

HELENUCCIA DANIELA DA PAIXÃO

**QUALIDADE SANITÁRIA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS PARA
REUSO E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM DIFERENTES
COBERTURAS DE SOLO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Carlos Nick Gomes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P149q
2023
Paixão, Helenuccia Daniela da, 1994-
Qualidade sanitária de efluentes domésticos tratados para reuso e seu efeito na produção de alface em diferentes coberturas de solo / Helenuccia Daniela da Paixão. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (50 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Carlos Nick Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.534>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Irrigação com águas residuais. 2. Água - Reuso. 3. Águas residuais - Purificação. 4. Alface - Cultivo. I. Gomes, Carlos Nick, 1979-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 628.3623

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

HELENUCCIA DANIELA DA PAIXÃO

**QUALIDADE SANITÁRIA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS PARA
REUSO E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM DIFERENTES
COBERTURAS DE SOLO**

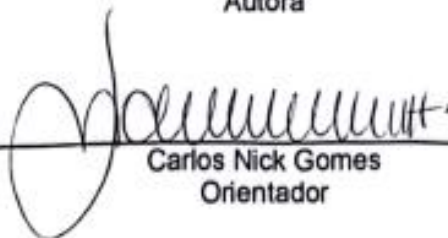
Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de junho de 2023.

Assentimento:



Helenuccia Daniela da Paixão
Autora



Carlos Nick Gomes
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

PAIXÃO, Helenuccia Daniela da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2023. **Qualidade sanitária de efluentes domésticos tratados para reuso e seu efeito na produção de alface em diferentes coberturas de solo.** Orientador: Carlos Nick Gomes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade sanitária da água de reuso tratada para uso na agricultura e avaliar a produtividade de alface crespa roxa, cultivada sob diferentes coberturas do solo. Para realização do ensaio, foram coletadas amostras de água de efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgoto e amostras de água provenientes do córrego de abastecimento da Unidade de Pesquisa Embrapa Hortaliças. Os seguintes parâmetros foram analisados para verificação da qualidade da água: contagem de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli* e *Salmonella*), condutividade elétrica, pH, turbidez; concentrações de cloro livre, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, cobre e cromo. A variável massa de matéria fresca por planta foi analisada para avaliar a produtividade. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados dois tipos de água: água de reuso tratada e água do córrego. Dentro das parcelas foram distribuídos, aleatoriamente, quatro tipos de cobertura do solo: solo nu, palhada de milho, *mulching* preto e *mulching* prata dupla-face, totalizando 24 subparcelas experimentais. Para realizar as avaliações de produtividade, foram coletadas 10 plantas de cada subparcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de significância, e quando pertinente realizou-se o teste de *Tukey*. Avaliando a qualidade sanitária da água de reuso tratada, as contagens de Unidades Formadoras de Colônia (UFC/ml) de Coliformes Totais mostraram ausência de *E. coli* e *Salmonella*., tanto na água de reuso quanto na água do córrego e na alface cultivada. Em todas as amostras de água de reuso analisadas, os parâmetros condutividade elétrica, pH, turbidez, as concentrações de cloro livre, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, cobre e cromo estavam de acordo com o padrão de potabilidade descrito na Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde. O tratamento da água de reuso foi eficaz, uma vez que a amostra de água tratada apresentou ausência de coliformes e concentrações químicas abaixo do valor permitido por lei. Os resultados da ANOVA

apontaram que não houve interação significativa entre os fatores estudados. Ao aplicar o teste de *Tukey*, avaliou-se que os dois tipos de água são iguais estatisticamente. Analisando separadamente o fator coberturas, observou-se que a cobertura do solo *mulching* preto foi superior aos demais, obtendo as maiores médias de produtividade da alface. O presente estudo demonstrou que, se a água de reuso estiver dentro dos padrões de qualidade sanitária, esta representa uma fonte de água segura e sustentável para irrigação da agricultura. E as coberturas do solo são componentes que auxiliam a manter a conservação da umidade, e consequentemente, aumento de produção.

Palavras-chave: Efluente doméstico. Reuso agrícola. Água residuária. Produção de hortaliças.

ABSTRACT

PAIXÃO, Helenuccia Daniela da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Sanitary quality of treated domestic effluents for reuse and its effect on lettuce production in different soil coverages.** Adviser: Carlos Nick Gomes.

The objective of this work was to evaluate the sanitary quality of treated reuse water for use in agriculture and to evaluate the productivity of purple curly lettuce cultivated under different soil coverings. To carry out the test, water samples were collected from the effluent treated at the Sewage Treatment Station and water samples from the supply stream of the Embrapa Vegetables Research Unit. The following parameters were analyzed to verify the water quality: total and thermotolerant coliform counts (*Escherichia coli* and *Salmonella*), electrical conductivity, pH, turbidity; concentrations of free chlorine, fluoride, chloride, nitrate, nitrite, sulfate, copper and chromium. The variable mass of fresh matter per plant was analyzed to evaluate productivity. The design adopted was randomized blocks, with three replications, in a split-plot scheme. Two types of water were allocated in the plots: treated reuse water and stream water. Within the plots, four types of soil cover were randomly distributed: bare soil, millet straw, black mulching and double-sided silver mulching, totaling 24 experimental subplots. To carry out productivity evaluations, 10 plants from each subplot were collected. The data obtained were subjected to analysis of variance using the F test, at 5% significance, and when relevant, the Tukey test was performed. Evaluating the sanitary quality of treated reuse water, the counts of Colony Forming Units (CFU/ml) of Total Coliforms showed absence of *E. coli* and *Salmonella*, both in reuse water and in stream water and in cultivated lettuce. In all reuse water samples analyzed, the parameters electrical conductivity, pH, turbidity, concentrations of free chlorine, fluoride, chloride, nitrate, nitrite, sulfate, copper and chromium were in accordance with the potability standard described in the Ordinance of Consolidation of the Ministry of Health. The treatment of reuse water was effective, since the sample of treated water showed no coliforms and chemical concentrations below the value allowed by law. The ANOVA results showed that there was no significant interaction between the studied factors. By applying Tukey's test, it was evaluated that the two types of water are statistically equal. Analyzing the coverage factor separately, it was observed that the

coverage of the black mulching soil was superior to the others, obtaining the highest average productivity of lettuce. The present study demonstrated that, if reused water is within sanitary quality standards, it represents a safe and sustainable source of water for agricultural irrigation. And soil covers are components that help maintain moisture conservation, and consequently increase production.

Keywords: Domestic effluent. Agricultural reuse. Wastewater. Vegetable production.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I	09
1.1	Introdução	09
1.2	Referencial teórico	11
1.2.1	Escassez hídrica e impacto social	11
1.2.2	Reuso da água	13
1.2.3	Reuso da água na agricultura	15
1.2.4	Qualidade da água de reuso para irrigação	16
1.2.5	Poluentes químicos e parâmetros de reuso	17
a)	Parâmetros de reuso da água na agricultura	18
1.2.6	Coberturas do solo e conservação da água	20
a)	Tipos de coberturas do solo.....	21
1.2.7	Planta indicadora.....	23
1.3	Objetivos	25
2.	CAPÍTULO II – ARTIGO CIENTÍFICO: Qualidade sanitária de efluentes domésticos tratados para reuso seguro e seu efeito na produção de alface cultivada sob diferentes coberturas de solo	26
3.	Conclusões	41
5.	Referências bibliográficas	41

1. CAPÍTULO I

1.1 Introdução

O Brasil tem vivenciado, nos últimos anos, um aumento expressivo na ocorrência de eventos de seca. Na região nordeste, por exemplo, ocorreram 78 % mais eventos de seca entre 2015 e 2017 que a média histórica. Diferentes estados como o Distrito Federal, Minas Gerais e São Paulo também experimentaram recentemente importantes crises hídricas, com forte potencial para impactar negativamente as atividades agrícolas (ANA, 2018). O fenômeno citado tornou-se uma problemática de regiões semiáridas, áridas e de outras regiões brasileiras que possuem recursos hídricos sazonalmente abundantes, porém são insuficientes para satisfazer altas demandas de consumo (HESPANHOL, 2002).

Os recursos hídricos representam um problema ambiental de difícil solução, visto que a água torna-se se cada vez mais escassa, apesar da sua importância global (FAO, 2011). O Brasil aparece em 26^o posição relacionado à disponibilidade hídrica social, porém é responsável por apresentar uma das maiores do mundo e possui 12% das reservas de água doce mundial, mas ainda enfrenta diversos problemas por não ter implantado políticas de uso sustentável e racional da água (ANA, 2009). O setor da economia que mais consome água doce no Brasil é a agricultura, dentre os 12% de água doce disponíveis, 69% é da irrigação, 12% dos animais, 10% das zonas urbanas, 7% das indústrias e 2% da zona rural (ANA, 2009).

Levando em consideração a escassez de água, diversos países têm optado pelo aproveitamento de águas residuárias de origem urbana na agricultura, devido ao elevado consumo para fins agrícolas (METCALF & EDDY, 1991). Carvalho et al. (2014) afirmam que o uso de estratégias tecnológicas e fontes alternativas de água pode ser uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água potável e diminuir a sua demanda, além de promover o aproveitamento de água pluvial, o reuso de águas e a instalação de componentes economizadores.

Almeida (2013) acredita que a utilização da água de reuso seja uma estratégia importante para alcançar a sustentabilidade, e além disso, a procura por diferentes fontes de água para uso na agricultura faz com que a água doce utilizada seja substituída gradativamente, podendo utilizar como fonte alternativa os efluentes de

esgotos domésticos tratados. Visando o aproveitamento de água na agricultura, o tratamento de esgoto domésticos compõe uma excelente alternativa de reuso. (SOUSA *et al.*, 2001).

A dependência da disponibilidade de água para o crescimento e desenvolvimento da agricultura, torna a água o recurso natural mais importante a ser conservado no mundo. O cultivo de plantas em áreas irrigadas tem permitido aumentar a produtividade nessas áreas, as novas tecnologias utilizadas para esse aumento e o suprimento das mesmas deve ser aplicado em momentos oportunos. (BROWN *et al.*, 2000).

Com o passar do anos, aumenta-se a intensidade da busca por técnicas, que elevem a produtividade e qualidade das culturas com uso racional dos recursos disponíveis, sendo que o principal objetivo da agricultura é investir cada vez mais em tecnologias sustentáveis para ampliar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto (GASQUES *et al.*, 2016). Segundo Yanomoto (2002), uma alternativa viável para aumentar a produtividade de culturas é adotar técnicas conservacionistas de solo, como uso de “*mulching*”, associada ao uso de irrigação com água de boa qualidade.

Araújo *et al.*, (2003) afirmam que com o surgimento dos filmes de polietileno, levando em consideração o baixo custo e a facilidade de aplicação, a técnica de cobertura do solo passou a ser utilizada em grande escala mundialmente e algumas dessas práticas têm sido exploradas mais comumente com os objetivos de diminuir as oscilações de temperatura e reduzir a evaporação da água na superfície do solo. A utilização de cobertura com restos vegetais e com filme de polietileno são exemplos que oferecem proteção aos frutos, evitando o contato dos mesmos direto com o solo, permitindo o controle de plantas invasoras, aumenta a capacidade de atuar positivamente sobre a incidência de pragas e doenças além de obter precocidade na colheita (CASTELLANE,1995).

Segundo Mendes (2014), a agricultura é a responsável por cerca de 70% do consumo de água e a água de reuso tratada tem-se mostrado uma excelente fonte sustentável e alternativa para a sociedade quando mencionamos a escassez de água para o consumo humano.

De acordo com Oliveira *et al.* (2008) a cobertura vegetal dos canteiros de produção de hortaliças tem sido utilizada almejando a redução da evaporação da água na superfície do solo, além de permitir o controle da vegetação espontânea e diminuir

as oscilações de temperatura do solo e ainda pode proporcionar a liberação de nutrientes para a cultura após sua decomposição. Pensando na produção de hortaliças à campo, segundo a Associação Brasileira do Comercio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2013), a alface é atualmente a terceira hortaliça com maior volume de produção, movimentando todos os anos 8 bilhões de reais e tem uma produção de 1,5 milhões de toneladas ao ano ou 46,3% da produção de folhosas no Brasil é de alface.

De acordo com Pessoa et al. (2021), a disponibilidade de água influencia diretamente no desenvolvimento de todas as espécies de plantas, bem como das hortaliças, sendo que essas têm como principal fator limitante para seu desenvolvimento a umidade do solo, já que necessitam de uma elevada disponibilidade da mesma. Levando em consideração a produtividade e qualidade, principalmente em uma produção para larga escala, a deficiência de água é um dos fatores mais limitantes.

Segundo Pimentel (2005) a água continua sendo o fator mais importante para o desenvolvimento das plantas e da distribuição das mesmas no planeta, isso porque além dos processos bioquímicos, esta é responsável por 90% do teor de água celular na maioria dos tecidos vegetais, podendo chegar em 95% em plantas herbáceas como a alface, importante salientar que abaixo de 75% de teor de água ocorre mudanças estruturais na planta e em último caso pode ocorrer a morte das mesmas. Ela ainda atua como veículo de transporte de nutrientes, que são absorvidos e conduzidos geralmente para a parte aérea, assim como produtos orgânicos da fotossíntese (REICHARDT, 1996; TAIZ & ZEIGER, 2002), transpiração e respiração da planta, na abertura dos estômatos, bem como na manutenção da turgescência celular, que é essencial para o aumento do volume e o crescimento vegetal.

Conforme o exposto, fica evidenciada a necessidade do desenvolvimento e aplicação de técnicas que proporcionem o uso racional da água. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade sanitária da água de efluente tratado para reuso na agricultura e avaliar seu efeito na produtividade de alface roxa cultivada sob diferentes coberturas do solo, como prática conservacionista e fitossanitária.

1.2 Referencial Teórico

1.2.1 Escassez hídrica e o impacto social

A água é o recurso natural mais importante para o crescimento da agricultura no mundo, sendo que novas tecnologias utilizadas para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Braga (2012), afirma que a escassez de chuva e/ou o seu excesso, além de outras variações climáticas vinculadas à produção agrícola bem como as condições do solo, tem efeito direto sobre a condução de cultivos de diversas espécies.

Morais (2016) relata que estudos recorrentes sobre conservação da água nos levam a entender que há a constante necessidade em reformular a gestão dos recursos hídricos para fins agrícolas, corroborando com a ideia de que a agricultura remete-se pela conservação de seus recursos e não apenas pelo aumento da produção através da expansão de terra cultivada.

Sendo assim, caso não haja aplicação de técnicas de conservação, a sustentabilidade da atividade para a produção de alimentos pode ser que não seja mantida à longo prazo, devido à grande dependência de água utilizada para a irrigação (MELO, 2010).

Os recursos hídricos tornam-se se cada vez mais escasso, apesar da sua importância, representando um problema ambiental de difícil solução (FAO, 2011). O Brasil aparece em 26º posição relacionado à disponibilidade hídrica social, porém é responsável por apresentar uma das maiores do mundo e possui 12% das reservas de água doce mundial, mas ainda enfrenta diversos problemas por não ter implantado políticas de uso sustentável e racional da água (ANA, 2009). A agricultura configura o setor da economia que mais consome água doce no Brasil, dividido em: 69% da irrigação, 12% dos animais, 10% das zonas urbanas, 7% das indústrias e 2% da zona rural (ANA, 2009).

Segundo Cunha et al. (2012), a desigualdade hídrica, tanto em quantidade como em qualidade, acometem as regiões urbanas e rurais de baixa renda socioeconômica. A má gestão dos recursos hídricos por conta de ações humanas como, o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento nos mananciais, acarretam na diminuição da qualidade e da quantidade da água doce (HANDAM,

2016). O despejo de diversos resíduos sem tratamento adequado altera a dinâmica dos ecossistemas, transmitem doenças e podem trazer sérios riscos à saúde pública (REGO, 2010; SOTERO-MARTINS et al, 2014).

Rabaiolli et. al. (2013) afirmam que a dependência da disponibilidade de água para o crescimento e desenvolvimento da agricultura, torna a água o recurso natural mais importante a ser conservado no mundo, e, dentre as atividades econômicas que mais demanda água no país, a agricultura certamente é a principal. O cultivo de plantas em áreas irrigadas tem permitido aumentar a produtividade nessas áreas, as novas tecnologias utilizadas para esse aumento e o suprimento das mesmas deve ser aplicado em momentos oportunos. (BROWN *et al.*, 2000).

Mancuso e Santos (2013) afirmam que uma das formas de irrigação mais utilizadas é a irrigação por gotejamento, “ela se caracteriza pela disposição de tubos com pequenos diâmetros com furos, ou dispositivos que permitem o gotejamento uniforme, ao longo de toda a extensão”.

A irrigação tem sido projeto de interesse econômico e ambiental por ser de suma importância para a produção agrícola. Diante dessa narrativa, torna-se evidente a necessidade de utilização consciente deste recurso natural com maior racionalidade e rigor, seja através de buscas de fontes alternativas e/ou uso de técnicas que permitam a sua conservação à médio e longo prazo (DUARTE, 2006). Levando em consideração a escassez recorrente das fontes de água para diversas atividades agrícolas, a prática de reuso da água na agricultura torna-se uma alternativa para enfrentamento desse problema (URKIAGA *et al.*, 2008).

De acordo com Bernardi (2003), diversos países no mundo já adotaram essas medidas de reutilização da água com o objetivo de diminuir o volume dos esgotos produzidos pela população, nas quais são contabilizados, tratados e reintroduzidos com qualidade e segurança sanitária nos mananciais para futura utilização. Segundo Rabaiolli et al. (2013), um dos possíveis benefícios do uso da água de reuso tratada é na atividade agrícola.

A água de reuso possui grande potencial para substituição da água doce comumente utilizada, sendo que a modalidade que compete o reuso direto de águas residuárias é definida como o uso planejado de esgotos tratados para algumas finalidades, podendo ser aproveitada na agricultura, na indústria, lavagem de carro, em atividades domésticas, limpeza urbana, rega de canteiros dentre outros (ABNT, 1997).

Em função da diferença bastante significativa a favor do consumo de água na agricultura, Braga (2012) afirma que é de grande importância a reutilização da água residuária para irrigação. Sabendo que a água é utilizada das formas mais variadas globalmente e a agricultura é a responsável por cerca de 70% desse consumo, a água de reuso tratada tem-se mostrado uma excelente fonte sustentável e alternativa para a sociedade quando mencionamos a escassez de água para o consumo (LUCENA *et al.*, 2018).

1.2.2 Reuso de água

Morais *et al.* (2016) afirmam que a água de reuso pode ser compreendida também de forma mais simplificada, como a reutilização de águas provenientes de efluentes tratados, sejam domésticos ou industriais. Como exemplo de produção da água de reuso, pode-se citar aquela resultante de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que, posteriormente, passa por mais etapas de tratamentos complementares em uma Estação de Tratamento de Água de Reuso (ETAR) (MOURA *et al.*, 2020).

A utilização da água de reuso pode ser compreendida de forma mais simplificada, como a sua reutilização proveniente de efluentes tratados (MORAIS *et al.*, 2016). De acordo com Oenning-Júnior e Pawlosky (2007) a água de reuso proveniente do tratamento de esgoto doméstico é uma alternativa para a produção de água tratada com qualidade sanitária para fins agrícolas e a sua reutilização pode ser definida como uso de água residuária ou água de qualidade inferior sendo ela tratada ou não.

Segundo WHO (1973) é possível produzir água potável através da água de reuso, desde que sejam realizados tratamentos avançados de purificação da água, este conceito é definido como a reutilização do esgoto para fins potáveis sem dispô-lo antes no meio ambiente. Mancuso e Santos (2013) afirmam que o reuso direto pode ser utilizado com fins não potáveis para uso urbano, industrial e agrícola e que nesses tipos de reuso, os esgotos são tratados com qualidade inferior ao uso potável e podem ser utilizados para irrigação de culturas alimentícias, não alimentícias, processadas, de forrageiras para consumo animal e hidroponia; irrigação de parques, ornamentação, fontes, cachoeiras e lagoas.

Segundo Capra e Scicolone (2004) a reutilização de águas residuárias tratadas no setor agrícola é uma prática amplamente estudada e recomendada por diversos pesquisadores no mundo todo, eles vêem a prática de irrigação com água de reuso como uma alternativa viável para suprir as necessidades hídricas e, em grande parte, nutricional das plantas. A prática da reutilização de águas não tem sido utilizada intensivamente, mesmo que o reuso planejado da água seja bem difundido no mundo e com a escassez dos recursos hídricos em algumas regiões do Brasil, nacionalmente existem poucos registros de reuso seguro de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente para fins agrícolas, (MAROUELLI e SILVA, 2008).

A irrigação tem sido projeto de interesse econômico e ambiental por ser de suma importância para a produção agrícola (SILVA et al., 2017). Diante dessa narrativa, torna-se evidente a necessidade de utilização consciente deste recurso natural com maior racionalidade e rigor, seja através de buscas de fontes alternativas e/ou uso de técnicas que permitam a sua conservação à médio e longo prazo (DUARTE, 2006).

A água de reuso pode conter produtos químicos e microrganismos, poluentes que podem oferecer riscos à saúde pública e ambiental, porém se a irrigação for feita de forma segura, pode trazer benefícios para as plantas, resultando ainda na redução do uso de fertilizantes (ERTHAL *et al.*, 2010). O esgoto doméstico urbano precisa ser gradativamente tratado para ser utilizado na irrigação para a produção de alimentos, e o seu tratamento também é obrigatório para disposição direta nos corpos d'água.

Um outro aspecto importante que torna as águas residuárias valiosas é o fato de que estas águas representam uma fonte confiável e estão disponíveis durante todo o ano, ao contrário das chuvas. Dessa forma, o reaproveitamento dessas águas permite maiores rendimentos, produção durante todo o ano, e gera aumento do número de culturas que podem ser cultivadas, especialmente em áreas áridas e semiáridas (KERAITA et al., 2008)

1.2.3 Reúso de água na agricultura

No Brasil, a Resolução 54/2005 (CNRH, 2005), estabelece somente os critérios gerais para o reuso de água potável e reuso direto não potável, modalidades e diretrizes, porém não são estabelecidos os parâmetros e recomendações necessários à esta prática. Sendo assim, geralmente as normas vigentes para a

reutilização de esgoto tratado especificam os padrões de qualidade microbiológica, considerando os tratamentos mínimos requeridos para os efluentes, o método de irrigação empregado e o tipo de cultura a ser cultivada (PERIN, 2006).

Segundo Itohan *et al.* (2011) as hortaliças consumidas “*in natura*” e, de um modo geral, fazem parte da dieta alimentar de grande parte da população, são consideradas essenciais por grande parte da sociedade, porém sem os cuidados básicos antes do consumo, elas servem como transmissores de patógenos causadores de doenças.

No Brasil grande parte da produção de alface encontra-se próxima às áreas metropolitanas devido ao curto período de vida pós-colheita e por ser considerada a hortaliça mais consumida, elas são produzidas, majoritariamente, nos “cinturões verde” das cidades, e é comum o uso de água com baixa qualidade para a irrigação durante sua produção, tendo em vista a contaminação das águas por efluentes não tratados (HENS E SUINAGA, 2009).

Salem *et al.* (2011) afirmam que a disponibilidade hídrica em diversos países é preocupante e uma das formas encontrada para suprir a necessidade agrícola é a utilização de águas residuárias. O uso de efluente doméstico tratado para substituir com eficiência as águas de córregos e rios normalmente utilizadas na irrigação foi sugerido por Fonseca *et al.* (2007), porém grande parte dos pesquisadores em conservação de recursos hídricos recomendam monitoramento severo e mais estudos sobre o assunto, tendo em vista as implicações ambientais e sanitárias que essa prática possam gerar.

Reis *et al.* (2005) reforçam afirmando que a reutilização da água na agricultura auxilia adequadamente para a sustentabilidade deste bem, e a sua utilização para fins agrícolas é uma forma alternativa de controle das fontes poluidoras nos corpos d’água, além da reciclagem dos nutrientes e aumento da produção em algumas culturas.

Sandri *et al.* (2006) observaram que o reuso de água de efluente tratada demonstrou ser uma fonte de nutrientes para as plantas, interferindo principalmente na produtividade da alface, ou seja, ao avaliaram o crescimento da alface “Elisa” com uso de água residuária e água de reservatório local, nesse estudo a produtividade foi mais elevada nos sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária, quando comparada com o uso de água do reservatório. Cuba *et. al* (2015) corroboraram com esse estudo ao concluírem que o reuso do efluente tratado na ETE

mostrou-se uma fonte alternativa de água para o cultivo hidropônico de alface, havendo economia de alguns fertilizantes em relação à solução nutritiva recomendada, interferindo positivamente na produtividade da cultura, porém alertaram que o reuso desse efluente fosse complementado com fertilizantes minerais para atender a demanda nutricional da cultura.

Johns e McConchie (1994) verificaram que a cultura da banana foi 10% mais produtiva mediante fertirrigação com água residuária. A literatura relata que algumas plantas frutíferas vêm mostrando resultados satisfatórios à nível de produtividade quando fertirrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado sem efeitos degradantes ao ambiente e às plantas. Além disso, foi observado a economia de fertilizantes químicos convencionais quando utilizado a água de reuso na produção de plantas frutíferas (FITZPATRICK *et al.*, 2006).

Ramalho (2011) afirma que o uso controlado de águas de reuso acarreta maior conservação do recurso natural no que diz respeito a qualidade e quantidade, além de causar menor captação de recursos hídricos primários, gerando menos efluente que futuramente será lançado nos corpos d'água. Com isso, através dos manejos adequados, o cultivo de plantas com água de reuso tem gerado o aproveitamento dos nutrientes necessários à cultura e a conservação dos corpos d'água, aumentando a produtividade e melhorando a fertilidade do solo (MEDEIROS, 2005).

1.2.4 Qualidade da água residuária para irrigação

Manas *et al.*, (2009) observaram que a água de irrigação sem tratamento prévio pode aumentar significativamente a ocorrência de patógenos em alimentos consumidos crus, além de aumentar o risco de contaminação microbiana em frutas e vegetais nas etapas de pré-colheita devido a água de irrigação.

Metcalf e Eddy (2001) afirmam que o tratamento das diversas fontes de água residuárias pode variar conforme a sua finalidade, sendo assim os elementos químicos presentes na água residuária podem ou não apresentar toxicidade.

O tratamento do esgoto doméstico tem como objetivo principal reduzir e eliminar micro-organismos patogênicos, reduzir as substâncias químicas indesejáveis

e remover o material sólido (MOTA, 1995). O tratamento da água residuária tem a finalidade de remover impurezas em suspensão, (areia, óleos, etc.), além da reduzir a matéria orgânica, nutrientes em dissolução e também a redução de microrganismos. O tipo e o grau de tratamento vão depender de qual finalidade será o uso ou de que forma ou onde será realizado seu lançamento (BARROS, 2014). A remoção dos poluentes químicos presentes nas águas residuárias sem alterar a sua qualidade é o principal objetivo de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ANA, 2009).

As águas residuárias produzidas pelas indústrias ou resultantes dos esgotos domésticos urbanos são normalmente lançadas no meio ambiente (BATISTA; COSTA; OLIVEIRA, 2020). Para reduzir os impactos negativos dessa prática, os órgãos ambientais têm regulamentado padrões de qualidade para o lançamento de efluentes no meio ambiente e para determinados tipos de reuso (BRASIL, 2017).

As águas residuárias contêm altas concentrações de substâncias poluentes que, se não tratadas adequadamente, podem comprometer o meio ambiente, e quando são lançadas em corpos d'água ou aplicadas nos solos agrícolas, essas águas podem prejudicar o desenvolvimento das culturas (HESPANHOL, 2003).

De acordo com Bertocini (2008), o principal objetivo do tratamento de efluentes é reduzir a quantidade total de sólidos suspensos e dissolvidos, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a demanda química de oxigênio (DQO), e também exterminar o maior número possível de organismos patogênicos.

No Brasil ainda não existe uma legislação específica que regule a questão de reuso efluentes na irrigação. Por consequência, as pesquisas realizadas são baseadas sobretudo nas recomendações de organismos internacionais e de autores que ajudam a definir uma forma segura no reuso de efluentes. No entanto, no país há poucas regulamentações sobre água de reuso com parâmetros de qualidade sanitária, fato que dificulta a utilização deste recurso hídrico com segurança no território.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005, estabelece diretrizes, modalidades e critérios gerais para regulamentar e estimular a prática de reuso direto não potável de água, em todo território nacional. Esta normativa não traz os parâmetros de qualidade para reuso agrícola, ela apenas estabelece a modalidade de utilização de água de reuso na agricultura (BRASIL, 2017).

De acordo com Ferreira (2019), as atividades que envolvem o reúso agrícola no Brasil iniciaram-se na década de 1980, com crescimento gradativo ao longo do tempo, e atualmente, há maior abrangência de reúso dos efluentes tratados nos estados da região Nordeste. Mesmo assim, a falta de regulamentação e de fiscalização da qualidade e do uso desse recurso alternativo, resulta na exposição a possíveis substâncias tóxicas e microrganismos patogênicos, que podem ser prejudiciais à saúde pública e ao ambiente (MORUZZI, 2008; URBANO, 2013).

Porém de acordo com Bueno (2017), mesmo utilizando a água de reúso sem maiores controles dos riscos, os benefícios do reúso agrícola são incontáveis, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais, econômicos e de saúde pública, comprovando ser uma solução sustentável a longo prazo.

1.2.5 Poluentes químicos e parâmetros de reúso

Um dos principais pontos a serem considerados, no sentido de reúso da água para a agricultura, é a presença de organismos patogênicos ou indicadores de patógenos humanos como Coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. e ovos de Helmintos, por exemplo. (Bastos, 2014; Matos, 2014).

Águas residuais frequentemente possuem bactérias patogênicas, parasitas e vírus, sendo que as referências mundiais que são utilizadas como medida de eficiência dos processos de tratamento de efluentes são os indicadores microbiológicos, realizados a partir da contagem de unidades formadoras de colônias de coliformes totais e coliformes termotolerantes (WHO, 2006).

Ainda que o tratamento convencional de água não elimina com segurança alguns agentes patogênicos que apresentam alto nível de resistência, como *Cryptosporidium spp.*, *Giardia spp.* e micobactérias, é necessário monitoramento frequente desses organismos durante todo o processo de tratamento do efluente doméstico (FONTENELLE, 2014). Os fertilizantes, o solo, a água de lavagem e a água de irrigação caracterizam as principais fontes de contaminação microbiológica dos vegetais e esta pode ocorrer em diversas etapas da cadeia produtiva (CASTRO-IBÁÑEZ *et al.*, 2015a).

Cutolo e Rocha (2000) afirmam que os coliformes termotolerantes configuram um grupo considerável de bactérias, elas inclusive são excelentes bioindicadores de contaminação, pois os coliformes patogênicos presentes nas fezes humanas podem

indicar também outros grupos de microrganismos como os vírus causadores de doenças. Dentre os principais coliformes estão as bactérias *Escherichia coli*, que conseguem sobreviver e multiplicar-se por um período de até dois meses no solo em temperaturas de 22 a 37 °C (ELVING, 2009).

Uma alternativa relevante e desejável para a destinação de parte dos efluentes produzidos em muitos municípios é o reuso de águas residuais para irrigação de espécies de plantas específicas (AYERS, 1991). A água de irrigação tem sido destacada em diversas partes do mundo como um importante veículo de microorganismos patogênicos na produção primária de vegetais folhosos. Sendo assim, torna-se necessário realizar tratamentos de desinfecção eficazes para assegurar a qualidade microbiológica da mesma (WHO, 2006).

• Parâmetros de reuso da água na agricultura

Há poucas regulamentações sobre água de reuso com parâmetros de qualidade sanitária no Brasil, o que dificulta a utilização deste recurso hídrico com segurança no território. A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005, estabelece diretrizes, modalidades e critérios gerais para regulamentar e estimular a prática de reuso direto não potável de água, em todo território nacional. Esta normativa não traz os parâmetros de qualidade para reuso agrícola, ela apenas estabelece a modalidade de utilização de água de reuso na agricultura (ANA, 2009).

A Portaria Consolidada (PCR) nº 5/2017 do Ministério da Saúde que se refere à consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

Há no Brasil apenas normativas de alguns estados que contém os parâmetros de qualidade microbiológicos, físicos e químicos de água de reuso para a agricultura, são as seguintes: Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) do Ceará de 2017 (CEARÁ, 2017). Resolução Estadual do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) da Bahia nº 75 de 2010 (BAHIA, 2010) e a Portaria Consolidada (PCR) nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

Na Resolução do Conselho Estadual do Ceará, os parâmetros estabelecidos para reuso externo para fins agrícolas e florestais são: Coliformes termotolerantes: Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a

água de irrigação, não pode ser detectado coliformes termotolerantes (ausência) (CEARÁ, 2017).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que instituiu a Resolução nº 357/2005 tem como principal fonte de estudo a qualidade da água e dispõe sobre diretrizes para a delimitação de águas superficiais, além de estabelece padrões de lançamento de efluentes, classificando as águas doces, salinas e salobras, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes (BRASIL, 2005).

Dentre as normativas e portarias brasileiras citadas, a Tabela 1 nos mostra os valores máximos permitidos de potabilidade da água para irrigação irrestrita na agricultura:

Tabela 1. Limites máximos de parâmetros para irrigação baseado nas legislações brasileiras.

Parâmetros	Valores Máximos Permitidos (VMP)		
	RES BA, 2010	RES CE, 2017	PCR 5, 2017
Cloro livre mg/l	ND	ND	5,0
Condutividade elétrica µS/cm	ND	3000	ND
pH	ND	6,0-8,5	7
Turbidez	ND	>7,0	>9
Fluoreto mg/l	1,0	ND	1,0
Cloreto mg/l	100-350	ND	250,00
Nitrato mg/l	ND	ND	10,00
Nitrito mg/l	ND	ND	1,0
Sulfato mg/l	ND	ND	250,00
Cobre mg/l	0,20	ND	2,0
Cromo mg/l	0,10	ND	0,05

Tabela 1: Fonte: RES BA = Resolução Estadual da Bahia nº 75/2010; RES CE = Resolução Estadual do Ceará nº 2/2017; PCR 5 = Portaria de Consolidação número 5 de 2017 (controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (origem: prt ms/gm 2914/2011- Ministério da Saúde)).

Moura et al. (2020) chegaram à conclusão que a falta de legislação rigorosa é um desafio para a aplicação da água de reúso no Brasil, devido à inexistência de orientações técnicas para a implantação dos sistemas de reúso e sua fiscalização, com isso, para a utilização da água de reúso na agricultura é fundamental a criação de legislação de nível nacional, para se sejam cumpridas pelos gestores e para evitar riscos à saúde humana e ambiental.

1.2.6 Coberturas do solo e conservação da água

Com o surgimento do polietileno (PET) em 1933 e do cloreto de polivinila (PVC) em 1941, iniciaram-se as pesquisas para utilização destes materiais na cobertura do solo (NESMITH *et al.*, 2002). Esta técnica utilizando filme de polietileno só ganhou repercussão no Brasil no início dos anos 70 na cultura do morango em São Paulo (GOTO, 1997), e, além do baixo custo de instalação, do fácil manuseio e da maior durabilidade, foi observado que a cobertura plástica do solo promovia aumento na retenção de umidade, mantinha a temperatura do solo mais constante, conservava a estrutura do solo, reduzia a lixiviação de adubos corretivos, dispensava capina ou a aplicação de herbicidas, protegia os frutos do contato direto com o solo e aumentava a precocidade das colheitas (SPICE, 1959; SALVETTI, 1995).

Os filmes polietileno normalmente utilizados na agricultura como cobertura, apresentam baixa permeabilidade aos gases e vapores de água. Isto faz com que as perdas de umidade por evaporação sejam extremamente reduzidas nos solos com cobertura plástica, aumentando a eficiência de utilização de água (BMARTINEZ, 1999).

Em regiões que possuem pouca disponibilidade de água, a cobertura plástica do solo permite a utilização de turnos de regas mais longos, tornando-se um benefício importante (MAKISHIMA & MIRANDA, 1992). É fundamental que a cobertura plástica conserve a umidade próxima à superfície do solo, forçando as raízes a se concentrarem na camada mais aquecida e mais fértil do perfil, sendo que tal fato pode explicar o rápido crescimento e maior vigor das plantas cultivadas sob cobertura plástica (KNAVEL & MOHR, 1967).

O “*mulching*”, técnica eficiente de cobertura do solo, passou a ser utilizada mundialmente em grande escala com o surgimento dos filmes plásticos, além de outras vantagens que trazem aos cultivos, as mais atrativas são o seu baixo custo e

a facilidade na aplicação (WHO, 2006), o seu emprego na cultura do morango é uma prática antiga no território brasileiro (GOTO, 1997). Biscaro *et al.* (2005), afirmam que o uso da cobertura na superfície do solo é uma prática eficiente que combate as plantas daninhas, enriquecendo o solo melhorando sua estrutura física e química e realizando a manutenção da matéria orgânica. Souza & Resende (2003) afirmam que a diminuição da erosão, as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, que gradativamente criam condições ótimas para o crescimento radicular, são influenciadas positivamente por meio da cobertura do solo.

. O movimento da água no solo depende da temperatura, que por sua vez é bastante influenciada pela cor da cobertura plástica utilizada e os diferentes tipos de filmes plásticos comerciais apresentam, em geral, a mesma capacidade de conservação da água no solo, sendo assim a escolha da cobertura depende da finalidade do cultivo e das condições edafoclimáticas da região (MIRANDA, 1992).

- **Tipos de coberturas do solo**

Baker *et al.* (1998) afirmam que a cobertura do solo pode melhorar a eficiência do uso da água e a absorção de fertilizantes e reduzir perdas de nutrientes por lixiviação. Principalmente fora do Brasil, o uso de *mulching* vem sendo utilizado na agricultura frequentemente. Em hortaliças, o uso de cobertura plástica é associado à ganhos consideráveis tanto na produção como na diminuição dos custos de produção (OROZCO-SANTOS *et al.*, 1995). Outro aspecto a ser considerado no uso da cobertura plástica é a menor variação de temperatura do solo normalmente observada ao longo do dia (SAMPAIO, 1999). Esse fato pode ser importante para redução do estresse da planta (HALE & ORCUTT, 1987).

Diversos estudos demonstram que os resultados de produtividade variam de acordo com os materiais de cobertura empregados e com as condições climáticas em que a cultura está sendo conduzida. Segundo Reis *et al.* (2005), diferentes tipos de plásticos são utilizados para cobertura dos solos, como prateado (dupla-face), filmes pretos, cinza, marrom, branco, verde, amarelo e transparentes. Com a utilização do filme preto o aquecimento do solo é menor, gerando um menor gradiente de temperatura e, conseqüentemente, menor movimento da água no solo (GARNAUD, 1974).

Por outro lado, as coberturas do solo que possuem cores que refletem os raios solares podem reduzir a temperatura do solo e beneficiar as plantas cultivadas em ambientes de alta intensidade solar e temperaturas mais elevadas (ABDUL-BAKI *et al.*, 1992). Os filmes prateados tem a capacidade de transmitir pouca energia aos solos, estes refletem a maior parte dos raios solares e é considerado um dos materiais sintéticos mais adequados para regiões quentes, como é o caso da região Nordeste do Brasil (SGANZERLA, 1995).

Além disso, é possível ainda que o uso de *mulching's* que permitam a elevação da temperatura do solo permita também uma intensificação desses processos naturais de desinfecção, além de impedir o contato da parte aérea das plantas com o efluente tratado, uma vez que a mangueira utilizada para o gotejamento se encontra abaixo do plástico (BRAGA, 2014).

De acordo com Quezada Martin *et al.*, (1995) o aumento da temperatura do solo sob cobertura de polietileno transparente e preto, aumenta a solubilidade dos íons essenciais tornando-os disponíveis para os vegetais e aceleram a decomposição da matéria orgânica liberando os nutrientes para as plantas. A cobertura plástica atua como uma barreira mecânica protegendo a planta contra algumas pragas e doenças que passam parte do seu ciclo evolutivo no solo (CLARKSON, 1960; PHENE, 1989).

A cobertura mais comumente utilizada na agricultura atualmente é o filme de polietileno, mas o uso de materiais de origem vegetal como palhadas, raspas de madeira, restos vegetais de carnaúba também são eficiente (QUEIROGA *et al.*, 2002). Por proporcionar aumento da produção, a utilização de restos vegetais como cobertura morta do solo em culturas como a rúcula também é uma alternativa viável (SOLINO *et al.*, 2010).

Em estudos realizados na cultura do alho, Filgueira Neto (1991) afirma que um solo com proteção superficial será mais equilibrado em umidade e a cobertura do solo com plástico cria barreira física a evaporação da água e reduz a interceptação dos raios solares pelo mesmo, fatores responsáveis por sua maior umidade e menor temperatura.

Além disso, disponibilidade de nutrientes, o aumento da biomassa microbiana, a maior economia de água, a diminuição da infestação de plantas espontâneas são outros benefícios da cobertura do solo sobre a produtividade das culturas. (MOTA *et al.*, 2010)

Andrade (2005) afirma que a busca por técnicas sustentáveis que aumentem a produtividade das culturas com o uso racional dos recursos é cada vez mais intensa, e agricultores preocupam-se em investir cada vez mais em tecnologias para ampliar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto.

Sendo assim o uso de coberturas pode ser uma forma de minimizar os problemas no solo, tornando-o mais produtivo e também proporcionando uma maior produção e qualidade de hortaliças.

1.2.7 Planta indicadora

A alface (*Lactuca sativa*) foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI e faz parte da família *Asteraceae*, tem origem Asiática e Mediterrânea, ela é considerada uma das plantas folhosas mais consumidas no Brasil, cujas folhas estão presas a um pequeno caule. As folhas diferem-se em crespas e lisas, soltas ou em formato de roseta, que de acordo com a cultivar tem um espectro variado de cores, desde diversos tons de verde até o roxo (AZEVEDO FILHO, 2017; MALDONADE *et al.*, 2014).

Manter a qualidade e a regularidade na produção dessa hortaliça são práticas difíceis de serem mantidas, visto que a planta da alface é muito sensível às condições ambientais. A incidência de altas temperaturas, os verões chuvosos e temperaturas extremamente baixas são exemplos de adversidades climáticas que prejudicam sua produção regular (FIALHO, 2013). Altas temperaturas promovem o alongamento do caule e pendoamento precoce, o que torna as folhas amargas e leitosas, prejudicando também a formação de cabeças comerciais, perdendo assim o valor comercial (RESENDE *et al.*, 2015).

A busca por soluções que sejam eficientes para o cultivo da alface é cada vez mais frequente, visto que é uma hortaliça originalmente de clima temperado, porém se desenvolve muito bem em condições tropicais e subtropicais. A adaptação da alface em locais de temperatura e luminosidade elevadas tem prejudicado o seu desenvolvimento, o que impede que expressem seu potencial genético. (CARVALHO *et al.*, 2014). Na região Nordeste, o cultivo dessa hortaliça limita-se a pequenas áreas, utilizando-se cultivares pouco adaptadas às condições climáticas da região, contribuindo para o florescimento precoce e baixa produtividade (GOMES, 2014).

A prática de conservação pela qual se aplica materiais orgânicos ou inorgânicos propícios para cobrir o solo, buscando melhorar a produtividade e a qualidade das plantas, é uma das diversas técnicas que foram incorporadas ao cultivo de hortaliças nos últimos anos. O uso de cobertura morta no solo ou uso de ‘*mulching*’ tem-se tornado essencial para contribuir com a sustentabilidade no cultivo (BLIND e SILVA FILHO, 2015). O seu uso corresponde é capaz de promover uma cobertura espessa sobre o solo, por meio do emprego de diversos materiais como capim, casca, bagaço, palha, ou até mesmo, cascalho, papel e filmes de polietileno e sua utilização tem efeito positivo no cultivo da alface, favorecendo o crescimento de cabeças, folhas e caule, ajudando na produtividade total comparado com a produção em solo descoberto (KHAZAEI *et al.*, 2013).

Além disso, Kosterna *et al.* (2014) afirmam que a cobertura de solo vem sendo frequentemente utilizada por permitir o controle de plantas invasoras com eficiência e por proporcionar melhores condições de cultivo em relação ao solo descoberto pois reduz as oscilações de temperaturas e a evaporação de água na superfície do solo. Seja com material orgânico ou sintético, os benefícios das coberturas de solo no cultivo de alface à campo têm sido narrados por vários autores e, também, em outras culturas como pimentão, arroz, cenoura, tomate, batata yacon e melão, que observaram nos resultados o aumento da produtividade (BENINCASA *et al.*, 2014; BLIND e SILVA FILHO, 2015).

A produção de hortaliças é uma atividade que possui grande importância econômica e a mesma se encontra em expansão no país (VICENTE, 2022).

Segundo MAROUELLI *et al.* (1996), é visível a procura de alimentos mais saudáveis pelos consumidores, isso por que as hortaliças são importantes fontes de vitaminas e sais minerais, sendo a Alface e o Repolho as hortaliças mais procuradas e mais consumidas no BR. Ainda segundo o mesmo autor as hortaliças têm seu desenvolvimento diretamente afetado pela umidade do solo, sendo a deficiência da mesma considerado o fator mais limitante, todavia o seu excesso também pode vir a se tornar um problema no cultivo das mesmas.

As condições ambientais influenciam diretamente no desenvolvimento, a alface é muito exigente em água e a faixa de temperatura ideal varia de 15,5 °C a 26,6 °C, porém seu pleno desenvolvimento se dá entre a faixa de 15,5 °C e 18,3 °C.

(SANDERS 2013; SANTOS 2016). Se desenvolve bem em pH em torno de 6,0 a 6,8, responde bem a adubação orgânica (SANTOS, 2011).

O uso de água de má qualidade na irrigação culmina em contaminação direta por patógenos, enquanto a contaminação química é, em sua maioria, proveniente da aplicação de defensivos agrícolas e, em menor proporção, da água utilizada na irrigação sendo que os limites de disponibilidade de água podem e irão variar de acordo com cada tipo de solo e suas propriedades físicas, como estrutura, textura, densidade, porosidade, podendo inclusive variar de acordo com o manejo adotado para cada tipo de solo (MATTOS *et al.*, 2019).

Dalmago et al. (2009), obtiveram como resultado de seu trabalho que o solo sob plantio direto possui uma maior disponibilidade de água para as plantas e conseqüentemente uma maior retenção da mesma no solo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Gerais

- Avaliar a qualidade sanitária da água de efluente doméstico tratada;
- Avaliar a produtividade da alface cultivada sob diferentes coberturas do solo.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO CIENTÍFICO

qualidade sanitária de efluentes domésticos tratados para reuso e seu efeito na produção de alface em diferentes coberturas de solo

Helenuccia Daniela da Paixão¹

Carlos Nick²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade sanitária da água de reuso tratada para uso na agricultura e avaliar a produtividade de alface crespa roxa, cultivada sob diferentes coberturas do solo. Para realização do ensaio, foram coletadas amostras de água de efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgoto e amostras de água provenientes do córrego de abastecimento da Unidade de Pesquisa Embrapa Hortaliças. Os seguintes parâmetros foram analisados para verificação da qualidade da água: contagem de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli* e *Salmonella*), condutividade elétrica, pH, turbidez; concentrações de cloro livre, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, cobre e cromo. A variável massa de matéria fresca por planta foi analisada para avaliar a produtividade. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados dois tipos de água: água de reuso tratada e água do córrego. Dentro das parcelas foram distribuídos, aleatoriamente, quatro tipos de cobertura do solo: solo nu, palhada de milho, *mulching* preto e *mulching* prata dupla-face, totalizando 24 subparcelas experimentais. Para realizar as avaliações de produtividade, foram coletadas 10 plantas de cada subparcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de significância, e quando pertinente realizou-se o teste de *Tukey*. Avaliando a qualidade sanitária da água de reuso tratada, as contagens de Unidades Formadoras de Colônia (UFC/ml) de Coliformes Totais mostraram ausência de *E. coli* e *Salmonella*, tanto na água de reuso quanto na água do córrego e na alface cultivada. Em todas as amostras de água de reuso analisadas, os parâmetros condutividade elétrica, pH, turbidez, as concentrações de cloro livre, fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, cobre e cromo estavam de acordo com o padrão de potabilidade descrito na Portaria de

¹ Acadêmica do curso de pós graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

² Professor orientador do DAA, Universidade Federal de Viçosa.

Consolidação do Ministério da Saúde. O tratamento da água de reuso foi eficaz, uma vez que a amostra de água tratada apresentou ausência de coliformes e concentrações químicas abaixo do valor permitido por lei. Os resultados da ANOVA apontaram que não houve interação significativa entre os fatores estudados. Ao aplicar o teste de *Tukey*, avaliou-se que os dois tipos de água são iguais estatisticamente. Analisando separadamente o fator coberturas, observou-se que a cobertura do solo *mulching* preto foi superior aos demais, obtendo as maiores médias de produtividade da alface. O presente estudo demonstrou que, se a água de reuso estiver dentro dos padrões de qualidade sanitária, esta representa uma fonte de água segura e sustentável para irrigação da agricultura. E as coberturas do solo são componentes que auxiliam a manter a conservação da umidade, e consequentemente, aumento de produção.

Palavras-chave: Efluente doméstico, reuso agrícola, água residuária, produção de hortaliças.

Introdução

O Brasil tem vivenciado, nos últimos anos, um aumento expressivo na ocorrência de eventos de seca. Na região nordeste, por exemplo, ocorreram 78 % mais eventos de seca entre 2015 e 2017 que a média histórica. Diferentes estados como o Distrito Federal, Minas Gerais e São Paulo também experimentaram recentemente importantes crises hídricas, com forte potencial para impactar negativamente as atividades agrícolas (ANA, 2018). O fenômeno citado tornou-se uma problemática de regiões semiáridas, áridas e de outras regiões brasileiras que possuem recursos hídricos sazonalmente abundantes, porém são insuficientes para satisfazer altas demandas de consumo (HESPANHOL, 2002).

Os recursos hídricos representam um problema ambiental de difícil solução, visto que a água torna-se se cada vez mais escassa, apesar da sua importância global (FAO, 2011). O Brasil aparece em 26º posição relacionado à disponibilidade hídrica social, porém é responsável por apresentar uma das maiores do mundo e possui 12% das reservas de água doce mundial, mas ainda enfrenta diversos problemas por não ter implantado políticas de uso sustentável e racional da água (ANA, 2009). O setor da economia que mais consome água doce no Brasil é a agricultura, dentre os 12% de água doce disponíveis, 69% é da irrigação, 12% dos animais, 10% das zonas urbanas, 7% das indústrias e 2% da zona rural (ANA, 2009).

Levando em consideração a escassez de água, diversos países têm optado pelo aproveitamento de águas residuárias de origem urbana na agricultura, devido ao elevado consumo para fins agrícolas (METCALF & EDDY, 1991). Carvalho et al. (2014) afirmam que o uso de estratégias tecnológicas e fontes alternativas de água pode ser uma forma de amenizar os problemas de disponibilidade de água potável e diminuir a sua demanda, além de promover o aproveitamento de água pluvial, o reuso de águas e a instalação de componentes economizadores.

Almeida (2013) acredita que a utilização da água de reuso seja uma estratégia importante para alcançar a sustentabilidade, e além disso, a procura por diferentes fontes de água para uso na agricultura faz com que a água doce utilizada seja substituída gradativamente, podendo utilizar como fonte alternativa os efluentes de esgotos domésticos tratados. Visando o aproveitamento de água na agricultura, o

tratamento de esgoto domésticos compõe uma excelente alternativa de reuso. (SOUSA *et al.*, 2001).

A dependência da disponibilidade de água para o crescimento e desenvolvimento da agricultura, torna a água o recurso natural mais importante a ser conservado no mundo. O cultivo de plantas em áreas irrigadas tem permitido aumentar a produtividade nessas áreas, as novas tecnologias utilizadas para esse aumento e o suprimento das mesmas deve ser aplicado em momentos oportunos. (BROWN *et al.*, 2000).

Com o passar do anos, aumenta-se a intensidade da busca por técnicas, que elevem a produtividade e qualidade das culturas com uso racional dos recursos disponíveis, sendo que o principal objetivo da agricultura é investir cada vez mais em tecnologias sustentáveis para ampliar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto (GASQUES *et al.*, 2016). Segundo Yanomoto (2002), uma alternativa viável para aumentar a produtividade de culturas é adotar técnicas conservacionistas de solo, como uso de “*mulching*”, associada ao uso de irrigação com água de boa qualidade.

Araújo *et al.*, (2003) afirmam que com o surgimento dos filmes de polietileno, levando em consideração o baixo custo e a facilidade de aplicação, a técnica de cobertura do solo passou a ser utilizada em grande escala mundialmente e algumas dessas práticas têm sido exploradas mais comumente com os objetivos de diminuir as oscilações de temperatura e reduzir a evaporação da água na superfície do solo. A utilização de cobertura com restos vegetais e com filme de polietileno são exemplos que oferecem proteção aos frutos, evitando o contato dos mesmos direto com o solo, permitindo o controle de plantas invasoras, aumenta a capacidade de atuar positivamente sobre a incidência de pragas e doenças além de obter precocidade na colheita (CASTELLANE,1995).

Segundo Mendes (2014), a agricultura é a responsável por cerca de 70% do consumo de água e a água de reuso tratada tem-se mostrado uma excelente fonte sustentável e alternativa para a sociedade quando mencionamos a escassez de água para o consumo humano.

De acordo com Oliveira *et al.* (2008) a cobertura vegetal dos canteiros de produção de hortaliças tem sido utilizada almejando a redução da evaporação da água na superfície do solo, além de permitir o controle da vegetação espontânea e diminuir as oscilações de temperatura do solo e ainda pode proporcionar a liberação de

nutrientes para a cultura após sua decomposição. Pensando na produção de hortaliças à campo, segundo a Associação Brasileira do Comercio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2013), a alface é atualmente a terceira hortaliça com maior volume de produção, movimenta todos os anos 8 bilhões de reais e tem uma produção de 1,5 milhões de toneladas ao ano ou 46,3% da produção de folhosas no Brasil é de alface.

De acordo com Pessoa et al. (2021), a disponibilidade de água influencia diretamente no desenvolvimento de todas as espécies de plantas, bem como das hortaliças, sendo que essas têm como principal fator limitante para seu desenvolvimento a umidade do solo, já que necessitam de uma elevada disponibilidade da mesma. Levando em consideração a produtividade e qualidade, principalmente em uma produção para larga escala, a deficiência de água é um dos fatores mais limitantes.

Segundo Pimentel (2005) a água continua sendo o fator mais importante para o desenvolvimento das plantas e da distribuição das mesmas no planeta, isso porque além dos processos bioquímicos, esta é responsável por 90% do teor de água celular na maioria dos tecidos vegetais, podendo chegar em 95% em plantas herbáceas como a alface, importante salientar que abaixo de 75% de teor de água ocorre mudanças estruturais na planta e em último caso pode ocorrer a morte das mesmas. Ela ainda atua como veículo de transporte de nutrientes, que são absorvidos e conduzidos geralmente para a parte aérea, assim como produtos orgânicos da fotossíntese (REICHARDT, 1996; TAIZ & ZEIGER, 2002), transpiração e respiração da planta, na abertura dos estômatos, bem como na manutenção da turgescência celular, que é essencial para o aumento do volume e o crescimento vegetal.

Conforme o exposto, fica evidenciada a necessidade do desenvolvimento e aplicação de técnicas que proporcionem o uso racional da água. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade sanitária da água de efluente tratado para reuso na agricultura e avaliar seu efeito na produtividade de alface roxa cultivada sob diferentes coberturas do solo, como prática conservacionista e fitossanitária.

Material e Métodos

Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na unidade experimental da Embrapa Hortaliças no Distrito Federal, no município de Gama, sob as coordenadas geográficas de 15°55'48" de latitude Sul e 48°08'39" de longitude Oeste, a uma altitude de 1.003 metros.

Preparo inicial da área experimental

O preparo do solo foi realizado por meio de máquinas. As operações realizadas foram, uma aração de até 0,20 metros de profundidade e uma enxada rotativa, de modo que o terreno foi destorroado e limpo. Procedeu-se em seguida o confeccionamento dos canteiros com o auxílio de enxada, enxada e rastelo.

As dimensões dos canteiros foram de aproximadamente 0,60 m por 1,60 m (largura e comprimento), de modo que os canteiros conseguiram receber duas linhas de plantas com espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,20 m entre linhas.

Água utilizada

O experimento foi realizado utilizando-se duas fontes distintas de água, sendo uma água residuária tratada com filtros distintos em cada etapa de tratamento e outra proveniente do sistema de abastecimento local.

A água residuária utilizada no experimento, oriunda da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Unidade Experimental da Embrapa Hortaliças, foi usada para irrigação das plantas no sistema de gotejamento.

Para tratar o efluente utilizado na irrigação, foi adotado um sistema composto por seis filtros distintos (Figura 1). As seis caixas com os filtros foram conectados em série por um tubo rígido de PVC, mantendo assim o fluxo da água no sentido vertical e descendente (Figura 2).

Figura 1 - Disposição do sistema de tratamento de água residuária

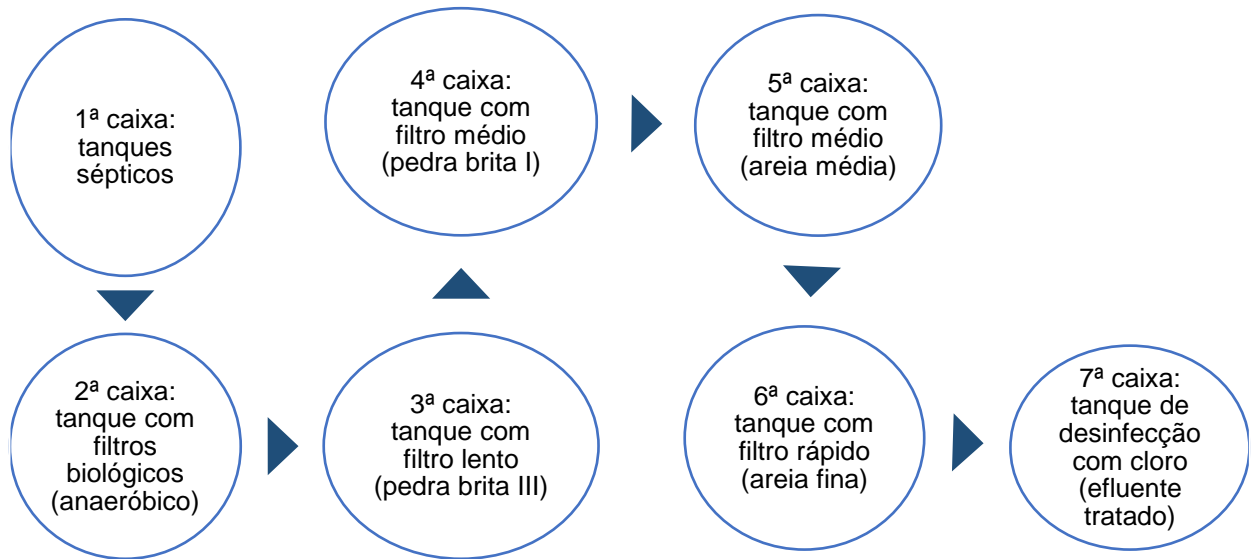


Figura 2 - Sistema de tratamento de água residuária instalado na unidade EMBRAPA Hortaliças, Distrito Federal.



Figura 2: 1ª caixa: tanques sépticos; 2ª caixa: tanque com filtros biológicos (anaeróbico); 3ª caixa: tanque com filtro lento (pedra brita III); 4ª caixa: tanque com filtro médio (pedra brita I); 5ª e 6ª caixas: tanque com filtro médio e rápido (areia média e areia fina) e 7ª caixa: tanque de desinfecção com cloro (efluente tratado).
Fonte: a autora, novembro 2021, Distrito Federal.

A ETE foi dimensionada considerando-se uma simulação/protótipo visando ao atendimento de parâmetros de qualidade do efluente tratado com o objetivo de reutilizá-lo na agricultura de base familiar. Foram utilizados efluentes retirados da última caixa coletora da estação de tratamento, ou seja, água de

efluente tratada pelas demais etapas da ETE para a irrigação. Para as análises físicas, químicas e microbiológicas, as amostras de água foram coletadas em potes de vidro âmbar de 500 mL e armazenadas em geladeira até o momento das análises.

Delineamento e condução do experimento

O experimento foi realizado entre os meses de maio de 2021 e outubro de 2021 com o cultivo da hortaliça *Lactuca sativa* var. *crispa*, popularmente chamada de alface crespa roxa. Avaliou-se a produtividade das plantas de alface cultivadas sob diferentes tipos de água e 4 tipos de coberturas do solo. As mudas foram adquiridas na empresa especializada em produção de mudas Brasplant® Comercio de Plantas Industria LTDA.

O delineamento adotado no experimento foi de blocos casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram alocados dois tipos de água: água de reuso tratada e água do córrego, totalizando 6 parcelas. Dentro das parcelas foram distribuídos, aleatoriamente, quatro tipos de cobertura do solo: solo nu, palhada de milho, *mulching* preto e *mulching* prata dupla-face, totalizando 24 subparcelas experimentais.

Cada subparcela possuía 30 furos espaçados em 30 centímetros, nas quais as mudas de alface foram transplantadas. Para realizar as avaliações de produtividade, foram coletadas 10 plantas de cada subparcela e utilizou-se uma balança de precisão para verificar a massa de matéria fresca das plantas.

Os tratos culturais, como controle de plantas indesejadas e aplicação de defensivos agrícolas, visando manter a área livre de ervas daninhas, pragas e doenças, foram realizados conforme havia necessidade.

Os dados da cultura obtidos após o cultivo foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de significância, e quando pertinente realizou-se o teste de *Tukey*.

Parâmetros Avaliados

Durante a fase experimental, foram analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos citados a seguir (Tabela 2):

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da água avaliados

Parâmetro	Unidade
Condutividade Elétrica (CE)	$\mu\text{S cm}^{-1}$
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
Turbidez	UNT
pH	-
Cloro Livre	mg L-1
Fluoreto	mg L-2
Cloreto	mg L-3
Nitrato	mg L-4
Nitrito	mg L-5
Sulfato	mg L-6
Cobre	mg L-7
Cromo	mg L-8
Coliformes Totais	UFC/ml

Fonte: Portaria de Consolidação número 5, Ministério da Saúde, Brasil 2017.

Durante o período de 15 de maio a 31 de setembro de 2021 foram realizadas vinte amostragens da água residuária tratada e 20 amostragens da água de abastecimento. O ponto de amostragem no sistema de tratamento de água residuária foi retirado da saída da última caixa armazenadora.

- **Análises dos parâmetros físicos e químicos**

As amostras de água de reuso coletadas para as realizações do estudo foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da EMBRAPA Hortaliças.

Os parâmetros físicos e químicos avaliados nas amostras de água de reuso foram: condutividade elétrica, ph, turbidez, nitrogênio nitrato, nitrogênio nitrito, cloretos, fluoreto, cloro residual livre e sulfato. Em campo, as amostras de água de reuso tratada coletadas da última caixa foram analisadas utilizando-se sondas próprias para esse fim: medidor multiparâmetro.

Foram retiradas alíquotas das amostras do efluente tratado e da água do reservatório para realizar a leitura da concentração dos compostos, utilizando o equipamento próprio para esse fim: fotômetro multiparâmetro Micro 20 AKSO®.

Este equipamento analisa no mesmo instrumento mais de 30 parâmetros da água com rapidez e praticidade, utiliza reagentes depositados em tiras de papel e realiza as medições em célula integrada ao instrumento.

Os resultados das análises físicas e químicas foram comparados com as normatizações que possuem padrões dos parâmetros estudados. Por isso foram utilizadas como referências as normatizações estaduais brasileiras - Resolução estadual do Ceará nº 2/2017 (CEARÁ, 2017), e Resolução Estadual da Bahia nº 75/2010 (BAHIA, 2010) e a Portaria Consolidada (PCR) nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

- **Análises dos parâmetros microbiológicas**

Após a coleta de água de reuso foi realizada análise microbiológica - níveis de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (EC). As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da Embrapa Hortaliças, localizado na cidade Gama, no Distrito Federal. A quantificação microbiológica foi realizada por unidades formadoras de colônia (UFC) por mL de água de amostra analisada.

Foram retiradas alíquotas das amostras do efluente tratado quinzenalmente para realizar contagens de Micro-organismos do grupo coliformes totais e *E. coli* e utilizou-se placas Petrifilm™ 3M. Para contagem de *Salmonella* utilizou-se kit Tecra™ 3M.

Os kits foram incubados a 35 °C por 24 h. Após a incubação, foi feita a leitura dos resultados, sendo que, havendo presença de *Escherichia coli*, o meio ficaria com coloração azul/violeta e os coliformes totais com coloração salmão/avermelhado.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no software Sisvar 5.6, as médias de produtividade da hortaliça *Lactuca sativa* var. *crispa* foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de significância, e quando pertinente realizou-se o teste de *Tukey*. Os resultados obtidos foram apresentados e interpretados por meio de tabela e gráfico.

Resultados e discussão

Análises físicas e químicas das amostras da água

Os dados do presente estudo demonstraram através das análises físicas e químicas que os tratamentos da água de reuso foram eficazes, tendo em vista que a

amostra de água tratada apresentou valores abaixo dos máximos permitidos, como demonstrado na Tabela 3:

Tabela 3 – Média dos resultados físicos e químicos das amostras de água e os valores máximos permitidos (VMP) para qualidade sanitária e as normativas vigentes da Bahia, Ceará e PCR 5/2017.

Parâmetros	Dados das amostras		VMP			
	Água de Reuso tratada	Água do Córrego	RES BA, 2010	RES CE, 2017	PCR 5, 2017	PC
Cloro livre mg/l	0,15	0,19	N	N		5,0
Condutividade elétrica μ S/cm	620	112	N	3000		ND
pH	7,0	7,0	N	6,0-8,5		7
Turbidez		8	N	>7,0		>9
Fluoreto mg/l	0,46	0,49	1,0	N		1,0
Cloreto mg/l	92,3	12	100-350	N		25
Nitrato mg/l	10,8	5,0	N	N	10,00	
Nitrito mg/l	0,61	0	N	N		1,0
Sulfato mg/l	25,8	12,4	N	N		25
Cobre mg/l	0	0	0,20	N		2,0
Cromo mg/l	0	0	0,10	N		0,0

Tabela 3: RES BA = Resolução Estadual da Bahia nº 75/2010; RES CE = Resolução Estadual do Ceará nº 2/2017; PCR 5 = Portaria de Consolidação número 5 de 2017 (controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (origem: prt ms/gm 2914/2011- Ministério da Saúde)). ND - Não descritos valores máximos permitidos do parâmetro para reuso agrícola. Fonte: autora; julho 2022

Os resultados físicos e químicos mostraram que os níveis dos parâmetros pH, condutividade e turbidez o estavam de acordo com os Valores Máximos Permitidos estabelecidos pela Resolução do Ceará nº 2/2017 e pela PCR 5/2017. As amostras de água de reuso tratada clorada foi caracterizado como própria quanto ao nível de

turbidez para fins agrícolas, estando dentro do limite permitido.

A condutividade elétrica da amostra da água de reuso tratada clorada apresentou valor regular de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estando dentro do VMP segundo a normativa do Ceará (2017), que estabelece limite de até 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A amostra de água de reuso tratada foi caracterizada como própria para o parâmetro de nitrogênio nitrato, com nível de 20 mg/L, abaixo do valor padrão recomendado pela normativa que estabelece limite de até 30 mg/L de nitrato.

Em todas as amostras de água de reuso analisadas, os parâmetros nitrito e sulfato estavam de acordo com o padrão de potabilidade descrito na Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017), indicando, portanto, ser própria para a agricultura também.

O parâmetro sulfato, em todas as amostras esteve de acordo com o valor máximo permitido estabelecido para potabilidade, que estabelece um limite de até 250 mg/L, indicando ter boa qualidade também para a agricultura.

Para a produção e utilização de água de reuso para a agricultura no Brasil, é fundamental a criação de leis fundamentadas, contendo formas de tratamento, parâmetros de qualidade sanitária tanto físico-químicos como bacteriológicos, para que em todo território brasileiro os governos pudessem cumprir. Com isso, as análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água de reuso e do córrego demonstraram que todos parâmetros estavam de acordo as Portarias citadas.

Análises microbiológicas das amostras de água

Os dados do presente estudo demonstraram através das análises microbiológicas que os tratamentos da água de reuso clorada foram eficazes, tendo em vista que a amostra de água tratada apresentou ausência de coliformes termotolerantes, como demonstrado na Tabela 4:

Tabela 4 - Análises bacteriológicas das amostras de água de reuso tratada e da água do córrego e os respectivos valores máximos permitidos:

Bactérias (UFC/ml)	Água reuso tratada	Água córrego	VMP RES Ceará 2017	VMP RES Bahia 2010
Coliformes totais	0,8	1,9	4,6	100
<i>E. Coli</i>	Aus	Aus	Ausência	10

<i>Salmonella</i>	Aus	Aus	Ausência	10
-------------------	-----	-----	----------	----

Tabela 4: Resultado das análises microbiológicas da água. Fonte: Laboratório de Microbiologia/Embrapa Hortaliças; novembro 2021, Distrito Federal.

A amostra de água de reuso clorada apresentou 0,8 UFC/ml de coliformes totais, apresentando-se própria para reuso segundo a Norma NBR nº 13.969/97.

As análises bacteriológicas mostraram que tanto a amostra de água de reuso tratada, retirada da última caixa de desinfecção e filtragem, como a amostra retirada do reservatório, apresentaram baixa contagem de UFC/mL de coliformes totais e ausência de coliformes termotolerantes, ou seja, as amostras de água de reuso tratada e a água do córrego mantida em reservatório suspenso estavam com qualidade própria, dentro do padrão de qualidade sanitária para reuso agrícola recomendado pelas Resoluções Estaduais citadas.

Resultados de produtividade e avaliação das coberturas do solo

Os resultados do teste F apontaram que não houve interação significativa entre os fatores Água (A) e Coberturas (C), e os dois tipos de Água avaliados são estatisticamente iguais, como demonstrado na Tabela 5:

Tabela 5 – Análise de variância

FATOR	PR OD
Água (A)	
Água reuso	27 13 a
Água córrego	23 10 a
Coberturas (C)	
Solo nu	1839 b
Palhada	2522 a b

<i>Mulching</i>		353
preto	5 a	
<i>Mulching</i>		2956
prata	a b	
A		0.2
	731	
C		0.0
	014	
A x C		0.8
	309	
<hr/>		
Média		264
	8	
CV (%)		26,
	22	
<hr/>		

Tabela 5: Resultado da análise de variância das médias de alface crespa roxa em função do tipo de cobertura e fonte de água utilizada para irrigação, teste F (5% sig). Fonte: a autora

Ao aplicar o teste *Tukey*, ($P < 0,05$) o fator Coberturas do solo foi analisado separadamente, como demonstrado na Figura 3:

Figura 3 – Produtividade de alface crespa roxa em função do tipo de cobertura:

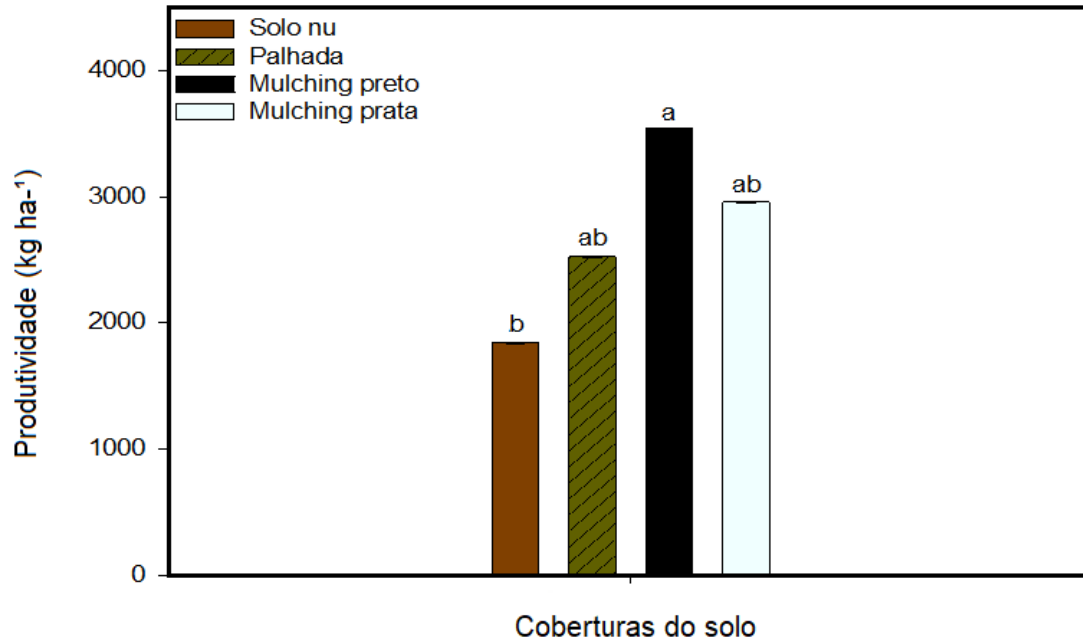


Figura 3 – Produtividade de alface crespa roxa em função do tipo de cobertura. As médias comparam os tratamentos de cobertura do solo. Fonte: a autora.

- **Análise do fator coberturas do solo**

Analisando os resultados de produtividade, observa-se que as coberturas do solo *mulching* preto e *mulching* Prata dupla face mostraram-se mais eficientes para essas variáveis, ou seja, produziu-se mais onde havia o *mulching* do que em comparação com as demais coberturas do solo.

Nos resultados observados por Andrade Júnior (2005), foram usados diferentes coberturas de solo no cultivo de alface, observou-se efeitos significativos do tipo de cobertura utilizado no canteiro, na qual onde havia cobertura com *mulching* a produtividade foi superior.

Souza e Resende (2003) concluíram que por meio do uso de coberturas, as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como a diminuição da erosão, criam condições ótimas para o crescimento radicular, o que pode ser explicado no presente estudo, visto que as maiores produtividades foram alcançadas onde foi utilizado algum tipo de cobertura no solo.

Nota-se que a produtividade das plantas cultivadas sob a palhada de milho obteve valores superiores comparadas com o solo nu. Concordando com Solino *et al.* (2010), na qual afirmam que a utilização de restos vegetais como cobertura morta

do solo em culturas como a alface também é uma alternativa viável, pois proporciona aumento da produção.

A produtividade das plantas cultivadas à solo nu difere estatisticamente das demais coberturas do solo, possivelmente, devido à competição com as ervas daninhas, exposição à intempéries e diversos fatores externos, concordando com os autores Biscaro *et al.*, (2005), nas quais afirmam que o uso da cobertura na superfície do solo é uma prática eficiente que combate as plantas daninhas, realizando a manutenção da matéria orgânica, influenciando positivamente as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como a diminuição da erosão, criando condições ótimas para o crescimento radicular.

A eficiência do uso de filmes de polietileno concorda com Locascio *et al.* (2005), eles chegaram à conclusão de que o rendimento produtivo de morangueiro foi favorecido significativamente pelos tratamentos com *mulching* preto e *mulching* prata e observaram aumento na produtividade. Além disso, em razão da sua forte capacidade reflexiva, os filmes opaco e prateado podem exercer efeito repelente sobre alguns insetos e aumentar a produção (Garnaud, 1974).

O presente estudo corrobora com Bragagnolo *et al.* (1990) na qual afirmam que a cobertura do solo pode reduzir a perda de água por evaporação, além de diminuir as oscilações da temperatura do solo e interferir positivamente no desenvolvimento das plantas. O emprego de coberturas traz vantagens como alteração do regime térmico do solo, conservação da água do solo, redução da perda de nutrientes por lixiviação, do controle de plantas invasoras, além da melhoria das qualidades físicas e químicas do solo, aumentando a produtividade da cultura (Fialho *et al.*, 1991).

Queiroga *et al.*,(2002) encontraram resultados positivos utilizando a bagana de carnaúba como cobertura morta no cultivo de pimentão, o que comprova que a utilização desse material e outros são viáveis para o cultivo de hortaliças e proporciona melhorias de cultivo, sendo uma das vantagens à proteção do solo e a capacidade de retenção de água, diminuindo assim a perda de água por evaporação desse solo deixando-a disponível em maior quantidade para as plantas.

3 Conclusão

De acordo com os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas

realizadas no estudo, a água de reuso tratada estava em condição sanitária própria para uso agrícola, de acordo com os parâmetros brasileiros.

Independente da origem do esgoto, sendo ele doméstico ou industrial, o tratamento do efluente tem capacidade de produzir água de reuso com qualidade para fins agrícolas, mas para isso é fundamental a criação de leis fundamentadas em estudos a fim de evitar danos à saúde humana e ambiental.

As coberturas do solo *mulching* preto e *mulching* Prata dupla face mostraram-se mais eficientes para produtividade, ou seja, produziu-se mais onde havia o *mulching* do que em comparação com as demais coberturas do solo, concordando com Blind e Silva Filho (2015), no qual afirmam que o uso de cobertura morta no solo ou uso de '*mulching*' tem-se tornado essencial para contribuir com o aumento da produtividade e sustentabilidade no cultivo.

4 Referências bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, 1998, 297p.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Água: fatos e tendências. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS)**. 2º Ed., Brasília: ANA, 2009. 29 p.

ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. p.225-230.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington D.C. USA, American Public Health Association, 1999.

ASAE – **American Society of Agricultural Engineers. Field evaluation of irrigation systems**. In: ASAE Standards, St. Joseph: ASAE, 1994. p.760-765. ABINT - Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos Técnicos. O que são os não tecidos. São Paulo, [200-?]a. Disponível em: . Acesso em: 25 abr. 2022.

AYERS, R. S.; WESTCOST, D. W. **Water quality for agriculture (Revised)**. Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper n° 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174 p.

BAKER JT; EARHART DR; BAKER ML; DAINELLO FJ; HABY VA. **Interactions of poultry litter, polyethylene mulch, and floating row covers on triploid watermelon**. *Hortscience*. v. 33: p. 810-813. 1998.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa. Projeto PROSAB. 2003, 264 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C.E.. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

BRAGA MB; RESENDE GMde; MOURA MSB; COSTA ND; DIAS, RCS; CORREIA, JS.; SILVA FZda. **Produtividade e qualidade do melão em função da cobertura do solo no Vale do São Francisco**. *Horticultura Brasileira*. v.27: S3939-S3945. 2009.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União. Brasília – DF, janeiro de 1997.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Propõe o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, p.6.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005** – Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília – DF, novembro de 2005a.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília – DF, março de 2005b.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Propõe o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, jan. 2001. Seção 1, p.6.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011** – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília – DF, maio de 2011.

BREGA FILHO, D.B.; MANCUSO, P.C.S. **Conceito de reuso de água**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos. (Ed.). *Reuso de água*. Barueri: Manole, 2003. p. 21-36.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. **Sinais vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro**. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation.** *Agricultural Water Management*, Amsterdam. v. 68, p.135–149, 2004.

CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z.; MEDEIROS, J.F.; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A.P.. **Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso.** *Ciência Rural*, v.37, p.58-63. 2007.

CAMARGO, M. S.; MELLO, S.C.; FOLTRAN, D. E.; CARMELLO, Q. A. C. **Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro.** *Bragantia*. 2008, vol.67, n.2.

CENED. Centro Nacional de Educação a Distância. Disponível em . Acesso em 20/08/2012. CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkler. Berkeley: California Agricultural Station. (Bulletin 670), 1942. 212 p.

CONERH. Resolução Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 75, de 29 de julho de 2010 – Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. *Diário Oficial da União*. Salvador – BA.

CROOK, J. Health aspects of water reuse in California. *Journal of ASCE Environmental Engineering Division*, v.104 (EE4), p.601-610, 1978.

DENARDIN, V.F. Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo, v. 14, n. 28, maio 2007.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Las necesidades de água de los cultivos. Roma: FAO, 1977. 194p. Riego y Drenaje, n.24.

DUARTE, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*). Piracicaba, 2006. 187 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em . Acesso em: 10/06/2022.

EPA. Guidelines for Water Reuse, EPA, 625/R. 1992.

FAO AQUASTAT: Base de dados. [<http://www.fao.org/ag/aquastat>] Roma, 2011.

FENT, K., WESTON, A. A., CARMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. ***Aquatic Toxicology***, v. 76, p. 122–59. 2006.

FENT K.; ESCHER C.; CAMINADA D. Estrogenic activity of pharmaceuticals and pharmaceutical mixtures in a yeast reporter gene system. ***Reproductive Toxicology***, v. 22, p. 175-185, 2006.

FERNANDES, A. N. et al. Remoção dos hormônios 17 β -estradiol e 17 α -etinilestradiol de soluções aquosas empregando turfa decomposta como material adsorvente. ***Química Nova***, v. 34, n. 9, p. 1526–1533, set. 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 421p . 2008.

- FONTENELLE, M.R.; Braga, M.B. (Ed.). *Mudanças climáticas e produção de hortaliças: projeções, impactos, estratégias adaptativas e mitigadoras*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2015. p. 17-32.
- FONTENELLE, M.R.; BRAGA, M.B. (Ed.). *Mudanças climáticas e produção de hortaliças: projeções, impactos, estratégias adaptativas e mitigadoras*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2015. p. 33-46.
- GOMES, E. P.; MARQUES, S. R.; CAMPOS, M. A.; BERTOLUCCI, A. C. F.; MATSURA, E. E. Avaliação da uniformidade de irrigação por gotejamento na cultura do tomate de mesa. In: Workshop Tomate na Unicamp: perspectivas e pesquisas. Campinas, 28 de maio de 2003.
- GOTO R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. *Horticultura Brasileira* v.15: 163-65, Suplemento 1997.
- GREGOIRE P. Los no tejidos y la protección de los productos hortícolas. *Horticultura Brasileira*. v.44: p. 61-64. 1989.
- HARUVY, N. *Resources, Conservation and Recycling*, Amsterdam, v.23, p.57-66, 1998.
- HAMADA, E. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.9, n.30, p.1201-1209, 1995.
- HENRIQUE, I. N. Tratamento de água residuária doméstica e sua utilização na agricultura. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente – Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2006, 123 p.
- HERNÁNDEZ, J.; ROMERO, L.; CASTILLA, N. Análisis comparativo del recimiento. In: Romero, L. (Eds.) *Valoración agronómica y análisis microclimático de la técnica de semiprotección de cubiertas flotantes sobre col china*. Imp. Plácido Cuadros S. L., Granada, Spain, 2003. p. 139-146.
- LANNA, A. E. A. economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. *Revista Estudos Avançados*. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.
- KARMELI, D.; KELLER, J. Evaluation of a trickle irrigation system. In: Congresso Internacional de Irrigação por Gotejamento, 2, 1974, Riverside. *Proceedings...* Riverside, 1974. 287-292 p.
- LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. Disponível em: . Acesso em: 26 abr. 2020.
- LOCASCIO SJ; GILREATH JP; OLSON S; HUTCHINSON CM; CHASE CA. 2005. Red and black mulch color affects production of Florida strawberry. *HortScience* 40: 69-71
- MALAVOLTA E.. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p 1980.

- MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento. *Irrigação Tecnologia Moderna*, n.22, p.21-25, 1985.
- MANTOVANI, E.C. *Avalia: manual do usuário*. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.
- MARSCHNER H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press. 889p 1995.
- MARQUELLI, W.A., SILVA, H. R. da. Aspectos Sanitários da água para fins de irrigação. Comunicado Técnico da EMBRAPA Hortaliças, Brasília, 1998. 7p
- MATOS, A.T. *Reuso de água na agricultura: estado da arte e perspectivas*. In: Braga, M.B.; Lima, C.E.P. (Ed.). *Reuso de água na agricultura*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. p. 109-129.
- MAZZOLA, M.; ROSTON, D. M.; VALENTIM, M. A. A. Leito cultivado ("constructed wetland") de fluxo vertical por batelada no tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina, set. 2003.
- MEDEIROS B. S. A. de F. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com água de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.234-238, 2005. METCALF, L.; EDDY, H. *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. 2 ed. Metcaf e Eddy Inc. New York: McGraw – Hill Inc., 1991. 1334 p.
- MIRANDA, T.L. Reuso de efluentes domésticos na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.), Porto Alegre: UFRGS, 1995, 111p. Dissertação Mestrado.
- MOURA, N. G.; LARANJEIRAS, T. O.; CARVALHO, A. R.; SANTÁNA, C. E. R. Composição e diversidade da avifauna em duas áreas de cerrado dentro do campus da Universidade Estadual de Goiás - Anápolis. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 1, 2005. 34-40 p.
- NASCIMENTO, I. B. *et al.* Desenvolvimento vegetativo do melão cultivado sob diferentes intensidades de preparo de solo com e sem *mulching*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza: SBEA, 2000.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. *Trickles irrigation for crop production* U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, Arizona - U. S. A., 1986. 383 p.
- NETO, S.A. Desempenho hidráulico de tubos de emissão em módulos de irrigação sob adubação por gravidade. CAMPINAS – SP, 2000.
- OROZCO-SANTOS M; PREZE-ZAMORA O; LOPEZ-ARRIAGA, O. Effect of transparent mulch on insect populations, virus diseases, soil temperature, and yield of cantaloup in the tropical region. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 23:199-204 1995.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. (Serie Informes Tecnicos, 78). Ginebra: OMS, 1989. 90 p.

RODRIGUES, Gardênia Silvana de Oliveira. Crescimento de tomate 'Mariana' em função dos diferentes tipos de coberturas do solo. Mossoró, UFERSA, 2010.53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010.

PAGANINI, W. S. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reuso de água. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, 2003, 339-401 p.

PIZARRO, F. C. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion, exudacion. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990. 471 p.

PONTES JÚNIOR, M. D. **Sucessão bacteriana durante o desenvolvimento de frutos de café (*Coffea arabica*)**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010.

PUIATTI, G. et al. Comparação dos métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA no estudo de divergência genética em acessos de alho. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n. 3, p. 275-279, 2014.

PEREIRA, M. S. et al. Decaimento de Bactérias do Grupo Coliformes em Solos com Cobertura Vegetal e Nu. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 22, n. 6, p. 575–582, 31 dez. 2014.

PRADO, T.; SATO M. I. Z. **Impactos das mudanças ambientais globais e desastres sobre a epidemiologia das doenças de veiculação hídrica no Brasil**. Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action. Chapter 15. Victor Marchezini, Ben Wisner, Luciana R. Londe e Silvia M. Saito (organizadores). Edição 1, 620 páginas. 2017.

PROLAGOS. Estação de tratamento de Água de Reúso (ETAR). Disponível em: <<http://www.prolagos.com.br/estacao-de-tratamento-de-agua-de-reuso-etar/>>. Acesso em: 18 março 2019. 2019.

RIBEIRO, T. A. P. *et al.* Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados de origem biológica em sistemas de irrigação por gotejamento, no município de Atibaia, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p. 450-456, 2005. Disponível em: . Acesso em: 05/06/2022.

SANDRI, D.; MATSURA E. E.; TESTEZLAF, R. Entupimento de gotejadores usando água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita. *Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, vol. 23, N. 2; 2003.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.11, n.1, p.17–29, 2007.

SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Suplemento Especial, n. 1, 2º Semestre 2006, 7 p.

SAMPAIO, R. A; FONTES PCR; SEDIYAMA C. S. Resposta do tomateiro a fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34: 21-30 1999. SEPIN – Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação. Disponível em: . Acesso em: 17 nov. 2009.

SGANZERLA E. Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos. 4 ed., Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 303p 1991.

SILVA, A.V.C.; SOUSA, C.B.R.; SANTOS, R.A. Absorção de nutrientes pela couveflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa, MG, v.3, p.1247-1248.

SILVA EC; MACHADO AS; SOUZA RJ; CALDERÓN JFT. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. Ciência Agrotecnologia. v.24: 917-923 2000.

SILVA, M. C. C. Crescimento, produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró 2002.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. 2005. p.311-348.

SMAJSTRA. D; Irrigação por gotejamento em batata, São Paulo: Disponível em : acesso em 03/08/2021.

SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. A. Aspectos técnicos da irrigação com águas de qualidade inferior. WORKSHOP USO E REUSO DE AGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS. Campina Grande, 2005.

SOUZA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; Corrêa, R. A. L.; Alencar, C. M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.1, p.186- 189, 2003.

SOUSA, J.T. *et al.* Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental., Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 107- 110, 2001.

STATE OF CALIFORNIA. Water Reclamation Criteria, An Excerpt from the California Code of Regulations, Title 22, Div. 4. Environmental Health, Department of Health Services, Sacramento, CA, USA. 1978.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO, J.A.; TAVARES, M. Brócolos, couve-flor e repolho. In: RAIJ, B. VAN; ANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.175. (Boletim Técnico, 100).