

XII-66: SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS DA COZINHA COMUNITÁRIA DE UM ACAMPAMENTO RURAL COM A FINALIDADE DE REÚSO AGRÍCOLA

Igor Tadeu Contreiras Pereira de Araújo⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestrando em Engenharia Civil com ênfase em Saneamento e Ambiente pela mesma universidade.

Wilson Aparecido Lopes⁽²⁾

Graduado em Filosofia pela PUC/RS, Teologia pelo ITESP/SP e graduando em Direito pela FAV/SP. Dirigente Estadual do MST/SP e acampado no Acampamento Marielle Vive!, Regional Campinas - São Paulo.

Isabel Campos Salles Figueiredo⁽³⁾

Pesquisadora colaboradora na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (FECFAU/UNICAMP). Assessora técnica da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral).

Joyce Trindade Lima⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental na Faculdade de Tecnologia (FT) da UNICAMP.

Luana Mattos de Oliveira Cruz⁽⁵⁾

Professora doutora na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (FECFAU/UNICAMP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária Zeferino Vaz - Campinas - SP - CEP: 13083-889 - Brasil - Tel: (19) 3521 2377- e-mail: igoriglp@gmail.com.

RESUMO

A universalização do saneamento básico no Brasil ainda é um dos maiores desafios da sociedade. Com mais de 30 milhões de pessoas vivendo em áreas rurais, a literatura científica ainda carece de estudos que investiguem a aplicação e o monitoramento de tecnologias que não somente busquem o adequado tratamento de esgoto, mas pautem também o reproveitamento de recursos. Neste sentido, este trabalho busca compreender os desafios sócio-organizativos e técnico-sanitários envolvidos na implementação, na operação e no monitoramento de um sistema de tratamento de águas cinzas por vermifiltração para a realidade de uma cozinha comunitária de um acampamento rural. Preliminarmente, pôde-se constatar que a utilização de metodologias fundamentadas pela pesquisa-ação cumpriram o objetivo de construir uma relação de autonomia e relativa propriedade técnico-científica dos acampados pela tecnologia implementada. A partir de análises preliminares, é possível constatar que o parâmetro *Escherichia coli*, um dos índices de maior interesse para o reúso agrícola, demonstra estar dentro dos limites aceitáveis para irrigação irrestrita, tendo como base padrões nacionais estabelecidos pelo PROSAB e pela NBR 13969. Este parâmetro demonstrou remoção global de 98%, atingindo o valor médio de 80 NMP/100 mL na saída do tratamento. Observou-se também uma remoção considerável de matéria orgânica, obtendo-se desempenho de 75 e 61% para DBO e DQO, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: vermifiltro, irrigação, esgoto, agrícola, remoção.

INTRODUÇÃO

A precariedade da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil é um dos desafios sócio-ambientais centrais a serem resolvidos pela sociedade brasileira. De acordo com os dados do último levantamento realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), apenas 55% da população tem seu esgoto coletado pelas redes públicas. Isso significa que mais de 100 milhões de brasileiros despejam efluentes sanitários diariamente de forma imprópria na natureza. Além disso, do total do esgoto gerado, 20% não chega à etapa de tratamento e também inadequadamente retorna aos corpos d'água (SNIS, 2021). A realidade rural brasileira sofre de maneira ainda mais aguda, pois não é historicamente contemplada com os investimentos públicos de saneamento, majoritariamente alocados para as regiões urbanizadas. De acordo com o último censo realizado em 2015, o Brasil possuía cerca de 15,28% de sua população residente na área rural do país, o que totalizaria, nos dias atuais, algo em torno de 32,7 milhões de pessoas (PNAD, 2015). A situação sanitária dessa porção populacional é ainda mais crítica, uma vez que os sistemas públicos tradicionais de coleta e tratamento dificilmente chegam nessas regiões ou não convém serem aplicados. Estima-se que até 75% dos domicílios destas áreas não tratam ou depositam o esgoto de maneira adequada, sendo este predominantemente

despejado em fossas rudimentares ou lançado diretamente nos cursos d'água ou a céu aberto (SENAR, 2019). Esta situação abrange, proporcionalmente à estimativa mais conservadora da atual população rural, algo em torno de 24 milhões de pessoas. A título de ilustração, esse número representa a população de países como o Chile, lançando diariamente esgoto não tratado na natureza.

Dado o complexo histórico de ocupação territorial do Brasil, existe uma desigual distribuição populacional, tanto em regiões das periferias urbanas, como é o caso de favelas, como também nas áreas periurbanas, rurais ou ribeirinhas. Estes grupos populacionais, por não serem comumente atendidos por serviços convencionais de saneamento básico, são referidos como comunidades isoladas. Nestas áreas, por diversas razões, como inviabilidade econômica, ausência de interesse político, baixa densidade populacional e irregularidade fundiária, aplicam-se as soluções descentralizadas ou individuais (TONETTI et al., 2018). No Brasil, parte considerável da população rural reside em áreas destinadas à reforma agrária, que lutam pela democratização do acesso a terra, conhecidas como acampamentos e assentamentos rurais. De acordo com o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), em 2018 eram mais de 400.000 famílias assentadas e 120.000 acampadas em todo o Brasil (BETIM, 2018). Vale destacar que, durante a pandemia, dada a situação planejada de degradação do tecido social brasileiro e a explosão no nível de desemprego e subemprego, o número de famílias em ocupações, como são os acampamentos, e também em situação de rua dispararam, indicando que o número apresentado anteriormente pode ser ainda maior hoje em dia. Enquanto os assentamentos representam espaços em que a terra já está institucionalmente regularizada, os acampamentos são o próprio instrumento de luta pela terra, e por essa razão são locais transitórios e sem investimento em infra-estrutura permanente. Essas localidades possuem, portanto, sua própria dinâmica sócio-organizativa, que singulariza os processos de interação com a sociedade no seu entorno, com o poder público, com as universidades e demais instituições como escolas e as concessionárias de serviços de saneamento e energia, por exemplo.

As soluções descentralizadas de tratamento de esgoto, como mencionado anteriormente, ganham interesse particular a fim de se avançar rumo à universalização do esgotamento sanitário para essas regiões. Ainda mais, tendo em vista o cenário de escassez de água e nutrientes, característica marcante do atual estágio de desenvolvimento capitalista mundial, uma visão integradora de saneamento e recuperação de recursos tem sido demandada. Apesar da ainda baixa densidade de pesquisas relacionadas ao tema, diversas são as tecnologias capazes de produzir não só o tratamento do esgoto, como também o seu reaproveitamento a partir da reutilização de água para fins não-potáveis, a utilização do biogás para fins energéticos e a recuperação de nutrientes. Esse tipo de solução se torna especialmente interessante para o caso de realidades como são os acampamentos e assentamentos, em que os recursos públicos raramente são obtidos. O sistema de vermifiltração é uma das tecnologias que se enquadra nesta lógica e que vem sendo estudado como uma alternativa capaz de tratar o esgoto localmente e ainda gerar o húmus de minhoca e o efluente percolado, que podem ser reutilizados para fins de adubação. Contudo, nossa literatura ainda carece de trabalhos que verifiquem o potencial de reúso agrícola do efluente tratado gerado por esse sistema. É neste contexto, por fim, que o presente projeto se propõe a investigar o desempenho e os processos técnico-sociais envolvidos na implementação, na operação e na manutenção de um sistema de vermifiltração para o tratamento das águas cinzas da cozinha comunitária do Acampamento Rural Marielle Vive! (Valinhos/SP), com a finalidade da verificação do potencial de reúso agrícola do efluente tratado.

METODOLOGIA

O presente trabalho acontece no contexto da elaboração de uma dissertação de mestrado da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU/UNICAMP) e de um projeto de extensão apoiado pela Pró Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC/UNICAMP), desenvolvido pelo presente grupo de pesquisa da FECFAU. As atividades se dão no Acampamento Marielle Vive!, organizado pelo MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra), localizado em Valinhos/SP, que desde 2018 ocupa uma área improdutiva e degradada de cerca de 35 hectares. O número de famílias que reside no acampamento atualmente é de cerca de 400. Dentre as infra-estruturas existentes no acampamento, se destaca a cozinha comunitária, local adaptado a partir de uma antiga casa de colono, que coordena o preparo de mais de 150 refeições diárias para os moradores locais. A cozinha é um dos pouquíssimos locais do acampamento que conta com energia elétrica, produzida a partir de painéis fotovoltaicos, e água encanada, oriunda de uma nascente e do abastecimento diário de caminhões-pipa. A água cinza gerada pelo uso da cozinha era disposta inicialmente *in natura* em um buraco escavado no solo (fossa rudimentar), no quintal da cozinha. Por não possuir tampa e nem tratamento, a

fossa se tornou perigosa e gerava mal cheiro, contaminava o solo e possivelmente o lençol freático, e atraía vetores, condição inadequada do ponto de vista ambiental e sanitário.



Figura 1: área do quintal da cozinha comunitária após atividade de mutirão de limpeza, com destaque para a fossa rudimentar que recebia águas cinzas produzidas pela cozinha comunitária.

O projeto tem como pilar a educação e extensão populares, conceitos profundamente trabalhados por intelectuais como Paulo Freire e Orlando Fals Borda. Dentro desta perspectiva, este projeto incorporou, desde o início, a importância de se estabelecerem relações de horizontalidade entre os integrantes da UNICAMP e do acampamento Marielle Vive!, no âmbito da problematização, das formulações, da organização e do planejamento. Somente assim, vivenciando e entendendo a realidade local, é que seria possível empreender qualquer esforço consequente e duradouro no âmbito da transformação local em relação ao saneamento. Conforme cita Freire, o fator-chave da educação popular é estar inserido na realidade local como sujeito transformador (FREIRE, 1968). Pois bem, desta maneira, desenvolveu-se o projeto baseado na construção de relações dialógicas e dialéticas com o acampamento rural, evitando qualquer relação que se manifestasse vertical ou impositiva. Metodologicamente, o trabalho seguiu as etapas propostas pela pesquisa-ação, conforme determina Thiollent: diagnóstico e problematização, planejamento, execução das ações planejadas, monitoramento e avaliação (THIOLLENT, 2011). O ciclo se repete para que novas ações sejam repensadas a partir dos acúmulos obtidos no primeiro ciclo do processo de transformação da realidade local.

Algumas ferramentas de trabalho que são incorporadas dentro da perspectiva da metodologia participativa foram utilizadas ao longo do projeto, como o Diagnóstico Rural Participativo (DRP). De acordo com essa ferramenta, o objetivo central do trabalho é apoiar a autodeterminação da comunidade, a fim de fomentar um desenvolvimento sustentável. Algumas vantagens do DRP quando comparado com metodologias de transferência direta do saber são: colocar em contato estreito os que planejam com as pessoas da comunidade, promovendo uma participação totalizante; facilitar o intercâmbio de informação; apontar a importância da multidisciplinaridade e facilitar a participação tanto de homens quanto de mulheres nas tomadas de decisão. Vale mencionar também alguns princípios básicos contidos na DRP, especialmente importantes para o tato cordial e franco com um Acampamento Rural que luta diariamente pela terra: respeito à sabedoria do grupo, entender as diferentes percepções e escutar todos da comunidade (VERDEJO, 2006).

Dentro deste contexto, o grupo de pesquisa que coordenou este projeto desenvolveu um calendário de atividades em conjunto com os acampados, o qual sofreu alterações ao longo do percurso, mas que atualmente pode ser compreendido conforme a Figura 2.

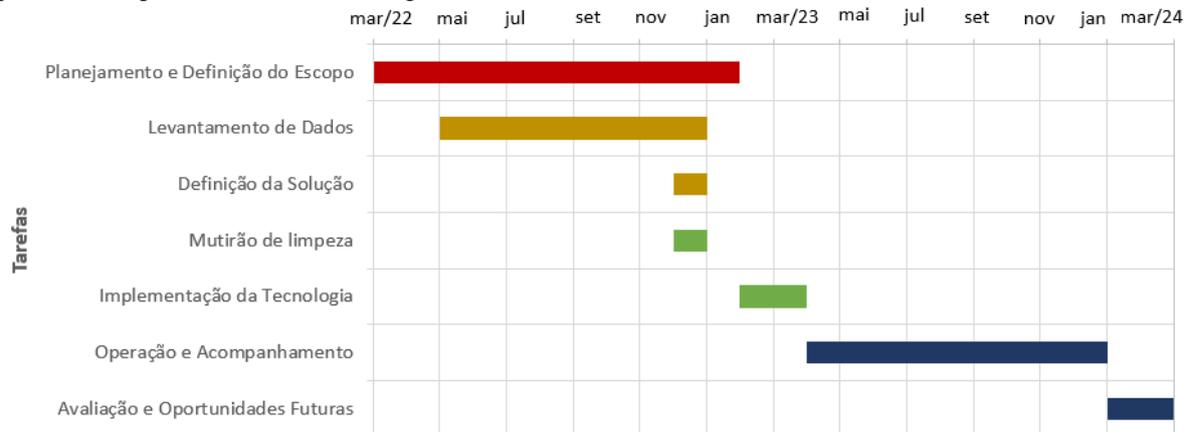


Figura 2: cronograma de tarefas executadas e planejadas atualizado após a implementação do sistema de tratamento de águas cinzas na comunidade.

As etapas organizadas para o desenvolvimento do projeto têm duas características: uma sócio-organizativa e outra técnico-sanitária, cada qual mais dominante a depender da atividade. Essencialmente, as etapas de “Planejamento e Definição de Escopo” e de “Definição da Solução” tiveram a preponderância maior da primeira característica, enquanto que a etapa de “Levantamento de Dados” demandou fundamentalmente mais a segunda. As etapas de “Mutirão de Limpeza”, “Implementação da Tecnologia” e de “Operação e Acompanhamento” funcionaram a partir de um certo equilíbrio das duas características. Vale mencionar, esta última etapa ainda está em andamento, assim como a de “Avaliação e Oportunidades Futuras” ainda não ocorreu. A etapa de “Planejamento e Definição de Escopo” ocupou-se fundamentalmente em discutir com o acampamento todos os aspectos relacionados à questão sanitária na cozinha. Nesta etapa houve o objetivo de problematizar a questão do saneamento, bem como engajar e mobilizar os acampados em torno do projeto. A etapa de “Levantamento de Dados” ocupou-se essencialmente de coletar todos os dados de campo necessários para embasar cientificamente o projeto. Dentre as atividades, algumas foram de extrema relevância para a concretização do projeto: o levantamento planialtimétrico, as visitas de campo na cozinha, o mutirão de limpeza e escavação, a instalação dos hidrômetros e as coletas de caracterização do efluente. A “Definição da Solução”, o “Mutirão de Limpeza” e a “Implementação da Tecnologia” foram atividades pontuais, em que objetivou-se, respectivamente, a coletivização da tomada de decisão acerca da tecnologia, a limpeza da área do projeto e a construção coletiva e participativa do sistema de tratamento. As últimas etapas, que ainda estão em andamento constituem as fases pós-implementação, em que o grupo irá monitorar o sistema, avaliando o seu desempenho, bem como a operação diária feita pelos próprios acampados e também criar espaços de discussão e debate acerca da continuidade do projeto de saneamento no acampamento.

Durante as atividades de caracterização do efluente da cozinha, uma das tarefas empreendidas na etapa de “Levantamento de Dados” e, principalmente, após implementada a solução sanitária resultante do processo de “Definição da Solução”, durante a etapa de “Operação e Acompanhamento”, objetivou-se avaliar os parâmetros físico-bioquímicos e microbiológicos do efluente, na entrada e saída do vermifiltro. Conforme apresentado anteriormente, um dos objetivos do presente trabalho é a avaliação dos parâmetros que influenciam o potencial de reúso agrícola do efluente tratado. Sendo assim, a Tabela 1 apresenta os parâmetros que estão sendo investigados, bem como a unidade de cada um deles. A referência metodológica para a mensuração dos padrões será conforme a Associação Americana de Saúde Pública, do inglês *American Public Health Association* (APHA, 2017).

Tabela 1: Parâmetros a serem investigados

PARÂMETRO	UNIDADE
pH	-
Turbidez	NTU
Condutividade Elétrica (CE)	dS/m
Cor Aparente	mg Pt-Co/L
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos (SSF)	mg/L
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L
Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK)	mg/L
Fósforo Total (FT)	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg/L
Escherichia coli	NMP/100mL
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L

Além da análise das amostras de efluente bruto e tratado, o consumo de água da cozinha também foi monitorado por meio da instalação e leitura de hidrômetros (Unijato ¼”).

RESULTADOS OBTIDOS

Apesar da pesquisa ainda estar em andamento, foi possível gerar resultados preliminares significativos, que podem dar subsídios à universalização do saneamento rural no Brasil. Em relação ao consumo de água na cozinha, por exemplo, a leitura dos hidrômetros revelou um consumo médio de 385 L/dia, com um pico de consumo de 1310 L/dia e um dia em que a cozinha não funcionou. Excluindo-se essas duas excepcionalidades, a cozinha teve um consumo médio diário de 452 L, valor mais condizente com o consumo real.

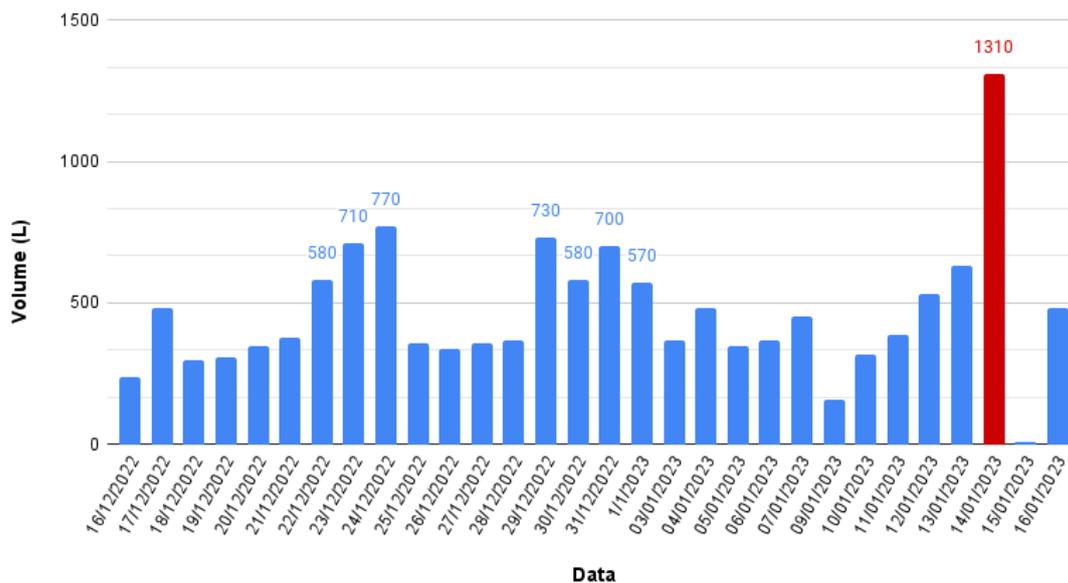


Figura 3: Consumo de água da cozinha, monitorado durante o mês de dezembro de 2022.

Em relação à análise da água cinza bruta gerada na cozinha, os resultados do monitoramento de oito amostras estão contidos na Tabela 2.

Tabela 2: Valores obtidos a partir da caracterização do efluente bruto

PARÂMETRO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
CE	0,67	0,44
DBO	2222	1016
DQO	4161	1587
<i>E. coli</i>	5,64.10 ²	4,78.10 ²
N-NH ₃	0,9	1,3
NTK	34,3	38,3
pH	7,0	0,6
P _{total}	2,5	2,4
SST	909	517
Turbidez	773	664

Através das atividades de levantamento planialtimétrico, foi possível construir a curva de nível do terreno do projeto, importante para a devida alocação das unidades de tratamento. Em seguida, a partir da atividade de decisão sobre a tecnologia de tratamento, definiu-se o sistema como sendo composto por uma caixa de gordura (CG) e dois vermifiltros (VF1 e VF2), os quais trabalhariam alternadamente e em conjunto quando em momentos de pico de produção da cozinha. Assim, foi possível dimensioná-los, cada qual contendo uma área superficial de 1,5 m² e operando numa TAS prevista de 500 L/m².dia.

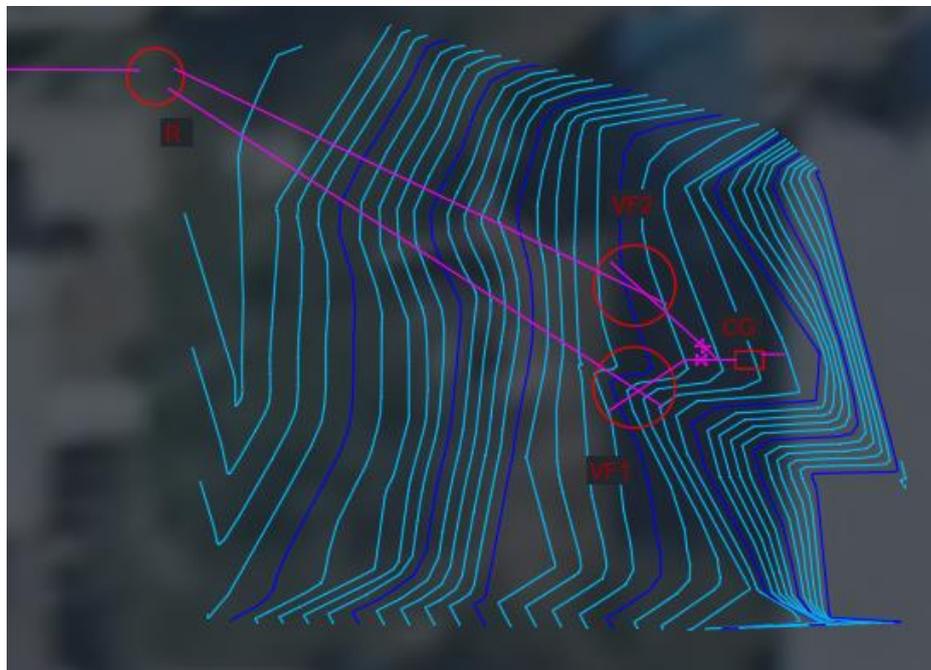


Figura 4: Curva de nível e o Projeto contendo o traçado e as unidades do sistema de tratamento.

A implantação do sistema se deu em forma de mutirão realizado entre os dias 28 de fevereiro e 04 de março de 2023, contando com a presença de cerca de 40 pessoas. Após a instalação do sistema, foi iniciado o seu monitoramento. Os resultados preliminares apresentados na Tabela 3 e na Figura 5 referem-se às duas amostras coletadas, tanto na entrada quanto na saída do vermifiltro.

Tabela 3: Comparação entre os valores da caracterização do efluente bruto e após a implementação do sistema de tratamento, na entrada e saída do vermifiltro

PARÂMETRO	EFLUENTE BRUTO		ENTRADA		SAÍDA	
	MÉDIA	D.P.	MÉDIA	D.P.	MÉDIA	D.P.
CE	0,67	0,44	0,55	0,01	0,75	0,08
DBO	2222	1016	1144	730	565	89
DQO	4161	1587	2298	1275	1534	511
<i>E. coli</i>	5,64.10 ²	4,78.10 ²	5,50.10 ¹	3,54.10 ¹	1,00.10 ¹	0,00
N-NH ₃	0,9	1,3	-	-	-	-
NTK	34,3	38,3	-	-	-	-
pH	7,0	0,6	5,0	0,9	5,3	0,2
P _{total}	2,5	2,4	-	-	-	-
SST	909	517	548	483	346	126
Turbidez	773	664	694	741	329	205

* Os parâmetros NTK, NH₃ e PT ainda não foram analisados.

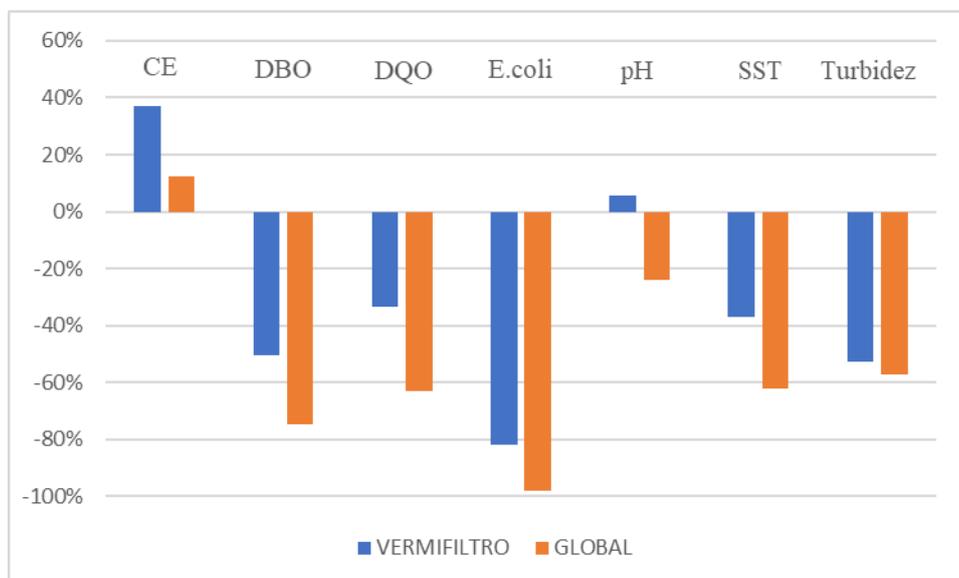


Figura 5: Comparação entre as oscilações dos parâmetros a nível global (sistema de tratamento completo) e local (vermifiltro).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, cabe uma discussão qualitativa a respeito da organização e do desenvolvimento deste trabalho: durante a primeira etapa – a de “Planejamento” e “Definição de Escopo”, o grupo passou a compreender, a partir da realidade material vivida na cozinha, quais eram as demandas mais latentes e urgentes, sendo assim possível definir o escopo do projeto em conjunto com os moradores. Foi durante esta etapa em que ocorreu uma redefinição da ideia inicial do Projeto, que pretendia implementar um biodigestor para o tratamento das águas de vaso e dos restos de alimentos. Compreendendo a demanda real e mais prioritária da cozinha, o grupo passou a encarar a escassez hídrica e o tratamento da água cinza como alternativa de contornar esse problema, bem como o de tratar o esgoto ali gerado. Durante este período, ocorreram dois importantes processos: o de responsabilização e o de engajamento geral de parte dos moradores que passaram a atuar frequentemente em todas as atividades do projeto. Estes moradores tornaram-se pessoas-chave para que o trabalho tivesse a continuidade pretendida.

As atividades da etapa de “Levantamento de Dados” foram também importantes por aproximar o grupo de pesquisadores da realidade diária vivida pelo acampamento, bem como indicar para o grupo de pesquisa quais os moradores tinham habilidades técnicas e projeções políticas internas no acampamento que poderiam contribuir com o projeto. Através de atividades desenvolvidas durante o primeiro mutirão de limpeza, foi

possível identificar as tubulações que estavam sendo utilizadas, bem como a atestar que o esgoto originalmente estava sendo despejado numa fossa rudimentar. Durante a etapa de “Definição da Solução”, foi possível realizar uma atividade significativamente participativa, através da qual coletivizou-se a tomada de decisão acerca da tecnologia que seria implementada. Dentre as alternativas possíveis apresentadas estavam o filtro de areia, filtro anaeróbio e vermifiltro. A partir dessa atividade, o coletivo, formado pelo conjunto entre membros da universidade e moradores do acampamento, optou pelo sistema simplificado com o vermifiltro. Nesta etapa, a partir de um processo participativo que já vinha sendo construído há alguns meses, foi possível tomar uma decisão que fosse horizontal, embasada na discussão e participação coletiva e, por isso, fundamentada na autonomia dos moradores e na perspectiva de promoção da apropriação técnico-cultural da tecnologia pelo acampamento.

Entre o final de fevereiro e início de março de 2023 foi possível proceder com a construção do sistema de tratamento de águas cinzas do acampamento, com uma ampla e fundamental participação dos moradores e dos coletivos próximos ao projeto. Completado um ano do início do projeto, um total de 22 atividades foram realizadas e algo em torno de 50 reuniões entre o grupo de pesquisa e os coletivos que participam do projeto.

Em relação aos dados obtidos e gerados, valem algumas colocações. Primeiramente, sobre o sistema projetado, vale a constatação de que a etapa de instalação dos hidrômetros foi fundamental para que o grupo tivesse uma base concreta para o dimensionamento. Como é possível observar pela Figura 3, houve um pico de consumo de água, e consequentemente de geração de esgoto na cozinha, na data de 14/01/2023. Neste dia, após conversa com os coordenadores do acampamento, constatou-se que seria necessário projetar o sistema para que ele comportasse a geração de esgoto em períodos de eventos regionais extraordinários, em que há uma grande e desproporcional produção de águas cinzas pela cozinha. Foi a partir dessa constatação que o grupo decidiu trabalhar com dois vermifiltros, os quais inicialmente operariam alternadamente e, em dias de pico, poderiam operar em conjunto, contemplando a necessidade do momento. Já em relação à Figura 4, que nos mostra o Projeto feito a partir das curvas de nível obtidas através da atividade de levantamento planialtimétrico, algumas mudanças tiveram de ser feitas no mutirão de construção. Por conta de imprevistos, como a existência de rochas nos locais escavados, o que alterou a cota inicial de trabalho, o projeto foi modificado, ficando por fim constituído pelas seguintes unidades: caixa de gordura de 52L, dois vermifiltros de 1000L cada, um reservatório de água de reúso de 310L e um círculo de bananeiras provisório ao final. Vale ressaltar que este sistema de disposição final é temporário, uma vez que pretende-se reutilizar o efluente gerado para a irrigação local, preferencialmente na horta comunitária do acampamento, após a devida avaliação do desempenho do sistema.

A fase de caracterização do efluente bruto na cozinha fomentou algumas discussões interessantes. Primeiramente, é possível notar o elevado desvio padrão para a maior parte dos parâmetros. Acredita-se que este fato se deu dada a característica particularmente instável de produção de uma cozinha comunitária. A depender do momento da coleta, por vezes havia um efluente bastante diluído, que poderia ser proveniente da higienização de alimentos, por exemplo. Em outros momentos, porém, o efluente se mostrava extremamente turvo e gorduroso, como nos períodos em que se lavavam as panelas utilizadas. Esta instabilidade certamente teve influência nos resultados obtidos. Vale destacar que o grupo decidiu não realizar amostragem composta já que ela não é recomendada para algumas análises como a de *Escherichia coli*, e devido à dificuldade de coletar amostras sob a pia em uso em momentos diferentes ao longo do dia, o que atrapalharia a produção de alimentos no local. Outro ponto interessante está relacionado aos elevados valores de DBO e DQO encontrados no efluente bruto, da ordem de 2222 e 4161 mg O₂/L, respectivamente. Pesquisas realizadas pela UNICAMP com águas cinzas de cozinha produzidas em domicílio rural obtiveram valores bem mais baixos, com DQO de 2331 ± 308 mg/L (FIGUEIREDO et al., 2019). Acredita-se que estes valores ocorram por conta da elevada concentração dos poluentes em cenários de escassez hídrica, como o de um acampamento rural. Dada a pouca água existente para o acampamento, utiliza-se a água de maneira bastante racionalizada, de modo que é provável que ao final o efluente esteja mais concentrado do que o normal. Vale pontuar também que, a partir dos valores obtidos, a relação DQO/DBO encontrada foi de 1,87, o que validou a aplicação de um tratamento biológico para o efluente (SPERLING, 2018). O parâmetro *Escherichia coli* apresentou valor médio abaixo de 1.10³ NMP/100 mL, índice usualmente requerido por padrões internacionais para o reúso agrícola, como estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2006). Contudo, vale destacar que uma das amostras apresentou valor superior a esse limite, o que sugere ainda a necessidade de algum tratamento a fim de reduzir a presença de possíveis patógenos. Os valores obtidos de nitrogênio amoniacal e

NTK apresentaram-se dentro do esperado, uma vez que a maior fração de fato era de nitrogênio orgânico, com cerca de 98% da composição amostral.

Por fim, valem algumas observações a respeito do breve monitoramento que se iniciou recentemente. Até o presente momento, foram realizadas duas coletas já a partir do sistema implementado. Preliminarmente, constata-se que o desempenho, quando avaliado somente a partir do vermifiltro, foi consideravelmente baixo, pois grande parte do conteúdo que elevava a carga encontrada na caracterização estava sendo removido pela caixa de gordura, e também pelo garfo de distribuição do efluente instalado no sistema, que inicialmente tem funcionado como uma unidade premilinar, de eliminação de sólidos grosseiros. Este modelo de garfo, junto ao fato de que a caixa de gordura não foi limpa inicialmente dentro da periodicidade correta, e portanto não funcionou corretamente, tem trazido algumas discussões para o grupo de pesquisa em conjunto com o acampamento. No entanto, avalia-se que o sistema ainda está numa fase de adaptação, em que o sistema biológico ainda está se acostumando com o cenário e a característica de esgoto local. Assim, ainda não é possível constatar nenhum dado de maneira mais definitiva. No mais, impressões gerais cabem e forma trazidas para este trabalho a fim de ilustrar o comportamento inicial do sistema.

Avaliando o sistema de tratamento globalmente (caixa de gordura + vermifiltro), foi possível notar uma remoção bastante significativa para *E. coli*, com 98%, como também a de DBO e de DQO, com 75 e 61% respectivamente. Especificamente com relação aos valores microbiológicos obtidos para *E. coli*, valem algumas pontuações. Este parâmetro é de importância sumária quando se trata de reúso agrícola, dada a ligação direta com a possibilidade de contaminação dos alimentos irrigados com a água de reúso. Desse modo, este parâmetro vem sendo analisado com atenção especial, ainda mais para o presente caso, em que não há ainda na literatura tal investigação para o caso de um sistema de vermifiltração operando em condições reais de geração de esgoto. De acordo com a legislação nacional, não há uma determinação sobre o assunto, apesar de existir um indicativo do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) e da NBR 13969, conforme aponta a Tabela 2.

Tabela 2: Indicativos nacionais de parâmetros do efluente final com finalidade de reúso agrícola
PROSAB, 2006

Parâmetro	Limite
Escherichia coli	1.10 ³ NMP/100mL
Ovos de helmintos	1 Unidade
NBR 13969	
Coliformes fecais	5.10 ³ NMP/100mL
OD	2 mg/L

Conforme explora profundamente o trabalho de Farshid e Masoud, através de uma revisão sistemática feita através da legislação de diversos países, o parâmetro mais amplamente exigido para a finalidade de reúso agrícola são os relacionados à presença de patógenos, como é o caso do indicador da espécie *Escherichia coli*. Por outro lado, parâmetros como pH são citados como importantes, uma vez que determinam o funcionamento normal do metabolismo das espécies vegetais e, uma vez fora do padrão de 6,5 – 8,4, podem causar um desequilíbrio em seu sistema biológico, bem como prejudicar tubulações e válvulas do sistema de irrigação. A salinidade, que pode ser indicada pela condutividade elétrica, é outro parâmetro que interfere no funcionamento normal celular das espécies vegetais, uma vez que determina a pressão osmótica do meio (SHOUSHARIAN et al, 2020). Em relação ao pH, observa-se que este parâmetro tem sido levemente ácido na saída do sistema, estando fora do intervalo sugerido pelo estudo. Já em relação à condutividade elétrica, este ainda se mostra dentro dos limites aceitáveis pela literatura – de até 3,0 dS/m. Os outros parâmetros ainda estão sendo analisados e oportunamente serão criticamente avaliados.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O sistema implementado tem sido capaz de gerar uma água de reúso adequada tendo como base o parâmetro considerado mais crítico, *Escherichia coli*. Para as outras variáveis, é necessário continuar a monitorar o sistema e possivelmente fazer melhorias para que o desempenho satisfizesse padrões mais rígidos de irrigação. No mais, vale a constatação de que a questão sanitária da cozinha comunitária do Acampamento Marielle Vive! já reverbera em melhoras na vida coletiva dos moradores, dada a ausência do mau cheiro, de vetores

transmissores de doenças e da possível contaminação do solo e do lençol freático, que antes existia por conta do deficitário manejo da água cinza por meio da fossa rudimentar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram em todas as decisões e de todas as maneiras possíveis. Imprescindível estender fundamental reconhecimento e agradecimento às minhas orientadoras Luana Mattos e Isabel Figueiredo, que já me acompanham há algum tempo e concretizaram, junto a mim, todas as etapas do projeto. No mesmo plano e com a mesma importância, aproveito para agradecer a profunda e intensa participação de todos os camaradas dos coletivos que construíram este projeto, sem os quais nada do planejado teria saído do papel, vale mencionar: o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), o Coletivo Dínamo de Engenharia Popular, o Movimento Por Uma Universidade Popular (MUP), a União da Juventude Comunista (UJC) e a Coordenadoria de Projetos (CPROJ) também da FECFAU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SNIS. *Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto - Ano de referência 2020*. Brasília: [s.n.]. 2020. Disponível em: <www.snis.gov.br>.
2. PNAD. *POPULAÇÃO RURAL E URBANA*. 2015. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
3. SENAR. *Saúde: saneamento rural*. 2019. Brasília: [s.n.].
4. TONETTI, A. L. et al. *TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM COMUNIDADES ISOLADAS - Referencial para a escolha de soluções*. Campinas: [s.n.]. 2018.
5. BETIM, F. *As várias faces do MST, o movimento que Bolsonaro quer criminalizar*. 2018.
6. FREIRE, P. *Extensão ou Comunicação ?*. 1 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.
7. THIOLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. 18 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
8. VERDEJO, M. E. *DIAGNÓSTICO RURAL PARTICIPATIVO: GUIA PRÁTICO (DRP)*. Brasília: [s.n.]. 2006. Disponível em: <www.mda.gov.br/saf>.
9. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23th Edition*. 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017.
10. SPERLING, M. VON. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 4a ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018. v. 1
11. FIGUEIREDO, I. C. S., TONETTI, A. L., SCHNEIDER, J. *TRATAMENTO DE ESGOTO NA ZONA RURAL: DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO E APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS*. Tese de Doutorado. Campinas, 2019.
12. WHO. *GUIDELINES FOR THE SAFE USE OF WASTEWATER, EXCRETA AND GREYWATER*. 4. ed. [s.l.: s.n.]. 2006.
13. SHOUSHARIAN, F., MASOUD N. *Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review*. Water, vol. 12, no. 4, 29 Mar. 2020, p. 971, <https://doi.org/10.3390/w12040971>.