



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Luana Thaina Bigosinski Freitas, Matheus Lopes Demito

RESUMO

Ao longo dos anos, as *wetlands* têm se destacado como uma solução eficaz para o tratamento de águas residuais, graças à sua eficiência na remoção de poluentes e ao baixo custo de implantação e operação, especialmente em áreas rurais e regiões desprivilegiadas de saneamento. Além disso, seu impacto ambiental é menor em comparação a outros métodos convencionais de saneamento. No Brasil, a vasta biodiversidade de fauna e flora facilita a incorporação das *wetlands* ao ecossistema, desempenhando um papel vital na purificação da água, manutenção da biodiversidade e regulação de ciclos de nutrientes. Áreas úmidas, tanto naturais quanto construídas, atuam como filtros naturais que melhoram a qualidade da água e favorecem o equilíbrio ambiental. A utilização de plantas macrófitas como tecnologia sustentável promove o tratamento descentralizado de resíduos, oferecendo uma alternativa ambientalmente viável. Este trabalho desenvolveu e testou um protótipo de *wetland* de fluxo vertical para o tratamento de efluentes, empregando três tipos de materiais filtrantes. Os resultados indicaram a eficácia do sistema na remoção de impurezas, com melhorias observáveis na turbidez da água após a filtragem. A pesquisa contribui para o conhecimento sobre ecotecnologias aplicadas ao saneamento e destaca o potencial de adaptação das *wetlands* em contextos de infraestrutura limitada, proporcionando soluções sustentáveis e descentralizadas para o tratamento de águas residuais.

Palavras-chave: *Wetlands* Construídas; Áreas Molhadas; Saneamento Ambiental.



DESIGN AND IMPLEMENTATION OF WETLANDS CONSTRUCTED FOR WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

Over the years, wetlands have emerged as an effective solution for wastewater treatment due to their efficiency in pollutant removal and their low implementation and operational costs, particularly in rural areas and underserved regions lacking adequate sanitation. Additionally, their environmental impact is lower compared to conventional sanitation methods. In Brazil, the vast biodiversity of fauna and flora facilitates the integration of wetlands into ecosystems, playing a vital role in water purification, biodiversity maintenance, and nutrient cycle regulation. Wetlands, whether natural or constructed, act as natural filters that improve water quality and support environmental balance. The use of macrophyte plants as a sustainable technology promotes decentralized waste treatment, offering an environmentally viable alternative. This study developed and tested a vertical flow wetland prototype for effluent treatment, utilizing three types of filtering materials. The results indicated the system's effectiveness in impurity removal, with observable improvements in water turbidity after filtration. This research contributes to the knowledge of ecotechnologies applied to sanitation and highlights the potential for adapting wetlands in areas with limited infrastructure, providing sustainable and decentralized solutions for wastewater treatment.

Keywords: Constructed Wetlands; Wet Areas; Environmental sanitation.



1 INTRODUÇÃO

A origem da infraestrutura verde remonta à intersecção entre a arquitetura e a ecologia da paisagem, propondo-se como um conceito dinâmico e um processo estratégico. Enquanto conceito, influencia o planejamento urbano, enfatizando a importância de espaços verdes conectados. Como processo, facilita a maximização dos benefícios desses espaços, identificando áreas prioritárias para intervenção e desenvolvimento sustentável (BENE-DICT; MCMAHON, 2006).

A infraestrutura verde abarca uma variedade de iniciativas ambientais e sustentáveis, refletindo os esforços das cidades em busca de soluções mais ecológicas e resilientes intrinsecamente ligada à ecotecnologia. Uma dessas soluções é a implementação de *wetlands* construídas, uma ecotecnologia que tem ganhado destaque no tratamento de águas residuais, especialmente em áreas rurais e regiões com infraestrutura de saneamento limitada (FOSTER; LOWE; WINKELMAN, 2011).

As *Wetlands* Construídas (WC) são criadas para tratar e purificar água contaminada, especialmente água residual de esgoto, antes de ser liberada de volta ao meio ambiente. Esses sistemas, geralmente, consistem em uma combinação de plantas, solo e materiais filtrantes que ajudam a remover poluentes e nutrientes da água. As WC são uma abordagem eficaz e sustentável para o tratamento de águas residuais.

A Lei Federal 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, reforça a necessidade de soluções sustentáveis e acessíveis, como as *wetlands*, para a universalização do saneamento em áreas desprivilegiadas. Embora essas tecnologias apresentem desafios, como a necessidade de grandes áreas e dependência de fatores ambientais, seus benefícios, como a remoção eficaz de poluentes e a facilidade de operação, tornam-nas uma alternativa promissora para regiões rurais e com infraestrutura de saneamento limitada (MATOS; VON SPERLING; MATOS, 2018).

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver e avaliar um protótipo de *wetland* de fluxo vertical, projetado especificamente para o tratamento de águas residuais. O sistema será estruturado com o uso de quatro diferentes tipos de materiais filtrantes, dispostos em camadas granulométricas distintas, com o intuito de maximizar a eficiência do processo de filtragem. A avaliação será realizada por meio da análise de parâmetros de qualidade da água,



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

como a turbidez antes e após o tratamento. Além disso, serão observadas as condições operacionais do protótipo, como a taxa de escoamento e a capacidade de drenagem, buscando identificar o material filtrante mais eficaz para a remoção de impurezas.

Os resultados esperados visam não apenas comprovar a viabilidade técnica do protótipo, mas também contribuir para o avanço das ecotecnologias aplicadas ao saneamento. O estudo pretende oferecer uma solução prática, de baixo custo e sustentável para o tratamento descentralizado de efluentes, com potencial para ser implementada em áreas com infraestrutura limitada, como regiões rurais ou comunidades desprivilegiadas. Acredita-se que o protótipo desenvolvido poderá ser adaptado para diferentes realidades, servindo como uma referência para futuros projetos de saneamento ecológico e reforçando a importância das *wetlands* construídas no contexto da sustentabilidade ambiental.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 JUSTIFICATIVA

As *wetlands* construídas têm se mostrado uma alternativa promissora ao saneamento tradicional, principalmente em áreas com infraestrutura de saneamento deficiente, como regiões rurais e desprivilegiadas. Uma das principais vantagens dessas ecotecnologias é seu baixo custo de implantação e operação, além de sua capacidade de adaptação ao ambiente local, características essenciais para contextos em que os métodos tradicionais de tratamento de esgoto são inviáveis ou muito onerosos (PERONDI et al., 2020). Além disso, seu impacto ambiental é reduzido em comparação com sistemas convencionais, pois elas atuam como filtros naturais, utilizando plantas macrófitas que ajudam na purificação da água e na retenção de poluentes.

A escolha de um protótipo de wetland de fluxo vertical se justifica pela sua alta eficiência na remoção de sólidos suspensos e nutrientes em comparação a outros tipos de *wetlands*. A aplicação de diferentes materiais filtrantes busca aprimorar a capacidade de



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

purificação do sistema, explorando alternativas que possam maximizar a remoção de impurezas e reduzir custos. Esses fatores tornam o estudo relevante não só para a academia, mas também para a sociedade, uma vez que soluções práticas e de baixo custo para o saneamento descentralizado podem melhorar a qualidade de vida em comunidades com acesso limitado a serviços de saneamento.

Assim, este trabalho visa preencher uma lacuna existente na literatura científica e no desenvolvimento tecnológico de ecotecnologias aplicadas ao saneamento. Ao testar diferentes materiais filtrantes em um sistema de wetland de fluxo vertical, espera-se encontrar soluções que contribuam para a otimização desses sistemas em cenários com pouca infraestrutura, promovendo um tratamento de águas residuais mais sustentável e acessível.

2.2 METODOLOGIA

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza exploratória e experimental. A pesquisa é exploratória porque visa ampliar o conhecimento sobre o uso de ecotecnologias no saneamento descentralizado, especialmente em áreas com infraestrutura limitada. Além disso, a metodologia adotada envolve um caráter experimental, uma vez que o protótipo é desenvolvido e testado em condições controladas, permitindo a observação direta dos efeitos de diferentes materiais filtrantes na remoção de poluentes.

Para o desenvolvimento do protótipo de *wetland* de fluxo vertical, o qual visa simular as condições de tratamento de efluentes em escala de bancada, foram seguidos os seguintes passos:

1. Definição de Parâmetros Técnicos: Os parâmetros técnicos e operacionais do protótipo foram definidos com base no tamanho, tipo de substrato e espécies de plantas macrófitas utilizadas, conforme evidenciado no trabalho de Oliveira, 2019.
2. Projeto do Protótipo: Utilizaram-se softwares de engenharia, como AutoCAD, para o desenho e dimensionamento do protótipo. O projeto seguiu as normas técnicas ABNT NBR 12.208/2020, relacionadas ao projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário, e ABNT NBR 13.969/1997, para tanques



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

sépticos, garantindo que o protótipo esteja em conformidade com os padrões nacionais.

3. Construção do Protótipo: O protótipo foi construído utilizando materiais adequados e seguindo as normas técnicas relevantes. O sistema de filtragem foi composto por três camadas de diferentes granulometrias, com as maiores granulometrias dispostas na parte inferior do filtro para garantir um tratamento eficaz. E havendo entre a terceira e segunda camada de filtragem a manta geotêxtil atuando na separação e drenagem, as macrófitas foram plantadas na camada superior dentro do compartimento de filtragem. A tubulação foi instalada na parte inferior do filtro, sendo perfurada para permitir o escoamento do líquido tratado através do sistema de drenagem. Respeitou-se as normas técnicas ABNT NBR 12.208/2020 que rege sobre o projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário e a ABNT NBR 13.969/1997 que rege sobre tanques sépticos.
4. Testes de Operação: Para avaliar o desempenho do protótipo na remoção de resíduos, foram realizados testes de maneira controlada com diferentes materiais granulométricos. O processo de filtragem foi observado de maneira visual, verificando-se as mudanças na turbidez da água após o tratamento. A comparação dos resultados foi feita de acordo com as etapas de filtragem, documentando-se as diferenças visíveis nas amostras tratadas pelo sistema.

Destaca-se ainda que o projeto se dará pelo desenvolvimento de WC, em que quatro materiais diferentes granulometricamente serão divididos em quatro camadas nos WC. As maiores granulometrias serão dispostas na parte inferior do filtro para viabilizar um correto tratamento, e as macrófitas ficarão na parte superior do tanque. A tubulação será instalada na parte inferior do filtro, é perfurada e forma canais de passagem, permitindo que o líquido possa escoar para fora do sistema.

Por sua vez, para avaliar o desempenho do protótipo de *wetland* na remoção de resíduos e na melhoria da qualidade da água, serão monitorados os parâmetros de qualidade da água, como alteração nas características visuais da água, concentração de nutrientes e sólidos suspensos, antes e depois do tratamento. Esse controle de parâmetros será base para comparação entre os resultados obtidos com os padrões de qualidade da água estabelecidos pelas normas brasileiras. Todo o processo e resultados serão documentados para referência futura e apresentação acadêmica.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

2.3 DESENVOLVIMENTO DE INFRAESTRUTURAS SUSTENTÁVEIS

Na construção de infraestruturas a Engenharia Civil possui papel essencial. Nas últimas décadas houve uma mudança notável na abordagem da Engenharia Civil, impulsionada pela crescente conscientização ambiental. Esse novo enfoque busca garantir a sustentabilidade das construções ao longo do tempo, considerando, não apenas as demandas do presente, mas também os impactos futuros que podem ocasionar (CORRÊA, 2009). A sustentabilidade na Engenharia Civil envolve práticas que visam à conservação e sustentabilidade ambiental. Essa abordagem é essencial para promover um desenvolvimento urbano responsável e sustentável (AGOPYAN; VAHAN JOHN; MOACYR, 2011).

A instalação de sistemas de saneamento básico é essencial para resguardar e garantir a melhoria do bem-estar comunitário através de medidas técnicas e humanizadas integradas. Para além de proporcionar acesso a serviços de água potável e tratamento de esgoto, tais sistemas exercem um papel vital na prevenção de transmissão de doenças hídricas e na promoção de condições de vida adequadas. Entretanto, a relevância dos sistemas de saneamento transcende as exigências cotidianas, englobando dimensões sociais, ambientais e tecnológicas. Socialmente, garantem dignidade e qualidade de vida aos cidadãos, particularmente em áreas urbanas densamente povoadas e regiões rurais remotas. (VON SPERLING, 1996).

Ambientalmente, contribuem para a preservação dos recursos hídricos e a mitigação da poluição ambiental, sustentando ecossistemas aquáticos e terrestres. Tecnicamente, os avanços no desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas residuais têm gerado soluções mais eficientes e sustentáveis, como tecnologias de tratamento avançado e práticas de reutilização de água. Dessa forma, a instalação de sistemas de saneamento básico é crucial para fomentar comunidades saudáveis e sustentáveis. Apesar de cerca de 56% dos esgotos receberem tratamento em média no Brasil, é preocupante que mais de 90 milhões de brasileiros, representando cerca de 44% da população, ainda não possuam acesso à coleta de esgoto. Essa grande diferença entre a porcentagem de esgoto tratado e a falta de acesso à coleta ressalta desafios importantes que precisam ser enfrentados no campo do saneamento básico em nosso país. (SNIS, 2022).



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O termo "*wetlands*" (do inglês) se refere a ecossistemas úmidos naturais, tais como pântanos, brejos e áreas alagadas costeiras. Nesse ambiente várias nomenclaturas são encontradas como "sistemas alagados", "filtros plantados com macrófitas", "sistemas de zonas de raízes", "zonas úmidas construídas" dentre outras. Isso destaca a diversidade e complexidade do ecossistema aquático, que são áreas criadas para formar lagoas ou canais rasos, proporcionando um habitat para plantas aquáticas (VON SPERLING e SEZERINO, 2018).

Sendo são uma tecnologia sustentável eficaz para o tratamento descentralizado de águas residuais. As WC se destacam pela simplicidade de operação, baixos custos de manutenção e pela capacidade de atender populações significativas. Seu papel é fundamental na ecotecnologia, sendo amplamente adotadas em diversos países (LANGERGRABER et al., 2019).

As *Wetlands* se dividem em duas categorias, a saber, Naturais e construídas ou restauradas. Os naturais representam ecossistemas essenciais cujas características incluem períodos de inundação sazonal ou permanente. Estes ambientes fornecem habitats fundamentais para uma diversidade de plantas aquáticas e criam condições propícias para o desenvolvimento de solos hidro mórficos.

Nos anos 1950, na Alemanha, surgiu a primeira iniciativa de tratamento de águas residuais utilizando *Wetlands* Construídos. Desenvolveu-se uma abordagem inovadora para tratar águas residuais. Impulsionados pela urgência de mitigar a crescente poluição hídrica, esses especialistas conduziram estudos para avaliar a viabilidade desses sistemas. (RODRIGUES, 2016).

No entanto, no contexto do saneamento, é frequentemente usado para descrever sistemas de tratamento baseados em processos naturais encontrados em ecossistemas de áreas úmidas. Esses sistemas, muitas vezes chamados de "*Wetlands* Construídas" ou "*wetlands* artificiais", utilizam plantas e microrganismos para remover contaminantes da água, mimetizando os processos de purificação que ocorrem em *wetlands* naturais. Portanto, neste contexto, refere-se ao uso adaptado de ecossistemas úmidos para fins de tratamento de águas residuais, aproveitando os princípios ecológicos subjacentes desses ambientes para promover a purificação da água de forma natural e, sendo, então, assim consideradas uma forma de



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

tecnologia social que visa promover a sustentabilidade (DOMINGOS; BERRETA; REIS, 2018).

Ao longo da evolução do saneamento, as *wetlands* (áreas molhadas) têm desempenhado um papel crucial. Inicialmente vistas como obstáculos ao desenvolvimento urbano e agrícola, essas áreas úmidas eram frequentemente sujeitas à drenagem e degradação. No entanto, com o avanço científico, as áreas molhadas emergiram como ferramentas valiosas para o tratamento de águas residuais (KADLEC; WALLACE, 2008).

Nos últimos anos, os sistemas de *wetlands* construídos têm se destacado como uma opção eficaz e sustentável para o tratamento de efluentes. Sua capacidade natural de filtrar e remover poluentes orgânicos e inorgânicos os tornou uma escolha rentável e ecologicamente amigável. A implementação desses sistemas tem sido impulsionada pelo aumento do reconhecimento de sua eficácia, bem como pelos benefícios adicionais que oferecem, como a preservação da biodiversidade e a redução de inundações (PERONDI et al., 2020).

Em muitos países, políticas e regulamentações foram estabelecidas para promover o uso de *wetlands* no tratamento de águas residuais, destacando seu status crescente como uma prática comum na gestão de resíduos líquidos. Em resumo, o histórico das *wetlands* no contexto do saneamento reflete uma jornada de valorização de sua eficácia ecológica e sua importância na busca por soluções sustentáveis para os desafios enfrentados no tratamento de águas residuais. (DOMINGOS; BERRETA; REIS, 2018).

3 ABORDAGENS CONSTRUTIVAS DE *WETLANDS*

Os sistemas de *Wetlands* Construídas são estruturas projetadas para o tratamento de águas residuais, replicando as características ecológicas dos ecossistemas de pântano. Estes sistemas utilizam uma variedade de plantas específicas para remover contaminantes dos efluentes e promover a purificação do solo. (BARRETO, 2016).

As *Wetlands* Construídas representam uma abordagem técnica e avançada no tratamento de águas residuais, baseada na simulação de processos naturais de filtragem e purificação encontrados em ecossistemas de áreas úmidas. Esses sistemas, ao reproduzirem de forma controlada tais processos, demonstram uma eficiência notável na remoção de uma

ampla variedade de poluentes presentes nos efluentes, tais como nutrientes, metais pesados e compostos orgânicos. Além disso, sua operação e manutenção são geralmente mais econômicas em comparação com tecnologias convencionais de tratamento, graças à sua dependência de processos naturais e à reduzida necessidade de insumos externos.

Uma vantagem adicional desses sistemas é sua sustentabilidade ambiental, manifestada pela promoção da biodiversidade, pela recarga de aquíferos e pela estabilização das margens dos corpos d'água. De igual modo, demonstram resiliência diante das mudanças climáticas, mitigando os impactos das inundações e secas por meio da absorção e armazenamento de água. Sua capacidade de integração com paisagens naturais ou urbanas as torna valiosas não apenas como infraestrutura de tratamento, mas também como elementos estéticos e recreativos que beneficiam as comunidades locais.

Os sistemas de *wetlands* são categorizados de acordo com o modo de escoamento empregado como demonstrado na Figura 1. 18).

Foto 1 - Classificação dos Wetlands Construídos



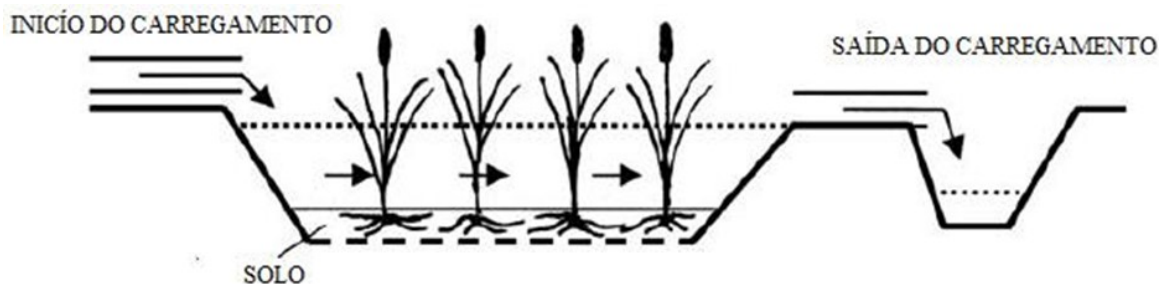
Fonte: adaptado de VYMAZAL & KROEPFELOVÁ, 2008.

Em resumo, as WC representam uma solução técnica e ambientalmente avançada para o tratamento de águas residuais, proporcionando uma abordagem holística e sustentável que combina eficácia técnica com benefícios ambientais, sociais e econômicos significativos.

3.1 WETLAND CONSTRUÍDA DE FLUXO SUPERFICIAL (WCFS)

A WCFS se distingue dos demais sistemas por possuir escoamento superficial (Figura 2) . Os sistemas de fluxo superficial são mais eficazes na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, pois a água permanece retida por mais tempo, aumentando a eficiência do processo de tratamento. No entanto, os sistemas de escoamento superficial apresentam desvantagens, como a geração de odores e a proliferação de insetos no ambiente.

Foto 2 - Esquema de wetland Fluxo superficial (WCFS)



Fonte: VYMAZAL (2008).

Os regimes de escoamento superficial se parecem com áreas alagadas naturais e podem incluir plantas aquáticas flutuantes ou enraizadas em uma camada de solo no fundo, que podem ser tanto emergentes quanto submersas. O esgoto flui livremente entre os caules das plantas, sendo purificado por diversos mecanismos. Esses sistemas são apropriados para lagoas de estabilização.

3.2 WETLAND CONSTRUÍDA DE FLUXO SUPERFICIAL (WCFV)

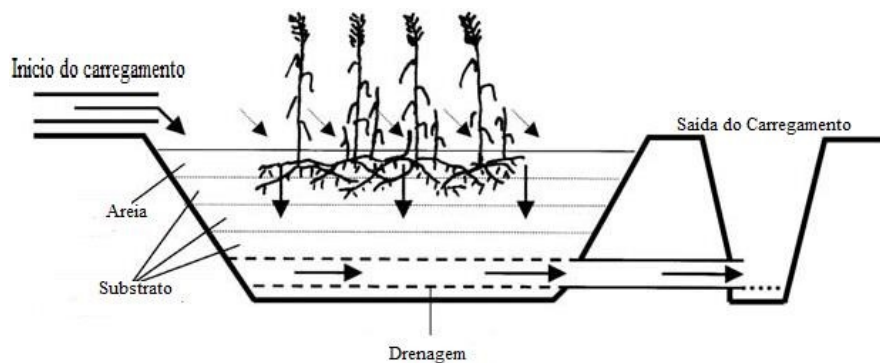
O sistema de fluxo subsuperficial não possui água livre na superfície, como o próprio nome sugere. É composto por pedras, cascalho e areia, que servem de suporte para a vida das plantas aquáticas. O nível da água permanece abaixo da superfície do leito, e o esgoto flui em

contato com as raízes das plantas, onde se desenvolve um biofilme bacteriano. Grande parte da zona subsuperficial pode ser anaeróbia ou anoxia.

3.2.1 WETLAND CONSTRUÍDA DE FLUXO SUBSUPERFICIAL VERTICAL (WCFV) E WETLAND CONSTRUÍDA DE FLUXO SUBSUPERFICIAL

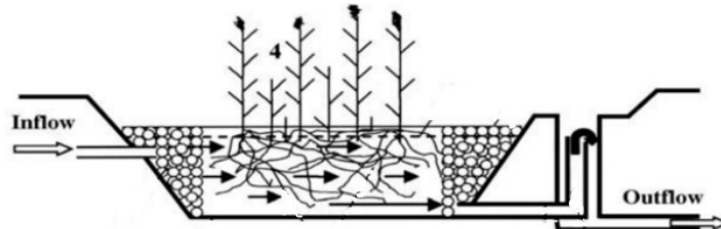
O sistema de fluxo vertical (Figura 3) pode receber resíduos provenientes de fossas sépticas e outros processos de esgoto, com o escoamento ocorrendo de forma vertical. O efluente tratado é coletado na base através de tubulações de drenagem, seguindo um fluxo descendente. A eficiência do tratamento é otimizada pela utilização de sistemas híbridos, que combinam fluxos verticais e horizontais. A *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal (WFCH) (Figura 4) é um sistema natural para o tratamento de efluentes, onde a água flui através de um meio poroso, como areia ou cascalho, abaixo da superfície do solo. O escoamento ocorre horizontalmente entre as raízes de plantas aquáticas, evitando a exposição ao ar e minimizando odores e a proliferação de insetos. Esse sistema é adequado apenas para resíduos previamente tratados (SEZERINO et al., 2015; VYMAZAL; KROPFELOVÁ, 2008).

Figura 3 - Esquema de Wetland Construída de Fluxo subsuperficial vertical (WCFV)



Fonte: YMAZAL & KROPFELOVÁ (2008).

Figura 4 - Esquema de *Wetland* de Fluxo subsuperficial horizontal (WCFH)



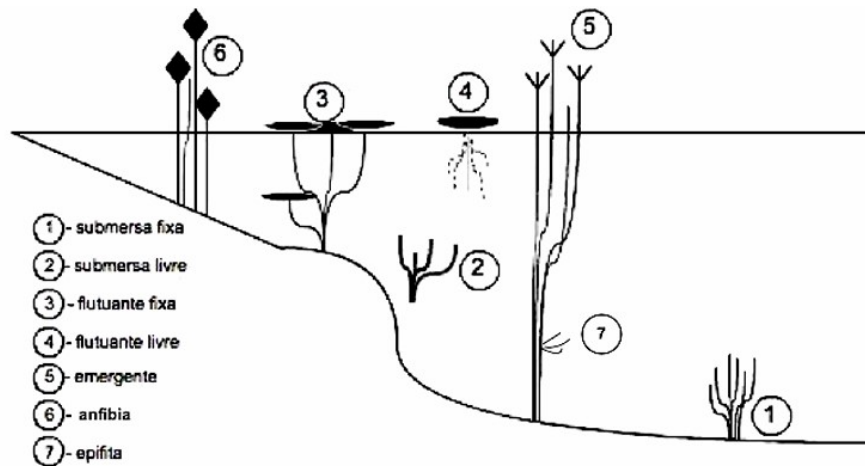
Fonte: YMAZAL & KROEPFELOVÁ (2008).

Indiferente do método adotado, é de suma importância implementar sistemas de tratamento preliminar e primário para que seja evitado o entupimento do sistema de escoamento, removendo sólidos grandes, flutuantes e partículas sedimentárias. (VALENTIM, 2003).

A remoção de poluentes em *wetlands* construídos ocorre por meio da interação de vários elementos, incluindo solo, cascalho, brita e outros substratos, bem como plantas flutuantes, emergentes ou submersas, e micro-organismos. O desempenho dessas *wetlands* no tratamento da água é influenciado por fatores como variações nos níveis de água, poluição, mudanças de temperatura, exposição ao sol e ciclos de crescimento das plantas. Mesmo com essas variações, as *Wetlands* Construídas são extremamente eficazes na redução da demanda química e bioquímica de oxigênio, bem como na remoção de partículas suspensas e patógenos (KADLEC; WALLACE, 2008).

As plantas macrófitas juntamente desempenham um papel crucial na remoção de nitrogênio e fósforo. absorvendo esses nutrientes para seu desenvolvimento. As suas raízes criam microambientes aeróbicos que favorecem o desenvolvimento de bactérias essenciais para a decomposição da matéria orgânica e a remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Além disso, elas liberam substâncias que estimulam o crescimento dessas bactérias, promovendo uma comunidade microbiana ativa e diversificada. (SUNTTI, 2010).

Figura 5 - Tipos de macrófitas



Fonte: YMAZAL & KROEPPELOVÁ (2008).

Sua classificação está dividida como demonstrado na Figura (5), sendo a Anfíbia que é capaz de viver tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre quando o nível da água abaixa, emergente enraizada no sedimento, com uma parte submersa e outra parte esta emersa, flutuante fixa se enraizada no sedimento, possuindo folhas flutuantes, flutuante livre não se enraíza no sedimento, assim podendo ser levada pelo vento, pela correnteza das águas, ou por animais, sendo que, submersa, fixa permanece enraizada no sedimento, seus caules e folhas permanecem submersos. Normalmente sua flor emerge para fora da água, a submersa livre não se enraíza no fundo, ficando totalmente submersa, emergindo normalmente somente as flores e, por fim, Epífita ocorre sobre outras plantas aquáticas, utilizando-as como suporte (ESTEVEZ, 1998; PEDRALLI, 1990).

No Brasil, pesquisas indicam a viabilidade do uso de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluente que, além de absorver os nutrientes, também são capazes de captar metais pesados presentes na água (SIPAÚBA-TAVARES; BRAGA, 2008).



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O substrato é fundamental para sustentar a vegetação e filtrar o efluente, facilitando as reações bioquímicas e o crescimento microbiano, geralmente e constituído de brita e areia, serve como suporte para o desenvolvimento das plantas e microrganismos.

E os materiais filtrantes fornecem suporte para o desenvolvimento das bactérias, assim eles promovem a formação de colônias bacterianas envolvidas nos processos de depuração da matéria orgânica, transformação da série nitrogenada e adsorção de fósforo. Isso acontece porque os materiais filtrantes são propícios para o crescimento e atividade dessas bactérias (KOOTTATEP et al. 1999).

3.3 WETLANDS NO BRASIL

De acordo com Salati Jr., Salati, e Salati (1999), os resultados de observações feitas a partir das planícies inundáveis da Amazônia deram origem aos primeiros estudos com áreas úmidas construídas realizados no Brasil. Salati e colaboradores realizaram a primeira tentativa de purificar a água no Brasil através da aplicação de sistemas de *wetlands* construído em 1982 e, assim, obtiveram sucesso com os estudos.

E a primeira experiência no Brasil com as WC ocorreu em 1982 para o tratamento de águas, em que foi realizado o primeiro projeto de *wetlands* feito por SALATI & RODRIGUES de acordo com Salati (2003).

Nos anos seguintes em 1990 houve um aumento considerável nas experiências com *wetlands*, tornando o método, mas disseminado. Essa crescente curiosidade resultou em pesquisas mais detalhadas e minuciosas, levando à criação de uma técnica aprimorada para tratar águas residuais em comunidades rurais. (CONTE, M. L. et al. 1992).

Os *wetlands* construídos de escoamento subsuperficial horizontal se destacaram como uma opção pioneira para o tratamento secundário de esgoto doméstico após o tanque séptico. Essa modalidade surgiu como uma alternativa inovadora às estruturas convencionais



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

estabelecidas em áreas rurais. O estado de Santa Catarina foi um dos pioneiros nessa abordagem. (Sezerino et al., 2015).

4 DIMENSIONAMENTO DE WETLANDS

O desenvolvimento adequado de *wetlands* é fundamental para garantir a eficiência na remoção de poluentes. Sem um planejamento preciso, a eficácia do sistema pode ser comprometida, resultando em impactos ambientais negativos (PHILIPPI; SZERINO, 2004).

Para o dimensionamento de *Wetlands* derivam-se dos princípios da cinética de primeira ordem (Equação 1).

$$C_e = C_0 \times e^{(-k_t \times TDH)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

C_0 = concentração de afluente (mg. L^{-1});

C_e = concentração de efluente (mg. L^{-1});

K_t = constante de reação cinética de primeira ordem (d^{-1});

TDH = tempo de detenção hidráulica (dia)

E, utilizando a constante K_T , determina-se o coeficiente de decaimento do poluente para temperatura do sistema (Equação 2).

$$K_T = K_{20} (\theta)^{(T-20)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

K_T = constante de reação cinética (Dependente da temperatura) (d^{-1})

K_{20} = constante de reação cinética a 20°C

T = temperatura média



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O tempo de detenção hidráulica se obtém a partir da Fórmula TDH (Equação 3).

$$TDH = \varepsilon \times \frac{V}{Q} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: TDH = tempo de detenção hidráulica (d);

ε = porosidade do meio suporte (m^3 vazios por m^3 material);

V = volume (m^3)

Q = vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)

Para determinar a área necessária para o tratamento secundário do esgoto (Equação 4).

$$A = \frac{Q \times (\ln Co - \ln Ce)}{K_T \times p \times \varepsilon} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

A = área superficial requerida (m^2)

Q = vazão afluyente ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)

Co = concentração afluyente em termos DBO_5 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$);

Ce = concentração efluyente em termos ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$);

K_T = constante de reação cinética, com base no volume (d^{-1})

p = profundidade media (m);

ε = porosidade do meio suporte (m^3 vazios por m^3 material)

Além das metodologias apresentadas, há outras que não foram mencionadas devido a algumas informações serem com poucas informações para o nosso estado real, o que acaba tornando-as impossíveis de serem usadas em projetos de bancada.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão identificadas as peças necessárias para a construção do protótipo, seguidas de um protocolo detalhado para a realização do projeto de wetland vertical.

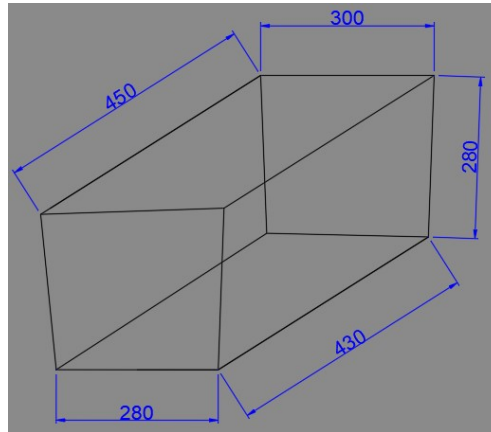
5.1 Descrição Geral dos Materiais

Os materiais utilizados na construção do sistema hidráulico da *wetland* construída (WC) foram selecionados visando garantir a eficiência na condução e controle do fluxo de água. Entre os principais componentes utilizados estão conexões do tipo joelho, tê, e tubulações de 25 mm de diâmetro, todas destinadas ao uso com água fria. Esses materiais foram escolhidos por sua resistência, durabilidade e compatibilidade com o sistema proposto.

5.1.1 Materiais e Dimensões da Caixa

O compartimento tem como função armazenar o sistema de filtração por onde os resíduos iram escoar internamente até o sistema hidráulico de drenagem. Suas dimensões, materiais e demais detalhes podem ser observado (Figura 6) e (Figura 7) sendo fabricado em Plástico Polipropileno.

Figura 6 - Dimensional do compartimento



Fonte: Autor

Figura 7 - Compartimento de montagem do protótipo



Fonte: Autor

5.2 TUBULAÇÕES, CONEXÕES E ADAPTADORES

Para a construção do sistema hidráulico, foram utilizados diversos componentes essenciais. A tubulação na *wetland* proposta desempenha um papel crucial na condução e distribuição da água, garantindo um fluxo eficiente através do sistema. Ela permite que a água se mova de forma controlada pelos diferentes compartimentos, facilitando o processo de filtração e purificação. Dessa

forma, a tubulação assegura que o tratamento da água ocorra de maneira eficaz e sustentável. Na montagem do sistema hidráulico foi utilizado (Figura 8):

Figura 8 – Materiais utilizados na tubulação



Fonte: Autor

- Joelhos de 25 mm 90°;
- Tê Soldável Água Fria 25 mm;
- Flange de 25 mm Água Fria;
- Tubo de PVC Soldável Água Fria 25 mm;
- Torneira de jardim Preta.

A tubulação foi projetada com os tubos de 25 mm de diâmetro de água fria. As conexões do tipo joelho e tê foram incorporadas para facilitar a direção do fluxo de água. Além disso, um flange foi utilizado para garantir uma ligação segura, e uma torneira de jardim preta de 20 mm foi incluída para o controle prático da vazão. Sendo utilizada fita veda-rosca para vedação das conexões roscadas, prevenindo vazamentos. Esses materiais foram escolhidos por sua compatibilidade e eficiência, assegurando um funcionamento adequado do sistema.



5.2.1. ACESSÓRIOS COMPLEMENTARES PARA A CONFECÇÃO DA PARTE HIDRÁULICA

Além dos materiais principais, foram utilizadas tela de mosquiteiro e abraçadeiras de nylon. A tela de mosquiteiro, devido à sua malha fina, foi aplicada como uma barreira de filtragem para reter partículas maiores, como sedimentos, enquanto permitia o fluxo de água, prevenindo entupimentos. As abraçadeiras de nylon foram usadas para fixar os componentes da estrutura de forma segura e eficiente, contribuindo para a estabilidade do sistema.

5.3 AGREGADOS UTILIZADOS NO SISTEMA

Neste projeto, optou-se pela utilização de três tipos de agregados – brita 0, brita 1 e areia – para garantir o desempenho ideal do sistema de drenagem.

- **Brita 0:** Com granulometria entre 4,8 mm e 9,5 mm, a brita 0 melhora a compactação e drenagem, facilitando o fluxo de água e estabilizando a base a receber as plantas.
- **Brita 1:** Com granulometria entre 9,5 mm e 19 mm, a brita 1 fornece suporte estrutural e forma canais de escoamento, prevenindo o acúmulo de água e garantindo durabilidade.
- **Areia:** Utilizada isoladamente, atua filtrando partículas finas, promove drenagem eficaz e proporciona compactação uniforme e estabilidade ao sistema.

5.4 FLORA DO SISTEMA DE DRENAGEM

Optou-se por utilização da planta *Tradescantia pallida* (Figura 9), mais conhecida como "trapoeraba roxa" pertence à família Commelinacea . Essa escolha se deve a suas características de fácil adaptação e aos benefícios que traz para o ecossistema, e seu pequeno porte. Com seu crescimento rápido, essa macrófita se ajusta facilmente a diversas condições de umidade e luz, além de possuir também seu uso em ornamentações, Sendo, também, um bioindicador de poluição de água, solo e ar.



Figura 9 - Detalhes da Planta



Fonte: Autor

7 RESULTADOS

Na abordagem do tema, notou-se a falta de informações na literatura acadêmica brasileira com mais exemplos de desenvolvimento de *Wetlands* Construídas, podendo ser atribuídas pelos recentes interesses de desenvolvimento e pelas limitações de recursos. Com isso espera-se contribuir com esses resultados sobre o tema em uma análise acadêmica.

Durante o desenvolvimento deste protótipo, foi explorado o tema das *wetlands* e sua eficácia no tratamento de resíduos, com foco na filtração que ocorre na segunda etapa do processo, em que os sedimentos de maior granulometria. Esse método é considerado de baixo impacto ambiental em comparação com os tratamentos tradicionais. Com base nesse conhecimento, foi desenvolvido um protótipo funcional de uma *wetland* de escoamento vertical, visando aprofundar a compreensão de seu funcionamento e a eficiência da filtração dos materiais testados. Os principais componentes hidráulicos do protótipo foram projetados utilizando o software AutoCAD.

Na sequência são descritas as etapas da montagem da tubulação e os componentes:



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

- 1° - As peças de cano foram cortadas nas medidas que se designava o projeto.
- 2° - Os joelhos e Tê foram posicionados cada um conforme o projeto.
- 3° - Após estando toda parte hidráulica encaixada, foram realizados furos de 0.5 mm em cada um cm nos canos (Figura 10 A).
- 4° - A tela de mosquiteiro aplicada envolta da tubulação em que foram utilizadas abraçadeiras de nylon para fixá-las (Figura 10 B).

Figura 10 – (A) Hidráulica semipronta ;(B) Acabamento final

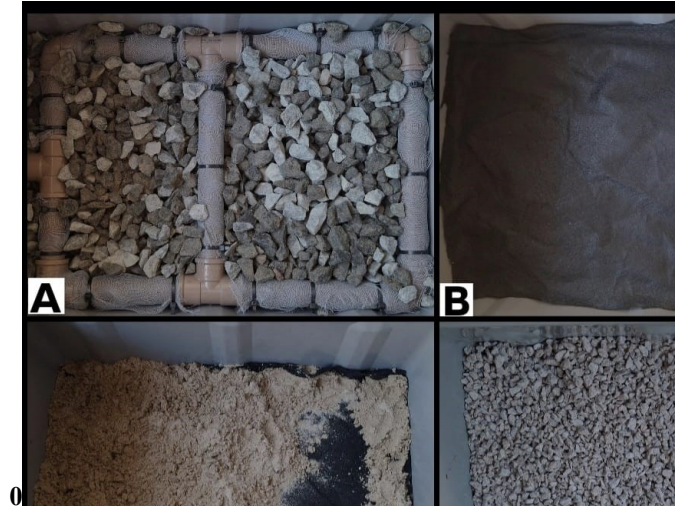


Fonte: Autor

Estando toda a tubulação montada, foi feito na caixa o furo com a serra copo na caixa para poder encaixar a tubulação até a flange. Conforme designado e seguindo as medidas, a torneira de jardim foi isolada com veda rosca para que no seu encaixe não houvesse vazamentos no flange que será utilizada como saída das amostras. No teste sem os agregados não houve vazamentos no flange, nem na torneira.

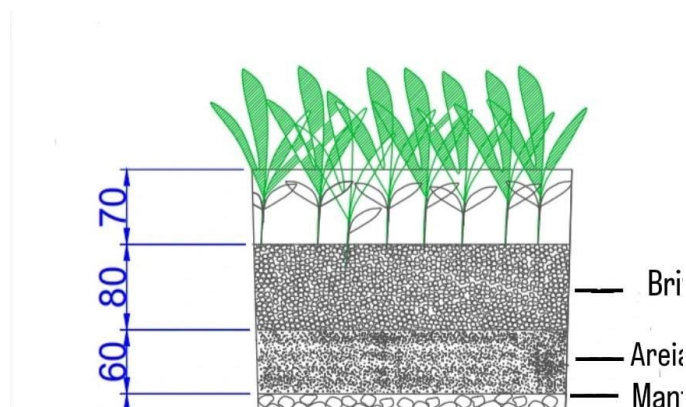
Estando toda a tubulação nas medidas e encaixes corretos, iniciou-se a montagem das camadas filtrantes. Na primeira camada se iniciou com a brita 1 sendo acomodada entre tubulação e, sobre ela (Figura 11A), na segunda etapa se colocou a manta geotêxtil (Figura 11B). A areia foi colocada acima da manta para se montar a segunda camada (Figura 11C) e, por último, a camada de brita 0 (Figura 11D), seguindo cada medida as camadas filtrantes (Figura 12).

Figura 11 - Etapas de Filtragem:(A) Brita 1; (B)Manta geotêxtil; (C) Areia e (D)Brita



Fonte: Autor

Figura 12 - Detalhes das camadas filtrantes



Fonte: Autor

Estando as camadas filtrantes acomodadas em suas medidas de cada camada, as plantas foram plantadas com suas raízes entrelaçadas nas britas 0, sendo na última camada de agregados (Figura 13).

Figura 13 - Macrófita plantada no compartimento



Fonte: Autor

Figura 14 - Sistema de Filtragem completo



Fonte: Autor

O protótipo tendo toda sua estrutura concluída (Figura 14), iniciou os ensaios de filtragem, sendo colocados 2 Litros de água com cada mistura de experimento, de exemplo para ver como cada filtragem ocorreria e, por fim, separando em 3 recipientes cada etapa das amostras, sendo divididos em 3 etapas as amostras:

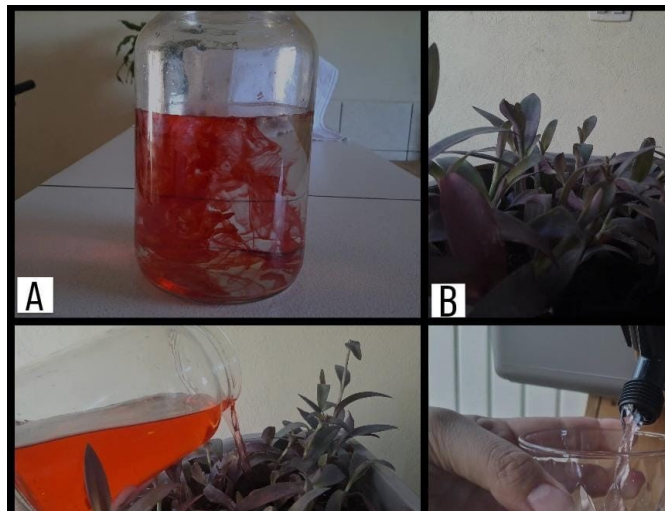
1°- A amostra de entrada;

2°- A amostra que saiu após passar por todo o sistema de filtragem;

3° - A amostra do compartimento até o esgotamento total.

Na primeira filtragem, usaram-se 2 Litros de água com corante alimentício vermelho, sendo 4 gotas para cada 1 litro (Figura 15 A). A solução foi despejada sobre a macrófita sobre toda sua superfície (Figura 15 B e C) para que houvesse um escoamento sobre todo o protótipo. Após concluído, aguardam-se alguns minutos para se abrir a saída da amostra da filtragem (Figura 15 D).

Figura 15 - Etapas Filtragem corante alimentício(A); despejado sobre a macrófita (B) e (C) e resultado da filtragem(D)



Fonte: Autor

Após Concluídas as etapas iniciais, obteve-se o resultado para comparativo (Figura 16), em que se nota a diferença visível entre as 3 soluções que escoaram no sistema de filtragem.

Figura 16 - Resultado da filtragem da água com corante



Fonte: Autor

O experimento de filtragem com corante alimentício revelou uma evolução significativa. Na amostra A, que estava em estado bruto, a coloração intensa resultava da alta concentração de corante. A tonalidade da amostra B, a primeira coletada após a filtragem, mostrou uma tonalidade levemente mais clara, sugerindo uma remoção parcial. A amostra C, coletada posteriormente, exibiu uma coloração mais clara, evidenciando a eficácia do sistema de filtragem na remoção da maioria do corante.

No segundo ensaio de filtragem, foram utilizados 2 Litros de água e 50 g de folhas secas (Figura 17 A), como estimado aos outros ensaios. a solução foi despejada sobre a macrófita sobre toda sua superfície como no primeiro ensaio (Figura 17 B e C) para que houvesse um escoamento sobre todo o protótipo. Após concluído, aguardam-se alguns minutos para se abrir a saída da amostra da filtragem (Figura 17 D).

Figura 17 - Etapas Filtragem Água com resíduos de Folhas secas (A); despejando sobre a macrófita (B) e (C) e resultado da filtragem(D)



Fonte: Autor

E, após a conclusão da etapa de filtragem do segundo ensaio (Figura 17), obteve-se o resultado para comparação entre as amostras (Figura 18), notando-se visualmente a sua diferença na tonalidade e resíduos de granulometria maior.

Figura 18 - Resultado da filtragem da água com folhas



Fonte: Autor



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O segundo ensaio com os resíduos de folhas secas moídas apresentou uma mudança perceptível na qualidade da água ao longo do processo. A amostra A exibiu coloração mais forte devido à concentração elevada de matéria orgânica e sólidos suspensos. A amostra B, coletada logo após a filtragem inicial, mostrou uma leve clarificação, sugerindo a remoção parcial de contaminantes. A amostra C, com tonalidade ainda mais clara, indicou maior eficiência na retenção de partículas e na melhoria da qualidade da água, confirmando o efeito positivo da continuidade do processo de filtragem.

E, por fim, o último ensaio de filtragem foi realizado com Terra Vermelha, com a mesma dosagem dos outros ensaios 2 Litros de água para 50 g de Terra vermelha. (Figura 19 A). Ocorrendo os mesmos procedimentos dos ensaios anteriores, como estimado aos outros ensaios. A solução foi despejada sobre a macrófita sobre toda sua superfície (Figura 19 B e C) para que houvesse um escoamento sobre todo o protótipo. Após concluído, aguardam-se alguns minutos para se abrir a saída da amostra da filtragem (Figura 19 D).

Figura 19 - Etapas Filtragem Água com Terra Vermelha (A); despejando sobre a macrófita (B) e (C) e resultado da filtragem(D).



Fonte: Autor

E, após a conclusão do ensaio e a solução ter passado por todo o sistema de filtragem (Figura 19), obtém-se o resultado para comparação entre as amostras na Figura 20.

Figura 20 - Resultado da filtragem da água com folhas



Fonte: Autor

E, no terceiro e último ensaio de filtragem com terra vermelha, evidenciou-se uma redução progressiva de turbidez nas amostras. A amostra A exibe coloração intensa e alta turbidez, representando o estado bruto, sem qualquer tratamento. Após a primeira filtragem, a Amostra B mostra uma leve clarificação, indicando que parte dos sedimentos maiores foi removida pela filtragem. A Amostra C, com tonalidade ainda mais clara, demonstra a eficiência do processo de filtragem contínuo na remoção menores e na melhoria da qualidade visual da água.

Diante de todos os resultados, o protótipo agiu de acordo com o estabelecido em projeto com um bom escoamento e uma boa filtragem nas camadas filtrantes. Na Tabela 1 é possível verificar os gastos com o desenvolvimento do protótipo.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Tabela 1 – Valores investidos no desenvolvimento e construção do protótipo de *Wetland*

Componente	Valor	Quantidade
Cano de 25mm	29,90	1,5 metro
Tê de 25mm soldav.	3,49	3 unid.
Joelho de 25mm 90°	1,50	4 unid.
Flange de 25mm ³ / ₄	11,40	1 unid.
Torneira de jardim	10,49	1 unid.´
Tela de mosqueteiro	15,00	1 metro
Fita veda-rosca	2,99	1 Unid.
Manta geotêxtil	35,00	1 metro
Caixa Plástica 28L	49,99	1 Unid.
Brita 0	18,00	20 Kg
Brita 1	14,00	20 kg
Areia	16,50	10 Kg
Mudas trapoeraba	36,00	20 Unid.
Total	240,26	-

Fonte: Autor

A aquisição das peças do protótipo foi realizada em empresas locais especializada em comércio de materiais de construção. A planta utilizada foi adquirida em empresa especializada em jardinagens e ornamentações.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

8 CONCLUSÃO

Neste estudo, inicialmente foi realizada uma investigação sobre o progresso do saneamento em paralelo ao avanço da sustentabilidade, utilizando-se fundamentos teóricos. A análise dessa evolução revelou que a sustentabilidade se tornou essencial para o desenvolvimento, especialmente com o advento da ecotecnologia, que impulsionou o aprimoramento de materiais e técnicas utilizadas.

Nota-se que, ao longo do tempo, foram sendo desenvolvidos modelos e técnicas inovadoras de *wetlands* para incorporar aos novos avanços no tratamento de efluentes, com a implementação de projetos sustentáveis e diversas espécies de macrófitas para utilização. Apesar de existirem poucos exemplos de desenvolvimento de projetos no Brasil e da maioria dos dados de estudo serem provenientes de fora, a tendência é de crescimento e expansão dessa abordagem.

Este estudo tem como objetivo examinar minuciosamente os métodos e materiais disponíveis para o desenvolvimento do projeto, analisando suas vantagens e desvantagens, e determinando qual projeto de WC é mais adequado para atender as necessidades específicas do local desejado.

A elaboração do protótipo seguiu conforme o projeto, seguindo o passo a passo de sua montagem, separando cada uma delas, entre a montagem inicial do sistema de drenagem, a preparação da caixa para receber a adaptação, e pôr fim à montagem das camadas filtrantes e plantio da macrófita.

Após a conclusão de sua montagem, os ensaios foram realizados, ocorrendo a filtração das amostras que foram testadas nele. Havendo a filtração visualmente dos resíduos presentes em cada experimento, no comparativo das 3 amostras de cada ensaio se notou diferença nas turbidezes da água.

Portanto, conclui-se que houve sucesso parcialmente na realização do projeto, pois na saída da amostra, após percorrer todo o sistema de filtração, houve validação deste sistema



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

drenagem. Mas, por falta de mais materiais para tratamento, ainda possui resquícios na turbidez das águas. Entretanto a drenagem da caixa funcionou conforme o planejamento e sem vazamentos.

REFERÊNCIAS (NÃO NUMERAR ESSA SEÇÃO)

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley Moacyr. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/81c3bbde-b3d6-4c76-bfc6-d350dbab74af/Vahan_2011_desafio%20da%20sustentabilidade.pdf. Acesso em: 26 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12.208/1993 **Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13.969/1997 **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BARRETO, André Baxter. **Contribuição da Zona de Raízes em Sistemas Alagados Construídos de Escoamento Subsuperficial Horizontal para Tratamento de Efluentes Sanitários**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R.; ZUCCARI, M. L.; DAMASCENO, S., **Tratamento de águas servidas no meio rural através do processo fito-pedológico: resultados preliminares**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16., 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBEA, 1992. p. 1018-1029.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)-Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

DOTRO, Gabriela; LANGERGRABER, Günter; MOLLE, Pascal; NIVALA, Jaime; PUIGAGUT, Jaume; STEIN, Otto; VON SPERLING, Marcos. **Treatment Wetlands**. IWA Publishing, 2017. <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2020/09/volume-7.pdf>

DOMINGOS, Arthur Fernandes; BERRETA, Marcia dos Santos Ramos; REIS, Mateus da Silva. **O uso de tecnologia social para tratamento de esgoto doméstico numa comunidade rural de Gramado, RS, Brasil**. Revista Gestão e Políticas Públicas, v. 8, n. 2, p. 316-336, 2018. DOI: 10.11606/issn.2237-1095.v8p316-336. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rgpp/article/view/175121>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia. 2ª edição**. Interciência: Rio de Janeiro – RJ, 1998

FOSTER, J.; LOWE, A.; WINKELMAN, S. **The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation**. The Center for Clean Air Policy, fev. 2011. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=23c37d46d12645860a35382e97109c0009a897c1071d2f15a7edc2e868b0864cJmltdHM9MTcyOTU1NTIwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=2f89c064-9fc8-6ec0-2933-d56b9e116ff0&psq=FOSTER%2c+J.%3b+LOWE%2c+A.%3b+WINKELMAN%2c+S.+The+Value+of+Green+Infrastructure+for+Urban+Climate+Adaptation.+The+Center+for+Clean+Air+Policy%2c+fev.+2011.&u=a1aHR0cHM6Ly93cnJlMfyaXpvbmEuZWR1L3B1YmXpY2F0aW9uL3ZhbHVILWdyZWVuLWluZnJhc3RydWN0dXJILXVyYmFuLWNsaW1hdGUtYWRhcHRhdGlvbG&ntb=1>. Acesso em: 16 abr. 2024.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment wetlands**. Boca Raton: CRC Press, 2 ed., 2008.

KOOTTATEP, T.; POLPRASERT, C.; OANH, N. T. K. **Preliminary guidelines for design and operation of constructed wetlands treating septage**. In: International Seminar on Constructed wetlands: a promising technology for septage management and treatment. Thailand, EAWAG/SANDEC, 1999a. 4 p

LANGERGRABER, G. et al. (org.). **Wetland Technology: Practical Information on the Design and Application of Treatment Wetlands**. Londres: IWA, 2019. 167 p.

MATOS, M. P.; VON SPERLING, M.; MATOS, A. T. . **Clogging in horizontal subsurface flow constructed wetlands: influencing factors, research methods and remediation techniques**. Rev Environ Sci Biotechnol, v.17, p.87-107, 2018. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11157-018-9458-1>



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Ministério da Economia. Governo Federal do Brasil. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/es>. Acesso em: 15 de abril de 2024.

OLIVEIRA, P. C. A. **SISTEMA COMPACTO DE WETLAND CONSTRUÍDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS DE CHUVEIROS PARA REÚSO EM BACIAS SANITÁRIAS**. Dissertação em (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1637030>. Acesso em: 28 de abril 2024.

PHILIPPI, Luiz Sérgio. SEZERINO, Pablo Heleno. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: Utilização de Filtros Plantados com Mácrófitas**. Florianópolis, ed. do Autor, 2004. P.144

PEDRALLI, G. **Macrófitos aquáticos: técnicas e métodos de estudos**. Estudos de Biologia, v.26, p.5-24, 1990.

PERONDI, T. et al. **Wetlands construídos para o tratamento de esgoto doméstico: uma análise comparativa do custo do ciclo de vida**. Ambiente Construído, v. 20, p. 175-189, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200394>.

RODRIGUES, Maria Marta Vaz Zanoni. **Utilização de wetlands construídos no tratamento de águas residuais: uma visão geral**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9607>. Acesso em: 15 de abril de 2024

SALATI JR., E.; SALATI, E.; SALATI, E. (1999). **Wetlands projects developed in Brazil**. *Water Science and Technology*, v. 40, n. 3, p. 19-25. <https://sci-hub.st/10.2166/wst.1999.0128>. Acesso em: 16 de Maio 2024.

SEZERINO, P. H., Bento, A. P., Decezaro, S. T., Magri, M. E., & Philippi, L. S. (2015). **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuais: parâmetros de projeto para sistemas horizontal**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20(2), Revisão de Literatura, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000096615>

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BRAGA, F. M. S. **Constructed wetland in wastewater treatment**. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 3, p. 261-265, 2008.



III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

SUNTTI, C. **Desaguamento de lodo de tanque séptico em filtros plantados com macrófitas**. 2010. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de leitos cultivados (“constructed wetland”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=464539>

VYMAZAL, J. **Removal of nutrients in various types of constructed wetlands**. *Science of the Total Environment*, v.380, p.48-65, 2007. DOI 10.1016/j.scitotenv.2006.09.014

VYMAZAL, J.; KROEPFELOVÁ, L. **Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow**. Praga: Springer, 2008. 566 p.

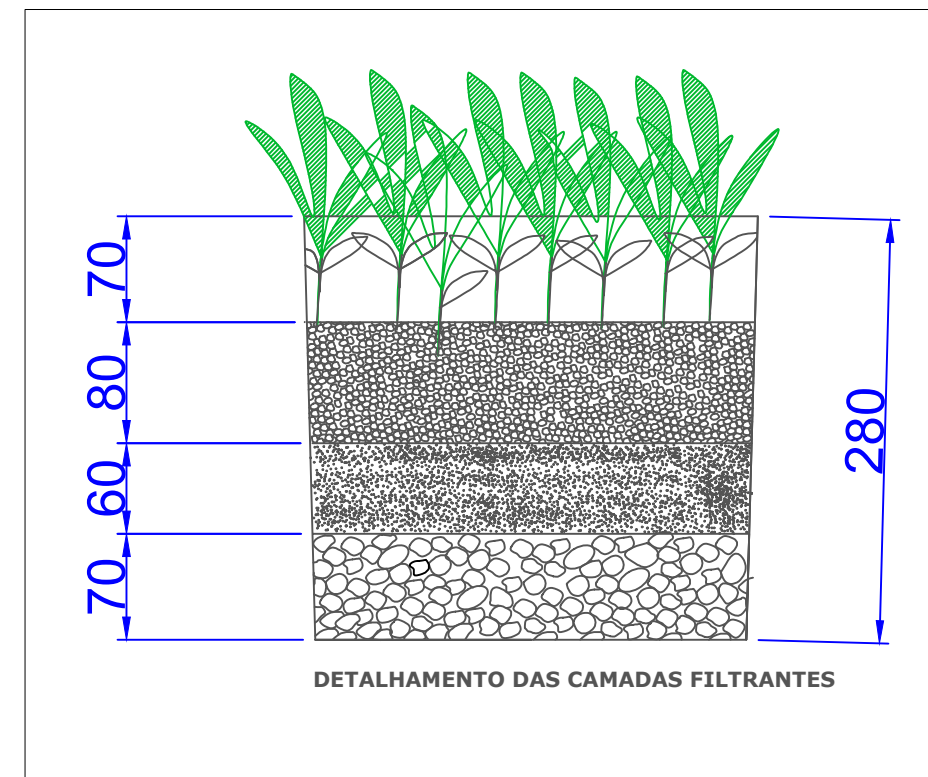
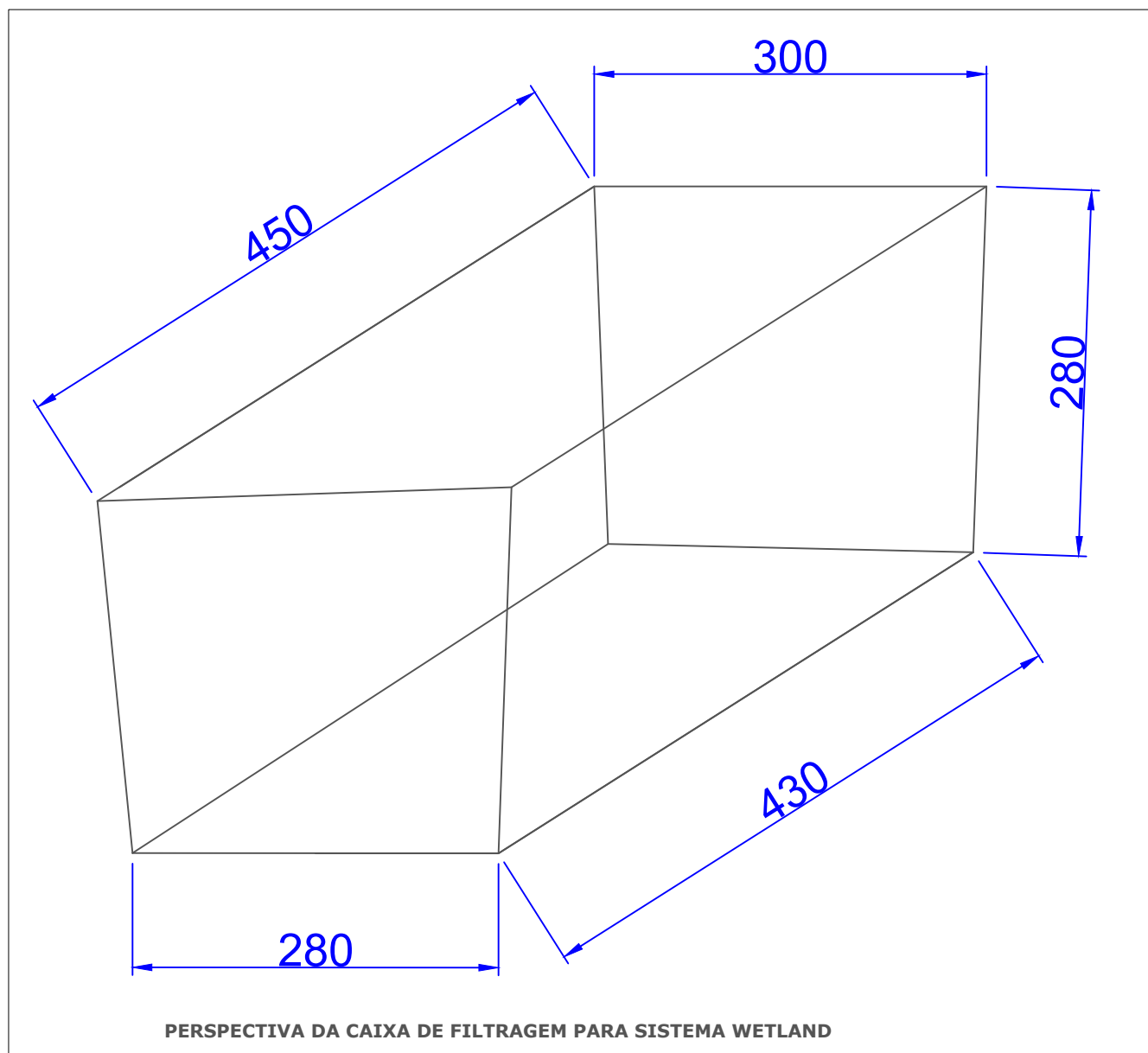
VON SPERLING, Marcos; SEZERINO, Pablo H. **DIMENSIONAMENTO DE WETLANDS CONSTRUÍDOS NO BRASIL**. DOCUMENTO DE CONSENSO ENTRE PESQUISADORES E PRATICANTES. *Boletim Wetlands Brasil*, p. 65, 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1)**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 1996

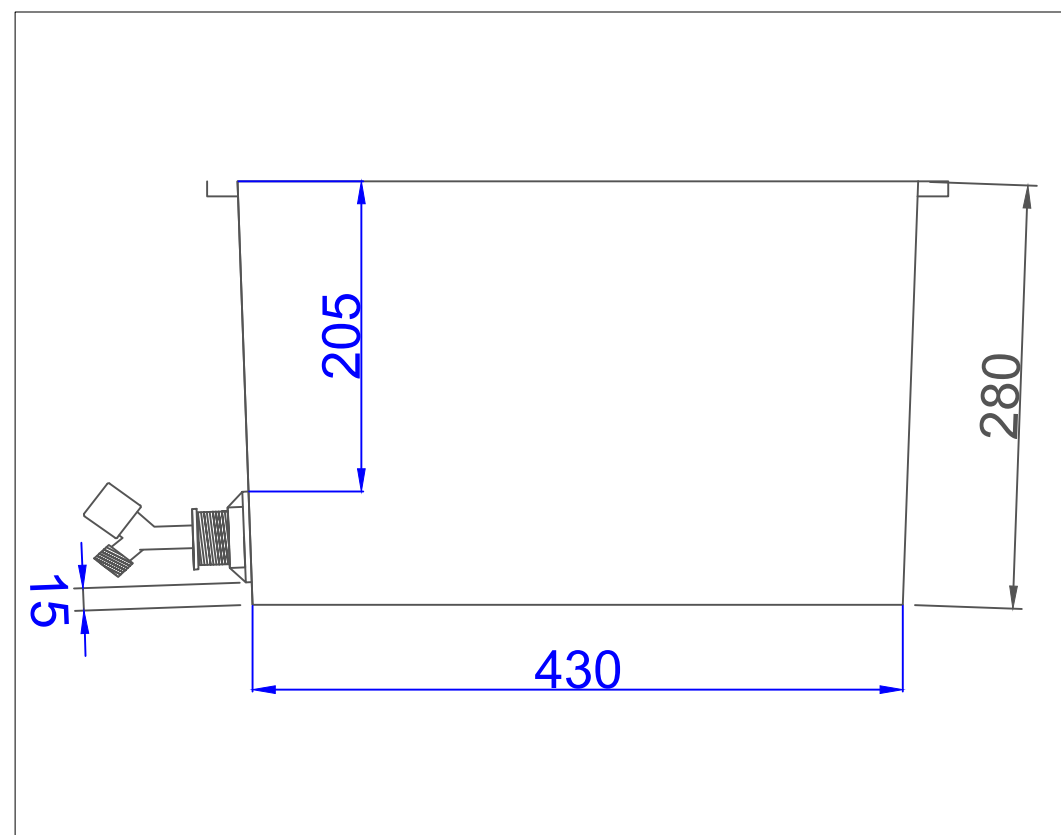
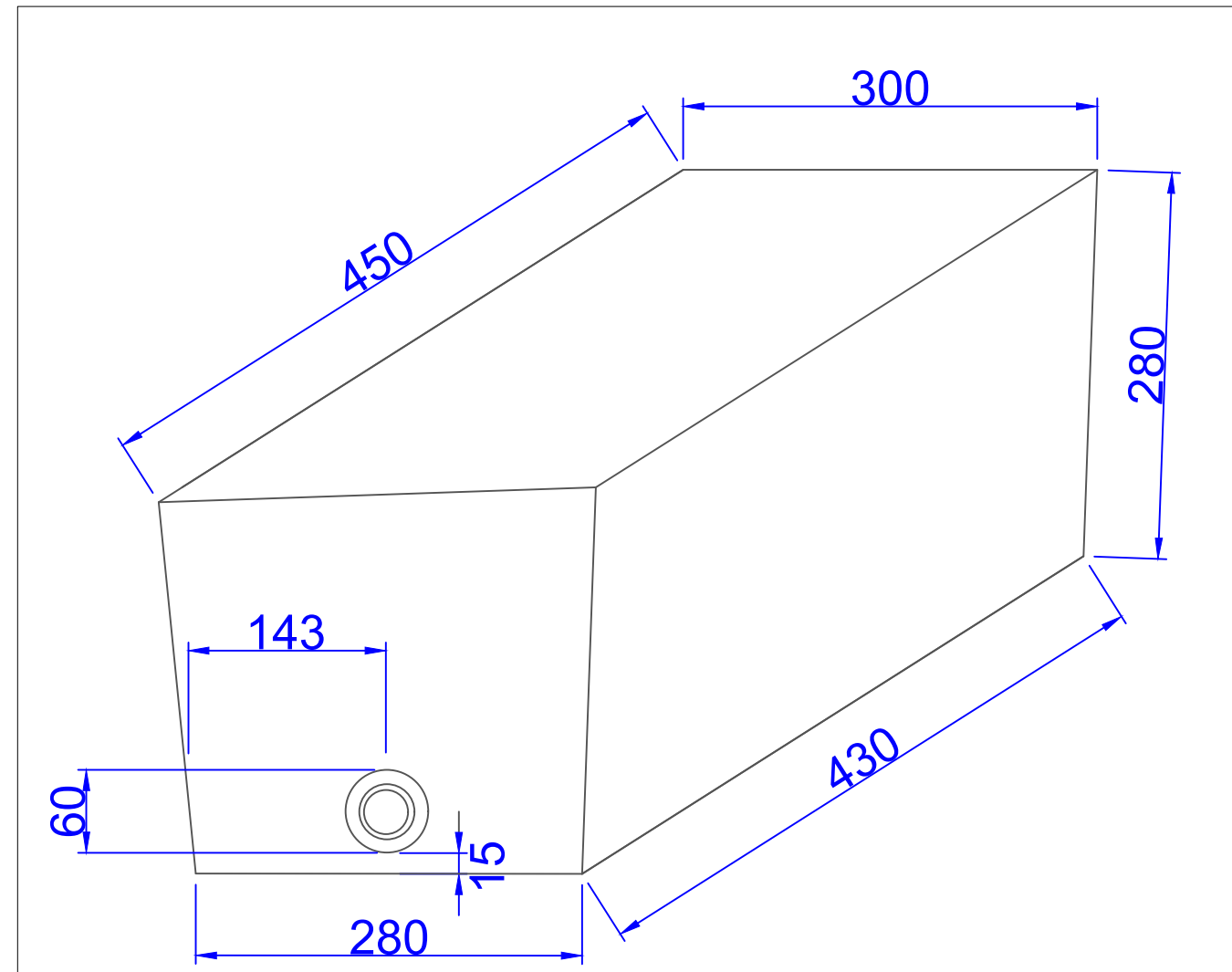
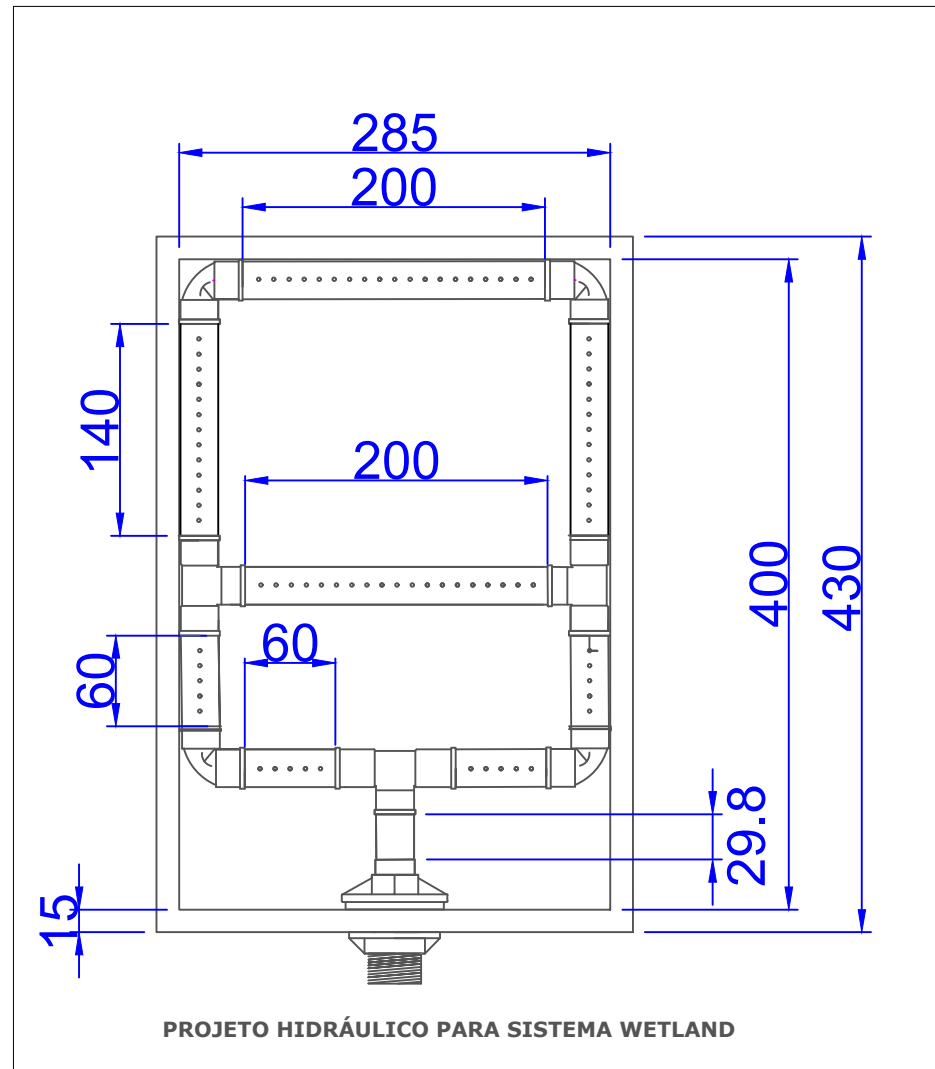
APÊNDICES

APENDICE A – DETALHAMENTO TÉCNICO

APENDICE B - PROJETO EXECUTIVO



<h2>Detalhamento Técnico</h2>			
PROPRIETÁRIO		PROJETO IMPLANTAÇÃO WETLAND	
		ART DE PROJETO -	
RESP. TÉCNICO		ART DE EXECUÇÃO -	DATA 26/09/24
_____ ENG.º CIVIL CREA-PR _____ ENG.º CIVIL CREA-PR		ESCALA mm	FOLHA
CONTEÚDO: DETALHAMENTO		ANOTAÇÕES: REV. 00 : ENTREGA INICIAL - 26/09/2024	DESENHO: LUANA BIGOSINSKI
		01/02	



PROJETO EXECUTIVO			
PROPRIETÁRIO	LOCAL DA OBRA	PROJETO ...	
-	Ponta Grossa - PR	ART DE PROJETO	-
RESP. TÉCNICO		ART DE EXECUÇÃO	DATA
ENG.º CIVIL CREA-PR	ENG.º CIVIL CREA-PR	-	26/09/24
CONTEÚDO:	ANOTAÇÕES:	ESCALA	FOLHA
PROJETO HIDRÁULICO PARA O SISTEMA WETLAND	REV. 00 : ENTREGA INICIAL - 26/09/2024	-	02/02
		DESENHO:	
		LUANA	