

Relatório final de atividades

Pesquisa Colaborativa para desenvolvimento de tecnologia social de Reúso de Águas Cinzas no Semiárido Brasileiro

Autores:

Antônio Carlos Pires de Mello - Engenheiro Agrônomo (UFRPE); Mestre em Sociologia (UFPB) e Coordenador do Programa Cidadania Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável do PATAC

Genival Barros Júnior - Engº Agrônomo (UFPB), Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola (UFCG), Professor Associado IV da UFRPE

George Rodrigues Lambais - Biólogo (UNIMEP), Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas (USP); Doutor em Química na Agricultura e no Ambiente (USP).

Laiany Tássila Ferreira – Engenheira Ambiental (UFCG); Mestre em Engenharia Ambiental (UFRPE); Doutoranda em Engenharia Ambiental (UEPB)

Lara Ramos - Engenheira Ambiental (USP); Mestre em Política Científica e Tecnológica (UNICAMP); Doutoranda em Política Científica e Tecnológica (UNICAMP) e Coordenadora de Programas e Políticas Públicas da WTT

Lucas Mauricio Xavier Salla - Agroecólogo (UFPB)

Maria Madalena de Medeiros - Engenheira Agrícola (UFPB); Mestre em Irrigação e Drenagem (UFCG)

Mateus Cunha Mayer – Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UEPB); Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB); Doutorando em Engenharia Ambiental (UEPB)

Rodrigo de Andrade Barbosa – Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UEPB); Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB); Doutorando em Engenharia Ambiental (UEPB)

Dezembro, 2024

Participantes do Projeto:

	Nome Completo	Instituição
1	José Afonso Bezerra Matias	PATAC
2	Ana Cecilia Andrade de Brito	Família participante
3	Ana Rita Dantas Gouveia	Família participante
4	Anny Karolline Monteiro Soares	Família participante
5	Antônio Carlos de Vasconcelos Albuquerque	CENTRAC
6	Antônio Carlos Pires de Mello	PATAC
7	Antônio Marcos Cabral	Família participante
8	Availdo	Família participante
9	Avanir Oliveira de Andrade	Família participante
10	Braz Barbosa de Brito	Família participante
11	Carlos Alessandro Andrade de Brito	Família participante
12	Carlos Eduardo Andrade de Brito	Família participante
13	Cristiane Oda	WTT
14	Dayse Kelly Batista Araújo	Família participante
15	Diego Batista Araújo	Família participante
16	Djalma da Costa Araújo	Família participante

17	Douglas Henrique Silva Monteiro	PATAC
18	Edilene Monteiro Fernandes	Família participante
19	Edivan Farias de Araújo	COLETIVO
20	Ednaldo de Almeida Barbosa	Família participante
21	Eduardo Marques Soares dos Santos	Família participante
22	Eliane Santos da Silva	Família participante
23	Emmanuel Moreira Pereira	INSA
24	Flavio Henrique	Família participante
25	Gaston Kremer	WTT
26	Genival Barros Junior	UFRPE
27	George Rodrigues Lambais	INSA
28	Henry Gabriel Monteiro Soares	Família participante
29	Isabel Waquil	WTT
30	Jacó Rosa de Araújo	Família participante
31	João Pedro Dantas	Família participante
32	Jose Almadam de Almeida Costa	Família participante
33	José Camelo da Rocha	PATAC
34	José Camelo Rocha	ASPTA

35	José Gabriel Dantas	Família participante
36	José Miguel Monteiro Soares	Família participante
37	José Rodrigues Pacífico da Silva	ASPTA
38	Justina Maria Celestino Marques	Família participante
39	Juvenal Alves Monteiro	Família participante
40	Karina Silva Lopes	CENTRAC
41	Laércio Soares dos Santos	Família participante
42	Laiany Tássila Ferreira	WTT
43	Lara Ramos	WTT
44	Lilian Ribeiro policarpo	CENTRAC
45	Lucas Maurício Xavier Salla	CENTRAC
46	Lucileide Alves Gertrudes	ASPTA
47	Marcos Antônio Dantas	Família participante
48	Maria Elizoneide da Costa	Família participante
49	Maria Jose Guedes	Família participante
50	Maria Madalena de Medeiros	CENTRAC
51	Maria Zília de Almeida Barbosa	Família participante
52	Mariana Sampaio	Família participante

53	Mariza Lino Mariano Guedes	Família participante
54	Mateus Cunha Mayer	INSA
55	Maya	Família participante
56	Moisés Santos da Silva	Família participante
57	Mônica Tejo	INSA
58	Patrícia Rodrigues da Silva	Família participante
59	Rafael Soares	WTT
60	Rana Pietra Rodrigues de Araújo	Família participante
61	Rinaldo Rodrigues de Araújo	Família participante
62	Rodrigo de Andrade Barbosa	INSA
63	Roselita Vitor da Costa Albuquerque	POLO
64	Sergio da Silva Oliveira	FOLIA
65	Wandson Santos da Silva	Família participante

Sumário

1. Contextualização e histórico do projeto	8
2. Caracterização dos territórios do projeto	9
3. Seleção e caracterização das famílias agricultoras inseridas no projeto	10
3.1 Produção agrícola.....	14
4. Monitoramento e coleta de amostras de águas residuárias.....	16
5. Resultados das análises da água cinza e da água de reuso	17
5.1 Resultados das análises – Quilombo Santa Rosa, Boa Vista (PB).....	17
5.2 Resultados das análises – Campina Grande (PB)	23
5.3 Resultados das análises – Esperança (PB)	28
5.4. Resultados das análises de DQO	36
6. Performance hidráulica e eficiência de aplicação de água cinza filtrada em sistemas agroflorestais irrigados por pequenos agricultores	38
6.1 Aferição da uniformidade e eficiência de aplicação da água cinza	39
6.2 Aspectos gerais dos sistemas de irrigação	40
6.3 Detalhamento das estruturas hidráulicas	41
7. Monitoramento dos volumes de água cinza filtrada utilizados nos sistemas agroflorestais irrigados por pequenos agricultores – Agreste e Cariri da Paraíba.....	44
7.1 Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acopanhadas pela AS-PTA no município de Esperança - PB.	45
7.2 Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acopanhadas pelo CENTRAC no município de Campina Grande - PB	49
7.3. Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acopanhadas pelo PATAC no município de Boa Vista - PB	52
8. Síntese da análise de dados	55
Considerações finais	56

Resumo Executivo – Carta de Posicionamento do Núcleo Gestor da Pesquisa apresentado durante o X ENCONASA (novembro de 2024)

1. A água cinza bruta apresenta elevados níveis de contaminação microbiológica e riscos para a saúde pública, tornando imperativo que a análise do seu tratamento e reúso deve ser feita com o máximo de rigor científico (tanto para parâmetros microbiológicos, quanto aos que estão associados a presença de sais na própria água e que são depositados continuamente no solo);
2. As mulheres assumem e desempenham um papel pleno e fundamental na gestão da tecnologia e dos quintais produtivos, que no caso da presente pesquisa, inclui ainda o manejo integral do sistema de reuso da água cinza;
3. Para 80% das famílias envolvidas na pesquisa, a falta de água continua sendo o principal fator limitante para a produção agrícola;
4. As frutíferas e a palma forrageira são os principais destinos da água cinza para reúso, representando 89% e 45% do consumo, respectivamente;
5. O sistema de dupla filtração e de tratamento da água cinza proporcionou uma redução significativa na turbidez, consequentemente na cor da água de reuso, o que pode acarretar numa maior aceitação das práticas de reúso por parte dos agricultores e agricultoras familiares. Para as famílias estabelecidas na zona rural de Campina Grande envolvidas na pesquisa, por exemplo, a média de redução de turbidez chegou a 97%;
6. Os níveis pH da água cinza apresentam variações em função da grande variabilidade dos produtos químicos presentes no uso cotidiano da limpeza pessoal e dos utensílios e roupas, bem como do manejo familiar do sistema em função do tratamento físico da água, mas sempre se mantiveram dentro dos limites recomendados para o reúso agrícola;
7. Os níveis de Condutividade Elétrica da água cinza também oscilam pelas mesmas razões que foram explicitadas no item anterior referente ao pH e em função da salinidade da água que abastece a casa; entretanto, no tocante a classificação da água já filtrada, esta se enquadra na Classe 3 para irrigação, com elevada salinidade, o que condiciona o uso em cultivos, preferencialmente, com espécies vegetais tolerantes a sais, solos com boa drenagem, adicionamento permanente de matéria orgânica e bombeamento da água

mesmo em época de chuvas torrenciais de forma a proporcionar a lavagem dos sais que se acumulam no solo ao longo do tempo;

8. O sistema de dupla filtração proporcionou uma redução significativa de *Escherichia coli* (bactéria utilizada como indicadora microbiológica), alcançando eficiências de até 99,99% em alguns casos. Contudo, ainda foram detectados valores de *E.coli* acima do permitido pela OMS em parte dos protótipos em teste, o que, pelo princípio da precaução, nos orienta a recomendar a tecnologia, no atual momento, somente para uso restrito;
9. Observou-se uma relação direta entre a frequência da limpeza da caixa de gordura, o cuidado da família com o sistema, o acompanhamento das assessorias técnicas e dos pesquisadores, e os bons resultados da qualidade da água de reúso - indicando que a tecnologia funciona em um ecossistema de colaboração;
10. Foi consenso entre todas as organizações e famílias envolvidas que a pesquisa colaborativa precisa continuar englobando maiores períodos de monitoramento - de forma a englobar todo o ano hidrológico em cada região, com alternância entre os períodos de chuva e de seca;
11. As inovações produzidas se dão em dois âmbitos: “inovação de produto” - com o desenho de um sistema de tratamento por dupla filtração, composto por caixa de gordura, caixa sifonada, filtro anaeróbico, filtro aeróbico e reservatório; e uma “inovação de processo” - com o desenho de uma metodologia de gestão colaborativa de inovação, articulando universidades e movimentos sociais. No âmbito da “inovação de processo”, a metodologia se apresenta como um piloto para o “Comitê Técnico-Científico-Popular” - em construção no âmbito do Programa de Saneamento da ASA Brasil.

1. Contextualização e histórico do projeto

Os assentamentos rurais na Paraíba são frutos de uma política de reforma agrária promovida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que visa distribuir terras para famílias sem terra ou com pouca terra, promovendo o desenvolvimento rural sustentável. Segundo dados oficiais do INCRA, o estado conta com 520 assentamentos, abrangendo aproximadamente 22 mil famílias. Essas áreas são distribuídas em diversas regiões da Paraíba, com maior concentração no Sertão, Cariri e Brejo. Já para as comunidades quilombolas no estado, constam 41 certificadas pela Fundação Cultural Palmares, que estão localizadas principalmente nas regiões do Brejo, Agreste e Litoral Norte.

Tanto os assentamentos quanto os territórios quilombolas na Paraíba enfrentam desafios relacionados à regularização fundiária, acesso a políticas públicas e infraestrutura básica, como saneamento, saúde e educação. Nesse contexto, o futuro dos assentamentos e quilombos na Paraíba está diretamente ligado à superação dos desafios estruturais e à implementação de políticas que garantam acesso à água de qualidade, saneamento e tecnologias apropriadas de irrigação, essenciais para a convivência com o semiárido. A melhoria da infraestrutura e o fortalecimento de políticas públicas inclusivas são fundamentais para garantir a subsistência dessas populações, promover o desenvolvimento sustentável e assegurar a dignidade e os direitos dos grupos que habitam essas áreas históricas e produtivas.

No contexto do semiárido paraibano, onde o projeto foi desenvolvido, a questão do acesso à água é particularmente desafiadora. Grande parte das propriedades de agricultura familiar sofre com a ausência de infraestrutura básica de saneamento, o que compromete não apenas a saúde das famílias, mas também o manejo adequado da água para fins agrícolas.

Neste contexto, considerar as águas de uso doméstico como um recurso hídrico a ser utilizado na agricultura, surge como uma opção estratégica e sustentável no âmbito do desenvolvimento das famílias agricultoras. Para isso, o tratamento deve apresentar baixo custo de instalação e manutenção, além de operação segura e adequada à mão de obra familiar.

No período de julho de 2022 à fevereiro de 2023 foi desenvolvida uma pesquisa pelo Coletivo Regional da Agricultura Familiar (COLETIVO), World-Transforming Technologies (WTT), Instituto Nacional do Semiárido (INSA); Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas (PATAC) com objetivo de aperfeiçoar tecnologias sociais de tratamento e reuso de águas domésticas apropriadas à Agricultura Familiar do Semiárido Brasileiro.

Nesta primeira etapa da pesquisa foi avaliado que o Sistema de Tanque Séptico e Filtro de Areia – um sistema por dupla filtração - se diferenciou em comparação aos demais protótipos monitorados nos seguintes aspectos: 1. Eficiente desinfecção das águas residuárias; 2. Maior facilidade de manutenção; 3. Ausência de odor; 4. Baixa turbidez da água tratada.

Diante desses resultados concluímos que esse protótipo possui maior potencial de produzir água de reúso agrícola de melhor qualidade quando aplicados em famílias rurais do Semiárido Brasileiro. Por isso, monitoramos essa tecnologia social no período de outubro de 2023 à setembro de 2024 ampliando o universo amostral das famílias agricultoras envolvidas, monitorando a qualidade física, química e sanitária das águas de uso doméstico tratadas para uso agrícola, a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento, a taxa de crescimento das plantas irrigadas e o impacto do uso da água de reúso tratada no solo.

Ao longo do encontro de avaliação final do monitoramento, ocorrido em setembro de 2024 no Quilombo Boa Vista (PB), os participantes da pesquisa definiram que o nome da tecnologia deveria ser SIRIEMA (Sistema de Reúso Agrícola e Manejo Agroecológico). Este é o nome que será adotado ao longo do relatório.

2. Caracterização dos territórios do projeto

A pesquisa foi desenvolvida em três municípios do Semiárido paraibano, Campina Grande, Esperança e Boa Vista, onde há um rico e denso processo em curso de inovação social e técnica voltada para o fortalecimento da agricultura familiar de base agroecológica e para a convivência com o semiárido.

Foram estabelecidas parcerias com Agricultura Familiar e Agroecologia (ASPTA), Centro de Ação Cultural (CENTRAC) e PATAC, organizações não governamentais da Paraíba com larga experiência em assessoria a processos de inovação social e técnica junto à agricultura familiar a partir da perspectiva da agroecologia e convivência com o semiárido brasileiro. O PATAC assessora o Coletivo de Organização da Agricultura Familiar do Cariri, Seridó e Curimataú (COLETIVO), ator social regional que articula e organiza a rede de agricultoras e agricultores familiares e organizações em 12 municípios das regiões do Cariri, Seridó e Curimataú. O CENTRAC assessora o Fórum de Lideranças do Agreste (FOLIA), sujeito coletivo que articula e organiza a rede de agricultoras e agricultores, associações comunitárias, fundo rotativos solidários e bancos coletivos de sementes de 16 municípios da região do agreste paraibano.

Nestas dinâmicas regionais de atuação do COLETIVO, FOLIA e POLO há 258 famílias agricultoras experimentando e desenvolvendo práticas, tecnologias e sistemas de tratamento e reúso da água. Além disto, essas entidades de assessoria têm tido um papel importante na construção e consolidação da ASA Paraíba e ASA Brasil, redes estadual e nacional voltadas para a construção e desenvolvimento de políticas para a convivência com o semiárido.

Foi constituído um Grupo Gestor da Pesquisa formado por lideranças agricultoras, assessoras técnicas do CENTRAC, PATAC e ASPTA; pesquisadores do INSA, da UFRPE e da WTT que vem compartilhando a responsabilidade pela concepção, metodologia, ajustes e monitoramento da pesquisa.

3. Seleção e caracterização das famílias agricultoras inseridas no projeto

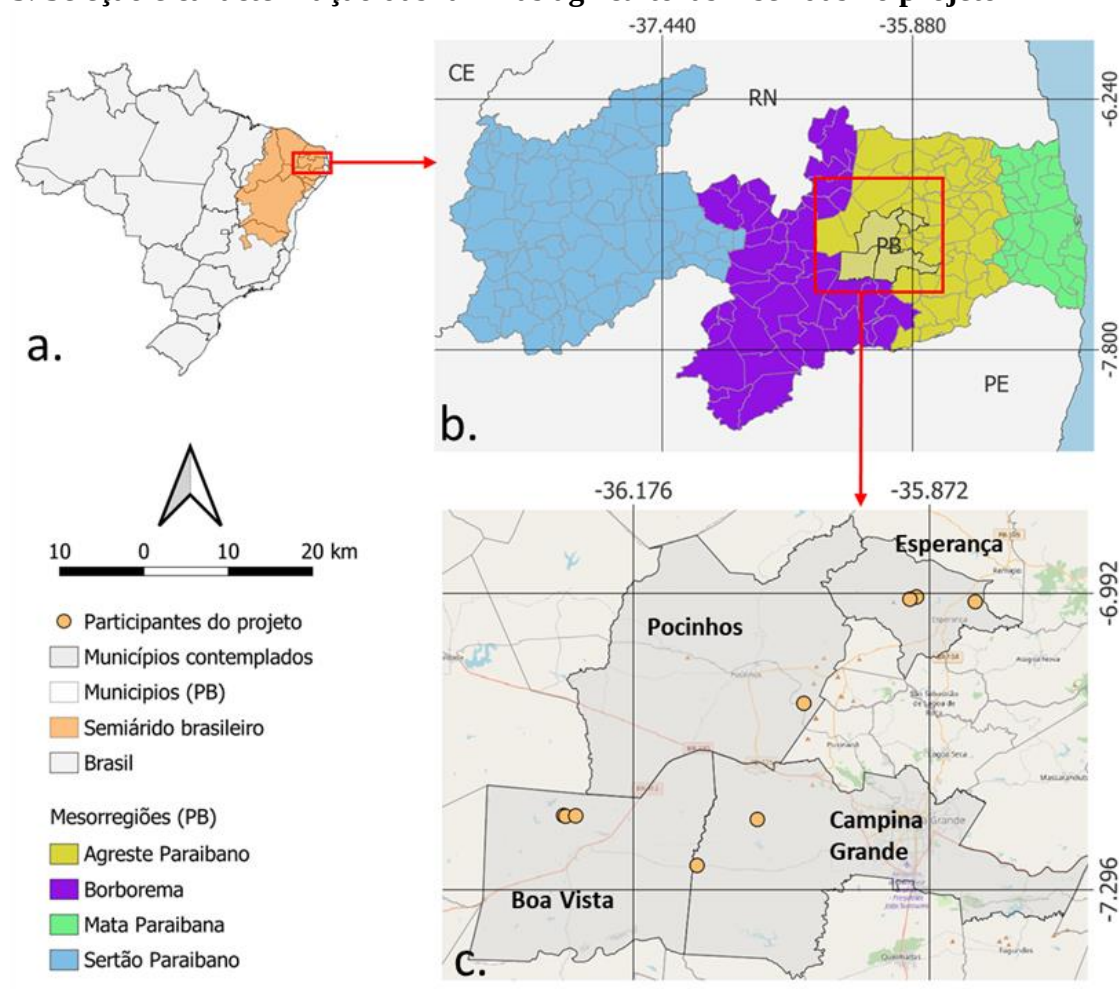


Figura 01 - Distribuição espacial das áreas onde residem as famílias parceiras do projeto

As condições físico-químicas da água cinza de uma residência são influenciadas por um conjunto de fatores, como o número de habitantes, fontes de abastecimento e produtos de limpeza utilizados. Já a qualidade da água de reúso, obtida a partir do tratamento da água cinza produzida, é influenciada não apenas pelas características iniciais do efluente a ser tratado, mas pelo tipo, operação e manutenção do tratamento aplicado.

Para melhor entendimento dos resultados e, principalmente, a padronização na coleta de amostras em campo, a codificação dos sistemas instalados em cada família é descrita no quadro 1.

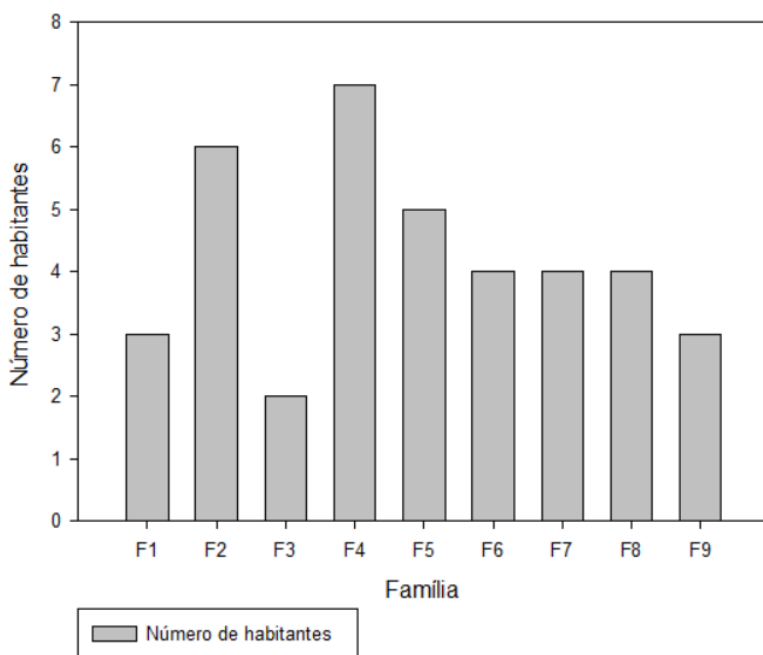
Quadro 1. Identificação das famílias agricultoras inseridas no monitoramento do sistema

Família/Código	Local	Município (PB)	Análises Realizadas
Família 1 (F1)	Quilombo Santa Rosa	Boa Vista	1. pH 2. Condutividade elétrica 3. Turbidez 4. Cor 5. Coliformes totais 6. <i>E. Coli</i>
Família 2 (F2)	Quilombo Santa Rosa	Boa Vista	
Família 3 (F3)	Quilombo Santa Rosa	Boa Vista	
Família 4 (F4)	Assentamento Pequeno Richard	Campina Grande	
Família 5 (F5)	Assentamento Pequeno Richard	Campina Grande	
Família 6 (F6)	Assentamento Antônio Eufrazino	Campina Grande	
Família 7 (F7)	Comunidade Mulatinha	Esperança	
Família 8 (F8)	Comunidade Benefício	Esperança	
Família 9 (F9)	Comunidade Benefício	Esperança	

Desta forma, se fez necessário investigar a composição familiar, de cada residência que utiliza o sistema de tratamento e reúso de águas cinzas por dupla filtração, o tipo de água utilizada no abastecimento, irrigação e dessedentação animal, e os tipos de cultivos existentes nas propriedades (Ficha completa de caracterização disponível no anexo A).

Para seleção de cada família, foram utilizados alguns critérios, como o número de moradores em cada residência, e qual a realidade existente frente ao acesso e uso dos recursos hídricos. O número de habitantes variou entre duas e sete pessoas, como apresentado no Figura 2.

Figura 2 – Número de habitantes por residência



A quantidade de moradores em uma residência é um fator de extrema importância, visto que, interfere no volume de água cinza produzida e consequentemente na água de reúso destinada a irrigação. A família F2, mesmo apresentando o menor número de componentes, gerou quantidade suficiente de água de reúso para irrigar a área produtiva da propriedade.

Além disso, para implementar um sistema de tratamento e reúso de água cinza em uma residência, é de fundamental importância a existência de fontes constantes de água para uso doméstico, para possibilitar a geração de um volume satisfatório de água cinza e água de reúso. Com base nos questionamentos aplicados em cada família inserida nesse estudo, foi possível obter informações sobre a origem da água destinada a atividades realizadas em cada residência, seja para uso doméstico, irrigação ou dessedentação de animais (Tabela 1).

Tabela 1. Fontes hídricas de cada residência

Família	Água para beber e cozinhar	Água para uso doméstico	Água para irrigação	Dessedentação de animais
F1	Cisterna	Cisterna	Água de reuso	Cisterna
F2	Serviço Municipal; Cisterna	Cisterna; Barreiro Trincheira	Cisterna; Barreiro Trincheira; Água de reuso	Cisterna; Barreiro Trincheira
F3	Serviço Municipal; Cisterna	Represa/rio	Água de reuso	Represa/Rio; poço particular
F4	Serviço Municipal; Cisterna	Cisterna	Água de reuso	Represa/Rio
F5	Serviço Municipal; Cisterna	Represa/rio	Água de reuso	Represa/rio
F6	Cisterna; Tanque de Pedra	Represa/rio; Cisterna	Água de reuso	Represa/rio; Cisterna
F7	Cisterna	Cisterna	Cisterna	Cisterna
F8	Serviço Municipal; Cisterna	Serviço Municipal; Tanque de Pedra	Tanque de Pedra; Água de reuso	Serviço municipal; Tanque de Pedra
F9	Cisterna	Barreiro Trincheira	Barreiro Trincheira	x

É frequente a utilização de cisterna para abastecimento humano e diversos usos domésticos, como visto na tabela anterior, no entanto, as famílias F2 e F7 acabam fazendo uso de uma água de boa qualidade para irrigar os cultivos agrícolas. Todavia, a partir da prática do reúso de água cinza tratada diretamente na irrigação, possibilita a economia de água de maior qualidade, que pode ser destinada para fins essenciais, como consumo humano e dessedentação animal. Além de garantir uma nova fonte de água para irrigação, a água cinza tratada, possui um aporte nutricional capaz de beneficiar os produtos agrícolas

Quando questionados sobre o tipo de água utilizada na irrigação, as famílias F1 e F3 relataram que utilizam exclusivamente a água de reúso para manter a produção agrícola. Partindo desse princípio e confrontando com os dados da tabela 2, pode-se observar que entre os principais produtos agrícolas de F1 e F3, estão presentes o cultivo de verduras e hortaliças, sendo necessário uma maior atenção, visto que a água de reúso pode ser utilizada na irrigação de diversas espécies, no entanto, não é indicado na produção de hortaliças, verduras e plantas medicinais, devido a possível contaminação. Vale ressaltar, que uma forma de avaliar os eventuais riscos de contaminação é através da quantificação da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal), que será apresentado posteriormente.

3.1 Produção agrícola

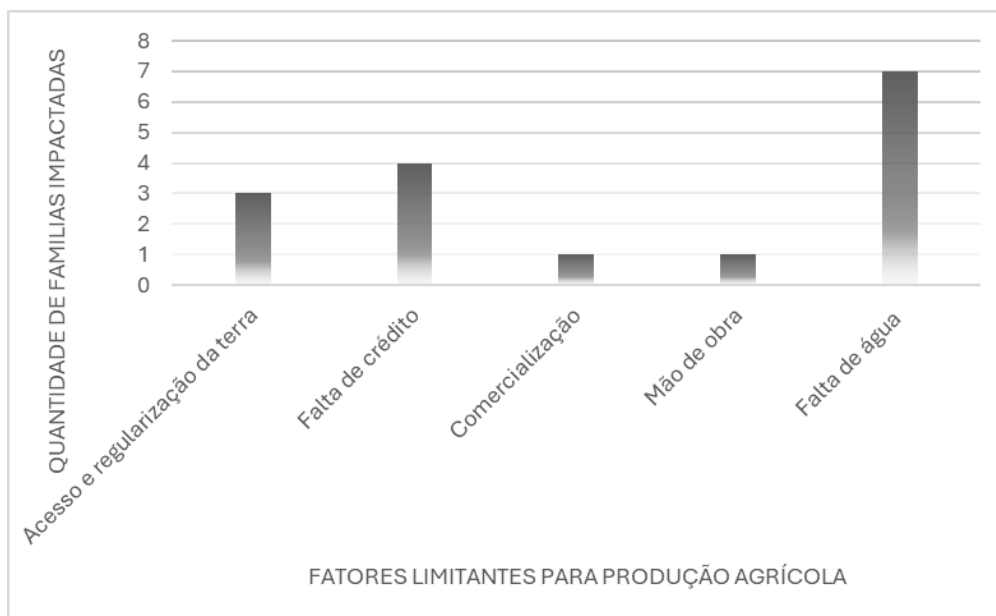
Todas as famílias envolvidas na pesquisa realizam práticas agrícolas de diversos cultivos, sejam destinadas à comercialização ou consumo (Tabela 2). Grande parte das famílias investem no cultivo de frutíferas e grãos (88,89%), seguido de raízes (66,67%), hortaliças (55,55%) e verduras (44,44%).

Tabela 2- Principais produtos agrícolas das propriedades

Família	Destino da produção agrícola	Principais produtos agrícolas	Produção de forragem
F1	Subsistência	frutas; verduras; grãos; raízes; hortaliças	palma forrageira; sorgo
F2	Subsistência e comercialização	frutas; verduras; grãos; raízes; hortaliças	palma forrageira; capim; algodão
F3	Subsistência	frutas; verduras; grãos; raízes; hortaliças	palma forrageira; capim; milho
F4	Subsistência e comercialização	grãos, frutas e plantas medicinais e plantas medicinais e plantas medicinais	palma orelha de elefante; gliricidia; cardeiro
F5	Subsistência	Grãos; frutas	palma comum; palma orelha de elefante; moringa; palma doce; macambira; gliricidia
F6	Subsistência	Grãos; frutas	palma orelha de elefante; palma doce; gliricidia; leucena
F7	Subsistência e comercialização	frutas; verduras; grãos; raízes; hortaliças	palma forrageira
F8	Subsistência e comercialização	frutas; raízes; hortaliças	palma forrageira; capim
F9	Subsistência	frutas; grãos; raízes	palma forrageira

No entanto, os agricultores relataram a convivência com alguns fatores limitantes para o desenvolvimento da produção agrícola nas localidades de cada família, como pode ser observado na Figura 3.

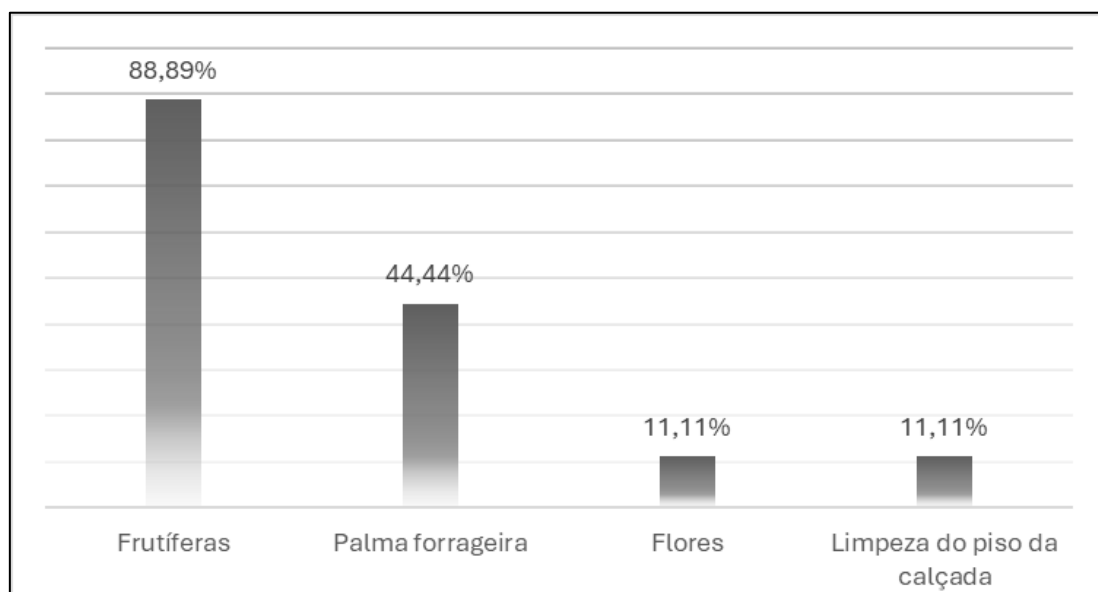
Figura 3- Fatores limitantes para a produção agrícola



Com base no exposto, pode-se perceber que o principal fator limitante para a produção agrícola nas propriedades das famílias é o baixo aporte hídrico nas propriedades. Desta forma, é possível constatar que o reúso de água cinza tratada torna-se um fator decisivo para manutenção da agricultura, garantindo a subsistência, comercialização e alimentação de animais, de acordo com o tipo de produção realizada por cada família.

Outras questões foram levantadas no que diz respeito ao destino da água de reúso em cada propriedade, observando que os principais usos foram a irrigação de frutíferas (77,78%) e palma forrageira (33,33%) (Figura 4).

Figura 4 - Destino da água de reúso.



4. Monitoramento e coleta de amostras de águas residuárias

Durante o período de março a agosto de 2024 (06 meses) foram realizadas as etapas de coletas e análises de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água cinza sem tratamento, e da água de reúso (água cinza coletada após a passagem no sistema de tratamento), em nove famílias, separadas em diferentes localidades. No quadro 1 apresentado anteriormente, pode ser observada algumas informações importantes para o entendimento do arranjo de monitoramento dos sistemas, e quais os parâmetros utilizados para determinar a eficiência de tratamento do sistema.

Desta forma, vale destacar que os resultados das análises realizadas serão apresentados neste documento de forma separada, levando em consideração os recortes territoriais apresentados anteriormente.

A fim de obter um melhor entendimento da eficiência de remoção da bactéria *Escherichia coli* em cada sistema em monitoramento, bem como o comportamento da turbidez, condutividade elétrica, pH e cor, foi necessário avaliar os dados referentes ao intervalo de tempo entre 06/03/2024 e 27/08/2024. As coletas foram realizadas em pontos estratégicos para obter informações sobre a real situação em termos de qualidade do efluente tratado, além de verificar a eficiência de cada sistema, ou seja, na caixa de passagem/caixa sifonada (água cinza) e no tanque de armazenamento (água de reúso).

Após as coletas, todas as amostras foram encaminhadas para os laboratórios multiusuários da Estação Experimental Ignácio Salcedo, pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

5. Resultados das análises da água cinza e da água de reúso

5.1 Resultados das análises – Quilombo Santa Rosa, Boa Vista (PB)

Os resultados da quantificação da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal) presente na água cinza e água de reúso dos sistemas de tratamento F1, F2 e F3 estão apresentados nas Figura 5, 6 e 7 respectivamente.

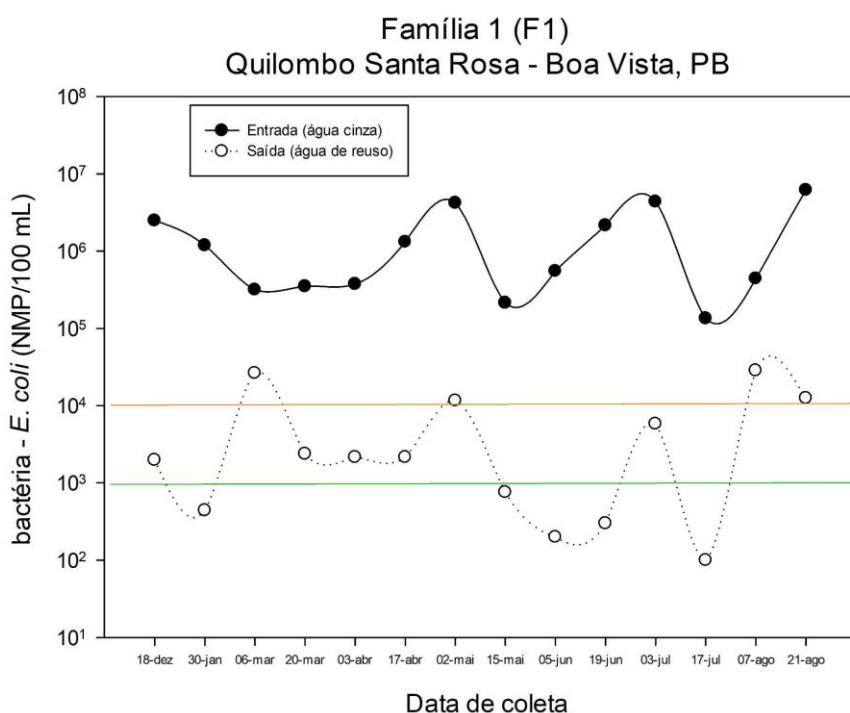


Figura 5. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F1. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e vermelha = reúso restrito; acima da linha vermelha = não recomendado para reúso agrícola. Dados referentes a fase de pré-monitoramento (18/12/2023 e 30/01/2023).

No início do período, em 06/03/2024, o sistema F1 apresentou uma eficiência de 91.67%, o que resultou em uma saída de 2,65E+04 NMP/100 ml, a partir de uma entrada de 3,18E+05 NMP/100 ml. Embora o sistema tenha removido uma quantidade significativa de *E. coli*, a eficiência foi a menor observada no período e a saída foi bem acima do limite desejado de 10³ NMP/100 ml, indicando um desempenho insatisfatório nessa data. No entanto, nas semanas seguintes, o desempenho do sistema melhorou consideravelmente. Em 20/03/2024, a eficiência subiu para 99.32%, com uma saída de 2,38E+03 NMP/100 ml, um valor ainda

elevado, mas já muito mais próximo do limite de 10^3 . Essa melhoria se manteve no período seguinte, em 03/04/2024, quando a eficiência de 99.42% foi observada e a saída de *E. coli* foi reduzida para $2,16\text{E}+03$ NMP/100 ml, mostrando uma tendência positiva no desempenho do sistema.

A partir de 17/04/2024, com uma carga de entrada significativamente maior, $1,32\text{E}+06$ NMP/100 ml, o sistema manteve uma eficiência de 99.84%, resultando novamente em uma saída de $2,16\text{E}+03$ NMP/100 ml, o que reforça a consistência do sistema em remover altos níveis de contaminação microbiológica, embora ainda não atingindo o objetivo de saída desejado. No entanto, a eficiência permaneceu elevada nas semanas seguintes, com 99.72% de remoção observada em 02/05/2024, mesmo com uma carga de entrada muito alta, $4,21\text{E}+06$ NMP/100 ml, resultando em uma saída de $1,16\text{E}+04$ NMP/100 ml. O sistema demonstrou um controle eficaz da contaminação, embora a saída ainda tenha ficado acima do limite ideal.

Nos meses seguintes, o desempenho do sistema continuou a melhorar. Em 15/05/2024, com uma carga de entrada mais baixa de $2,15\text{E}+05$ NMP/100 ml, o sistema alcançou uma eficiência de 99.65%, com uma saída de apenas $7,60\text{E}+02$ NMP/100 ml, o que está dentro dos limites aceitáveis. Esse foi um dos melhores desempenhos do sistema no período, com a contaminação final reduzida a níveis seguros. Em 05/06/2024, a eficiência de remoção aumentou ainda mais, para 99.96%, com uma saída de apenas $2,00\text{E}+02$ NMP/100 ml, após uma entrada de $5,54\text{E}+05$ NMP/100mL, novamente demonstrando que o sistema operou com grande eficiência durante essa fase. Essa tendência continuou em 19/06/2024, quando o sistema atingiu sua maior eficiência registrada, 99.99%, com uma saída de $3,00\text{E}+02$ NMP/100 ml a partir de uma entrada de $2,16\text{E}+06$ NMP/100 ml.

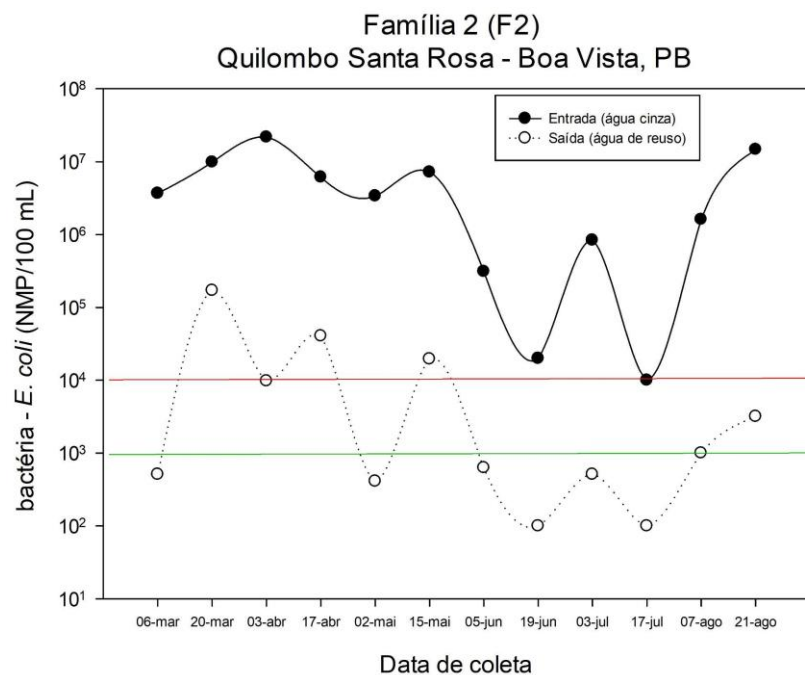


Figura 6. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F2. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e vermelha = reúso restrito; acima da linha vermelha = não recomendado para reúso agrícola.

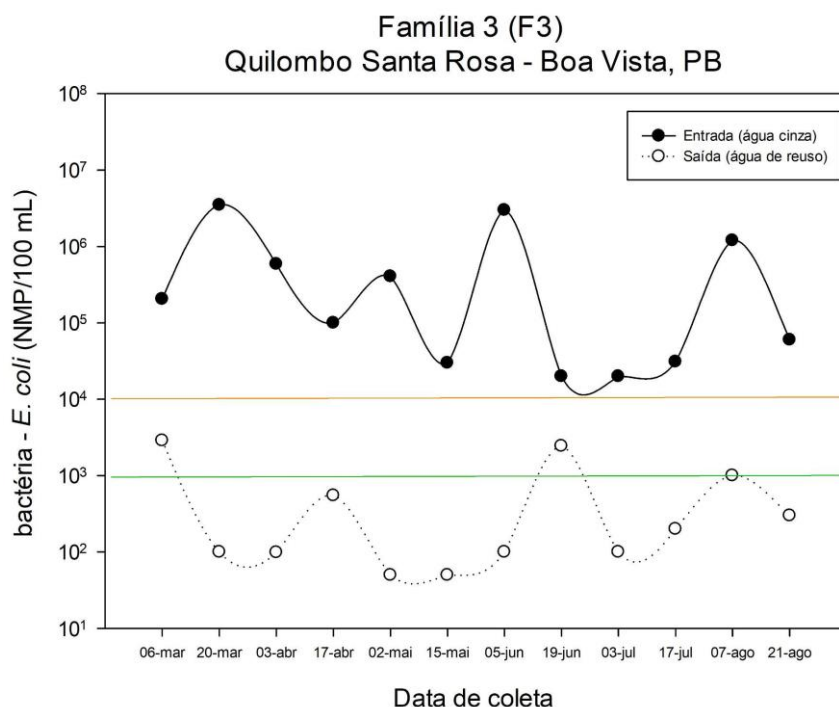


Figura 7. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F3. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e vermelha = reúso restrito; acima da linha vermelha = não recomendado para reúso agrícola.

De acordo com os dados apresentados, percebe-se uma variação na eficiência ao longo do tempo em cada sistema monitorado, com eficiência média de remoção da bactéria *Escherichia coli* de 98,78%, 99,67% e 98,49% para F1, F2 e F3 respectivamente. Por outro lado, a água de reúso do sistema da família 3 (F3) apresentou melhores condições em termos quantitativos, considerando a baixa concentração da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal) em média a $8,62 \times 10^2$ NMP/100 ml, abaixo da linha verde, que indica o enquadramento para uso irrestrito para qualquer cultura.

Além das análises microbiológicas, foram realizadas análises físico-químicas da água cinza e da água de reúso, que podem ser observadas nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 3. pH da água cinza e água de reúso dos sistemas F1, F2, F3, no município de Boa Vista-PB.

pH						
Data	F1		F2		F3	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
06/03/2024	6,76	7,76	7,15	7,69	5,15	7,89
20/03/2024	5,97	7,64	6,97	7,99	5,36	7,63
03/04/2024	6,12	8,16	5,49	7,83	7,15	8,35
17/04/2024	5,30	6,35	5,64	7,39	5,09	6,51
02/05/2024	6,06	6,63	6,13	7,96	4,92	7,84
15/05/2024	7,56	7,81	6,04	7,71	6,78	8,03
05/06/2024	6,24	6,96	6,91	6,93	6,37	7,77
19/06/2024	6,28	7,25	7,32	7,26	7,6	7,71
03/07/2024	6,24	6,55	9,02	9,06	8,39	9,13
17/07/2024	6,83	6,75	6,93	7,05	7,05	7,41
07/08/2024	6,95	6,75	5,55	7,31	7,49	7,9
21/08/2024	6,32	7,61	5,64	7,27	8,93	8,44

Tabela 4. Condutividade elétrica da água cinza e água de reúso dos sistemas F1, F2, F3, no município de Boa Vista-PB.

Condutividade elétrica (µS/cm)						
Data	F1		F2		F3	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
06/03/2024	937	1188	1397	1011	495	1279
20/03/2024	603	1032	629	1187	580	879
03/04/2024	571	978	590	1025	749	1000
17/04/2024	977	921	428	888	799	1035
02/05/2024	770	943	575	959	269	1117
15/05/2024	834	1015	489	1139	611	1131
05/06/2024	506	1074	592	1055	1329	1137
19/06/2024	1311	1016	1308	967	937	921
03/07/2024	667	942	430	931	449	975
17/07/2024	840	1026	746	924	231	953
07/08/2024	631	617	546	628	717	749
21/08/2024	334	525	420	673	809	558

Tabela 5. Turbidez da água cinza e água de reúso dos sistemas F1, F2, F3, no município de Boa Vista-PB.

Turbidez (NTU)						
Data	F1		F2		F3	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
06/03/2024	214	7,68	41,9	3,51	28,3	3,39
20/03/2024	452	1,18	1105	11,6	177	15,2
03/04/2024	1109	0,10	1100	10,9	1089	0,10
17/04/2024	614	1,13	254	17,2	72,2	1,51
02/05/2024	167	0,93	343	4,48	135	3,46
15/05/2024	249	0,1	283	0,1	107	0,89
05/06/2024	177	0,1	73,7	0,1	160	0,44
19/06/2024	338	0,1	60,6	0,1	87,2	0,1
03/07/2024	363	0,1	82,6	0,1	254	0,1
17/07/2024	391	0,41	14	1,58	149	3,82
07/08/2024	264	0,72	412	12,3	110	2,86
21/08/2024	239	2,05	227	7,46	135	1,09

Tabela 6. Cor da água cinza e água de reuso dos sistemas F1, F2, F3, no município de Boa Vista-PB.

Cor (uH)						
Data	F1		F2		F3	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
06/03/2024	17,2	11,7	116	21,6	221	43,4
20/03/2024	48,8	3,9	45,4	8,8	122	104
03/04/2024	177	2,9	80,4	8,4	169	4,0
17/04/2024	122	6,9	26,8	5,0	14,0	4,7
02/05/2024	8,9	4,1	27,9	4,4	5,7	5,2
15/05/2024	6	0,7	40	9	119	6,2
05/06/2024	9	6,4	21,5	8,7	8	7
19/06/2024	48	8	52	7,9	46,8	6,2
03/07/2024	60,2	8,5	130	7,5	7,2	5,4
17/07/2024	47,5	9,6	8,8	9	6,2	5,7
07/08/2024	73,5	8,6	9,8	2,7	9,1	5,1
21/08/2024	31,6	7,9	6,1	2,1	138	6,8

Ao observar os valores de pH, percebe-se que até o momento, os sistemas F1, F2, e F3 encontram-se dentro nos limites permitidos para irrigação, por estarem em média na faixa entre 6 e 8,5, segundo Almeida (2010), além de atenderem os critérios da resolução do CONAMA 430/2011 para lançamento de água residuária tratada em corpos hídricos, mantendo-se dentro da faixa de 5 a 9 (BRASIL, 2011).

A condutividade elétrica da água de reuso apresentou em grande parte das amostras valores superiores às condições iniciais, o que pode estar relacionado com a periodicidade de limpeza da caixa de gordura, que deve ser realizada semanalmente, para melhorar a eficiência de tratamento. No entanto, mesmo com a elevação do parâmetro de condutividade elétrica constatada ao longo do monitoramento, os valores encontrados na água de reuso encontram-se dentro dos limites sugeridos por Almeida (2010), variando entre 0 e 3000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Os níveis de Condutividade Elétrica da água cinza oscilaram em função da grande variabilidade dos produtos químicos presentes no uso cotidiano da limpeza pessoal e dos utensílios e roupas, bem como do manejo familiar do sistema em função do tratamento físico da água, além do nível de salinidade da água que abastece a casa; entretanto, no tocante a classificação da água já filtrada, esta se enquadra na Classe 3 para irrigação, com elevada salinidade, o que condiciona o uso em cultivos, preferencialmente, com espécies vegetais tolerantes à sais, solos com boa drenagem, adicionamento permanente de matéria orgânica e

bombeamento da água mesmo em época de chuvas torrenciais de forma a proporcionar a lavagem dos sais que se acumulam no solo ao longo do tempo no solo.

5.2 Resultados das análises – Campina Grande (PB)

Os resultados da quantificação da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal) presente na água cinza e água de reúso dos sistemas de tratamento F4, F5 e F6 estão apresentados nas Figuras 8, 9 e 10 respectivamente.

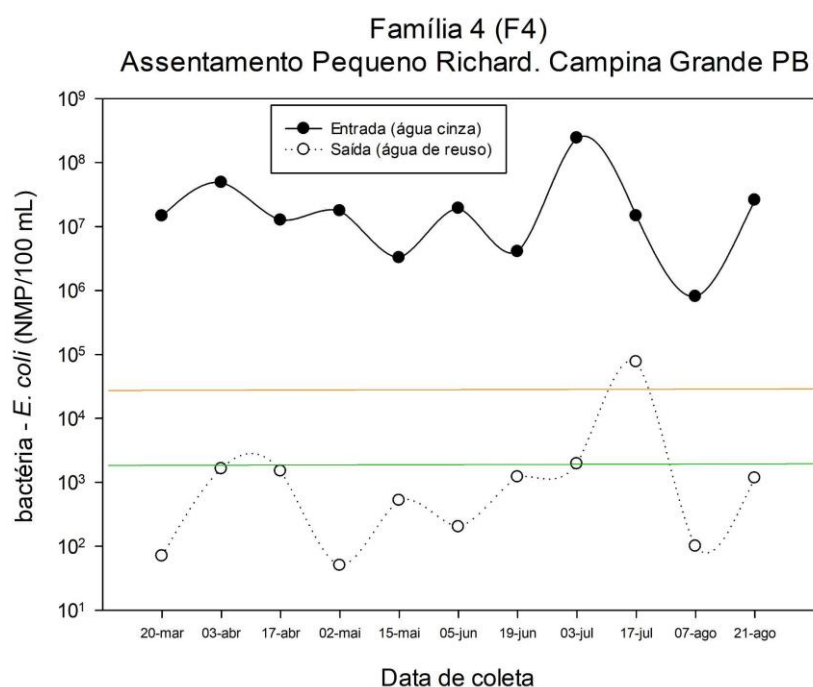


Figura 8. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F4. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reúso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reúso agrícola.

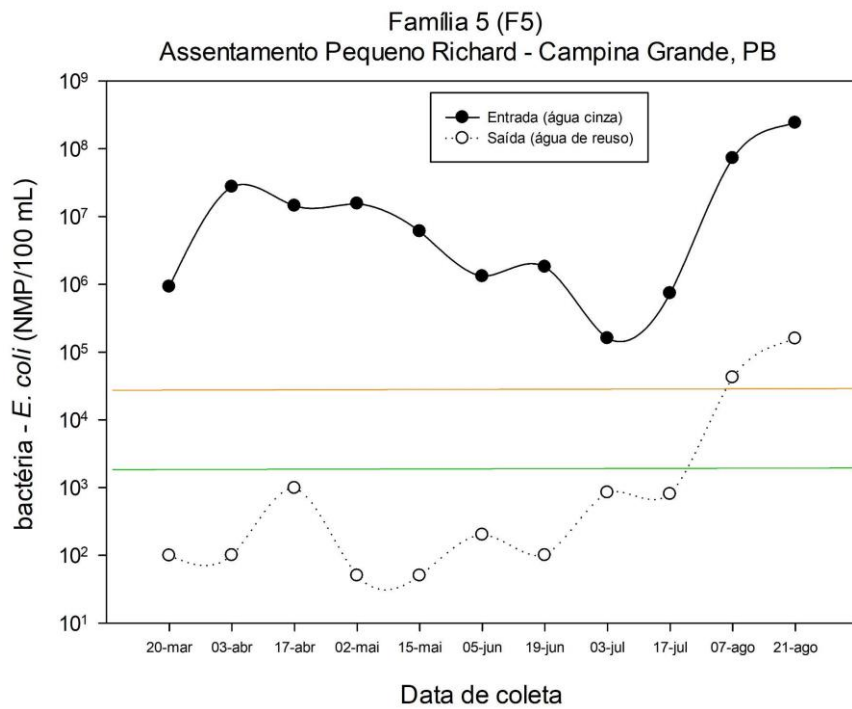


Figura 9. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F5. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reúso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reúso agrícola.

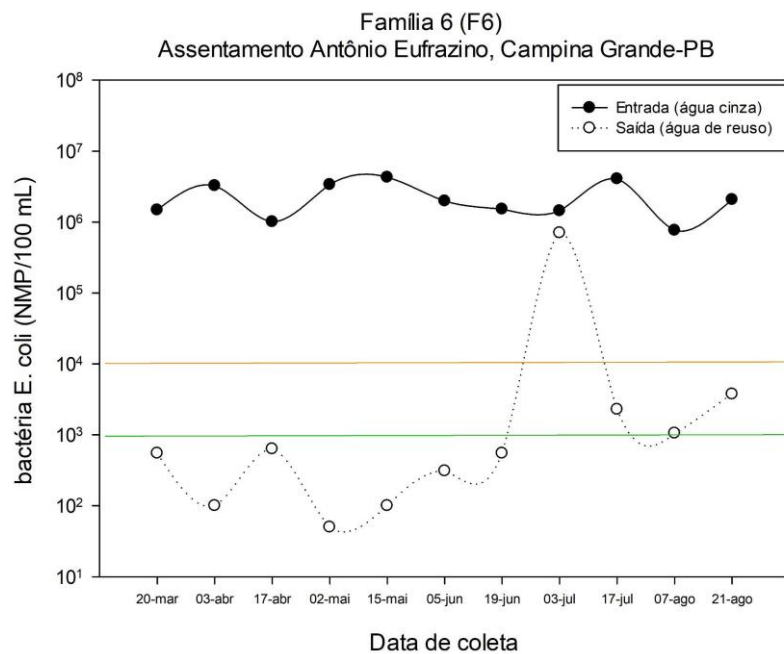


Figura 10. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F6. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reúso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reúso agrícola.

A eficiência média de remoção dos sistemas F4, F5, e F6 foi de 99,88%, 99,91% e 99,93% respectivamente, indicando uma boa taxa de remoção de *E. coli* em consideração as condições iniciais.

A água de reúso dos sistemas das famílias 5 e 6 (F5 e F6) apresentaram melhores condições em termos quantitativos, considerando a baixa concentração da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal), ficando em média abaixo da linha verde ao considerar o período entre 20 de março a 17 de julho, que indica o enquadramento no uso irrestrito para qualquer cultura. No entanto, nas últimas coletas realizadas nos dias 07 e 21 de agosto, houve elevação na concentração de *E. coli* na água de reúso, o que pode ser associado com a falta de manutenção do sistema. Por outro lado, o sistema F4 necessita de atenção, uma vez que a concentração de *E. coli* na água de reúso aumenta a partir do dia 5 de junho de 2024, encontrando-se ao final do período de análise com concentração média equivalente a $7,85 \times 10^3$, indicando o uso restrito na irrigação, ou seja, permitido apenas para as frutíferas e forrageiras com desenvolvimento bem acima do nível do solo.

Além das análises microbiológicas, foram realizadas análises físico-químicas da água cinza e da água de reúso, que podem ser observadas nas Tabelas 7, 8, 9 e 10.

Tabela 7. pH da água cinza e água de reúso dos sistemas F4, F5 e F6, no município de Campina Grande-PB.

pH						
Data	F4		F5		F6	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
06/03/2024	7,49	-	7,13	-	8,72	-
20/03/2024	7,19	9,71	7,81	8,43	8,13	9,67
03/04/2024	6,11	9,08	7,76	8,80	6,01	9,85
17/04/2024	6,38	7,77	7,02	7,82	5,73	8,76
02/05/2024	6,28	7,57	8,57	8,75	6,42	8,94
15/05/2024	5,61	8,2	8,31	8,78	6,35	8,58
05/06/2024	6,73	7,86	5,63	8,38	8,22	6,39
19/06/2024	6,87	7,64	5,98	8,52	5,48	7,42
03/07/2024	8,42	8	7,93	8,31	6,61	7,31
17/07/2024	7,81	7,44	7,45	7,93	6,1	7,12
07/08/2024	7,68	7,53	8,08	8,49	5,57	7,02
21/08/2024	5,53	7,23	8,14	7,77	6,47	6,37

Tabela 8. Condutividade elétrica da água cinza e água de reúso dos sistemas F4, F5 e F6, no município de Campina Grande-PB.

Condutividade elétrica (µS/cm)						
Data	F4		F5		F6	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
06/03/2024	1348	-	2580	-	1967	-
20/03/2024	3750	1552	2588	2560	2380	2260
03/04/2024	1248	1483	1655	2210	1328	1684
17/04/2024	1709	1311	1598	2160	1424	1686
02/05/2024	1326	1495	3470	2190	1471	2210
15/05/2024	854	1513	3440	2380	1749	1762
05/06/2024	3470	2010	2060	2390	1999	2040
19/06/2024	2520	1803	1498	2060	2500	1877
03/07/2024	1421	1688	6610	2250	2210	1927
17/07/2024	4560	1661	1880	2260	1650	1764
07/08/2024	652	1288	4500	2070	1569	1532
21/08/2024	554	768	1789	1228	817	948

Tabela 9. Turbidez da água cinza e água de reúso dos sistemas F4, F5 e F6, no município de Campina Grande-PB.

Turbidez (NTU)						
Data	F4		F5		F6	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
06/03/2024	601	-	155	-	355	-
20/03/2024	1100	35	280	22	1098	14
03/04/2024	1110	18	1097	6,3	1060	6,6
17/04/2024	235	9,5	177	2,7	361	2,5
02/05/2024	227	2,2	123	2,3	198	0,6
15/05/2024	771	0,1	97,8	0,1	430	0,1
05/06/2024	213	0,72	329	107	290	1,32
19/06/2024	259	2,36	42,3	12,3	132	0,1
03/07/2024	267	0,1	181	6,4	181	0,1
17/07/2024	853	0,1	367	0,86	301	11,1
07/08/2024	151	0,1	175	0,4	550	1,24
21/08/2024	812	4,22	163	3,67	354	4,71

Tabela 10. Cor da água cinza e água de reúso dos sistemas F4, F5 e F6, no município de Campina Grande-PB.

Cor (uH)						
Data	F4		F5		F6	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
06/03/2024	40	-	520	-	7,7	-
20/03/2024	188	38,2	203	103	65,3	9,1
03/04/2024	78,1	9,8	55,8	39,7	40,1	12,1
17/04/2024	9,6	1,9	5,5	3,0	24,1	1,7
02/05/2024	7,0	3,5	53,2	1,2	5,6	1,4
15/05/2024	7	5	70,4	3,1	8,3	2,2
05/06/2024	6,4	2,5	106	6,8	224	7,4
19/06/2024	379	1,2	21,5	4,8	9,5	0,6
03/07/2024	9,2	47,2	5,6	3,9	6,1	0,7
17/07/2024	122	4,5	58,2	1,8	9,9	0,7
07/08/2024	2,9	5,4	112	2,4	8	0,9
21/08/2024	8,8	8,8	8	1	9,7	0,3

O pH da água de reúso dos sistemas avaliados no município de Campina Grande-PB apresenta valores médios satisfatórios para utilização na irrigação, frente ao indicado por Almeida (2010), mantendo-se entre 6,0 e 8,5.

Um fator limitante para aceitação das práticas de reúso diz respeito aos aspectos visuais da água, desta forma a remoção de cor e turbidez são critérios que merecem atenção durante o monitoramento do sistema de tratamento de água cinza. Os sistemas F4, F5 e F6 apresentaram eficiência de remoção de turbidez na ordem de 98,79%, 94,92% e 99,15%.

5.3 Resultados das análises – Esperança (PB)

Os resultados da quantificação da bactéria *Escherichia coli* (indicadora de contaminação fecal) presente na água cinza e água de reúso dos sistemas de tratamento F7, F8 e F9 estão apresentados nas Figura 11, 12 e 13 respectivamente.

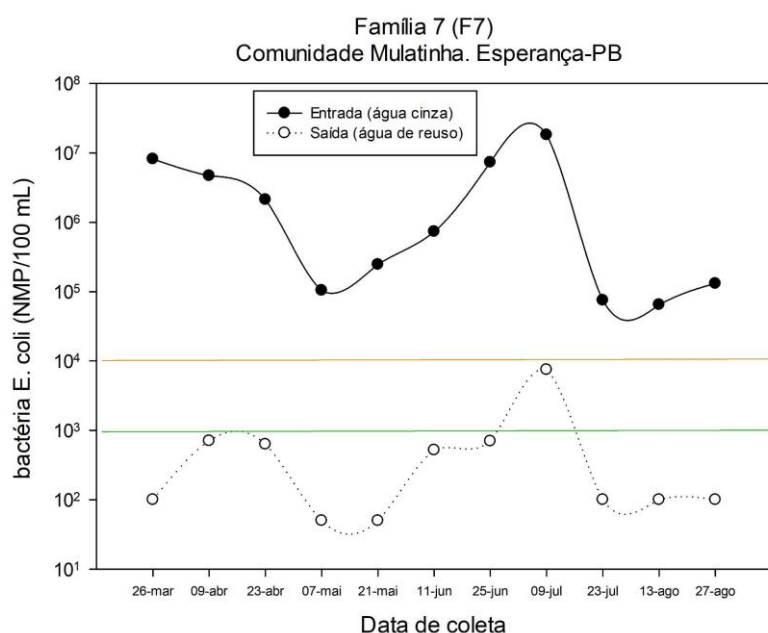


Figura 11. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F7. Dados abaixo da linha verde = reúso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reúso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reúso agrícola.

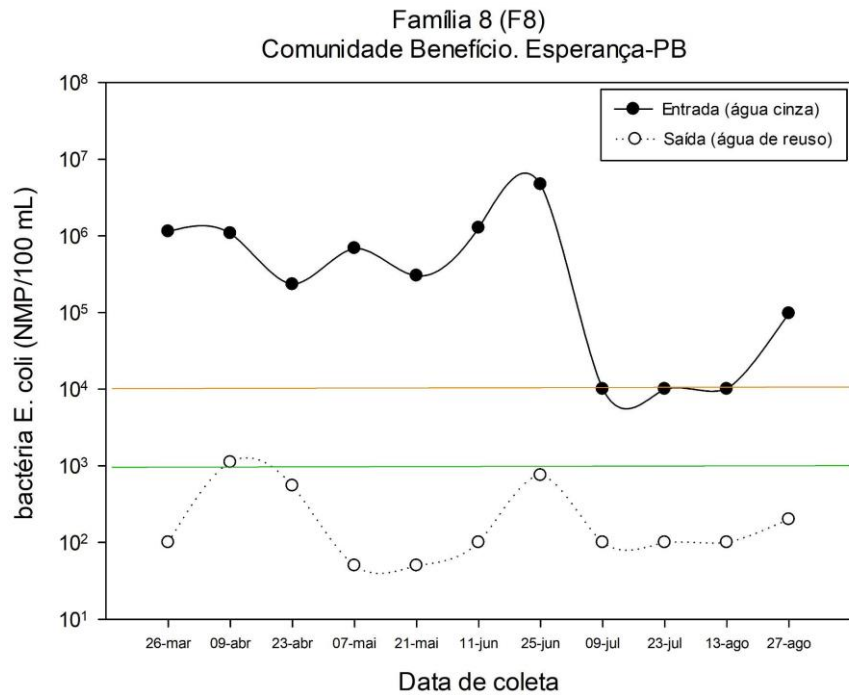


Figura 11. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F8. Dados abaixo da linha verde = reuso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reuso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reuso agrícola.

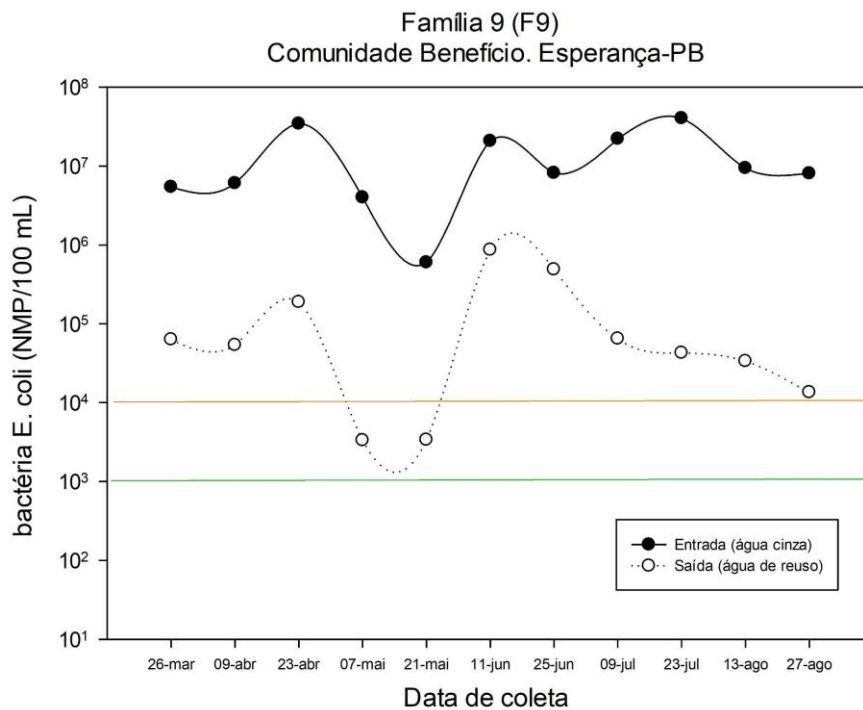


Figura 13. Resultados da concentração de *E. coli* durante a fase de monitoramento do sistema F9. Dados abaixo da linha verde = reuso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reuso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reuso agrícola.

A eficiência média de remoção dos sistemas F7, F8, e F9 foi 99,83%, 99,74% e 99,21% respectivamente, indicando uma boa taxa de remoção de *E. coli* em consideração as condições iniciais. O sistema F9 apresentou uma boa eficiência de remoção da bactéria *Escherichia coli*, no entanto, a concentração média encontrada na água de reúso foi de $1,33 \times 10^5$ NMP/100 ml, enquadrando-se acima da linha laranja, logo, não recomendada para reúso agrícola.

Quanto ao sistema F7 em grande parte das amostras analisadas, foi observada a indicação de irrigação irrestrita para qualquer cultura em todos os dias de análise, exceto no dia 09 de julho, onde houve uma deterioração da qualidade da água de reúso. Desta forma houve uma elevação em relação a média global desse sistema, caracterizando a água de reúso como restrita.

Por outro lado, o sistema F8, manteve-se constante durante o monitoramento, permanecendo em média $5,37 \times 10^2$ NMP/100 ml, abaixo da linha verde, que indica o enquadramento para uso irrestrito para qualquer cultura.

Além das análises microbiológicas, foram realizadas análises físico-químicas da água cinza e da água de reúso, que podem ser observadas nas Tabela 11, 12, 13 e 14.

Tabela 11. pH da água cinza e água de reúso dos sistemas F7, F8 e F9, no município de Esperança-PB.

Data	pH					
	F7		F8		F9	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
26/03/2024	5,72	8,94	6,10	9,10	6,90	8,55
09/04/2024	7,96	8,08	6,36	8,22	6,40	8,36
23/04/2024	5,24	7,74	6,82	7,68	5,75	7,04
07/05/2024	8,66	7,57	6,11	7,50	6,69	7,52
21/05/2024	6,5	7,86	6,31	7,9	6,49	7,92
11/06/2024	8,2	7,14	4,96	6,78	5,4	7,15
09/07/2024	5,65	7,38	7,38	7,81	6,71	7,29
23/07/2024	8,25	7,67	7,43	7,24	5,56	7,08
13/08/2024	8,79	7,68	7	7,41	6,66	7,19
27/08/2024	5,83	7,72	6,36	7,65	6,38	7,32

Tabela 12. Condutividade elétrica da água cinza e água de reúso dos sistemas F7, F8 e F9, no município de Esperança-PB.

Condutividade elétrica (µS/cm)						
Data	F7		F8		F9	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
26/03/2024	463	1429	563	1796	1032	1326
09/04/2024	742	1229	630	1774	720	1618
23/04/2024	817	1212	213	994	923	1593
07/05/2024	2820	1050	444	1166	286	1374
21/05/2024	868	1095	335	1350	582	1144
11/06/2024	4930	1160	399	1580	779	1368
09/07/2024	606	1017	1375	1596	514	1252
23/07/2024	1869	1178	246	1284	1023	1596
13/08/2024	2395	1095	284	964	884	1460
27/08/2024	445	696	345	688	844	1130

Tabela 13. Turbidez da água cinza e água de reúso dos sistemas F7, F8 e F9, no município de Esperança-PB.

Turbidez (NTU)						
Data	F7		F8		F9	
	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso	Água cinza	Água de reúso
26/03/2024	402	31,4	551	40,2	189	34,2
09/04/2024	730	1,48	1098	23,5	1100	24,5
23/04/2024	146	2,48	113	1,03	165	9,15
07/05/2024	560	1,07	299	2,04	297	3,47
21/05/2024	216	0,1	147	0,65	135	3,3
11/06/2024	485	10,9	109	0,42	200	9,37
09/07/2024	185	0,95	164	3,92	177	4,11
23/07/2024	585	0,14	247	2,25	148	3,08
13/08/2024	785	2,59	150	1,94	305	0,1
27/08/2024	219	0,1	436	5,44	199	0,1

Tabela 14. Cor da água cinza e água de reúso dos sistemas F7, F8 e F9, no município de Esperança-PB.

Cor (uH)						
Data	F7		F8		F9	
	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso	Água cinza	Água de reuso
26/03/2024	74,8	96,4	148	54,6	145	113
09/04/2024	18,0	8,0	30,8	34,9	8,0	113
23/04/2024	6,5	5,1	9,6	5,2	1,5	1,1
07/05/2024	7,3	6,8	44,4	5,8	9,5	2,8
21/05/2024	7,7	6,8	2,1	4	4	1,4
11/06/2024	8	4,7	56,3	4,5	6,8	5,7
09/07/2024	3,1	7,8	2,8	1,6	2,5	2,5
23/07/2024	5,7	8,3	83,3	23	62,5	5,2
13/08/2024	90,8	5,9	1,4	2,7	8,6	2,4
27/08/2024	11,8	4,5	8,9	70,5	4,6	0,9

O pH da água de reúso dos sistemas avaliados no município de Esperança-PB apresentaram valores médios satisfatórios para utilização na irrigação, frente ao indicado por Almeida (2010), mantendo-se entre 6,0 e 8,5.

Os sistemas F7, F8 e F9 apresentaram eficiência de remoção de turbidez satisfatórias, da ordem de 98,81%, 97,04% e 96,64%, respectivamente. Quanto à condutividade elétrica da água de reúso, apresentou valores dentro dos limites sugeridos por Almeida (2010), variando entre 0 e 3.000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

De modo geral, ao observar os nove sistemas abordados neste documento, no período de março a agosto de 2024, percebe-se que a tecnologia de tratamento aplicada, possibilitou a remoção da bactéria *E. coli* em todos os pontos de estudo, como apresentado no Figura 14.

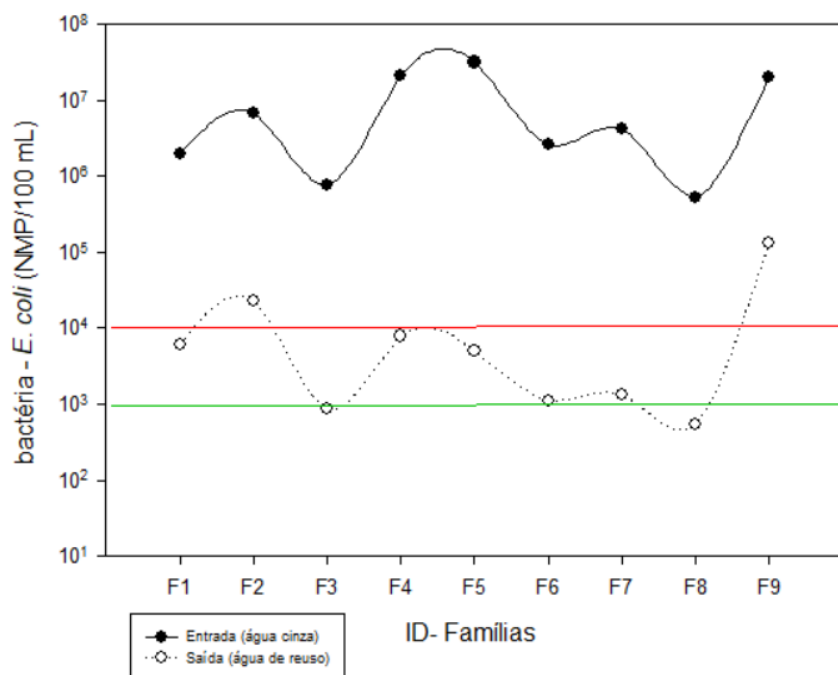


Figura 14. Resultados da concentração média de *E. coli* durante a fase de monitoramento dos sistemas F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F9. Dados abaixo da linha verde = reuso irrestrito; entre a linha verde e laranja = reuso restrito; acima da linha laranja = não recomendado para reuso agrícola.

De todos os sistemas avaliados, os valores médios da concentração de *E. coli* da água de reuso estiveram dentro dos limites exigidos para reuso agrícola em F1, F4, F6 e F7 para irrigação restrita, e F3 e F8, para irrigação irrestrita. No entanto, os sistemas das famílias F2 e F9 merecem atenção, devido à alta concentração de *E. coli* na água de reuso, impossibilitando o reuso diretamente na irrigação.

Essas variações na concentração de *E. coli* na água de reuso está diretamente associada com o tipo de água utilizada nas residências, tipo de atividades domésticas realizadas, manutenção e processos de limpeza do sistema.

A figura 15 apresenta um boxplot dos resultados de concentrações de *E. coli* (NMP/100 ml) em diferentes sistemas de tratamento de água, com uma escala logarítmica no eixo Y variando de 10¹ a 10⁷. O objetivo do estudo era alcançar valores de *E. coli* abaixo de 10³, que é considerado um limite seguro para reuso agrícola irrestrito conforme as diretrizes da OMS.

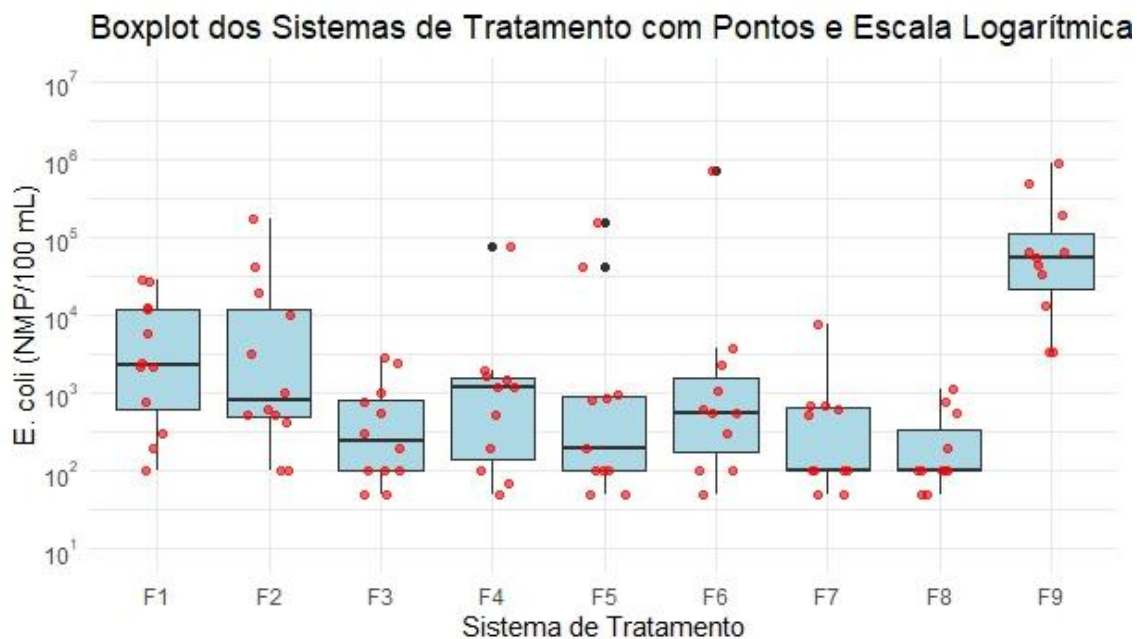


Figura 15 - Boxplot dos resultados de concentrações de *E. coli* (NMP/100 ml) nos diferentes sistemas de tratamento de água

O Sistema F1 apresentou apenas 33,3% dos valores de *E. coli* abaixo de 10^3 NMP/100 ml, indicando um desempenho inconsistente no controle da contaminação microbiológica. Isso sugere que o sistema F1 enfrenta dificuldades em remover *E. coli* de forma confiável, e pode haver momentos de sobrecarga ou falhas no processo de tratamento. Embora um terço das amostras tenha conseguido alcançar o objetivo, os outros dois terços não atingiram o padrão desejado, indicando a necessidade de melhorias no processo de tratamento.

O F2 mostrou um desempenho melhor do que o F1, com 58,3% das amostras dentro do limite de 10^3 NMP/100 ml. Isso indica que, em mais da metade dos casos, o sistema conseguiu controlar efetivamente os níveis de *E. coli*. No entanto, o fato de que quase metade das amostras não cumpriu o objetivo de tratamento mostra que o F2 ainda apresenta uma performance instável. Há potencial para melhorias, especialmente em termos de consistência, para garantir que a maioria das amostras esteja dentro do limite seguro.

O F3 demonstrou um bom desempenho, com 91,6% das amostras atingindo o objetivo de manter os níveis de *E. coli* abaixo de 10^3 NMP/100 mL. Isso sugere que o sistema F3 está operando de forma eficaz e consistente, conseguindo, na maioria dos casos, remover a contaminação microbiológica da água. A pequena porcentagem de falhas indica que o sistema

pode precisar de ajustes apenas em circunstâncias específicas, como variações de carga ou condições operacionais adversas, mas no geral, o desempenho é satisfatório.

O F4 teve 45,4% das amostras dentro do limite de 10^3 NMP/100 mL, o que indica um desempenho abaixo do esperado. Embora algumas amostras tenham atingido o objetivo, mais da metade das medições falharam em manter os níveis de *E. coli* dentro do limite seguro. Isso sugere que o sistema F4 precisa de ajustes mais significativos, seja no design ou na operação, para garantir um controle microbiológico mais consistente. A variabilidade nos resultados indica possíveis falhas operacionais que precisam ser corrigidas.

O F5 apresentou 72.7% dos valores abaixo de 10^3 NMP/100 mL, mostrando um desempenho relativamente estável. O sistema F5 conseguiu, em grande parte das amostras, controlar os níveis de *E. coli*, mas a presença de falhas em cerca de 27% das amostras indica que há momentos em que o sistema não opera de maneira ideal. Para garantir um desempenho consistente, especialmente durante picos de contaminação ou variações na qualidade da água de entrada, ajustes ou melhorias operacionais podem ser necessários.

Com 54.5% das amostras dentro do limite de 10^3 NMP/100 mL, o F6 apresentou um desempenho mediano. Embora mais da metade das amostras tenham atingido o objetivo, há uma parcela significativa de resultados acima do limite, o que indica a necessidade de ajustes. A variabilidade nos resultados sugere que o sistema pode enfrentar dificuldades em manter a eficiência do tratamento em todas as condições operacionais, o que torna necessárias melhorias no controle dos parâmetros de operação.

O F7 foi um dos sistemas de melhor desempenho, com 90.9% das amostras abaixo de 10^3 NMP/100 mL. Isso demonstra que o sistema F7 é altamente eficaz no controle de *E. coli*, com poucas falhas ao longo das medições. O sistema mostrou grande consistência e confiabilidade no tratamento da água, indicando que ele está bem projetado e operado de maneira adequada. Apenas uma pequena fração dos resultados não atingiu o objetivo, sugerindo que, com pequenos ajustes, ele pode alcançar uma eficácia ainda maior.

O F8 se destacou com 100% das amostras atingindo o objetivo de manter os níveis de *E. coli* abaixo de 10^3 NMP/100 mL. Este sistema demonstrou total eficácia e consistência no controle microbiológico da água tratada, sem qualquer falha registrada nas amostras analisadas. Isso faz do F8 o sistema mais confiável entre todos, com um desempenho ideal. O F8 pode ser visto como um modelo de excelência, mostrando que o tratamento de água pode ser feito de maneira eficaz e consistente quando o sistema é bem projetado e operado.

O F9 teve um desempenho significativamente inferior, com 0% das amostras atingindo o objetivo de controle de *E. coli* abaixo de 10^3 NMP/100 mL. Todas as amostras apresentaram

níveis muito acima do limite seguro, o que indica que na F9 ocorreu alguma falha na instalação ou manejo da Tecnologia, tornando o tratamento da água cinza ineficaz para a remoção de E. coli. Em conversas com a família, identificamos que o reservatório de água de reúso está construído fora do padrão, com profundidade útil inferior a 1 m de altura, saendo assim sistema apresenta problemas, pois o reservatório enche rapidamente, e como está conectado ao filtro em nível de água similares, devido ao vaso comunicante, o filtro aeróbio passa a não filtrar, acumulando-se no filtro e permitindo a formação de biofilme. Sendo assim, são necessárias intervenções urgentes para refazer o reservatório e limpar o filtro, melhorando sua eficiência. O F9 está claramente falhando em fornecer água de qualidade aceitável e não cumpre os requisitos mínimos de segurança microbiológica. O que evidencia a importância da execução das construções das unidades de reúso serem realizadas sob uma supervisão técnica assídua e contínua, garantindo o padrão construtivo.

5.4. Resultados das análises de DQO

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é uma medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica presente em uma amostra. Este parâmetro foi utilizado como um indicador da eficiência dos sistemas de tratamento de águas cinzas implantados nas residências unifamiliares. As amostras que terminam em P1 são afluentes e as que terminam em P2, são efluentes dos sistemas de tratamento. Todas as análises ocorreram de março a julho de 2024. Os sistemas de tratamento foram denominados de F1 a F9, sequencialmente. Na tabela 15, podemos observar os resultados obtidos nas análises do afluente e efluente dos sistemas F1 a F6, enquanto na Tabela 16, estão expostos os resultados dos sistemas F7 a F9.

Tabela 15. Resultados das análises de DQO dos sistemas F1 a F6.

DQO (mg/L)												
Amostras	F1P1	F1P2	F2P1	F2P2	F3P1	F2P2	F4P1	F4P2	F5P1	F5P2	F6P1	F6P2
Análise 01	3771	27	3324	154	1075	15	5528	25	2483	395	4353	79

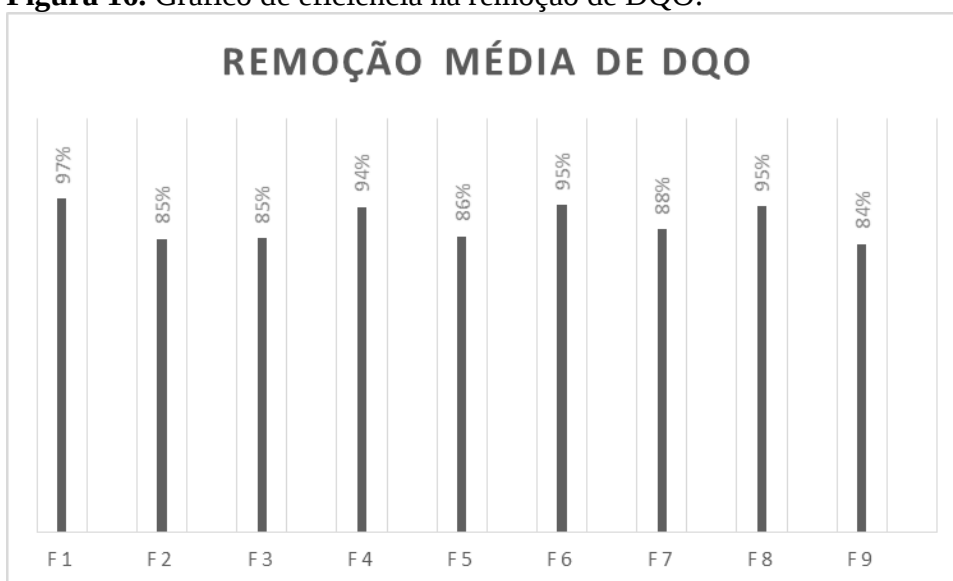
Análise 02	3266	168	2073	62	1824	32	2684	182	2416	486	2254	242
Análise 03	5344	63	661	41	1703	85	1549	178	2174	295	2518	62
Análise 04	1952	339	1569	390	1550	211	1531	21	1129	291	1014	222
Análise 05	1733	67	530	228	670	273	4174	32	919	280	1216	62
Análise 06	1614	61	40	169	958	95	3530	113	1291	259	928	30
Análise 07	1614	61	40	169	958	95	3530	113	3066	144	3026	183
Análise 08	7569	68	1048	-	5890	1347	4968	870	2717	126	5017	160
Média	3358	106	1161	173	1829	269	3437	192	2024	285	2541	130
Dev.P	1469	65	774	68	903	240	1010	151	608	73	1061	64
Eficiência	97%		85%		85%		94%		86%		95%	
	F1		F2		F3		F4		F5		F6	

Tabela 16. Resultados das análises de DQO dos sistemas F7 a F9.

DQO (Mg/L)						
Amostras	F7P1	F7P2	F8P1	F8P2	F9P1	F9P2
Análise 01	519	259	1033	144	488	328
Análise 02	1098	297	1471	85	1872	96
Análise 03	2264	129	435	56	1721	127
Análise 04	4096	126	2373	138	2507	266
Análise 05	1369	454	1905	51	1187	241
Análise 06	1089	443	1654	18	898	219
Análise 07	2410	200	2814	170	1210	148
Análise 08	3231	43	2707	121	3193	722
Média	2010	244	1799	98	1635	268
Dev.P	881	106	579	40	612	114
Eficiência	88%		95%		84%	
	F7		F8		F9	

O principal objetivo destas análises foi avaliar a **eficiência do sistema de tratamento** em remover a matéria orgânica, ou seja, reduzir a DQO da entrada para um valor mais baixo na saída. Isso nos permitiu determinar quão eficaz é o processo de tratamento. Na Figura 16, podemos observar os dados de eficiência obtidos pelos sistemas F1 a F9.

Figura 16. Gráfico de eficiência na remoção de DQO.



Os resultados das análises de **Demanda Química de Oxigênio (DQO)** indicam que o sistema de tratamento de água cinza foi eficaz na remoção de matéria orgânica, com eficiências de remoção acima de **80%** para a maioria das famílias (F1 a F9). A **Família F1** apresentou eficiências excepcionais, superiores a **99%**, enquanto outras, como **F2** e **F9**, mostraram eficiências entre **85% e 90%**, ainda dentro do intervalo considerado eficaz. A variabilidade observada entre as análises pode ser atribuída a diferenças na composição da carga orgânica, condições operacionais ou falhas na construção do sistema. No entanto, em termos gerais, a tecnologia de tratamento demonstrou ser eficiente, com todas as famílias apresentando eficiências de remoção de DQO superiores a **80%**, indicando que o processo de tratamento é eficaz, embora haja possibilidades de ajustes para otimizar o desempenho em algumas condições específicas. No caso do sistema F9, existe indícios de possíveis falhas construtivas do reservatório, o que pode explicar a menor eficiência na remoção de DQO, quando comparado aos demais.

6. Performance hidráulica e eficiência de aplicação de água cinza filtrada em sistemas agroflorestais irrigados por pequenos agricultores

Nesta etapa do trabalho realizou-se uma campanha ampliada para vistoria técnica dos sistemas de irrigação por gotejamento acoplados ao sistema de reuso de água cinza com dupla filtragem, verificando-se a disposição hidráulica dos seus componentes/constituintes, como também aferiu-se a uniformidade de distribuição da água sobre a área irrigada que impacta diretamente na eficiência de aplicação de água pelos sistemas.

Os procedimentos aplicados para coleta dos dados que permitem determinar a configuração técnica dos sistemas e que possibilitam a montagem de seus respectivos layouts foram desenvolvidos seguindo uma sequência de etapas:

- a) Medição do comprimento da linha de distribuição com uso de trena;
- b) Medição do comprimento das linhas laterais compostas pelas mangueiras “cegas” onde foram instalados os emissores gotejadores;
- c) Determinação do espaçamento entre as linhas laterais e entre os emissores gotejadores;
- d) Identificação e anotação das peças especiais (conexões, curvas, hidrômetro, registros, finais de linha, etc) e dos emissores gotejadores que compõem cada um dos sistemas com anotações da qualificação e do quantitativo instalado;
- e) Identificação de anomalias referentes a vazamentos, obstrução de tubos e emissores, bem como aspectos técnicos que surgiram e que não foram previstos no projeto inicial de cada área;
- f) Anotações dos volumes de água cinza produzidos e bombeados pelo sistema para irrigação das áreas, com leitura direta nos hidrômetros instalados no cabeçal de controle do sistema.

6.1 Aferição da uniformidade e eficiência de aplicação da água cinza

Os procedimentos aplicados para coleta dos dados destinados a determinação do coeficiente de uniformidade e de eficiência de aplicação da água, a partir das vazões coletadas nos emissores, estão descritos a seguir, conforme metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), onde entre as linhas laterais instaladas quatro foram escolhidas, sendo: 1) a primeira linha lateral do setor; 2) a linha lateral situada a $1/3$ do comprimento da linha de derivação; 3) a linha lateral situada a $2/3$ do comprimento da linha de derivação e 4) a última lateral do setor.

Nestas linhas laterais, previamente identificadas, foram monitorados quatro emissores em cada uma delas, em bom funcionamento, totalizando 16 emissores na coleta, sendo: a) o 1º gotejador da linha; b) o 2º gotejador situado a $1/3$ da linha; c) o 3º gotejador situado a $2/3$ da linha e d) o último gotejador da linha.

A vazão de cada emissor foi coletada separadamente usando recipientes apropriados, sendo os volumes captados medidos em provetas graduadas; durante a coleta das lâminas, cronometrou-se o tempo com o devido rigor na quantificação das vazões coletadas.

As medições das pressões foram realizadas concomitantemente a coleta das vazões, em manômetros previamente instalados no final da primeira e da última linha, sendo as leituras realizadas a cada dez minutos durante todo tempo de realização dos testes na rede.

6.2 Aspectos gerais dos sistemas de irrigação

Tabela 15. Aspectos dos sistemas de irrigação no instante da realização da campanha (06 a 08 de junho 2024)

Família agricultora parceira	Entidade de apoio	Situação do sistema no dia da auditoria	Área útil irrigada (m²)	Nº de emissores gotejantes
F6	CENTRAC	Funcionando	334,25	34
F5	CENTRAC	Funcionando	184,00	66 ¹
F4	CENTRAC	Sem reserva hídrica ²	*	*
F8	ASPTA	Funcionando	394,00	38
F7	ASPTA	Sistema de irrigação em montagem	*	*
F9	ASPTA	Não vai monitorar a área de produção ³	*	*
F3	PATAC	Funcionando	311,56	35
F2	PATAC	Bomba hidráulica danificada / membros da família ausentes durante o trabalho de auditoria do sistema ⁴	*	*
F1	PATAC	Funcionando	284,6	36
MÉDIA	-	-	301,68	42

Aspectos a serem ressaltados sobre as informações do tabela 15:

1 – Número de gotejadores muito acima do padrão estabelecido, com impacto direto sobre a vazão liberada, consequentemente, sobre a lâmina de água disponibilizada;

- 2 – Apesar de ser alertada com a antecedência devida pela equipe técnica do CENTRAC a família bombeou água antes do dia agendado para a auditoria do sistema;
- 3 – Por questões ligadas a área a ser irrigada e destinada a distribuição da água cinza filtrada, que já é cultivada pela família parceira, de comum acordo, decidiu-se (entre a equipe e a família) não introduzir novas espécies vegetais em função do grande número de plantas já cultivadas na área;
- 4 – A bomba hidráulica apresenta problemas em sua estrutura por já ser bastante usada (sua entrada na propriedade da família ocorreu em um projeto anterior ao atual); desta forma recomenda-se a substituição do equipamento de imediato; durante o acionamento para auditoria do sistema, o equipamento não conseguiu sugar e recalcar a água, mesmo sendo realizados todos os procedimentos técnicos necessários para sua escorva; registre-se que o casal parceiro do projeto estava em outras jornadas fora da residência, apesar de ter sido comunicada da presença (no dia e hora agendada) da equipe do PATAC para realização do trabalho.

6.3 Detalhamento das estruturas hidráulicas

Tabela 16. Detalhamento geral das estruturas hidráulicas em funcionamento e rol de alertas

Família agricultora parceira	Entidade de apoio	Nº de vazamentos identificados	Manutenção do filtro de disco	Nº de gotejadores entupidos	Eventos de alerta
F6	CENTRAC	01	SIM	00	Tubos cegos estourando nos emendadores ¹
F5	CENTRAC	06	SIM	01	Tubos cegos estourando nos emendadores
F4	CENTRAC	*	*	*	*
F8	ASPTA	08	NÃO	00	Água irrigando batata e erva doce ²
F7	ASPTA	*	*	*	*
F9	ASPTA	*	*	*	*
F3	PATAC	01	SIM	00	19 dos 35 gotejadores jateando ³
F2	PATAC	*	*	*	*
F1	PATAC	03	NÃO	05	- Filtro de disco totalmente obstruído; ⁴ - Finais de linha soltando; ⁵ - Pressão hidráulica desbalanceada. ⁶
Média	-	3,8	-	1,2	-

Aspectos a serem ressaltados sobre as informações do tabela 16:

- 1- Conectores utilizados para emendar as mangueiras cegas foram se soltando a longo dos testes de vazão e pressão. Apesar da equipe ter sido ágil e reforçar o encontro destas conexões com as mangueiras cegas (durante a realização dos trabalhos) é preciso alertar as famílias para possíveis rompimentos durante os eventos contínuos de irrigação;
- 2- Os sistemas ainda não estão liberados para irrigar culturas cujas partes comestíveis entrem em contato direto com a água cinza, em função do elevado risco de contaminação dos alimentos (no caso aqui, tubérculos e folhas para chás e temperos);
- 3- Identificamos uma considerável quantidade de gotejadores que, mesmo passando por uma regulação criteriosa, ao invés de gotejarem, liberam água na forma de jato, o que desequilibra hidráulicamente o sistema e concentra água demais em uns pontos em detrimento de outros; durante as próximas duas semanas estes ajustes/calibração deverão ser acelerados e caso não se resolva a questão, a solução vai ser substituir os emissores por outros modelos;
- 4- Reforças as recomendações e os cuidados junto as famílias irrigantes para que limpem os filtros de disco antes de iniciar cada um dos eventos de irrigação; filtros entupidos provocam grande perdas de carga hidráulica e consequentemente obstrução do fluxo da água para os emissores;
- 5- Atenção para a fixação dos terminais nas linhas laterais, pois se mal conectados poderão se soltar entre ou durante os eventos de irrigação, o que provoca o esvaziamento concentrado da água cinza filtrada em pontos localizados e fora da área a ser irrigada; as famílias devem ser alertadas para, sempre que possível, verificar se estão firmes e vedando eficientemente os finais de linhas;
- 6- Cargas hidráulicas muito baixas geram pressões de trabalho tão baixas que podem paralisar a liberação da água em algumas linhas laterais; caso isto seja detectado, a família deve ser instruída para irrigar metade das linhas (fechando os registros das demais linhas) bombeando água durante a metade do tempo gasto para esvaziamento do reservatório, invertendo em seguida a liberação da água para as linhas antes fechadas a partir da manobra dos registros (fechando as linhas inicialmente abertas e abrindo aquelas que até então estavam fechadas), bombeando o restante da água até o tempo final previsto.

Tabela 17. Pressão de trabalho e vazão dos emissores e eficiência de aplicação de água (Ea)

Família agricultora	Pressão média de trabalho (MCA ¹)		Vazão média dos emissores (l/h)	Eficiência de aplicação de água (%)	Lâmina média aplicada (mm/h)
	1ª LINHA	2ª LINHA			
F6	25	29	9,3 (2 e 34) ²	35,16	1,00
F5	22	28	4,0 (0 e 9)	27,47	1,42
F8	10	4	41 (1,8 e 152)	15,16	3,92
F3	18	14	13 (0,5 e 35)	9,04	1,19
F1	2	4,5	9,4 (0,15 e 22)	5	1,53
Média	15,4	15,9	15,31	18,36	1,8

Aspectos a serem ressaltados sobre as informações do tabela 17:

1. MCA – Metro de Coluna de Água;
2. Amplitude/magnitude das vazões medidas em litro/hora;
3. O gotejador Ga2 regulável, tem uma faixa de pressão de trabalho estabelecida pelo fabricante que pode variar de 6 MCA e 30 MCA, atendendo uma faixa de vazão que varia de 1,0 a 20 L/h;
4. Duas famílias apresentam problemas com pressões de trabalho abaixo do que é estabelecido pelo fabricante; cargas hidráulicas baixas podem ser melhoradas eliminando-se os vazamentos, regulando os emissores para gotejarem dentro do padrão de vazão estabelecido pelo fabricante; ajustando os comprimentos de linhas ou fechado linhas a partir da manobra nos registros na entrada destas linhas;
5. Equilibrar a distribuição da água a partir do ajuste nas pressões de trabalho e principalmente na regulação de abertura dos emissores gotejadores aproximando-se assim os valores entre as mínimas e máximas vazões emitidas pelos gotejadores numa mesma área irrigada, de forma a melhorar a uniformidade de distribuição da água com impacto imediato sobre a eficiência de aplicação que na presente campanha encontra-se muito abaixo do mínimo esperado para sistemas pressurizados e gotejantes que é de 90%.

7. Monitoramento dos volumes de água cinza filtrada utilizados nos sistemas agroflorestais irrigados por pequenos agricultores – Agreste e Cariri da Paraíba.

Nesse tópico são apresentadas as sínteses dos dados de campo advindos das anotações realizadas pelas famílias parceiras referentes a “produção de água” e dinâmica do bombeamento nos sistemas de Reuso de Água Cinza e que são direcionados a Sistemas Agroflorestais (RAC/SAF) implantados pelo CENTRAC, ASPTA e PATAC com apoio da WTT, INSA e UFRPE em áreas rurais dos municípios de Campina Grande, Esperança e Boa Vista na Paraíba.

Os valores aqui apresentados fazem parte do monitoramento dos sistemas de tratamento de água cinza na segunda etapa de uma pesquisa que visa desenvolver um mecanismo definitivo para desinfecção total da água cinza a ser destinada aos cultivos de espécies agrícolas, seja de cunho alimentício para humanos e animais, seja de espécies nativas do Bioma Caatinga.

Os dados base para a análise aqui apresentados foram captados a partir da planilha apresentada a seguir, entregue as famílias agricultoras parceiras nesta pesquisa, com as devidas anotações realizadas por cada uma delas durante os eventos de irrigação que foram realizados ao longo do tempo de monitoramento da qualidade da água cinza produzida e do funcionamento pleno de cada sistema de reuso instalados nas comunidades.

Figura 16. Planilha para anotação de dado sobre a “produção de água” e dinâmica do bombeamento nos sistemas de Reuso de Água Cinza

WTT/INSA/PATAC/CENTRAC/ASPTA/UFRPE - NEPPAS
DIÁRIO DE ANOTAÇÕES - IRRIGAÇÕES

FAMÍLIA PARTICIPANTE: _____

DATA	HORÁRIO DE ACIONAMENTO DA BOMBA		LEITURA NO HIDROMETRO APÓS O FILTRO DE DISCO (m³)		ESCREVA AQUI SE ALGO DE ANORMAL ACONTECEU
	INICIO	TÉRMINO	INICIAL	FINAL	

Complemente com anotações que achar importante:

Após preechimento as planilhas estas foram fotografadas e enviadas as equipes de campo da AS-PTA, do CENTRAC e do PATAC, sendo repassadas a seguir para as devidas análises técnicas.

7.1 Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acopanhadas pela AS-PTA no município de Esperança - PB.

Planilha preenchidas pela família de F8:

- Aspecto geral: planilha de qualidade razoável a boa na organização das anotações (detectada uma pequena falha de anotação nas leituras iniciais do hidrômetro);
- Número de eventos de irrigação muito significativo (28) para o tempo entre a instalação do sistema (maio de 2024) e a análise inicial no final de setembro de 2024;
- Apresenta tempo médio de 4,4 dias entre eventos consecutivos de irrigação, o que é muito bom para dinâmica de irrigação das áreas de cultivo e para a dispersão da água no campo, inclusive com registro máximo de espaço de tempo de 06 dias entre uma irrigação e outra;

- d) Nenhuma anormalidade registrada quanto ao bombeamento dos volumes de água produzidos.
- e) Padrão muito bom para ser replicado entre as demais famílias.

Planilhas preenchidas pela família F9:

- a) Aspecto geral: planilha de qualidade razoável na organização das anotações (nota-se dificuldades na escrita numérica dos volumes bombeados registrados no hidrômetro – interpretação de números??);
- b) Número de eventos de irrigação muito significativo (42) para o tempo entre a instalação do sistema (abril de 2024) e a análise inicial no final de setembro de 2024;
- c) Apresenta tempo médio excelente de 3,4 dias entre eventos consecutivos de irrigação, o que é excelente para dinâmica de irrigação das áreas de cultivo e para a dispersão da água no campo, inclusive com registro máximo de espaço de tempo de 07 dias entre uma irrigação e outra;
 - d) Ausência de registros entre 07 e 22 de junho para 3.400 litros de água bombeados? O que ocorreu? A água foi utilizada para outros fins?
 - e) Apesar dos pequenos problemas aqui relatados o padrão de produção e de distribuição da água é muito significativo e desejável.

Planilhas preenchidas pela família F7:

- a) Aspecto geral: planilha de qualidade razoável na organização das anotações (nota-se dificuldades na escrita numérica dos volumes bombeados registrados no hidrômetro – interpretação de números??);
- b) Número de eventos de irrigação significativo (24) para o tempo entre a instalação do sistema (março de 2024) e a análise inicial no final de setembro de 2024;
- c) Apresenta tempo médio de 7 dias entre eventos consecutivos de irrigação, o que se enquadra na média geral obtida em outras áreas experimentais; por outro lado, tem-se um registro de espaço de tempo de 18 dias entre uma irrigação e outra, o que não é recomendado;
- d) O padrão de produção de água também se encontra na média de outras regiões (1295 litros por semana).

Tabela 18. Análise simplificada dos diários de anotações das irrigações preenchidos pelas famílias parceiras do AS-PTA na pesquisa sobre o uso de água cinza filtrada em áreas de produção.

Monitoramento dos volumes de água cinza filtrada utilizados nas irrigações										
Nº	Família agricultora	Organização assessora	Período	Nº de habitantes na residência	Nº de eventos de irrigação	Tempo médio de bombeamento (minutos)	Turno de rega médio (Dias)	Volume total de água bombeado no período (litros)	Volume médio mensal (litros)	Volume médio semanal (litros)
01	F8	AS-PTA	09/05 a 09/09 (4 meses)	04	28	20,5	4,4	17.300	4.325	1.081
02	F9		30/04 a 22/09 (ap 5 meses)	03	42	39,5	3,4 (2,3)	32.200	6.440	1.610
03	F7		27/03 a 20/09 (5 meses)	03	24	33	7,0 (18)	20.730	5.182	1.295

7.2 Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acompanhadas pelo CENTRAC no município de Campina Grande - PB

Planilhas preenchidas pela família F4:

- a) Aspecto geral: planilha de qualidade razoável na organização das anotações (nota-se dificuldades na escrita numérica dos volumes bombeados registrados no hidrômetro – interpretação de números??);
- b) Número de eventos de irrigação muito abaixo do esperado (10) para o tempo entre a instalação do sistema (maio de 2024) e a análise inicial no final de setembro de 2024;
- c) Apresenta tempo médio de aproximadamente 10 dias entre eventos consecutivos de irrigação, inclusive com registro de um intervalo longo de tempo de 34 dias entre uma irrigação e outra;
- d) Particularmente neste intervalo de 34 dias entre uma irrigação e outra tem-se um registro de bombeamento de aproximadamente 700 litros de água (pela média dos volumes produzidos por semana – vide tabela – neste intervalo de tempo deviriam ter sido bombeados aproximadamente 2.800 litros – pergunta-se: este volume não foi produzido? O sistema foi desconectado do hidrômetro? A água foi desviada para outra finalidade?
- e) Volume diário per capita/dia (em litros) apresenta um valor muito baixo! Isto corresponde à realidade?

Planilha preenchidas pela família F5:

- a) Aspecto geral: planilha muito comprometida na organização das anotações (indícios de muita dificuldade na escrita e na interpretação de números);
- b) Sequência de anotações prejudicada na evolução do tempo entre os eventos de irrigação e no registro dos volumes bombeados a partir do manômetro instalado (anotações dos valores registrados pelo hidrômetro referentes aos últimos eventos totalmente desfiguradas);
- c) Número de eventos de irrigação muito abaixo do esperado (7) para o tempo entre a instalação do sistema e a análise inicial no final de setembro;
- d) Apresenta tempo médio de 10 dias entre eventos consecutivos de irrigação, inclusive com registro de um espaço de tempo de 30 dias entre uma irrigação e outra;

- e) Os volumes bombeados e suas respectivas divisões (total, médio mensal e semanal e per capita) sem condições de projeção e aferição em função das dificuldades de registro do consumo no hidrômetro.

Planilha preenchidas pela família de F6:

- f) Aspecto geral: planilha de qualidade razoável na organização das anotações (apenas uma falha de anotação na temporalidade dos eventos de irrigação);
- g) Número de eventos de irrigação muito abaixo do esperado (10) para o tempo entre a instalação do sistema (maio de 2024) e a análise inicial no final de setembro de 2024;
- h) Apresenta tempo médio de aproximadamente 11 dias entre eventos consecutivos de irrigação, inclusive com registro de um espaço de tempo de 29 dias entre uma irrigação e outra;
- i) Particularmente neste intervalo de 29 dias entre uma irrigação e outra tem-se um registro de bombeamento de aproximadamente 1.000 litros de água (pela média dos volumes produzidos por semana – vide tabela – neste intervalo de tempo deviriam ter sido bombeados aproximadamente 3.000 litros – pergunta-se: este volume não foi produzido? O sistema foi desconectado do hidrômetro? A água foi desviada para outra finalidade?

Tabela 19. Análise simplificada dos diários de anotações das irrigações preenchidos pelas famílias parceiras do CENTRAC na pesquisa sobre o uso de água cinza filtrada em áreas de produção.

Monitoramento dos volumes de água cinza filtrada utilizados nas irrigações										
Nº	Família agricultora	Organização assessora	Período	Nº de habitantes na residência	Nº de eventos de irrigação	Tempo médio de bombeamento (minutos)	Turno de rega médio (Dias)	Volume total de água bombeado no período (litros)	Volume médio mensal (litros)	Volume diário per capita/dia (litros)
01	F4	CENTRAC	03/05 a 13/08 (apx 3,5 meses)	05	10	51 (20 a 85)	10,3 (2 a 34)	7.950	2.271	16
02	F5		26/06 a 28/08 (2 meses)	04	07	55 (15 a 61)	10,5 (2 a 30)	*	*	*
03	F6		03/05 a 31/08 (5 meses)	04	10	35,5 (18 a 60)	10,8 (6 a 29)	14.870	2.974	26,5

7.3. Aspectos gerais da análise das planilhas realizadas no âmbito das áreas acompanhadas pelo PATAC no município de Boa Vista - PB

Planilha preenchida pela família de F2:

- a) Aspecto geral: planilha com muitos problemas na organização das anotações (nota-se dificuldades na escrita numérica dos volumes bombeados registrados no hidrômetro – interpretação de números??);
- b) Número de eventos de irrigação (10) registrados apenas para os meses de agosto (07 eventos) e setembro de 2024 (03 eventos);
- c) Apresenta um intervalo de 10 dias entre eventos consecutivos de irrigação (entre 25 de agosto a 04 de setembro);
- d) Os volumes bombeados e suas respectivas divisões (total, médio mensal e semanal e per capita) sem condições de projeção e aferição em função das dificuldades de registro do consumo no hidrômetro (as anotações aparecem bem desfiguradas – principalmente no final dos últimos eventos).

Planilha preenchida pela família de F1:

- a) Aspecto geral: planilha com razoável organização das anotações (indícios de dificuldades na anotação dos registros do volume acumulado e registrado no hidrômetro);
- b) Número de eventos de irrigação muito abaixo do esperado (10) para o tempo entre a instalação do sistema e a análise inicial dos dados no final de setembro;
- c) Apresenta um tempo médio de 13 dias entre eventos consecutivos de irrigação (entre 26 de julho a 09 de agosto);
- d) No evento de irrigação do dia 30 de agosto aparece um tempo de bombeamento de água de 125 minutos (2 horas e 5 minutos), entretanto o volume bombeado é de apenas 770 litros de água cinza filtrada; como a vazão da bomba instalada chega a ultrapassar os 1200 litros por hora, este tempo de 125 minutos daria para bombear mais de 2400 litros de água – pergunta-se: este volume não foi produzido? O sistema foi desconectado do hidrômetro? A água foi desviada para outra finalidade?
- e) Os volumes bombeados e suas respectivas divisões (total, médio mensal e semanal e per capita), a partir dos registros do consumo no hidrômetro (vide anotações que são bem frágeis), fogem totalmente dos padrões médios e estão bem acima do

esperado – vide tabela a seguir (é importante checar se as anotações estão corretas e se este é realmente o volume de água cinza produzido pela família.

Planilha preenchida pela família de F3

- a) Aspecto geral: planilha com um número muito baixo de anotações;
- b) Número de eventos de irrigação é muito abaixo do esperado (apenas 05) para o tempo entre a instalação do sistema (junho de 2024) e a análise inicial no início de setembro de 2024;
- c) Apresenta tempo médio de aproximadamente 14 dias entre eventos consecutivos de irrigação, inclusive com registro de um espaço de tempo de 20 dias entre uma irrigação e outra;
- d) Os tempos de bombeamento registrados são sempre elevados variando de 70 a 110 minutos, entretanto, os volumes registrados são muito baixos para os tempos de funcionamento da bomba, variando apenas de 300 a 600 litros – pergunta-se: para onde foi o volume produzido, ou não foi produzido? O sistema foi desconectado do hidrômetro? A água foi desviada para outra finalidade?

Tabela 20. Análise simplificada dos diários de anotações das irrigações preenchidos pelas famílias parceiras do CENTRAC na pesquisa sobre o uso de água cinza filtrada em áreas de produção.

Monitoramento dos volumes de água cinza filtrada utilizados nas irrigações											
Nº	Família agricultora	Organização assessora	Período	Nº de habitantes na residência	Nº de eventos de irrigação	Tempo médio de bombeamento (minutos)	Turno de rega médio (Dias)	Volume total de água bombeado no período (litros)	Volume médio mensal (litros)	Volume médio semanal (litros)	Volume diário per capita/dia (litros)
01	F2	PATAC	05/08 a 11/09 (1 mês)	06	10	36,4 (10 a 100)	3,7 (03 – 10)	*	*	*	*
02	F1		09/07 a 10/09 (2 meses)	04	10	80 (52 a 125)	5,8 (01 a 13)	25.000	12.500	3.125	111,6
03	F3		08/06 a 05/08 (2 meses)	02	05	85 (70 a 110)	14,5 (05 a 20)	3.200	1.600	400	28,57

8. Síntese da análise de dados

Quadro síntese: análise de todas as famílias em relação a E.Coli

Escala de desempenho* E. Coli abaixo de 10 ³ NMP/100 ml (OMS)	Famílias	Território e Município	Número de Habitantes	Origem da água de abastecimento	Roçado	Quintal da casa	Forragem
Ótimo Reúso agrícola irrestrito	F7	Comunidade Mulatinha	4	Cisterna	feijão; milho; batata doce; macaxeira; amendoim; fava; feijão de corda	acerola; laranja; seriguela; jabuticaba; jaca; goiaba; caju; abacate; jambo; atemóia; maçã; cacau; manga	palma forrageira
	F8	Comunidade Benefício (Esperança)	4	Serviço Municipal e Tanque de Pedra	feijão; milho; fava; batata doce; erva doce	plantas medicinais; acerola; goiaba; laranja; pinha; graviola; maracujá; manga; ovino; galinha	palma forrageira; capim
Bom Reúso agrícola irrestrito com variações	F3	Quilombo Santa Rosa (Boa Vista)	2	Cisterna, Serviço Municipal e represa/rio	Feijão, Milho, macaxeira, fava,	coentro; alface; caju; pinha; acerola; tamarino	palma forrageira; capim; milho
	F5	Assentamento Pequeno Richard (Campina Grande)	5	Cisterna, Serviço Municipal e represa/rio	milho; feijão; batata doce roxa	plantas medicinais; hortelã; erva cidreira; erva doce; capim santo; coentro; pimenta de cheiro; pimenta dedo de moça; quiabo; goiaba; graviola; azeitona; umbu; amora; banana; abacaxi	palma comum; palma orelha de elefante; moringa; palma doce; macambira; gliricidia
Instável Reúso restrito	F1	Quilombo Santa Rosa (Boa Vista)	3	Cisterna	milho; feijão; fava; jerimum; Melancia; pepino	coentro; alface; tomate; acerola; graviola; pinha; goiaba	palma forrageira; sorgo
	F2	Quilombo Santa Rosa (Boa Vista)	6	Cisterna, Serviço Municipal e Barreiro Trincheira	feijão; milho; jerimum; melancia	alface, coentro, rúcula, cenoura, abobrinha, Acerola, Manga, Goiaba, limão, Graviola	palma forrageira; capim; algodão
	F4	Assentamento Pequeno Richard (Campina Grande)	7	Cisterna, Serviço Municipal e represa/rio	Milho; feijão; jerimum	maxixe; coentro; limão; manga; laranja; caju; coco; umbu; maracuja; pinho; banana; graviola	palma orelha de elefante; gliricidia; cardeiro
	F6	Assentamento Antônio Eufrazino (Campina Grande)	4	Cisterna, Tanque de Pedra e represa/rio	milho; jerimum	plantas medicinais; capim santo; erva cidreira; hortelã; coentro; couve; cebolinha; pimenta dedo de moça; acerola; umbu; banana; limão; azeitona; pitanga; goiaba; mamão; maracuja; morango	palma orelha de elefante; palma doce; gliricidia; leucena
Critico Atenção saúde da família	F9	Comunidade Benefício (Esperança)	3	Cisterna e Barreiro Trincheira	Feijão, fava, milho, macaxeira	Hortaliças, Coentro, cebolinha, couve, caju, coco, mamão, banana, abacate	palma forrageira

Considerações finais

A aplicação do sistema de tratamento de água cinza proporcionou redução satisfatória nos valores de turbidez e cor, o que pode acarretar uma maior aceitação das práticas de reúso por parte dos agricultores. Os níveis pH da água cinza apresentam variações em função da grande variabilidade dos produtos químicos presentes no uso cotidiano da limpeza pessoal e dos utensílios e roupas, bem como do manejo familiar do sistema em função do tratamento físico da água, mas sempre se mantiveram dentro dos limites recomendados para o reúso agrícola.

Os níveis de Condutividade Elétrica da água cinza também oscilam pelas mesmas razões que foram explicitadas no item anterior referente ao pH e em função da salinidade da água que abastece a casa; entretanto, no tocante a classificação da água já filtrada, esta se enquadra na Classe 3 para irrigação, com elevada salinidade, o que condiciona o uso em cultivos, preferencialmente, com espécies vegetais tolerantes a sais, solos com boa drenagem, adicionamento permanente de matéria orgânica e bombeamento da água mesmo em época de chuvas torrenciais de forma a proporcionar a lavagem dos sais que se acumulam no solo ao longo do tempo no solo.

Em relação à *E.Coli*, principal parâmetro analisado pela OMS, os sistemas F7 e F8 foram os mais eficazes no controle de *E. coli*, atingindo quase todos (ou, no caso do F8, todos) os valores abaixo do limite de 10^3 NMP/100 mL. Os sistemas F3 e F5 também apresentam um desempenho sólido, mas com algumas inconsistências que podem ser melhoradas. Por outro lado, F1, F2, F4, e F6 apresentaram uma variação maior nos resultados, o que indica a necessidade de ajustes no processo de tratamento. O sistema F9 é o que demanda mais atenção, pois falha completamente em alcançar os padrões de qualidade de água estabelecidos.

Desta forma, com a tecnologia social de tratamento aplicado, foi constatado que a maioria dos parâmetros avaliados nas nove residenciais estão dentro dos limites dos padrões estabelecidos para **reúso agrícola restrito**, no entanto, com relação ao reúso irrestrito, em alguns casos, a quantidade da bactéria *Escherichia coli* presente na água de reúso superou o limite de aceitação, necessitando de tratamento complementar para uso em hortaliças.

A título de melhoria, observa-se a necessidade de maiores períodos de monitoramento, além de incentivar práticas de limpeza periódicas, que auxiliará na elevação da qualidade do efluente tratado. Outra iniciativa importante é a necessidade

bombear a água cinza filtrada contida no reservatório periodicamente, pois evitará o retorno da água para o último filtro, o que pode acabar contaminando a água tratada. Para solucionar tal problema, pode-se instalar uma boia elétrica de nível no reservatório, que acionará a bomba quando necessário.

Por fim, é importante destacar a complexidade e a efetividade do arranjo de atores envolvidos no desenvolvimento e execução dessa pesquisa colaborativa. Foram cerca de 65 pessoas envolvidas direta e indiretamente, englobando a gestão do projeto, as atividades de pesquisa nos laboratórios, e as atividades de campo e formação. Os importantes resultados aqui obtidos são frutos da articulação de universidades, institutos de ciência e tecnologia, assessorias técnicas, e organizações da sociedade civil, em um processo contínuo de valorização de conhecimentos científicos, técnicos e populares.



Figura 17. Sistema em monitoramento.



Figura 18- Amostras destinadas a análise de *Escherichia coli* no Laboratório de Microbiologia Ambiental do INSA, Campina Grande (PB)

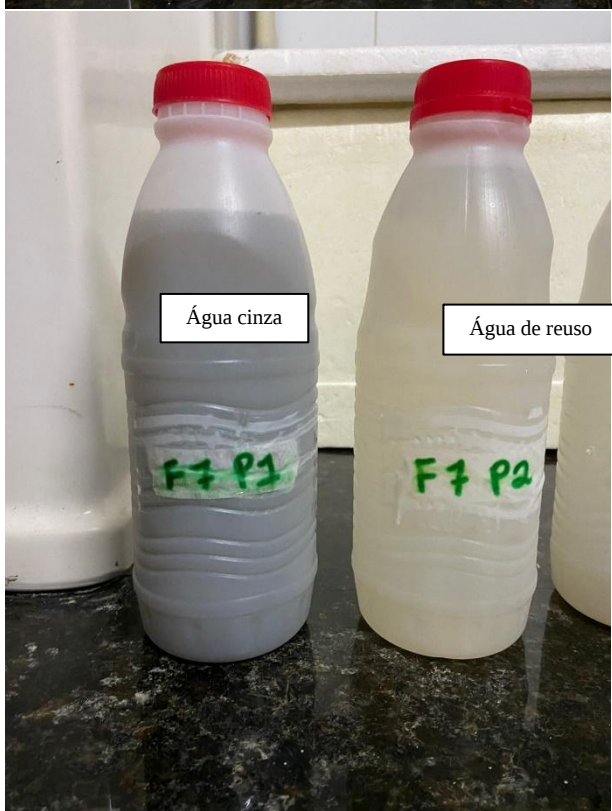


Figura 19- Amostras destinadas a análise de turbidez, cor, pH, e condutividade elétrica no Laboratório de Microbiologia Ambiental do INSA, Campina Grande (PB)

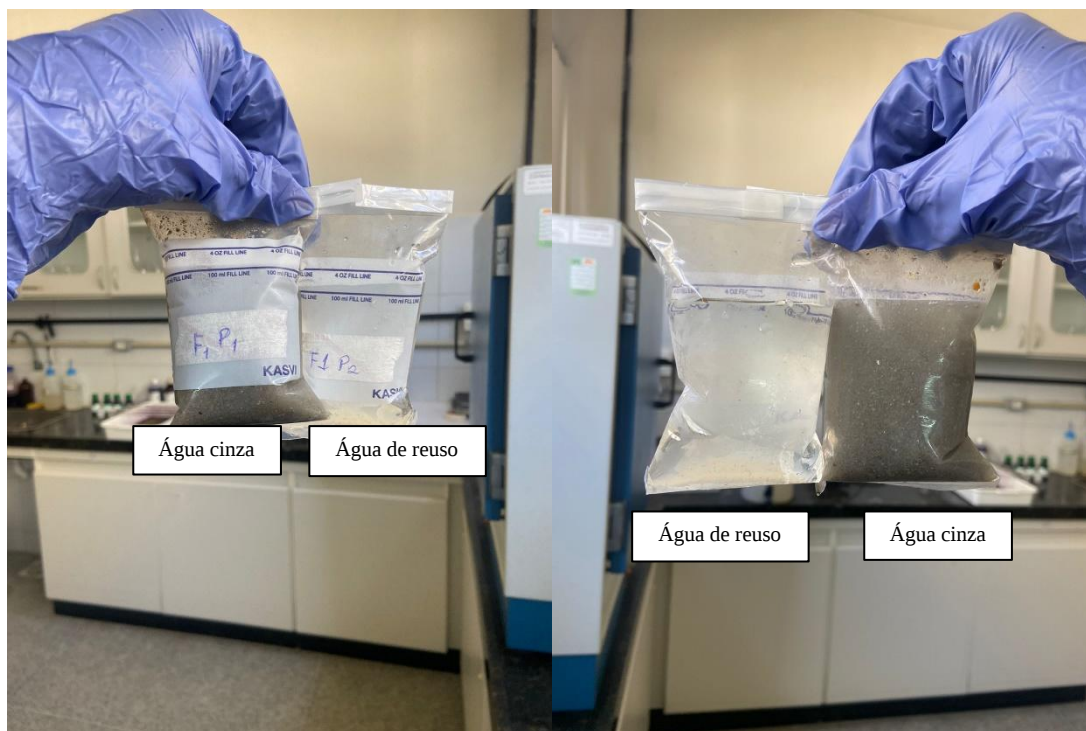


Figura 20- Comparativo entre água cinza e água de reuso.

Informações gerais: A nomenclatura seguida por P1 indica que a amostra é referente a água cinza antes do tratamento; a nomenclatura seguida por P2 indica que a amostra é referente a água de reuso após o tratamento.



Figura 21 – Encontro presencial no Quilombo Boa Vista (PB) e definição do nome da tecnologia SIRIEMA



Figura 23 – Equipe envolvida na pesquisa, durante encontro presencial no Quilombo Boa Vista (PB)



Figura 23 – Equipe envolvida na pesquisa, durante encontro presencial na sede do INSA (Campina Grande, PB)

ANEXOS

ANEXO A – Questionário socioeconômico



World Transforming
Technologies



CENTRAC
CENTRO DE AÇÃO CULTURAL



Projeto Reuso das Águas de Consumo Doméstico

Questionário socioeconômico

Nome do Entrevistador(a):

1. Caracterização Geral da Família

Entrevistado: _

Município e comunidade:

Mulher chefe de família (sim/não):

Inscrição no Cadastro Único (sim/não):

Beneficiário/a do P1MC (sim/não):

Beneficiário/a do P1+2 (sim/não):

Renda da família (em salários-mínimos): () menos de 1; () entre 1 – 3; () entre 3 – 6; () mais que 6

Data da entrevista:

Georreferenciamento _____

Caracterização dos demais moradores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ID	Nome e grau de parentesco	Idade	Sexo	Raça	Local de Nascimento (cidade/estado)	Última residência (cidade/estado)	Tempo na comunidade (anos e meses)	Grau escolar	Frequência ensino regular (sim/não)	Experiência com construção civil (sim/não)
A										
B										
C										
D										

E										
F										
G										

3 – Sexo: Homem (H); Mulher (M); Não se aplica (NA)

4 - Raça: Branca; preta; parda; amarela; indígena; quilombola

8 – Grau escolar: EFC (ensino fundamental completo); EFI (ensino fundamental incompleto); EMC (ensino médio completo); EMI (ensino médio incompleto); ESC (ensino superior completo); ESI (ensino superior incompleto); ALF (alfabetizado); NALF (não alfabetizado)

2. Produção agropecuária e organização

Apresenta produção agrícola (sim/não):

Se sim, ela é para subsistência () comercialização () ou () ambos

Quais são os produtos agrícolas: frutas () verduras () grãos () raízes () hortaliças ()

Quais as principais culturas trabalhadas?

No roçado: _____

No quintal da casa: _____

Fruteiras: _____

Pequena criação: _____

Na produção de forragem: _____

Quais os principais tipos de criação animal?

Quais são as principais dificuldades de produção? () água () acesso e regularização da terra () comercialização () falta de crédito () pessoas para o trabalho () outras _____

Participa de alguma organização comunitária? FRS () Banco de Sementes () Mutirão()

outros: _____

Participa de alguma organização social? Sim () Não () Sindicato () associação () igreja()

outros: _____

Estrutura fundiária: () área própria () assentadas aguardando titulação definitiva () ocupadas () quilombolas aguardando propriedade definitiva

Tamanho da propriedade em hectare: _____

3. Infraestrutura de saneamento

Usos	Origem da Água								Água de reuso
	Serviço Municipal (abastecimento regular/caminhão pipa)	Represa/Rio	Nascente	Poços do poder público	Poço particular	Cisterna (16.000L/52.000 L)	Barreiro trincheira	Tanque de pedra	
Beber e cozinhar									
Uso doméstico									
Irrigação									
Dessedentação de animais									

a. Abastece a casa com águas de outras fontes fora da propriedade? Sim () Não ()

Quais? _____

b. Tem alguma água utilizada na casa que é salgada ? De que fonte?

c. Utiliza a água servida/de reuso? Em que? _Nas fruteiras

d. Como é utilizada a água? Balde () com mangueira () encanada direto para as plantas () ; Jogada no arredor de casa ()
outro: _____

e. Quem dos membros da família faz esse trabalho de usar as águas servidas/de reuso?

f. Já aconteceu de alguma planta irrigada com a água servida/de reuso morrer? Sim () Não () Quais:

g. Quais os produtos de limpeza que utiliza na cozinha; no banheiro e na lavagem de roupa?

1. Destinação dos resíduos sólidos e orgânicos	2. Há banheiro?* Existência de espaço reservado com ou sem vaso sanitário	3. Destinação do esgoto	4. Origem da energia elétrica	5. Tipos de construção da casa
() Coletado diretamente por serviço de limpeza () Reciclagem própria	() Sim, interno () Sim, externo () Não () Outros:	() Rede geral ou fossa ligada à rede () Fossa rudimentar/rústica () Fossa séptica	() Rede de distribuição () Ligação irregular () Sem energia elétrica	() Alvenaria acabada () Alvenaria inacabada

☐ Compostagem própria ☐ Produção de sabão ☐ Alimentação de animais ☐ Queima ☐ Outros:		☐ Banheiro seco ☐ Outros:	☐ Outros:	☐ Barraco de madeira e materiais diversos ☐ Outros
--	--	--	----------------------------------	---

3. Fossa rudimentar/rústica: buraco/recorte profundo no solo em que a água do vaso sanitário/resíduos cai diretamente na terra; Fossa séptica: buraco/recorte profundo no solo com proteção de concreto, fibra de vidro ou outro material que impede o contato direto na terra – garante o mínimo de proteção; Banheiro seco: buraco/recorte no solo que recebe os rejeitos sem adição de água, e normalmente são cobertos por materiais secos – folhas e serragem

4. Caracterização das condições de saúde dos moradores

Possuem alguma doença crônica ou uso contínuo de algum remédio? _____

Tem ou já teve problemas de saúde associados a animais selvagens ou peçonhentos? _____

Quais são as doenças mais frequente na família?

Verminose (); Doença de pele(); Doença respiratória(); Diarreia(); Reumatismo (); Anemia (); Câncer(); distúrbio mental (); Pressão arterial(); Dengue() outros: _____

Utiliza o SUS: () sim () não

Qual unidade de saúde frequenta? posto de saúde () hospital público () hospital particular sem plano de saúde () hospital particular com plano de saúde () automedicação () utiliza remédio caseiro ou não vai ao médico ()

Qual o meio de transporte utilizado? _____

- Existe dificuldade de acesso, qual? _____ -

A família é atendida por agente de saúde? () sim () não

- Com que frequência? _____