



Uso de água Cinza tratada como inóculo para monitoramento de DBO: Uma abordagem sustentável

Use of treated greywater as inoculum for BOD monitoring: A sustainable approach

V. B. Almeida¹; R. Santos^{1*}; R. R. Souza¹; L. M. Santos²; R. R. G. Filho²

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-SE, Brasil

*rosiane@academico.ufs.br

(Recebido em 23 de julho de 2025; aceito em 24 de setembro de 2025)

O crescente avanço populacional, aumento do consumo de água e consequentemente aumento da poluição, aliado às mudanças climáticas que afetam o ecossistema aquático mundial, tornam a gestão responsável dos recursos hídricos imprescindível para a promoção do desenvolvimento sustentável e garantia que gerações futuras tenha acesso à água em quantidade e qualidade adequadas. A necessidade de reúso de água se torna alternativa para minimizar problemas relacionados à escassez hídrica dando luz a novas formas de se utilizar a água. Águas cinza são águas provenientes de pias de cozinha e banheiros, chuveiros e máquinas de lavar e contém elevado potencial para reúso após tratamento que pode ser feito através de filtração, desinfecção, entre outros métodos. Um dos métodos de filtração para águas cinza é a utilização de biofiltros, compostos por materiais como húmus de minhoca, madeira, areia, pedras e outros componentes. A água cinza tratada (bioágua) pode ser aplicada em diversos processos, entre eles, utilizada como semente para análise de DBO, como forma de medir a carga orgânica presente através da quantidade de oxigênio utilizada pelos microrganismos ali existentes para oxidar matéria orgânica. Diante desse contexto, este teve por objetivo, avaliar a viabilidade do reúso de águas cinzas tratadas com biofiltro, como semente para análises de DBO. Foram realizados ensaios laboratoriais com a amostra como semente em concentrações de 20, 100 e 200 mg/L de O₂ ao longo de 9 semanas, obtendo resultados 21,69; 96,52 e 189,68 mg/L de O₂, em média respectivamente, obtendo-se resultados promissores.

Palavras-chave: reúso de água, água cinza tratada, demanda bioquímica de oxigênio.

The growing population, increasing water consumption, and consequent rise in pollution, coupled with climate change impacts on global aquatic ecosystems, underscore the critical importance of responsible water resource management in promoting sustainable development and ensuring that future generations have access to water of adequate quantity and quality. The need for water reuse has emerged as viable alternative to mitigate issues related to water scarcity, highlighting innovative approaches to water utilization. Greywater refers to used water from sinks, bathrooms, showers and washing machines which has a high potential for reuse after appropriate treatment, such as filtration and disinfection, among other methods. One of the filtration methods for greywater involves the use of biofilters composed of worm humus, wood, sand, rocks and other natural materials. Greywater (biowater) can be applied in various processes, such as serving as seed in BOD analysis, which measures the concentration of organic matter based on the amount of oxygen consumed by microorganisms during its oxidation. In this context, the objective of this study is to evaluate the feasibility of reusing greywater treated through biofilter as seed for BOD analysis. Laboratory assays were conducted using greywater sample as seed at concentrations of 20, 100, and 200 mg/L of O₂ over a period of nine weeks, yielding average results of 21.69, 96.52, and 189.68 mg/L of O₂, respectively, indicating promising outcomes.

Keywords: water reuse, treated greywater, biochemical oxygen demand.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água, como recurso essencial para a manutenção da vida, está gravemente comprometida devido a práticas de exploração insustentável e contaminação. A gestão ineficaz deste recurso resulta na deterioração da qualidade e na escassez hídrica, impondo desafios à sustentabilidade ecológica e qualidade de vida. Portanto, a adoção de

estratégias de uso responsável e conservação da água é uma necessidade ambiental urgente, a fim de assegurar saúde pública, segurança hídrica e estabilidade global de ecossistemas.

Em relatório publicado pela Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas (UNESCO) de 2023 [1], foi evidenciado que entre 2 e 3 bilhões de pessoas em todo o mundo, enfrentam escassez de água em, no mínimo, em mês ao longo do ano. Essa vulnerabilidade hídrica representa ameaça à subsistência, à segurança alimentar e acesso ao saneamento básico, fato que tornam urgente a implementação de políticas eficazes a fim de mitigar os impactos da crise hídrica. A água desempenha papel crítico para regulação térmica global, disponibilidade de alimentos e em diversos processos essenciais para a sustentabilidade da sociedade [2]. Existem múltiplos parâmetros químicos, físicos e biológicos a serem considerados quando se trata de águas naturais e para consumo humano e, qualidade da água, é o termo que se refere à adequação desses parâmetros a um propósito definido [3].

Nesse contexto, a análise da água é fundamental, pois garante qualidade e potabilidade dos recursos hídricos. Entre os parâmetros analisados, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) se destaca como um indicador crítico que avalia o grau de poluição, especialmente em rios, lagos e reservatórios.

De acordo com Von Sperling (1996) [4] a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em corpos aquáticos é um parâmetro de grande importância, isso porque, organismos aeróbios utilizam o oxigênio para seus processos respiratórios nas etapas de fixação de matérias orgânicas. É possível medir indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente em um corpo d'água através da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), medindo a variação na quantidade de OD existente antes e depois do período de incubação [5].

No Brasil há crescente tendência pelo uso das chamadas águas de reúso e águas cinzas para vários fins, como agricultura, pecuária, entre outros [6]. As águas cinzas são as águas resíduárias provenientes de fontes domésticas como chuveiros, banheiras, pias e máquinas de lavar roupas. Uma forma de tratar as águas cinzas é por meio de tratamento com biofiltro [7-9]. O processo de biofiltração pode ser realizado utilizando-se matérias orgânicas vegetais como bagaços de cana, folhas, serragem e animais como húmus de minhocas. Essas amostras quando tratadas demonstram abrandamento dos valores de parâmetros como DBO, DQO e também da presença de microrganismos como *Escherichia coli*, dessa forma, tornando-as menos prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente [7, 8, 10].

O método tradicional, utilizado para medir a quantidade de oxigênio necessário para decomposição da matéria orgânica presente em água ou esgoto exige o uso de semente, cultura de microrganismos, que são adicionados à amostra a fim de fornecer uma população microbiana ativa e diversificada que auxilia na decomposição, oxidando a matéria orgânica biodegradável presente na amostra. O uso de semente é fundamental, principalmente quando a amostra é muito diluída ou contém poucos microrganismos [5].

A curva típica da demanda bioquímica de oxigênio Figura 1, expressa a quantidade de oxigênio dissolvido consumido pela população microbiológica presente em uma amostra em determinado período de tempo. A DBO aumenta de maneira não linear com taxa mais alta nos primeiros dias de realização do teste e nos últimos dias chega em uma fase estacionária onde a quantidade de matéria orgânica disponível é reduzida e a taxa de crescimento da demanda de oxigênio reduz. O crescimento da DBO também está relacionado com a curva de crescimento, típica de meios contendo elevada população de bactérias, isso porque enquanto há disponibilidade de matéria orgânica a ser oxidada, as bactérias presentes continuam se reproduzindo e sua população consequentemente aumentando até que a carga orgânica presente seja reduzida e assim, ocasionando estabilização na taxa de crescimento populacional, de forma semelhante, a demanda de oxigênio aumenta com a elevação da carga orgânica [5, 11].

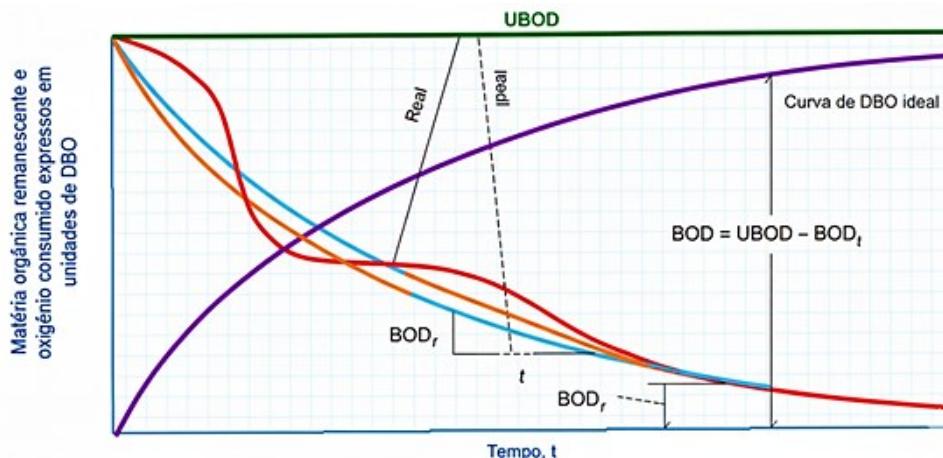


Figura 1. Curva ideal de desenvolvimento da demanda bioquímica de oxigênio - Fonte: Traduzido de Tchobanoglous et al. (2003) [11].

A técnica de sementação tradicional apesar de se mostrar bastante eficaz encontra barreiras, pois, normalmente é composta por esgotos domésticos não tratados ou efluentes industriais, e podem oferecer riscos à saúde do analista, principalmente em caso de contato e possíveis contaminações, além do desconforto devido ao odor característico. Por outro lado, as águas cinzas tratadas são inodoras e possuem alta carga de microrganismos, mesmo contendo uma quantidade menor de *E. coli*, reduzindo assim os riscos à saúde e dificuldades do seu uso durante os ensaios.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo, avaliar a viabilidade do uso da água cinza tratada proveniente de biofiltro como semente para análises de demanda bioquímica de oxigênio, como alternativa ao uso de esgoto doméstico ou industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água cinza tratada, utilizadas neste estudo como semente para análise de DBO, foram coletadas de um biofiltro (Figura 2), constituído de uma camada de húmus de minhocas, seguida de uma camada de raspas de madeira, na sequência camadas filtrantes constituídas de areia, pedras e pedregulhos, instalado na zona rural da cidade de Porto da Folha-SE. Todos os experimentos foram realizados no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe (DEQ-UFS).

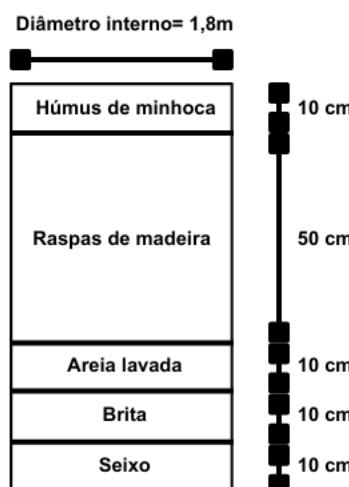


Figura 2- Layout do Biofiltro e Composição do meio filtrante.

A fim de determinar alguns parâmetros físico-químicos importantes, foram realizadas análises de pH, utilizando-se método direto de leitura em pHmetro, avaliação da cor por colorimetria, turbidez, condutividade elétrica, coliformes totais e termotolerantes, DQO e DBO, seguindo-se a metodologia recomendada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [5].

2.1 Quantificação de parâmetros físico-químicos da amostra de água cinza biofiltrada

Foi realizada a quantificação de íons presentes, diluindo-se a amostra em 1:10, tendo em vista que o resultado de condutividade indicou alta concentração de íons. A amostra diluída foi pré-filtrada fazendo-se uso de seringa 10 mL de volume acoplada a filtro CHROMAFIL® Xtra PET20/25 com abertura de 45 µm, o produto da filtração foi colocado em vial para cromatografia e fechado com tampa filtro própria para o equipamento. Além disso, foi preparado branco utilizando-se água ultrapura, para limpeza da coluna de filtração, a fim de evitar possíveis erros de leitura, o procedimento realizado em duplicata. As análises foram realizadas em cromatógrafo de íons Dionex ICS-3000, no tempo total de leitura de 32 minutos [5].

A presença de ferro foi determinada fazendo-se uso da metodologia definida pela HACH® Company. A amostra foi diluída na proporção 1:10, o resultado da análise foi determinado após leitura em espectrofotômetro HACH® DR3900 em comprimento de onda de 510 nm.

2.2 Análise microbiológica e Avaliação do desempenho da água cinza biofiltrada como inóculo para ensaios de DBO

A análise de DQO foi conduzida, utilizando-se 2,5 mL da amostra, adicionado 1,5 mL de solução digestora para DQO e 3,5 mL de solução catalítica para DQO (solução de ácido sulfúrico) preparadas de acordo com as instruções fornecidas em Baird et al. (2017) [5]. A mistura foi fechada e mantida em bloco digestor 150°C por 2 horas, em seguida resfriada à temperatura ambiente e a leitura realizada em espectrofotômetro utilizando-se comprimento de onda de 420 nm. Enquanto a DBO foi determinada fazendo-se uso de sensores OxiTOP®-i, e plataforma de agitação induativa IS 12. A razão DQO:DBO de 2,2:1, foi utilizada como parâmetro ideal de análise [11]. Dessa forma, a partir dos resultados da análise da DQO foi possível estimar o valor da DBO e utilizar o volume de amostra e de solução inibidora indicados. A amostra foi acondicionada em frascos âmbar fornecidos para análise e mantida na incubadora Thermo Scientific® Precision ao abrigo da luz à temperatura constante de 20°C em agitação por 5 dias. Após o tempo de incubação a leitura foi realizada no leitor de sensor manométrico acoplado ao frasco.

Com o objetivo de avaliar a água cinza tratada como semente para DBO, em substituição ao esgoto (semente comumente utilizada), foram utilizadas soluções padrões de DBO com 20, 100 e 200 mg/L de O₂, a escolha desses valores se deu a fim de avaliar o comportamento da semente em amostras tanto com níveis de DBO de águas quanto de efluentes domésticos tratados e assim estudar a viabilidade do reúso da água cinza como semente para análise de DBO em laboratórios de diversas práticas. As análises ocorreram durante 9 semanas, tempo suficiente para avaliar a instabilidade da semente e garantir a confiabilidade dos resultados.

A solução padrão preparada foi solução de Glucose-Ácido Glutâmico (solução GGA) preparada de acordo com as instruções descritas em Baird et al. (2017) [5], esta solução tem DBO equivalente a 198 ± 30 mg/L de O₂, a retirada do oxigênio dissolvido da água ultrapura aconteceu fazendo o aquecimento da água em chapa aquecedora até ebulação e, depois de 15 minutos em fervura, a água foi resfriada à temperatura ambiente.

As soluções de 20 e 100 mg/L de O₂ foram preparadas por meio de diluições, de acordo com o manual de instruções dos sensores OxiTOP®-i, utilizando-se solução GGA e água ultrapura previamente fervida. As três soluções foram acondicionadas em frascos de análise de DBO, com a quantidade indicada de inibidor ATU e almofada de nutriente tampão

HACH®. Aos frascos de amostras foram adicionados 2 mL de semente, os frascos foram fechados com cartucho, adicionados 3 pérolas de NaOH e lacrados com os sensores. Em 3 das 9 semanas de análises foram realizadas amostras com a solução GGA 200 mg/L de O₂ utilizando-se da mesma metodologia, porém sem a utilização de semente para efeitos comparativos.

De posse dos resultados foi possível fazer avaliação estatística dos dados obtidos em laboratório, para isso foram realizados cálculos da média, desvio padrão, erro relativo e coeficiente de variação dos resultados [5].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Quantificação de parâmetros físico-químicos da amostra de água cinza biofiltrada

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos estão apresentados na Tabela 1. Quando comparados com os valores típicos reportados na literatura para águas cinzas brutas [12-14], observa-se atenuação em características como turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) após o processo de biofiltração. A redução desses parâmetros, entretanto, não compromete a adequação da água cinza tratada para utilização como inóculo/semente em ensaios de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) tendo em vista que a função da semente é fornecer carga microbiana suficiente para degradar matéria orgânica presente na amostra de interesse com eficiência. Além disso, parâmetros como turbidez e DQO estão mais fortemente relacionados à quantidade de matéria orgânica e à presença de sólidos suspensos do que à viabilidade da carga microbiana [15].

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos da amostra de água cinza.

Análise	Resultado	Unidade
pH	8,44	-
Cor	520	uC
Turbidez	14,5	NTU
Condutividade	1243	µS/cm
DQO	160	mg/L
DBO	75,9	mg/L de O ₂
Razão DQO:DBO	2,11	-

O elevado grau de interação entre a água cinza bruta e os componentes biológicos e microbiológicos do meio filtrante durante o processo de biofiltração contribui para a manutenção de valores expressivos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na amostra, mesmo após o tratamento [16, 17]. A razão DQO:DBO obtida, de 2,11:1, está em conformidade com a proporção média de 2,2:1 relatada por Tchobanoglous et al. (2003) [11], o que evidencia a consistência dos resultados experimentais obtidos neste estudo.

A análise de cor indicou valor de 520 uC, considerado elevado, o que caracteriza a cor amarronzada marcante visível na Figura 3. Essa tonalidade pode ser atribuída ao contato da água cinza bruta com materiais orgânicos presentes no sistema de biofiltração, como húmus de minhoca e raspas de madeira, que contém substâncias e outros compostos orgânicos solúveis responsáveis por colorações amarelo-amarronzadas [18, 19]. De modo geral, os resultados obtidos indicam conformidade com a literatura e reforçam o potencial do uso de águas cinzas tratadas por biofiltração em aplicações ambientais sustentáveis, apesar da coloração, desde que tenham seus parâmetros específicos adequados para o reúso, como por exemplo, nível de turbidez e carga microbiana.



Figura 3: Amostra de água cinza tratada.

Os resultados da análise cromatográfica para quantificação de íons e determinação de ferro total na amostra de água cinza são apresentados na Tabela 2. A presença de metais e íons inorgânicos na amostra pode influenciar diretamente o crescimento e a atividade microbiana, fator essencial para a eficiência e confiabilidade dos ensaios de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Nutrientes como nitrogênio e fósforo atuam, frequentemente como bioestimulantes, favorecendo o desenvolvimento microbiológico e promovendo maior atividade metabólica sob condições específicas favoráveis [20-22]. Por outro lado, compostos sulfurados e amônia, podem impactar negativamente o crescimento microbiano, agindo como inibidores, além disso, também estão associados a odores indesejáveis (H_2S , NH_3) que podem comprometer tanto a execução quanto a interpretação de ensaios biológicos [23]. Outrossim, a presença de ferro ou traços de metais pesados na amostra, além de impactar em coloração da amostra, podem reduzir a diversidade microbiana e provocar inibição de processos enzimáticos, alterando a resposta do ensaio de DBO [11, 24].

Tabela 2: Resultados da Cromatografia Iônica realizada na amostra de água cinza.

Análise	Resultado (mg/L)
Ferro	1
Amônia	n.a
Nitrato	0,5330
Nitrito	0,2913
Fósforo	8,9731
Cloreto	252,0097
Fluoreto	0,1764
Sulfato	11,1144
Bromato	n.a
Cálcio	58,0588
Potássio	49,9348
Sódio	161,4046
Clorito	n.a
Glicofosfato	n.a

*n.a = não aplicável.

A ausência de amônia na amostra é um indicativo positivo do ponto de vista organoléptico, especialmente em relação ao odor, aspecto relevante para o manuseio laboratorial. A amônia, quando presente, pode ser responsável por odores pungentes e desagradáveis, causando desconforto ao analista. Da mesma forma, a presença de íons sulfato deve ser observada com atenção, pois, na presença de microrganismos, esses íons

podem ser reduzidos a sulfeto de hidrogênio (H_2S), composto volátil associado a odores desagradáveis [23, 25].

A presença de íons inorgânicos como cloreto, cálcio, sódio e potássio em concentrações próximas ou superiores a 50 mg/L pode ser justificada por diversos fatores, incluindo a variabilidade intrínseca da composição das águas cinzas. Em amostras provenientes de cozinhas, por exemplo, estes íons são frequentemente derivados não apenas da água de abastecimento, mas também de alimentos ricos em sais, uso de detergentes, sabões e aditivos. Desta forma, o nível próximo ou superior a 50 mg/L na amostra de cozinha analisada neste estudo, está em conformidade com o encontrado na literatura [26, 27].

3.2 Análise microbiológica da água cinza biofiltrada

Além da avaliação dos parâmetros físico-químicos, também foi realizada caracterização microbiológica da água cinza tratada, etapa fundamental para determinar seu potencial para uso como inóculo em ensaios de DBO, bem como para assegurar sua estabilidade sanitária e segurança durante o uso [28, 29].

A análise microbiológica foi conduzida com foco na detecção de coliformes entre outros indicadores de atividade microbiana, a fim de permitir uma avaliação abrangente da qualidade da amostra após o processo de biofiltração [30].

Conforme apresentado na Tabela 3, os testes microbiológicos indicaram a presença de coliformes totais em todas as amostras analisadas. No entanto, não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes, o que sugere a ausência de contaminação fecal direta. A detecção de coliformes totais está relacionada a fontes externas de contaminação de origem ambiental, indicando que a água cinza tratada, embora submetida ao processo de biofiltração, possui elevado potencial para ser aplicada como semente em ensaios de DBO, tendo em vista que a semente deve ser composta por uma amostra contendo biota diversificada e ativa, capaz de degradar a matéria orgânica presente na amostra de água em análise [30, 31].

Tabela 3: Resultados das Análises Microbiológica da amostra de água cinza.

Semana Avaliada	Coliformes totais	Coliformes Termotolerantes
1	Presença	Ausência
2	Presença	Ausência
8	Presença	Ausência
9	Presença	Ausência

A redução ou ausência de coliformes termotolerantes é uma característica frequentemente observada em águas cinzas submetidas a processos de tratamento [28-30]. No contexto de seu reúso em ambientes laboratoriais, esse aspecto adquire especial interesse e relevância, principalmente sob a ótica da saúde ocupacional e da segurança dos trabalhadores de laboratórios de análise de águas brutas. Diferentemente do método tradicional que utiliza esgoto bruto como fonte de inóculo para ensaios de DBO, caracterizado por apresentar elevada carga microbiana potencialmente patogênica, o uso de água cinza tratada representa alternativa mais segura. A baixa ou inexistente presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal reduz os riscos de exposição e contaminação por parte dos analistas e demais profissionais envolvidos nas atividades laboratoriais, destacando-se como diferencial relevante para o reúso seguro da água cinza biofiltrada nesses procedimentos [30, 32, 33].

3.3 Avaliação do desempenho da água cinza biofiltrada como inóculo para ensaios de DBO

Após a caracterização físico-química e microbiológica, foi avaliado o desempenho da água cinza tratada como inóculo em ensaios de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Esta etapa teve como objetivo verificar a viabilidade do reúso da bioágua como alternativa

ao inóculo tradicional, considerando critérios de eficiência analítica, segurança microbiológica e compatibilidade com os parâmetros estabelecidos na metodologia.

A análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) constitui um parâmetro fundamental para a avaliação do potencial poluidor de efluentes, permitindo estimar a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente. Por meio desse ensaio, é possível determinar a quantidade de oxigênio dissolvido necessária para a estabilização da carga orgânica, sendo, portanto, um indicador essencial da qualidade da água e da eficiência de processos de tratamento [4, 5].

Os resultados da análise de desempenho da água cinza biofiltrada, obtidos após nove semanas de monitoramento da estabilidade e efetividade microbiológica da amostra, estão dispostos na Tabela 4 e indicam um desempenho promissor como inóculo para DBO. A abordagem adotada visou verificar a viabilidade da bioágua como semente, considerando sua composição microbiana e sua compatibilidade com os requisitos estabelecidos pela metodologia analítica.

Tabela 4: Desempenho da água cinza como inóculo para DBO com e sem semente.

Semana	Padrão 200 mg/L sem semente	Padrão 20 mg/L de O ₂	Padrão 100 mg/L de O ₂	Padrão 100 mg/L de O ₂
1	48,9	19,30	89,10	204,60
2		20,40	91,20	188,40
3		23,00	90,60	178,70
4		22,60	99,40	186,10
5	63,8	22,30	98,10	189,30
6		21,80	98,50	-
7	56,2	22,00	104,70	190,00
8		20,90	95,70	180,10
9		22,90	101,40	200,20

Como parâmetro de comparação, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi inicialmente determinada sem a adição de inóculo, utilizando-se exclusivamente a solução padrão GGA (ácido glutâmico + glicose) a 200 mg/L de O₂ conforme demonstrado na Tabela 4. Os resultados evidenciaram baixa taxa de consumo de matéria orgânica nas amostras, compatível com a reduzida população microbiana inerente à solução padrão não semeada. Tal comportamento é esperado, uma vez que a solução GGA é essencialmente estéril e a ausência de microrganismos ativos limita a degradação atividade da carga orgânica. Esses resultados reforçam a importância da utilização de uma fonte microbiana com densidade populacional suficiente para promover a oxidação biológica da matéria orgânica presente [28, 34].

Os resultados obtidos estão dentro da faixa aceitável, demonstrando boa efetividade e estabilidade da semente (água cinza biofiltrada/tratada) ao longo do tempo. Considerando variação de $\pm 15\%$ adotada conforme descrito por Baird et al. (2017) [5].

A diferença aceitável entre os padrões e os dados alcançados foi de 3, 15 e 30 mg/L de O₂ para os padrões de 20, 100 e 200 mg/L de O₂, respectivamente. Observa-se que a utilização da água cinza tratada como inóculo apresenta efeito relevante quando comparados os resultados obtidos na avaliação da solução GGA a 200 mg/L, com e sem o uso de semente. Essa evidência de eficácia aponta a água cinza tratada como alternativa viável para o reúso de água em ambientes laboratoriais, com potencial aplicação na determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Outrossim, com objetivo de demonstrar o crescimento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) utilizando água cinza tratada como inóculo, foi elaborado o gráfico apresentado na Figura 4, com os resultados obtidos durante a sétima semana de avaliação.

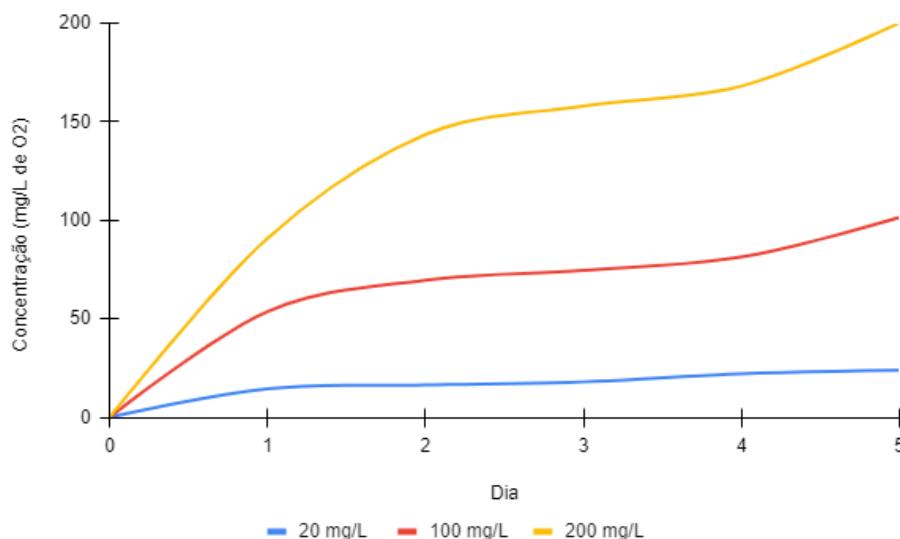


Figura 4: Curva de desenvolvimento da DBO na semana 7. Fonte: Autoria própria, 2024.

O perfil apresentado no gráfico revela um aumento no consumo de oxigênio à medida que se eleva a concentração da amostra de acordo com as expectativas e características do perfil de análise de DBO. Essa tendência confirma a atividade microbiana promovida pelo uso da água cinza tratada como inóculo. A representação gráfica reforça a qualidade da água cinza tratada para aplicação como semente em ensaios de DBO, evidenciando a viabilidade e a eficácia da proposta de reúso em contextos labororiais.

A realização de ensaios de DBO utilizando água cinza tratada como semente apresentou os resultados esperados, dentro da margem de variação estabelecida pela literatura, demonstrando a estabilidade e a durabilidade que a mesma tem na execução da função de análise.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que o tratamento aplicado à água cinza tratada promoveu atenuação relevante de seus parâmetros físico-químicos em comparação à amostra bruta, comprovando a eficácia do processo adotado. Paralelamente, os ensaios microbiológicos demonstraram condições mais seguras e confiáveis para o analista, superando, nesse aspecto, as limitações associadas aos métodos convencionais baseados no uso de sementes biológicas tradicionais (esgotos) na determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Outrossim, ao compararmos a performance da amostra de água cinza tratada com os ensaios conduzidos sem inoculação, verifica-se eficiência elevada no consumo da matéria orgânica presente, demonstrando que em casos onde o uso de semente se faz necessário, o uso de água cinza tratada como fonte microbiana pode ser alternativa promissora.

Este estudo tem caráter inédito e, portanto, não há relatos prévios que permitam comparação direta dos resultados obtidos. Tal singularidade, não configura limitação, tendo em vista que foram utilizados métodos de avaliação consolidados. De fato, confere maior relevância à pesquisa, destacando a valorização e ampliação nas possibilidades de reúso de águas cinzas tratadas.

Nesse contexto, o reúso de água cinza tratada em biofiltro pode ser aplicado como estratégia promissora como inóculo em análises de DBO, configurando-se como alternativa sustentável com potencial de geração de renda para pequenas comunidades agregando valor comercial para o reuso de águas cinzas e atribuindo benefícios sociais e econômicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. United Nations Education Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Imminent risk of a global water crisis, warns the UN World Water Development Report 2023 [Internet]. 16 ago 2024 [acesso em 14 jul 2024]. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/articles/imminent-risk-global-water-crisis-warns-un-world-water-development-report-2023>
2. Karim MR, Syeed MMM, Rahman A, Rabbani KA, Fatema K, Khan RH, et al. A comprehensive dataset of surface water quality spanning 1940-2023 for empirical an ML adopted research. *Sci Data.* 2025;12(1):391. doi: 10.1038/s41597-025-04715-4
3. Boyd CE. Water Quality: An introduction. 2. ed. Auburn (US): Springer International Publishing; 2015.
4. Von Sperling M. Introdução a qualidade de água e tratamento de esgoto. 2^a ed. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.
5. Baird RB, Eaton AD, Rice EW. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC 20001-3710. 23. ed. Washington (US): American Public Health Association; 2017.
6. Moura PG, Aranha FN, Handam NB, Martin LE, Salle MJ, Carvalho E, et al. Water reuse: A sustainable alternative for Brazil. *Eng Sanit Ambient.* 2020;25(6):791-808. doi: 10.1590/S1413-4152202020180201
7. Santiago F, Jalfim F. O sistema Bioágua Familiar: Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos no semiárido brasileiro. In: Capitalização de experiências: Lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasil, volume 2. Experience Capitalization Series 5. Wageningen (Países Baixos): CTA; 2018. p. 22-7.
8. Costa THS, Mota S. Uso de águas cinzas no Brasil: Aspectos legais e quantitativos. *Rev AIDIS Ing Cienc Ambient.* 2022;15(2):789-806. doi: 10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.7973
9. Santos J, Rodrigues S, Magalhães M, Rodrigues K, Pereira L, Marinho G. A state-of-the-art review (2019-2023) on constructed wetlands for greywater treatment and reuse. *Environ chall.* 2024;16(2024):100973. doi: 10.1016/j.envc.2024.100973
10. Franca CLE, Amorim MCC, Olszevski N, Belém CS. Uso de água cinza tratada na irrigação de frutícola no semiárido: Aspectos legais e qualidade do solo. *Rev Verde.* 2022;17(3):167-77. doi: 10.18378/rvads.v17i3.9330
11. Tchobanoglous G, L Burton F, Stensel DH. Metcalf & Eddy: Wastewater engineering: Treatment and reuse. 4. ed. New York (US): McGraw Hill Companies, Inc. McGraw-Hill Companies inc.; 2003.
12. Christova-boal D, Eden RE, Mcfarlane S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination.* 1996;106:391-7. doi: 10.1016/S0011-9164(96)00134-8
13. Li F, Wichmann K, Otterpohl R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Sci Total Environ.* 2009;407(11):3439-49. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.02.004
14. Hurtado ZYM, Medrano AM, Corral AAJ, Ortiz PM. Evaluation of an electrooxidation and UV system with solar energy for the treatment of washing machine greywater for toilet and urinal discharges. *Rev Mex Ing Quim.* 2024;23(3):IA24341. doi: 10.24275/rmiq/IA24341
15. Costa RL, Torres DM, Gomes JT, Silva JEM. Tratamento de água cinza para reúso agrícola semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. *Eng Sanit Ambient.* 2022;27(5):1031-40. doi: 10.1590/S1413-415220210226
16. Preethi V, Priya VS, Sathish KM, Samsundar S, Parthasarathy R, Reswanth RP. Performance evaluation o a hybrid treatment system for the treatment of grey water. *J Water Sanit Hyg Dev.* 2024;14(8):692-701. doi: 10.2166/washdev.2024.070
17. Bezerra BHS, de Souza NC, dos Santos WB, Ferreira WB, Silveira TN, de Negreiros GSV, et al. Sistema de tratamento de águas cinzas como potencialidade de reuso e autonomia na agricultura familiar de Alagoa Nova – PB. *Contrib Cienc Soc.* 2024;17(1):8700-16. doi: 10.55905/revconv.17n.1-525
18. Costa C, Pinedo ML, Riascos BD. Presence of humic acids in landfill leachate and treatment by flocculation at low pH to reduce high pollution of this liquid. *Sustainability.* 2025;17(2):481. doi: 10.3390/su17020481
19. Mohan S, Manthapuri V, Chithaluri S. Assessing factors influencing greywater characteristics around the world: a qualitative and quantitative approach with a short-review on greywater treatment technologies. *Discov Water.* 2023;4:37. doi: 10.1007/s43832-024-00094-w
20. Yuan Q, Yongjuan D, Song C, Yikan Z, Yuting H, Yuzhu J, et al. Impact of N loading on microbial community structure and nitrogen removal of an activated sludge process with long SRT

- for municipal wastewater treatment. Water Cycle. 2025;6:28-35. doi: 10.1016/j.watcyc.2024.09.002
21. Ortega-Blas FM, Ramos-Saraiva JC, Cossío-Rodrigues. Removal of Nitrogen and Phosphorus from municipal wastewater through cultivation of microalgae *chlorella sp* ins consortium. Water. 2025;17(8):1160. doi: 10.3390/w17081160
22. Meléndez-Plata G, Mastrogiacomo JRA, Castellanos ML, Romero JP, Hicapié V, Lizcano H, et al. Malodorous gases in aquatic environments: A comprehensive review from microbial origin to detection and removal techniques. Processes. 2025;13(4):1077. doi: 10.3390/pr13041077
23. Oladimeji T, Oyedemi M, Emetere M, Agboola O, Adeoye JB, Odunlami OA. Review on the impact of heavy metals from industrial wastewater effluent and removal technologies. Heliyon. 2024;10(23):e40370. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40370
24. Müller S, Corbera-Rubio F, Kegel FS, Laureni M, Van Loosdrecht MCM, Van Halem D. Shifting to biology promotes highly efficient iron removal in groundwater filters. Water Res. 2024;262:122135. doi: 6.watres.2024.122135
25. Walle AV, Kim M, Alam MK, Wang X, Wu D, Dash SR, et al. Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management. Environ Sci Ecotechnol. 2023;16:100277. doi: 10.1016/j.ese.2023.100277
26. Li W, Liu H, Deng L, Zhang Y, Ma Y, Chen Y. Recent advances in treatment refinement of kitchen digested wastewater: Feasibility, prospects and technicalities. Water Cycle. 2024;5:20-30. doi: 10.1016/j.watcyc.2023.12.001
27. American Water Works Association. Water quality and treatment: A handbook of community water supplies. 5^a ed. United States of America: McGraw-Hill Inc.; 1999.
28. Strotmann U, Thouand G, Pagga U, Gartiser S, Heipieper HJ. Toward the future of OECD/ISO biodegradability testing-new approaches and developments. Appl Microbiol Biotechnol. 2023;107:2073-95. doi: 10.1007/s00253-023-12406-6
29. Zhang X, Zhang Y, Yang X, Wang Z, liu X. Biochemical oxygen demand prediction based on three-dimensional fluorescence spectroscopy and machine learning. Sensors. 2025;25(3):711. doi: 10.3390/s25030711
30. Lai M, Hong J, Xu X, Li Y, Liu C, Jia J, et al. The effect of inoculum source of different pollution levels on the performances of microbial fuel cell biosensors. Sens Actuators B Chem. 2025;422:136614. doi: 10.1016/j.snb.2024.136614
31. Balma SFS, Aboim EC, Almeida ADS, Nascimento WS, Soares HMS, Lira JRS. Análise da qualidade da água de poços tubulares na zona urbana de Itaituba, Pará, Brasil. Águas Subterrâneas- Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas. 2023;1-5. doi: 10.14295/ras.v37i130213
32. Compaoré COT, Maiga Y, Nikiéma M, Mien O, Nagalo I, Panandtigri HT, et al. Constructed wetland technology for the treatment and reuse of urban household greywater under conditions of Africa's Sahel region. Water Supply. 2023;23(6):2505-16. doi: 10.2166/ws.2023.121
33. Collivignarelli MC, Gomez FH, Caccamo FM, Sorlini S. Reduction of pathogens in greywater with biological and sustainable treatments selected through a multicriteria approach. Environ Sci Pollut Res Int. 2023;13:38239-54. doi: 10.1007/s11356-022-24827-3
34. Salvian A, Farkas D, Moreno MR, Salas DT, Berná A, Rossa CA, et al. Resilience of anodic biofilm in microbial fuel cell biosensor for DBO monitoring of urban wastewater. Npj Clean Water. 2024;7:53. doi: 10.1038/s41545-024-00350-5