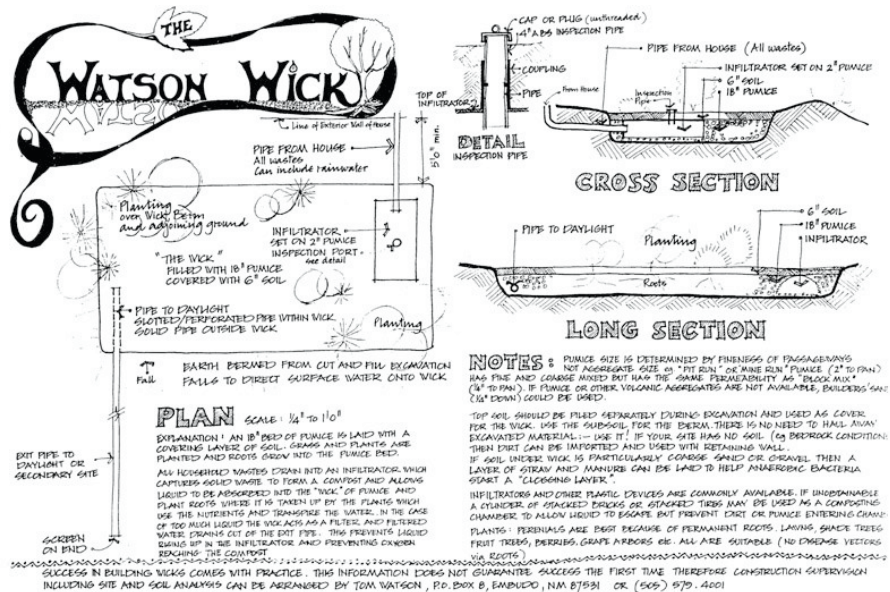


Fig. 1- Esquema mostrando o desenho do Watson Wick system.

Fonte: <https://oasisdesign.net/compostingtoilets/watsonwick.htm>.

Segundo Galbiati (2009), o TEVap é um sistema fechado no qual não existe efluente líquido que possa ser gerado desde seu interior, seja para filtros ou sumidouros. No interior do TEVap, ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, a mineralização, a absorção dos nutrientes e o transporte capilar da água, através das raízes das plantas para cima. Os nutrientes deixam o sistema incorporando-se a biomassa das plantas e a água é eliminada por evapotranspiração. Não há deflúvio. E dessa forma, não há como poluir o solo ou o risco de algum microrganismo patógeno sair do sistema.

Segundo EMATER (2021), um pré-requisito para o uso do TEVap é a separação da água servida na casa. Apenas aquele efluente advindo dos vasos sanitários deve ir para o tanque (águas negras). As demais, provenientes de pias e chuveiros (águas cinzas), devem ir para outro sistema de tratamento, conforme recomendação da ABNT.

A introdução do conceito de separação na fonte da gestão dos esgotos municipais permite o adequado tratamento de diferentes tipos de efluentes de acordo com suas características. Esta é a chave de soluções técnicas para o reuso eficiente da água, energia e fertilizantes para instalações de pequeno porte como casas em áreas sem acesso à rede de esgoto urbano.

Entre as vantagens de utilização de um sistema como os TEVap para tratamento de esgoto doméstico individual e alternativo, que usa micro-organismos e plantas, está a possibilidade de obter uma alta eficiência no tratamento do esgoto e com baixo custo de construção e de manutenção. Também se destaca o praticamente nulo consumo de energia, tolerância à variabilidade de carga contaminante doméstica, harmonia paisagística, a não utilização de produtos químicos e a aplicação a nível comunitário pela facilidade da construção. Há alguns estudos já feitos também no Brasil, os quais comprovam a eficácia da técnica do Tanque de Evapotranspiração (EMATER, 2021).

De acordo com a EMATER-MG, o extravasamento do sistema por excesso de carga contaminante é praticamente nulo devido ao dimensionamento do mesmo. O sistema também impede o extravasamento por enxurrada por ocasião de chuvas, uma vez que há barreiras físicas ao redor do TEVap. O que torna o sistema de extrema importância, já que os riscos de extravasamentos são mínimos, e quando os há, o volume é muito baixo. A eficácia do tanque é comprovada a partir do momento em que o efluente analisado no solo está isento de patogenicidades e ainda que o extravasamento do

mesmo é quase inexistente. Ambas as características puderam ser observadas e constatadas com estudos já feitos, mostrando a viabilidade do sistema. Portanto é recomendável a implantação do tanque de evapotranspiração em residências rurais de forma a reduzir o impacto ambiental causado pelo lançamento de esgotos em córregos e rios.

Área de estudo

A Região das ocupações da Izidora localiza-se no extremo norte do município de Belo Horizonte, na divisa com o município de Santa Luzia, na Região Administrativa Norte, abrangendo uma área total de 9,55 Km² (maior que a área interna à Avenida do Contorno que possui 8,9 km²). A região é atravessada pelo Ribeirão Isidoro, integrante da Bacia do Rio das Velhas, e tem alta relevância ambiental, com a presença dos biomas de mata atlântica e cerrado e conta com grande potencial hídrico, com mais de 200 nascentes e córregos

A área de estudo, centrada na Ocupação Vitória, está localizada na microbracia do Córrego Macacos e contém quatro córregos e nascentes que foram objeto das intervenções do Projeto Izidora. Das nascentes identificadas, foram trabalhados quatro córregos no Projeto Izidora (N-1, N-2, N-3A e N3-B), podem ser observadas na Fig. 2.

Obs: a Nascente N3-B é tratada nos Caps. 4,5 e 6 como N-4

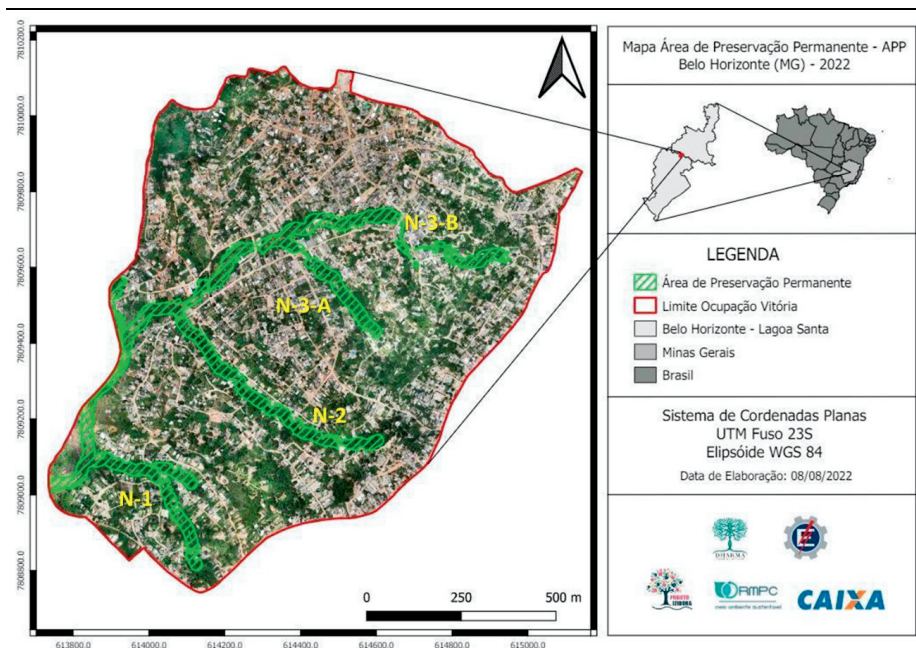


Fig. 2- Localização dos córregos trabalhados na Comunidade Vitória mostrando as Áreas de Preservação Permanente. Fonte Dharma – Eng. Eliane Vieira.

Na Fig. 2, é possível observar os córregos trabalhados no Projeto Izidora e a definição desses como Áreas de Preservação Permanente (APP). Todos esses córregos são afluentes do córrego Macacos. Na área de estudo definida na Fig. 1, moram mais de 4.500 famílias. No início do projeto no ano de 2021, essas moradias na sua totalidade não possuíam conexão com a rede de esgoto municipal. Também careciam de conexão de água potável da COPASA nem instalação elétrica da CEMIG. Ao finalizar o Projeto Izidora em novembro de 2023, a CEMIG tinha instalado as conexões elétricas em quase 80% da Comunidade e a COPASA instalado a rede de esgoto e de distribuição de água. Sobre as instalações da COPASA o Projeto Izidora desconhece quando essas instalações estariam habilitadas para funcionamento da população.

Boa parte das moradias existentes na Comunidade Izidora possui fossa comum para águas negras (esgoto do vaso sanitário) como sistema de tratamento de esgoto e algumas casas despejam esse esgoto diretamente nos córregos próximos. Perante essa situação, o Projeto Izidora propôs a instalação de unidades TEVap para evitar que os esgotos domésticos dos vasos sanitários (águas negras) chegassem nos

córregos e continuassem os contaminando. O objetivo era instalar as unidades TEVap nos córregos em estudo considerando colocar pontos de amostragem da qualidade da água nos córregos antes e depois da localização dessas unidades TEVap.

Por questões legais, impostas pela Prefeitura de Belo Horizonte para permitir a realização da obra civil, essas unidades não poderiam ser instaladas nas APP (definidas na Fig. 2). Nesse sentido, as unidades TEVap só poderiam ser instaladas no córrego N-1 (córrego da Baixada).

Etapas do tratamento de esgoto doméstico (águas negras) pelos TEVap

Segundo EMATER (2021) o sistema de tratamento usando o tanque de evapotranspiração modificado do criado por Tom Watson e modificado pela empresa pública de Minas Gerais para o tratamento das “águas negras” provenientes exclusivamente dos vasos sanitários de cada residência, possui as seguintes etapas de forma geral:

- a) Fermentação
O efluente é decomposto pelo processo de fermentação (digestão anaeróbia) realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus (neste caso) e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.
- b) Segurança
Os microrganismos patogênicos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado visto que o Tanque é fechado, sem saídas, sem efluentes. Ele necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia sendo, portanto, construído com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos, com auxílio e acompanhamento de um engenheiro ou técnico responsável, para garantir que seja uma unidade estanque.
- c) Capilaridade
Como a água está presa no Tanque, ela se move por meio de capilaridade de baixo para cima e, com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas.
- d) Evapotranspiração
É a partir desse processo que é possível o tratamento final da água, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas, como caetés, copo-de-leite, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia não encha.
Os principais processos físicos, químicos e biológicos envolvidos no funcionamento do TEVap são precipitação e sedimentação de sólidos, degradação

microbiana anaeróbia, decomposição aeróbia, movimentação da água por capilaridade e absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Etapas na construção do sistema TEVap

Cada sistema TEVap (Fig. 3) deve conter um sistema de tratamento para águas cinzas (águas de pias, chuveiros e máquina de lavar roupas) chamado de “Círculo de bananeiras”; e outro sistema de tratamento para águas negras (águas do vaso sanitário) chamado de “TEVap”. É importante lembrar que essas águas residuais acima citadas não devem se misturar, sendo separadas desde a origem na residência.

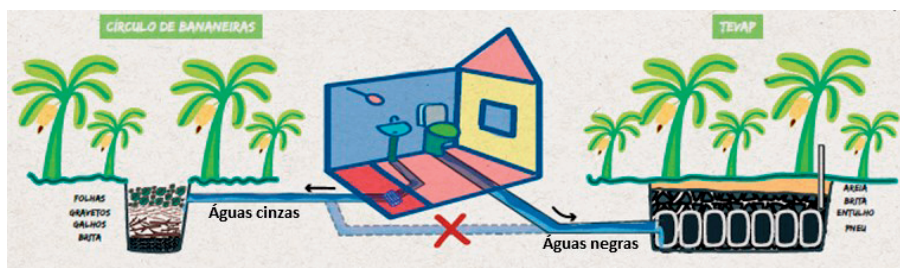


Fig. 3- Sistema de Tratamento com Tanque de evapotranspiração. Fonte: EMATER-MG

Os círculos de bananeiras (Fig. 3) são elementos complementares às fossas de evapotranspiração na função de tratar localmente as águas cinzas. Consiste em um buraco em formato de cilindro/bacia, com 1,75m de diâmetro e 1,20m de profundidade para uma casa de uma família (em torno de 4 pessoas). Daí temos um volume total aproximado de 2,10 m³ o que daria 0,53 m³/morador. Para a instalação do círculo de bananeiras não são necessários materiais industrializados, bastando apenas encontrar os diversos materiais orgânicos citados e as plantas a serem plantadas.

Para a instalação do círculo de bananeiras, devemos seguir os seguintes passos:

- Escavar a terra com 1,20m de profundidade.
- Preencher o buraco começando com troncos até a altura de 40 cm desde o fundo.
- Sobre a camada de troncos, faz-se uma camada de cerca de 30 cm de gravetos e madeiras finas.
- Preenche-se com folhas secas ou verdes, restos de grama ou palhada.
- A terra retirada do buraco deve formar um círculo elevado em volta de toda a bacia.

- f) Por fim, planta-se em volta (na borda) desta bacia escavada, preferencialmente, espécies de folhas largas, como a bananeira.
- g) Conecta-se o cano do esgotamento de água cinza da edificação centralizado sobre esta pilha antes do ingresso ao círculo de bananeiras. Colocar antes uma caixa de gordura.

Instalação dos Tanques de Evapotranspiração (TEVap) na Comunidade

Vitória

A construção dos TEVap na Comunidade Vitória como parte do Projeto Izidora, foi realizada pela empresa MAIS AMBIENTE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, contratada pela empresa RMPC Meio Ambiente Sustentável e financiada pelo Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal (ACF 209/2021).

Foram cumpridas as seguintes etapas.

A) Seleção das moradias beneficiadas e critérios escolhidos

A seleção das moradias que seriam beneficiadas com a instalação dos TEVap na Comunidade Vitória tinha que se basear em critérios legais e técnicos. No primeiro caso, essas casas deverão estar localizadas fora da área das Áreas de Preservação Permanente (APP) que segundo a lei brasileira, o Código Florestal brasileiro (Lei nº 14.285/2021), proíbe a construção de qualquer instalação a menos de 15 metros desde o curso de água. Esse critério eliminou boa parte das moradias na comunidade.

Para determinar os melhores locais para instalar os TEVap foi necessário solicitar a perícia técnica, onde foram abordadas a análise dos resultados dos relatórios técnicos de Análise Multicritérios (trabalho cartográfico) e do Questionário Socioambiental (trabalho de campo), ratificado pela identificação em campo das moradias selecionadas nos documentos anteriores.

O estudo cartográfico de georreferenciamento e análise multicritério da área do projeto na comunidade Izidora, foi desenvolvido pela Profa. Elaine Vieira. Sanitária. Esse trabalho na área de análise multicritério foi baseado no processamento de imagens satélites e de drone e foi fundamental na escolha das casas que tinham maiores condições para a implantação dos TEVaps nos córregos em estudo. Assim, nessa fase do trabalho, dois dos principais critérios de análise foram: (a) declividade do terreno e (b)

se as casas estavam inseridas dentro das áreas de proteção permanente (APP). Ambos os critérios são excludentes na escolha das referidas casas (Fig. 4).

O critério técnico relacionado ao nível de declividade do terreno mostraria que locais apresentam melhores condições para realizar os trabalhos de escavação e instalação dos TEVap. Lugares planos facilitariam o trabalho da retroescavadeira para construir os tanques.

A determinação da localização das moradias em relação às APPs determina de forma excludente que moradias poderiam ser beneficiadas e quais não receberiam o benefício. Ambos os critérios foram determinados usando imagens de drone, localizando as casas que estiveram fora das APP e com grau de inclinação menor, além de verificar se a moradia tinha facilidade de acesso da retroescavadeira para realizar a escavação do tanque.

O estudo de campo foi realizado pela equipe composta pela Engenheira Sanitarista Ana Raquel Texeira Resende, doutora na área de saneamento; o cientista social Alysson Armondes da Costa, especialista em assuntos socioambientais; e o Eng. Alberto Sáenz-Isla, doutor em ecologia aquática. O trabalho dessa equipe consistiu em visitar e identificar todas as casas existentes nos córregos em estudo no projeto Izidora, registrando localização geográfica (UTM), logradouro, número de habitantes, idades, sexo, que tipo de tratamento de esgoto possuía, se deseja ou não a implantação do TEVap na moradia, etc.

De posse de todas as informações, foram selecionados os domicílios com famílias entre três e seis moradores, localizados fora da área de APP e de áreas de alagamento. O trabalho de campo visou checar e verificar os resultados da análise multicritério da Profa Dra. Eliane Vieira.

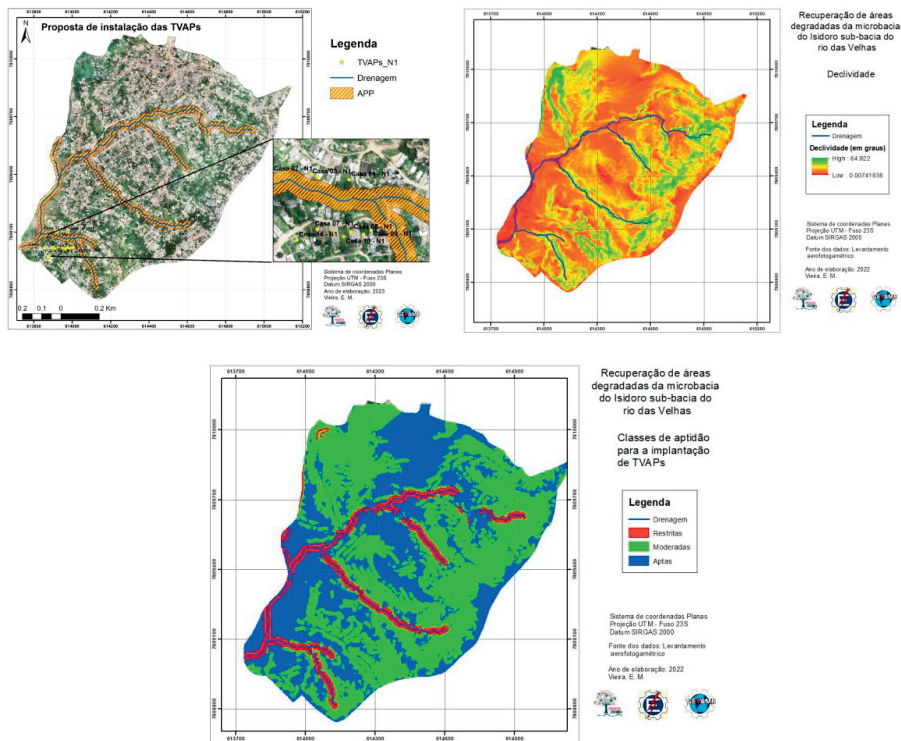


Fig. 4- Mapas temáticos mostrando a Análise Multicritério realizado para determinar a localização das moradias a serem beneficiadas com a instalação das unidades TEVap no córrego da Baixada (N-1) na Comunidade Vitória. Fonte: Projeto Izidora. Mapas elaborados pela Eng. Eliane Vieira e a empresa Dharma.

Unificando ambos os trabalhos de perícia técnica, foi determinado que: nove moradias localizadas no córrego N1 e outras nove moradias no córrego N3-B estão localizadas em áreas aptas para a implantação dos TEVaps. Nos córregos N2 e N3-A, existiram duas e uma moradia, respectivamente em áreas aptas para a implantação dos TEVaps.

Seguindo o critério de que as casas beneficiadas deveriam estar agrupadas em um maior número dentro de um mesmo córrego em estudo, passamos a descartar as localizadas nos córregos N2 e N3-A já que essas áreas apresentavam poucas moradias onde seria viável a instalação dos TEVaps. É importante destacar que o objetivo principal

dessa parte do projeto é o determinar se a instalação dos TEVap melhora de fato a qualidade da água dos córregos.

O quarto e mais importante dos critérios estabelece a condicionante de que as unidades seriam instaladas em um domicílio apenas no caso dos seus moradores manifestarem a concordância em receber os TEVap no quintal das suas casas.

Outra questão importante, refere-se ao fato de que muitas moradias dentro do córrego N3-A não apresentavam condições para o ingresso da retroescavadeira, uma vez que o terreno é em geral extremadamente duro para escavar manualmente. Dessa forma, as casas com topografia acidentada também foram descartadas.

Assim foram determinadas, inicialmente nove moradias no córrego N1 (córrego da Baixada) para serem beneficiadas com a instalação dos TEVap. Posteriormente, foi realizada uma segunda visita nessas moradias e foram encontradas outras moradias de pessoas que no momento da primeira visita não se encontravam presentes em casa nesse momento.

Finalmente, após a contratação da empresa MAIS AMBIENTE, foi novamente feita uma análise em conjunto, usando os dados fornecidos pelo Projeto Izidora e buscando uma definição final de quais moradias seriam de fato beneficiadas. Dessa forma, foi determinado em conjunto pela equipe do projeto Izidora e pela empresa contratada que doze moradias poderiam ser beneficiadas com a instalação de uma unidade TEVap. Optou-se por concentrar todas essas unidades no córrego da Baixada (N-1) que faz parte do Projeto Izidora (Fig. 5). Todas as casas escolhidas estão localizadas nas margens do córrego N-1, entre os pontos de monitoramento da qualidade de água (P-10 e P-12).



PLANILHA DE CAMPO
CONFIRMAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

RUA DA FELICIDADE Data: 01 / 08 / 23

Casa 04 – N1 Latitude: 19.810732° Longitude: 43.911789°

Nome do Responsável: Renata Santos de Oliveira (31)99284-0841

Nº. residência: 15 Nº. de moradores: 5

Referência: Casa de esquina em frente à horta

Máquina entra facilmente? sim não

Precisa de alguma intervenção prévia para o acesso da máquina? sim não

Descreva: Construir a TEVAP rente à casinha de cachorro (alvenaria)

Morador autoriza o início imediato das obras? sim não



Fig. 5 – Verificação da localização das moradias selecionadas pela Análise Multicritério e a confirmação da aceitação dos proprietários para a instalação das unidades TEVap.
Fonte: Empresa Mais Ambiente.

B) Dimensionamento e escavação dos tanques

No presente caso, adotou-se o volume útil de 2 m³ de tanque para cada morador. Muitos estudos técnicos sugerem que esse volume tem se mostrado suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos, calculando uma média de 4 adultos por moradia (vide os cálculos da EMATER acima). A forma de dimensionamento da fossa é: largura de 2 metros e profundidade de 1 metro e 4 metros de comprimento (Fig. 6). A escavação dos 12 tanques foi realizada com retroescavadeira e os acabamentos foram executados por uma equipe de três funcionários treinados.



Fig. 6- Construção da fossa dos TEVap (2 x 1 x 4 metros) usando uma retroescavadeira. Fonte: MAIS AMBIENTE.

C) Técnica de construção

O método mais indicado de construção do fundo é o ferrocimento. A escolha da alvenaria para paredes parcialmente expostas é devida à sua melhor resistência nas condições dos terrenos apresentados na Comunidade Vitória, sendo lotes de topografia irregulares, alguns bem inclinados e cuja perfuração para que o TEVap se finalizasse ao nível do solo ficaria inviável. Em todas os TEVap, após a escavação dos tanques, iniciou-se o processo construtivo acertando os barrancos manualmente e retirando possíveis imperfeições.

Em seguida, iniciou-se com a concretagem de fundo (Fig. 7) e posteriormente o levantamento das paredes de alvenaria (Fig. 8). Ressalta-se aqui, que a escolha pelas

paredes de alvenaria se dá por estas apresentarem melhor resistência nas condições dos terrenos apresentados, sendo lotes de topografia irregulares, alguns bem inclinados e cuja perfuração para que o TEVap se finalizasse ao nível do solo ficaria inviável. Em todas as TEVap instaladas as paredes internas são rebocadas com massa forte e aditivo de impermeabilizante (Fig. 9), o que garante que não haverá qualquer saída de efluente do sistema e tampouco, a transferência de umidade da parte interior dos tanques para fora.



Fig. 7 - Vista da concretagem de fundo da fossa de um TEVap na rua Carolina de Jesus, Comunidade Vitória – Projeto Izidora. Fonte: MAIS AMBIENTE.



Fig. 8 - Vista da construção das paredes de alvenaria da fossa de um TEVap na rua Felicidade, Comunidade Vitória – Projeto Izidora. Fonte: MAIS AMBIENTE.



Fig. 9 - Vista das paredes da fossa de um TEVap sendo rebocadas com massa forte e aditivo de impermeabilizante na rua Carolina de Jesus, Comunidade Vitória – Projeto Izidora. Fonte: MAIS AMBIENTE

D) Câmara Anaeróbia

Após a finalização da impermeabilização das paredes e fundo dos tanques iniciou-se a montagem do TEVap, primeiramente com a câmara de pneus, parte importantíssima para que o sistema funcione corretamente, pois aqui irá se criar o processo de decomposição da matéria orgânica que chegará no sistema desde o vaso sanitário, precisando estar em perfeitas condições para a proliferação das bactérias anaeróbicas.

A câmara anaeróbica, é composta por um túnel de pneus usados (Fig. 10). Na parte externa dos pneus, até sua altura (45 cm aproximadamente). Colocou-se uma camada de cacos de tijolos e telhas e/ou entulho de construção. Essa camada cria um ambiente com espaço livre para a água e beneficia a proliferação de bactérias que quebrarão os sólidos em moléculas de nutrientes. A tubulação de entrada de esgoto foi posicionada dentro dessa câmara.



Fig. 10 - Instalação da câmara anaeróbia (câmara de pneus). Fonte: MAIS AMBIENTE.

E) Preenchimento dos TEVap

Após a montagem da câmara anaeróbica de pneus, iniciou-se o processo de preenchimento dos TEVap's, primeiramente com o recobrimento de fundo com entulhos preferencialmente de material cerâmico ou pedras-de-mão. Nos TEVap do Projeto Izidora, utilizou-se as pedras limpas já que a maior parte de material encontrado na região estava misturado com outros materiais de menor granulometria, lixo orgânico e era ninho de animais peçonhentos, o que prejudicaria a eficiência dos tanques ou

poderia pôr em risco a saúde dos operários. Por esse motivo foi decidido usar pedras de mão para a montagem da primeira camada de material para realizar a segunda etapa da fermentação do esgoto.

Logo em seguida, utilizou-se telas conhecidas como “tela mosquiteiro” que cumprem perfeitamente a função de evitar que a camada de agregados de menor granulometria se misture com as camadas subjacentes (Fig. 11).

Um tubo de inspeção ou piezômetro (50 mm de diâmetro), penetrando a câmara de pneus foi também instalado. Na saída do tanque, foi colocado um tubo de drenagem de 50 mm de diâmetro, 10 cm abaixo da superfície do solo, para o caso de eventuais extravasamentos do tanque (Fig. 11).



Fig. 11 - Preenchimento do TEVap com pedra de mão, instalação do piezômetro e da tela mosquiteiro. Fonte: MAIS AMBIENTE.

Após a construção da câmara anaeróbia, foram colocadas sequencialmente as camadas de brita (10 cm), areia (10 cm) e solo (35 cm) até o limite superior do tanque (Fig. 12, 13 e 14). Essa sequência assegura o processo de capilaridade, permitindo que

a água, já livre da contaminação dos esgotos suba de baixo para cima, através das camadas de brita, areia e solo, chegando assim até as raízes das plantas.



Fig. 12 – Adição da camada de brita no TEVap da Cozinha Comunitária como parte da oficina demonstrativa. Fonte: própria.



Fig. 13 – Adição da camada de areia no TEVap da Cozinha Comunitária como parte da oficina demonstrativa. Fonte: própria.



Fig. 14 – Adição da camada de solo orgânico no TEVap da Cozinha Comunitária como parte da oficina demonstrativa. Fonte: própria

F) Plantio das bananeiras

Para finalizar a instalação dos TEVap, foi realizado o plantio de bananeiras e a adição de esterco de cavalo para adubar o solo e assim favorecer o crescimento das plantas até que o sistema comece a gerar os próprios nutrientes (Fig. 15).

Os lados externos dos TEVap que ficaram expostos (fora da terra) por causa de declividade do terreno foram rebocados com massa forte para evitar a deteriorização das paredes de alvenaria por ação das chuvas.



Fig. 15 - Vista do plantio de bananeiras nos TEVap instaladas. Observa-se que o lado externo das paredes foi rebocado. Fonte: MAIS AMBIENTE.

G) Proteção de extravasamento

Como o TEVap não tem tampa, para evitar o alagamento pela chuva, a superfície do solo do tanque deve ser abaulada, mais alta no centro, acima do nível da borda. Todas as folhas que caem das plantas e as aparas de gramas e podas são colocadas sobre o tanque para formar um colchão por onde a água da chuva escorre para fora do sistema. Para evitar o escoamento superficial da água da chuva para dentro do sistema, a fossa conta com uma mureta (parte superior das paredes da fossa) e que fica mais alta que o nível do terreno, impedindo que a água proveniente do terreno escorra para o interior do tanque. O extravasamento do esgoto é um evento pouco provável devido ao dimensionamento do sistema.

Materiais para construção dos TEVap

A seguir, na Tabela 1, se listam a relação de materiais necessários para construir os doze TEVaps para 5 pessoas.

Tab. 1 - Relação de serviços e insumos para construção do TEVap. Fonte MAIS AMBIENTE.

Descrição serviços e insumos	Unid.	Quant. Total
RETROESCAVADEIRA	CHP	12
AREIA MEDIA	M ³	0,28
PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM)	M ³	2,60
PEDRA DE MAO OU PEDRA RACHAO PARA ARRIMO	M ³	3,70
CIMENTO PORTLAND POZOLANICO CP IV-32	Kg	400,00
TIJOLO CERAMICO MACICO APARENTE *6 X 12 X 24* CM (L X A X C)	UN	224,00
LUVA DE CORRER, PVC, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	UN	1,00
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE PEGA NORMAL PARA ARGAMASSAS	Lt	11,50
TUBO COLETOR DE ESGOTO PVC, JEI, DN 100 MM (NBR 7362)	Mt	4,50
JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO	UN	2
TAMPAO / CAP, ROSCA MACHO, DN 1"	UN	2
CURVA PVC LONGA 90 GRAUS, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	UN	1
TE SANITARIO DE REDUCAO, PVC, DN 100 X 50 MM	UN	1
TELA FACHADEIRA EM POLIETILENO, ROLO DE 3 X 100 M (L X C)	M ²	94
COLA BRANCA BASE PVA	Kg	1
LUVA SIMPLES, PVC, SOLDAVEL, DN 100 MM	UN	1
JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 45 GRAUS, DN 50 MM - ESGOTO	UN	1
JOELHO PVC, SOLDAVEL, PB, 45 GRAUS, DN 100 MM - ESGOTO	UN	1
TE DE REDUCAO COM ROSCA, PVC, 90 GRAUS, 3/4 X 1/2" - ÁGUA	UN	1
CAP OU TAMPAO DE FERRO GALVANIZADO, COM ROSCA BSP, DE 1/2"	UN	12
MANTA GEOTEXTIL TECIDO DE LAMINETES DE POLIPROPILENO	M ²	1
PLANTIO DE ÁRVORE ORNAMENTAL	UN	2
CAMINHÃO BASCULANTE 10 M ³	Hr	9

*CHP = Custos Horário Produtivo

Oficina demonstrativa para instalação do TEVap na Comunidade Vitória

Foi realizada, no sábado, dia 29 de setembro de 2023, na parte da manhã, na cozinha comunitária, a segunda oficina sobre a instalação dos Tanques de Evapotranspiração (TEVap's) voltada para os moradores da comunidade sendo aberta ao público. A mobilização foi realizada por meio de contatos telefônicos, presencialmente e ainda com a divulgação em grupos dos moradores.

Estiveram presentes moradores contemplados com o sistema, moradores vizinhos, estudantes da UFMG, representantes da Mais Ambiente, da RMPC entre outras. A oficina foi ministrada pelos engenheiros Sanitaristas e Ambientais Alvânio Ricardo Neiva Júnior e Elielder Pereira da Silva, ambos da equipe da Mais Ambiente.

A oficina foi considerada bem-sucedida, embora houvesse a expectativa de um maior número de pessoas. Ela cumpriu o seu papel de informar, gerar conhecimento sobre o sistema de tratamento através dos Tanques de Evapotranspiração e formar multiplicadores desta alternativa ecológica para o tratamento do efluente sanitário, com uma experiência prática construtiva do Tanque de Evapotranspiração (TEVap).

Na ocasião foi gravado e posteriormente editado um vídeo da atividade. Este se encontra disponível no link: https://1drv.ms/v/s!Augi_li5awKSgrlzRY7lLvX-JW1rtA?e=TLP1Xa. Na semana seguinte à realização da oficina, foi realizada a ligação do sistema à cozinha comunitária, estando esta, adaptada e operando normalmente.

As Fig.s abaixo (Figs. 16 e 17) ilustram diversos momentos da oficina demonstrativa de instalação do TEVap, com presença de moradores e de convidados. O evento foi realizado no quintal da Cozinha comunitária da Comunidade Vitória, no dia 29 de setembro de 2023.



Fig. 16 – Algumas das etapas de adição de diferentes camadas em um TVAP cumpridas durante a atividade socioambiental realizada com os engenheiros da empresa contratada, moradores e convidados.



Fig. 17 A - Convidados (pesquisadores da área social) e representantes de ONGs presentes na atividade socioambiental. Fonte: RMPC.



Fig. 17 B – Eng. Alvânio Ricardo Neiva Júnior (Mais Ambiente) prestando explicações detalhadas sobre a montagem do TVap. Fonte: RMPC.



Fig. 17 C - Dona Claudia mostrando o TEVap instalado no quintal da sua casa na beira do córrego Macacos, junto a equipe da empresa MAIS AMBIENTE e do PROJETO IZIDORA. Fonte: MAIS AMBIENTE.



Fig. 17 D - Equipe responsável pela instalação do projeto e da redação desse capítulo: Ricardo Pinto-Coelho (coordenador Geral do Projeto Izidora) Elielder Pereira da Silva (Mais Ambiente). Alberto Sáenz-Isla (Coordenador TEVap do Projeto Izidora) e Alvânio Ricardo Neiva Júnior (Mais Ambiente). Fonte: MAIS AMBIENTE e RMPC.

Fig. 17 - Aspectos da atividade socioambiental de montagem de um TVAP perante moradores e convidados, na Ocupação Vitória.

Considerações finais

A instalação dos TEVap na Comunidade Vitória como parte da Projeto Izidora, ocorreu satisfatoriamente. Foram instaladas 12 unidades em moradias localizadas em ambas as margens do córrego da Baixada próximo da Horta Comunitária, nas ruas Felicidade e Carolina de Jesus. Esse número de casas corresponde a mais do 50% das moradias registradas no córrego N-1.

Espera-se que com a instalação dessas unidades o aporte de esgoto dessas casas seja eliminado e a qualidade da água nesse córrego melhore de modo sensível. A leitura dessa melhora pode ser realizada com o monitoramento da qualidade da água nos pontos P-12 e P-10 do projeto Izidora, localizados a montante e jusante (respectivamente) do conjunto dessas moradias.

Recomenda-se registrar periodicamente (cada 3 meses) a qualidade da água nesses pontos (P-12 e P-12) para determinar se a instalação dos TEVap teve efeito sobre essa água. Os parâmetros que podem ser avaliados são oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. Parâmetros esses que podem ser registrados usando uma sonda multiparamétrica.

Agradecimentos

Todas as fases dessa pesquisa foram financiadas pelo Acordo de Cooperação Financeira, ACF 209/2021 do Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal. A coordenação geral de todas as fases desse trabalho foi feita pelo Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho, diretor geral da RMPC- Meio Ambiente Sustentável.

Bibliografia

- Albuquerque, U. P. e Gonçalves-Souza, T. 2022. Introdução ao antropoceno. – 1.ed. – Recife, PE: Nupeea, 2022. 106 p.; 15 x 21 cm.
- Azevedo-Netto, J. M. 1992. Innovative and Low cost Technologies Utilized in Sewerage. Technical series n° 29. Environmental Health Program. Washington, D.C.
- Brasil. 2023. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto/Gestão Técnica de Esgoto-ano de referência 2021. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. AGO/2023.

- Cairus, H. F. Ares, águas e lugares. In: Cairus, H. F. & W.A RIBEIRO JR. 2005. Textos hipocráticos: o doente, o médico e a doença [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. História e Saúde collection, pp. 91-129. ISBN 978-85-7541-375-3. Available from SciELO Books
- Carneiro, M. A. 2018. Sistemas individuais alternativos de tratamento de esgoto sanitário. Universidade Federal da Paraíba, PPG Engenharia Civil e Ambiental. Dissertação. João Pessoa-PB. 76 pp.
- Costa, J. M., Cruz, E. C., Lobato, E. M. 2020. Fossa de tanque evapotranspiração: uma solução sustentável e segura, para tratamento de águas negras no meio rural. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n.6, p.41602-41609 jun. 2020. ISSN 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv6n6-630
- EMATER. 2021. Tanque de evapotranspiração para o tratamento de efluentes do vaso sanitário domiciliar. Departamento Técnico-DETEC/EMATER-MG. Acesso 29/09/2021. DETEC_AmbientalTEVap_com_deflúvio.pdf (emater.mg.gov.br)
- Galbiati, A.F. 2009. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 38 pp. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande, MS.
- Martino, J. 2017. 1348 - A Peste Negra. 1348 - A Peste Negra. ASIN: B073SGJK3R. Páginas: 95. Editora: Excalibur Editora
- Mezzomo, V. 2019. Estudo comparativo entre os sistemas condominial e convencional do tipo separador absoluto de coleta de esgoto sanitário. 125 pp. TCC. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica, Porto Alegre, RS-Brasil.
- Mongeló, G. 2020. Ocupações humanas do Holoceno inicial e médio no sudoeste amazônico. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 15(2), e20190079. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2019-0079
- Otterpohl, R., U. Braun & M. Oldenburg. 2003. Innovative technologies for Decentralized wastewater management in urban and peri-urban areas. Keynote presentation. Water Science Technology 48(11-12): 23-32. DOI:10.2166/wst.2004.0795
- Sobrinho, P. A. e Tsutiya, M. T., 1996, Coleta e transporte de esgoto sanitário.

Cap. 9

“Estudo dos Indicadores de Qualidade do Solo para a Recuperação de Nascentes em Região do Cerrado Mineiro”

Autores:

Migliorini Mendes, R.S¹; Scotti, M.R.M²

1 Professora Depto Botânica da UEMG, Bióloga pela PUC Minas com Mestrado e Doutorado em Biologia Vegetal/ UFMG

2 Professora Depto de Botânica do ICB/ UFMG. Bióloga/UFMG, Mestrado em Microbiologia do solo (UFMG), Doutorado em Biologia do solo (UFRJ) e Pós doutorado pela Universidade de Lisboa (Portugal) e Universidade de Salamanca (Espanha).

E-mail para correspondência: reisila.simone@uemg.br

Resumo:

Este estudo visou diagnosticar a causa da degradação de uma nascente em Conceição do Para e a progressão da sua recuperação em comparação com uma nascente que foi recuperada há 10 anos em Taquaruçu de Minas e que serviu como ponto de referência para a análise de diversos indicadores relacionados ao solo. A nascente de Taquaruçu de Minas inicialmente seca, apresentou uma vazão de 555 ml de água /s. Similarmente, a nascente de Conceição do Pará produziu 402 ml/s oito anos após recuperação. O principal indicador de estresse comprometendo a recuperação da nascente de Conceição do Para foi o excesso de micro porosidade e compactação decorrente da falta da vegetação comprometendo a drenagem e movimentação das águas da chuva e a insurgência da água do aquífero. Os resultados mostram que o plantio de espécies arbóreas em zoneamento foi eficiente em ambas as nascentes para recuperar os serviços ecossistêmicos da floresta ripária.

Abstract

This study aimed to identify the degradation factors and restoration progress of a headwater stream in Conceição do Pará, Minas Gerais, Brazil. For comparison, a successfully restored 10-year-old headwater in Taquaruçu de Minas City served as a reference site for soil quality indicators. While initially dry, the Taquaruçu de Minas headwater exhibited a restored flow rate of 555 ml/s. Similarly, the Conceição do Pará spring produced 402 ml/s after 8 years of restoration efforts. The study identified excess

micro-porosity and soil compaction as key indicators of stress hindering the Conceição do Pará spring's recovery. These issues, stemming from the lack of vegetation, impaired drainage, rainwater infiltration, and spring resurgence. The findings emphasize the crucial role of planting native woody species, carefully selected for ecosystem compatibility, in successfully restoring the essential services provided by riparian forests.

Palavras-chave: Pará de Minas, Taquaruçu de Minas, Cerrado, vazão de nascentes, recuperação de florestas ripárias.

Keywords: Cerrado, springs, flow rate, recovery of riparian forests, spring restoration.

Introdução

A crise hídrica que estamos vivendo nos últimos anos traz sérias consequências econômicas e sociais. A falta de chuvas tem conduzido o Brasil e, em particular, a região Sudeste a uma situação difícil em vários campos, como na geração de energia elétrica, no abastecimento de água das cidades e na agricultura e pecuária. Sabemos que agricultura e pecuária são atividades econômicas essenciais na produção de alimentos, que têm em comum a necessidade de espaço físico e o suprimento de água. O desmatamento de extensas áreas de Cerrado, para suprir a falta de espaço nessas atividades e ampliar a fronteira agrícola, diminui drasticamente a quantidade de água infiltrada, retida e percolada no solo, aumentando o escoamento superficial (runoff), a lixiviação e, conseqüentemente, o assoreamento dos cursos hídricos (Indoria et al., 2020; Weeraratna, 2022).

A substituição da cobertura vegetal por pastagens rompe o elo entre a água do subsolo (subterrânea) e a atmosfera, exercido pelas raízes da vegetação freatófita arbórea comprometendo a disponibilidade desse recurso. As árvores possuem atributos funcionais como sistemas radiculares profundos, capacidade de fixação de carbono, tolerância à seca, capacidade de sombreamento e interação com a microbiota do solo, que as capacitam como engenheiras de ecossistemas. Elas capturam, redirecionam, estocam e liberam água em resposta aos estímulos ambientais e fisiológicos. O principal papel das espécies arbóreas no ciclo hídrico é a capacidade de evapotranspiração elevando o nível de água de um potencial mátrico de – 50 KPA em nível das raízes no