



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL – UACTA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ALINE RODRIGUES DA SILVA

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA AGRICULTURA NO CONTEXTO DA
ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

POMBAL – PB

2022

ALINE RODRIGUES DA SILVA

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA AGRICULTURA NO CONTEXTO DA
ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia
Ambiental como requisito para a integralização dos
créditos do curso de graduação em Engenharia
Ambiental.

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a. Andréa Maria Brandão
Mendes de Oliveira

POMBAL - PB

2022

S586u Silva, Aline Rodrigues da.

Uso de água residuária tratada na agricultura no contexto da economia circular: uma revisão sistemática da literatura / Aline Rodrigues da Silva. – Pombal, 2022.

53 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profª. Dra. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira.”.
Referências.

1. Reuso de água. 2. Agricultura sustentável, 3. Economia circular hídrica, 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Efluente tratado I. Oliveira, Andréa Maria Brandão Mendes de. II. Título.

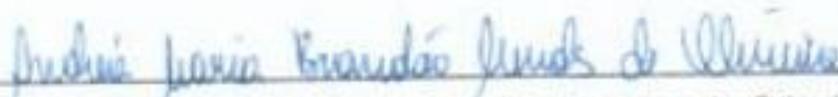
CDU 628.179.2 (043)

ALINE RODRIGUES DA SILVA

**USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA AGRICULTURA NO CONTEXTO DA
ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Aprovado em 25 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA



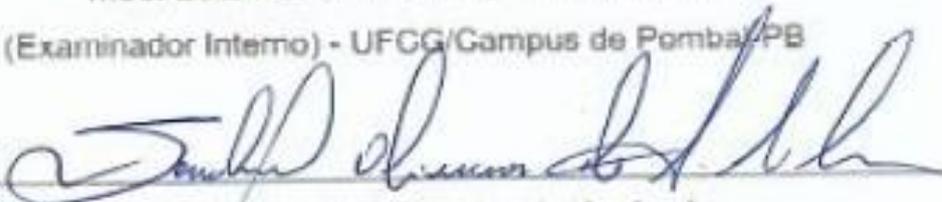
Prof.ª Pós-doutora. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira

Orientadora CCTA/UFCG/Campus de Pombal/PB



Msc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho

(Examinador Interno) - UFCG/Campus de Pombal/PB



Prof. Dr. Sanduel Oliveira de Andrade

(Examinador Externo) – SME/Patos-PB

Pombal – PB

2022

AGRADECIMENTOS

Gostaria de Agradecer primeiramente a Deus. Segundo Gostaria de agradecer a todos que estiveram comigo nessa caminha e me ajudaram de alguma forma e, em especial:

A minha família, por todo apoio e esforço para que eu pudesse ter o melhor nesses últimos anos, principalmente minha e meu pai que nunca mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade;

Ao meu noivo e companheiro Daniel Leite, por todo apoio e por nunca me deixar desistir desse sonho, se fazendo presente em cada momento, desde o início do curso;

Aos meus amigos, Maria Clara, Marina, Lucas Gomes, Daniel Viana, Anne Sales, Altair, Junior e Amaral, pelo companheirismo, noites em claro e apoio no decorrer do curso e na realização desse trabalho;

A minha orientadora Andrea Maria por ter me acolhido, me apoiado e ter me repassado seus conhecimentos.

SILVA, Aline Rodrigues da. **USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA AGRICULTURA NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**. 2022. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2022.

RESUMO

A água é um recurso indispensável para o desenvolvimento econômico e social de um país. O uso desse recurso está ligado à diversas atividades como as de produção de alimentos, geração de produtos e atividades exercidas pelo homem para sua sobrevivência. O aumento populacional desordenado provoca um aumento na utilização de recurso hídricos, visto a demanda de mais pessoas por água, alimentos e produtos para suprir suas necessidades. Como forma de mitigar os impactos causados pelo crescimento populacional e suas consequências sobre os recursos hídricos, nos últimos anos têm sido realizados diversos estudos sobre a utilização de efluente tratado na agricultura. Este trabalho teve como objetivo realizar uma investigação, por meio de Revisão Sistemática de Literatura, sobre o uso do efluente tratado na agricultura com aplicação da economia circular para contribuir com o avanço da ODS 6. O presente trabalho caracteriza-se por uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A revisão sistemática é um modelo da metodologia científica que tem como objetivo fazer o levantamento sistemático de trabalhos científicos de forma planejada e controlada. Os trabalhos sobre uso de efluente na agricultura foram selecionados por meio de critérios de inclusão, foram utilizados apenas trabalhos na língua portuguesa publicados entre os anos de 2018 e 2022, que foram pesquisados em bases de dados brasileiras, como o Portal Periódico Capes, Google Acadêmico e Scielo. Foram escolhidos 29 trabalhos selecionados de acordo com o tema proposto e os objetivos a serem atingidos nessa pesquisa. Para análise foi utilizado o método quali-quantitativo, como forma de ser obter resultados claros e confiáveis para suas discussões. Cerca de 86% dos trabalhos analisados apresentaram resultados satisfatórios, sobre o uso de efluente tratado na agricultura, com o ótimo desenvolvimento das culturas sob as condições submetidas na irrigação. Os 29 trabalhos trouxeram objetivos diferentes e foram realizados com culturas, tipos de efluentes, formas de tratamento distintas e em regiões distintas, os quais, em sua maioria, obtiveram resultados positivos, mostrando que para tal fim a água pode ser utilizada em um ciclo e de maneira sustentável.

Palavras-chave: reuso, agricultura sustentável, economia circular hídrica, objetivos de desenvolvimento sustentável.

SILVA, Aline Rodrigues da. **USE OF TREATED WASTEWATER IN AGRICULTURE IN THE CONTEXT OF CIRCULAR ECONOMY: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE.** 2022. 53 p. Completion of Course Word (Graduate in Environmental Engineering) -Federal University of Campina Grande, Pombal - PB. 2022.

ABSTRACT

Water is an indispensable resource for the economic and social development of a country. The use of this resource is linked to various activities such as food production, product generation and activities performed by man for his survival. The disorderly population growth causes an increase in the use of water resources, since more people demand water, food, and products to meet their needs. As a way to mitigate the impacts caused by population growth and its consequences on water resources, in recent years there have been several studies on the use of treated effluent in agriculture. This paper aimed to conduct an investigation, through a Systematic Literature Review, on the use of treated wastewater in agriculture with the application of circular economy to contribute to the advancement of SDG 6. This work is characterized as a Systematic Literature Review (SLR). The systematic review is a model of scientific methodology that aims to make a systematic survey of scientific papers in a planned and controlled way. The papers on the use of wastewater in agriculture were selected by means of inclusion criteria, only papers in the Portuguese language published between the years 2018 and 2022 were used, which were searched in Brazilian databases, such as the Capes Periodical Portal, Google Academic and Scielo. Twenty-nine papers were chosen according to the proposed theme and the objectives to be achieved in this research. The qualitative-quantitative method was used for analysis, as a way of obtaining clear and reliable results for discussion. About 86% of the analyzed works presented satisfactory results, regarding the use of treated effluent in agriculture, with the optimum development of the cultures under the conditions submitted to irrigation. The 29 works brought different objectives and were carried out with different cultures, types of effluents, different forms of treatment and in different regions, which, in their majority, obtained positive results, showing that for this purpose the water can be used in a cycle and in a sustainable way.

Keywords: reuse, sustainable agriculture, circular water economy, sustainable development goals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil longitudinal do wetland construído de escoamento vertical.....	16
Figura 2 - Esquema de Bacia de Evapotranspiração	17
Figura 3 - Esquema de círculo de bananeiras	19
Figura 4 - Esquema de círculo de Vermifiltro.....	20
Figura 5 - Esquema de Reator UASB.....	21
Figura 6 - Esquema de biodigestor.....	22
Figura 7 - Esquema de Reator Anaeróbio Compartimentado.....	24
Figura 8 - Diferença entre Economia Circular e Economia Linear.....	25
Figura 9 - Os 17 ODSs da Agenda 30 propostos pela ONU.....	29
Figura 10 - Protocolo para aplicação da RSL	32
Figura 11 - Triagem das publicações levantadas para RSL	34
Figura 12 - Tipos de Publicações	37
Figura 13 - Quantidade de publicações por ano.....	38
Figura 14 - Locais de realização dos estudos	39
Figura 15 - Estados e Regiões de realização dos estudos.....	40
Figura 16 - Trabalhos que apresentaram as tecnologias de tratamento.....	40
Figura 17 - Tecnologias de tratamento mencionadas.....	41
Figura 18 - Tipos de efluentes.....	42
Figura 19 - Culturas utilizadas.....	43
Figura 20 - Nível de satisfação nas pesquisas.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos selecionados para análise da RSL	35
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA- Agência Nacional de águas e Saneamento Básico

BTE- Bacia de Evapotranspiração

CE100- Circular Economy 100

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETE- Estação de Tratamento de Esgoto

ODM- Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

ODS- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU- Organização das Nações Unidas

PNRS- Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSL- Revisão Sistemática de Literatura

RAC- Reator Anaeróbico Compartimentado

TCC- Trabalho de Conclusão de Curso

UASB- Upflow Anaerobic Sludge Blanket

WC- *Wetland* Construída

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	SITUAÇÃO DA ÁGUA NO BRASIL.....	12
3.2	REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA.....	13
3.3	TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE	14
3.3.1	WETLANDS.....	14
3.3.2	BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	17
3.3.3	CÍRCULO DAS BANANEIRAS	18
3.3.4	VERMIFILTRO	19
3.3.5	REATOR UASB.....	21
3.3.6	BIODIGESTOR	22
3.3.7	REATOR ANAERÓBICO COMPARTIMENTADO (RAC).....	23
3.4	ECONOMIA CIRCULAR.....	24
3.4.1	APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NOS RECURSOS HIDRICOS ...	27
3.5	OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL 6	28
4	METODOLOGIA	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para o desenvolvimento econômico e social de um país. O uso desse recurso está ligado a diversas atividades como as de produção de alimentos, geração de produtos e atividades exercidas pelo homem para sua sobrevivência. Diante de sua importância, a demanda global pelo uso da água tem aumentado cada dia mais, visto o aumento populacional ocorrido nos últimos anos (FIGUEIREDO, 2020).

A ONU estima para o ano de 2050 um aumento de 24% da população mundial, chegando até 9,8 bilhões de pessoas (ONU, 2017). Esse aumento populacional desordenado provoca um aumento na utilização de recursos hídricos, visto a demanda de mais pessoas por água, alimentos e produtos para suprir suas necessidades.

Como forma de mitigar os impactos causados por esse crescimento populacional desordenado e suas consequências, nos últimos anos têm-se notado um aumento significativo nas pesquisas relacionadas a gestão sustentável dos recursos hídricos, analisando fontes alternativas de água de maneira a contribuir para o desenvolvimento sustentável (PITORO, 2019).

Segundo a ANA (2017), a agricultura consome cerca de 70% de água em sua atividade visto a necessidade humana por alimentos. Tal atividade além de proporcionar o uso excessivo de recursos hídricos, pode provocar a degradação do solo devido o manejo inadequado de fertilizantes utilizados para o desenvolvimento das espécies cultivadas.

Há uma preocupação relacionada aos recursos hídricos devido as mudanças climáticas, as irregularidades quanto a disponibilidade em quantidade e qualidade suficiente para uso e as consequências que sua falta pode trazer para a humanidade. Nesse contexto, diversos países têm feito o uso da água residuária tratada na agricultura como forma de reaproveitar os recursos e mitigar a escassez desse recurso. (BRANCALIONE, 2021; PITORO, 2019).

A água de reuso tem se tornado uma fonte alternativa de água, principalmente devido ao seu potencial para utilização na agricultura. Essa prática proporciona diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos, mitigando os problemas

ocasionados pela má destruição de recursos hídricos e sua escassez, além de diminuir a descarga destes nos corpos hídricos (FIGUEIREDO, 2020).

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas a utilização de águas de reuso na agricultura possui ligação direta com a transição da economia linear (utilizada atualmente) para a economia circular. Essa atividade visa o uso em ciclo de água, evitando novas retiradas de aquíferos e corpos hídricos, de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar, por meio de Revisão Sistemática de Literatura, o uso do modelo Econômico Circular, com ênfase no reuso de efluente tratado na agricultura.

REVISÃO DE LITERATURA

2.2 SITUAÇÃO DA ÁGUA NO BRASIL

A água é um elemento de extrema importância para o funcionamento da vida na terra, pois por meio dela acontecem ciclos que propiciam a vida no planeta, ela também se faz importante para o desenvolvimento de diversas atividades e produtos. O Brasil é um país que possui reservas de água em abundância, porém sua distribuição é irregular, assim como sua precipitação pluviométrica, que devido à suas condições climáticas, algumas regiões tendem a sofrer com a escassez hídrica em certas épocas do ano (RIBEIRO et al., 2019).

O Semiárido nordestino é uma das regiões do país que mais sofre com a precipitação irregular, variando entre 300 e 800 mm anualmente. Outro problema ocasionado pelas condições climáticas no Nordeste é a alta evaporação e evapotranspiração devido à alta irradiância solar, o que agrava a escassez hídrica na região e pode prejudicar a forma como as pessoas vivem, principalmente por afetar diretamente na agricultura que requer uma grande demanda de água para o desenvolvimento das culturas (OLIVEIRA, 2019).

Diversas atividades dependem de recursos hídricos, dentre as várias podemos destacar as que mais consomem água em seus processos produtivos, no qual segundo as estimativas atualizadas no ano de 2016 pela Agência Nacional de Água (ANA), a agricultura é a atividade que mais retira água de corpos hídricos e que conseqüentemente, a que mais consome com cerca 67,1%, seguido pela dessedentação animal, atividades industriais, abastecimento urbano, abastecimento rural, o processo de mineração e termelétricas, respectivamente (ANA, 2017; PITORO, 2019).

Segundo a ANA (2016), a quantidade de água utilizada na irrigação tem aumentado mais do que a área irrigada nas últimas décadas, isso se mostra preocupante diante do alto consumo de água nessa atividade. Com isso, o investimento em novas tecnologias voltadas para irrigação, visando o menor uso de área para produção, menor consumo de recursos hídricos, para proporcionar um aumento na produtividade é de extrema importância.

Com o crescimento exponencial desordenado, no qual as políticas públicas não conseguem acompanhar o desenvolvimento, o meio ambiente acaba sendo degradado. As águas residuárias, geradas por residências, indústrias, agroindústrias entre outros, acabam tendo a destinação incorreta, isto é, sem o devido tratamento, o que pode acelerar os processos de degradação dos meios onde são descartadas (PITORO, 2019).

Diante disso, além de políticas públicas, devem ser adotadas tecnologias alternativas de tratamento de efluentes para que possam ter o descarte correto ou feito o reuso, como a irrigação de espécies cultivadas para fins agrícolas.

2.3 REUSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

O desenvolvimento econômico e humano faz com que aumente a necessidade por produtos e alimentos, o que conseqüentemente leva a uma pressão sobre o meio ambiente para suprir a alta demanda para o uso da água e satisfazer o padrão atual de consumo do ser humano. Esse cenário se mostra preocupante diante de vários fenômenos que têm ocorrido nos últimos anos, agravando a escassez e fazendo com que seja repensado a forma como os recursos hídricos vêm sendo utilizados, para haja mudanças nas formas de consumo e produção (SOUZA, 2019).

Como forma de mitigar os impactos causados grande demanda por recursos hídricos e como maneira de diminuir os impactos causados pelo descarte incorreto de efluentes em corpos hídricos, nos últimos anos os efluentes têm se tornado uma fonte alternativa de recurso hídrico. A água possui um ciclo, na qual, após seu primeiro uso, quando tratada, pode ser reutilizada ou descartada corretamente em corpos hídricos receptores (OLIVEIRA, 2019).

O reuso de efluente na agricultura vem sendo bastante difundido nos últimos anos, mas é uma prática aplicada desde as antigas civilizações, onde países como Israel, Índia e México já fazem o uso de águas residuárias com ou sem tratamento em larga escala e a muitos anos (BENETTI, 2006; LANDES, 1999; LASSO; RAMÍRES, 2011; OLIVEIRA, 2019).

As águas residuárias possuem diversos benefícios para o uso na agricultura, visto que, devido sua origem, é composta de muitos nutrientes que são necessários para o desenvolvimento de diversas espécies, contribuindo para o aumento da

produtividade, diminuindo os gastos com fertilizantes e diminuindo a quantidade de águas retirada dos corpos hídricos além de suprir a demanda de águas das culturas (ROCHA et al., 2014).

Devido a geração constante de efluentes, a água de reuso tem disponibilidade o ano inteiro, independente de precipitações, o que a torna uma ótima fonte, principalmente em regiões que sofrem com a escassez hídrica (QUELUZ, 2013). Seu uso além de ser benefício para espécies, ajuda a mitigar os impactos causados pelo uso de fertilizantes no solo, reduz o consumo de água de qualidade e potável, deixando essa última apenas usos restritos, como a dessedentação animais e uso humano (PITORO, 2019).

Essa prática oferece diversos benefícios, mas também possui pontos negativos relevantes, pois seu uso sem os devidos cuidados, ao ser realizado o manejo de forma incorreta pode causar acúmulo de sais, contaminação do solo e se torna nocivo para a saúde pública. Para o efluente ser utilizado na agricultura, é importante que seja realizado o tratamento adequado e seja analisada a espécie a ser utilizada, para que a mesma tenha capacidade de absorver os nutrientes presente no meio (OLVEIRA, 2019; PITORO, 2019).

2.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

2.4.1 SISTEMA ALAGADO CONTRUIDO

Os *Sistemas Alagados Construído* são responsáveis pela remoção de diversos poluentes e contaminantes de águas residuárias, obtido através de processos físicos de sedimentação e filtração; químicos, por meio da adsorção na superfície do material filtrante; e biológicos, com a retirada de nutrientes por macrófitas e degradação microbiológica anaeróbica e aeróbica. Esse sistema pode ser dividido em naturais e construídos artificialmente, sendo essa a tecnologia de tratamento viável mais utilizado atualmente no Brasil e no mundo (SILVA, 2020).

Os *Wetlands* Naturais são ambientes inundados ou saturados, que suas características proporcionam vida e prevalência de espécies adaptadas a solo saturado, tais como: mangues, pântanos, turfas, charcos e brejos (SILVA, 2020).

Segundo Benassi (2018), as *wetlands* construídas (WC), também conhecidos no Brasil como sistemas alagados construídos, são sistemas desenvolvidos com o

objetivo de tratar efluentes, tanto sanitários como agroindustriais. São construídos para replicar o meio ambiente natural, com processos de ciclagem de nutrientes e conversão da matéria orgânica, como ocorre naturalmente pântanos, que é considerado *wetland* natural.

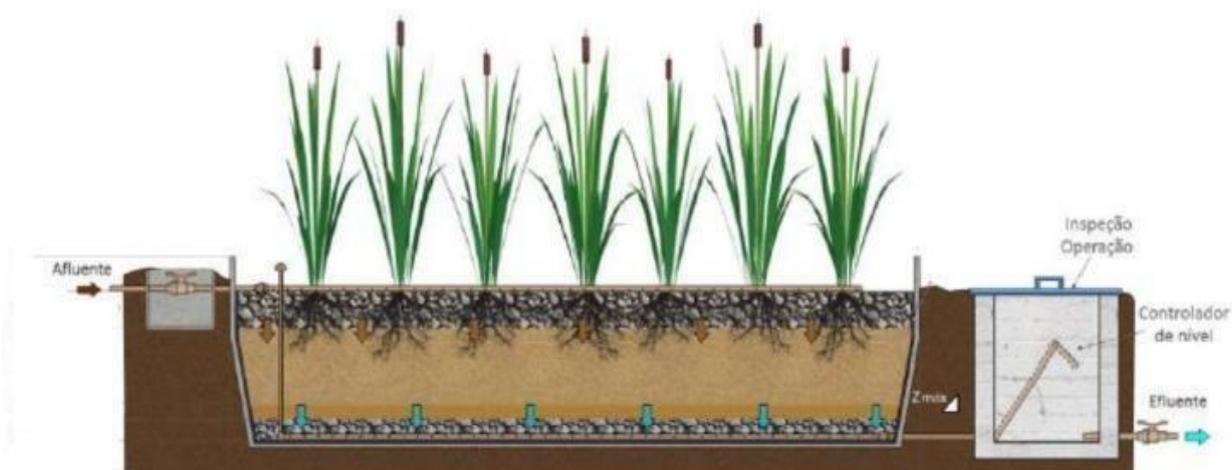
As WC são sistemas escavados, construídos sobre o solo ou construídos de alvenaria, no qual são impermeabilizados e preenchidos com substratos como material filtrante, o qual geralmente são utilizados areia ou britas, que serão responsáveis por favorecer o crescimento das espécies ali cultivadas (SCHROEDER, 2020; SILVEIRA et al., 2020).

As *wetlands* são divididas em três tipos basicamente, as quais são classificadas de acordo com nível da coluna de água, sendo elas: de escoamento de fluxo superficial, no qual as áreas construídas são alagadas para serem semelhantes aos pântanos naturais; de escoamento de fluxo subsuperficial horizontal, onde o esgoto é mantido abaixo da superfície responsável pela filtração e flui horizontalmente da entrada até a saída; e de escoamento de fluxo subsuperficial vertical, no qual o efluente é tratado de acordo com a percolação vertical no meio filtrante (BENASSI, 2018; SHROEDER, 2020).

De acordo com Benassi (2018), os sistemas de *wetlands* construídas possuem três componentes essenciais para seu funcionamento: o material de suporte, as macrófitas e a microbiota. A eficiência do tratamento das águas residuárias se dá pela interação física, química e biológica do efluente com os elementos citados.

O tipo de *Wetlands* mais utilizado é o de fluxo de escoamento vertical, onde o efluente é introduzido de maneira uniforme e constante sobre a área superficial do módulo de tratamento, no qual o esgoto vai intermitentemente percolando de forma ascendente ou descendente, sendo o descendente o mais comum, Figura 1. Esse movimento de percolação ocorre entre o sistema radicular das macrófitas e dos poros do material filtrante que pode ser composto por areia ou brita, já que as plantas são dispostas diretamente sobre ele. Esse sistema favorece condições aeróbicas, o que irá beneficiar o processo de nitrificação e oxidação da matéria orgânica. Isto se dá pelo fato de o ambiente não permanecer saturado, deixando espaços vazios entre os grãos do meio de suporte, que por não estar sendo preenchidos com o esgoto se completa com ar (BUENO, 2021; AGUIAR 2020; SEZERINO et al, 2018).

Figura 1 - Perfil longitudinal da wetland construída de escoamento vertical



Fonte: Adaptado de Von Sperling e Sezerino (2018)

Para a confecção de um sistema alagado construído de fluxo de escoamento vertical, deve de início selecionar o substrato a ser utilizado e a espécie de macrófita mais adequada para o tipo de efluente que será tratado, além de levar em considerações as características edafoclimáticas da área em estudo e a incidência da espécie na região (BENASSI, 2018).

Após a seleção da espécie e do substrato, deve-se construir um leito com base retangular o qual deverá ser impermeabilizado com alvenaria ou mantas, na qual a espécie irá se sustentar no substrato, onde através de processos biológicos, físicos e químicos ocorre a proliferação dos microrganismos, contribuindo no tratamento do efluente (MANZARO, 2018; SEZERINO et al., 2015).

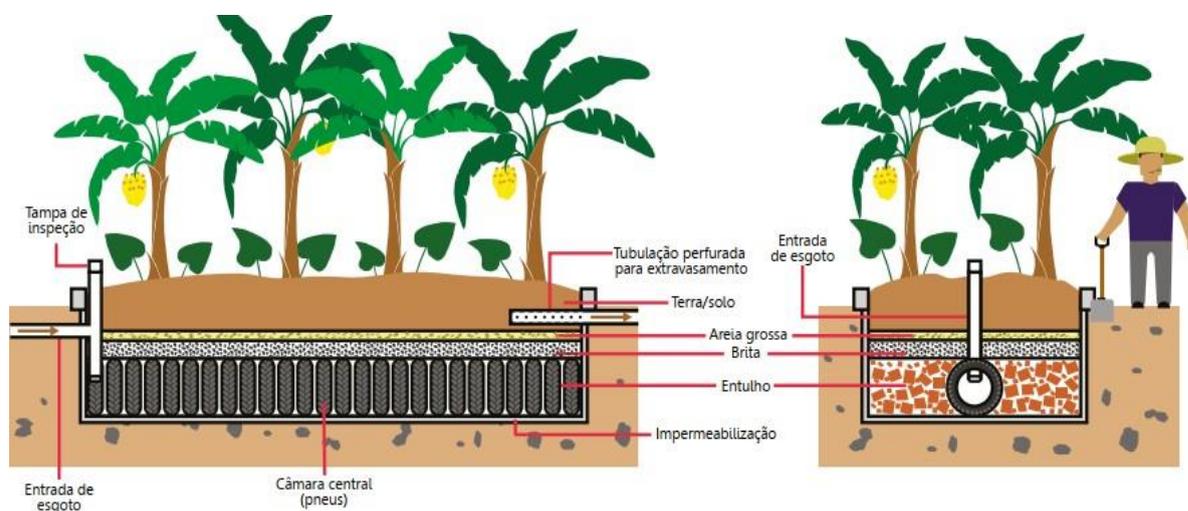
No que diz respeito a profundidade do sistema, é sugerido por Sezerino (2015) que seja utilizado valores entre 0,5 e 1,5 m, no qual o comprimento deve ser superior a largura para facilitar o escoamento. Em relação ao dimensionamento da área total do sistema, recomenda-se que seja de 2 a 3 m² por pessoa, com até 70 cm de profundidade a depender da quantidade pessoas que utilizarão o sistema. As canalizações para alimentação e drenagem do sistema devem ser colocadas nas entradas e saídas, onde o nível da água precisa ser regulado com o auxílio de uma válvula na saída (MANZARO, 2018).

2.4.2 BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A Bacia de Evapotranspiração (BTE), também conhecida como Fossa das Bananeiras, Fossa Verde Figura 2, dentre outras denominações, é um sistema utilizado para tratar águas negras (TONETTI et al, 2018). O sistema consiste em um tanque impermeabilizado, o qual é preenchido com camadas filtrantes e uma espécie plantada, geralmente é utilizada a bananeira, mas pode ser utilizada outras espécies que necessitem de grande quantidade de água e nutrientes (CAPITÓ et al, 2020).

A matéria orgânica presente no efluente é decomposta no interior do sistema de tratamento, através de processo biológico de reações anaeróbias, já os resíduos humanos servem de nutrientes para as plantas. A BTE é um sistema de tratamento que não gera efluente restante, com isso não causa impactos as águas superficiais, lençol freático e nem ao solo, pois a impermeabilização impede a passagem do efluente para o solo e a água restante no tanque sai por evapotranspiração ao ser absorvida pelas espécies plantadas (CAPITÓ et al., 2020; MACHADO et al., 2020).

Figura 2 - Esquema de Bacia de Evapotranspiração



Fonte: Tonetti et al. (2018).

É um sistema bastante utilizado por pequenos grupos de famílias, por ser versátil, pois pode ser implementado em regiões com solo arenoso ou argiloso e necessita raramente que seja feita a retirada do lodo. É um modelo que não possui área para coleta do efluente tratado, mas é indicado que seja instalado uma

canalização para drenagem do excesso em casos excepcionais para mais plantações (TONETTI et al., 2018).

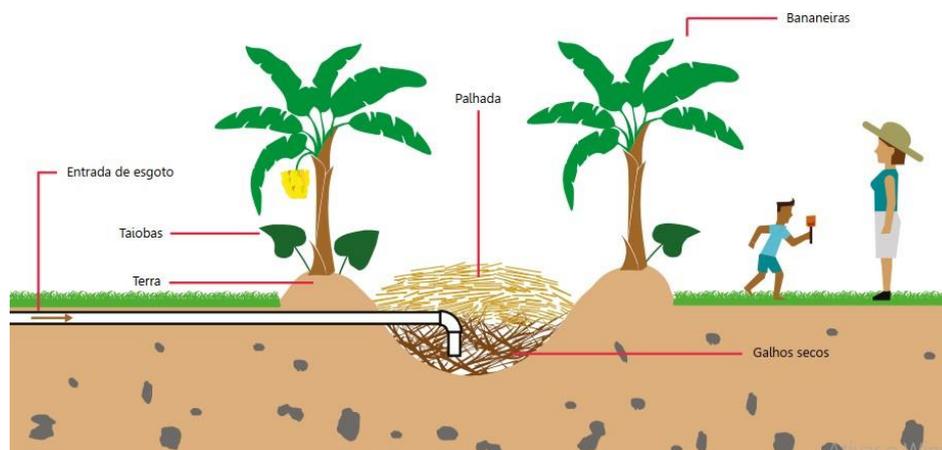
Para a construção de uma BTE ou fossa verde, de início é feita a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com auxílio de máquinas. Em seguida, é construído um tanque ou bacia, onde o efluente será disposto e tratado, o qual deve ser impermeabilizado. Para a entrada do efluente no sistema é instalada uma tubulação de 100 mm, localizada no fundo do tanque que levará o efluente para dentro da câmara central. Esse é o tratamento primário, caracterizada pela sedimentação dos sólidos e começa a decomposição da matéria orgânica (TONETTI et al,2018).

O efluente passará pelo material filtrante, o qual pode ser composto por vários materiais, mas geralmente são utilizados areia, brita ou entulho, esse material serve de suporte para fixação e desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Acima da camada filtrante será plantada a espécie escolhida, onde a mesma usará os nutrientes como fonte de adubo natural (TONETTI et al, 2018).

2.4.3 CÍRCULO DAS BANANEIRAS

O Círculo das Bananeiras, Figura 3, é um sistema utilizado para tratamento de águas cinzas, mas também pode ser utilizado como tratamento complementar para o esgoto doméstico. O sistema é constituído por uma vala composta por galhos e palhas secas onde o efluente é depositado, a vala é circundada por plantações de bananeiras (GUIMARÃES,2019).

Figura 3 - Esquema de círculo de bananeiras



Fonte: Tonetti et al, 2018.

O tratamento ocorre através de processos biológicos, físicos e químicos. Nele acontece a decomposição da matéria orgânica por microrganismos presentes no solo, e absorção dos nutrientes presentes no efluente pelas espécies plantadas, normalmente é utilizada a bananeira devido sua grande necessidade por nutrientes, mas outras espécies também podem ser utilizadas, desde que se adequem a ambientes úmidos e ricos em nutrientes. (GUIMARÃES, 2019).

Para confecção do círculo de bananeira, Tonetti et al. (2018), sugerem que seja escavado um buraco no solo, manualmente ou mecanicamente, no formato de um prato fundo, que terá dimensões de aproximadamente 0,5 a 1,0m de profundidade e diâmetro interno de 1,4 a 2,0m. Em seguida, o buraco deve ser preenchido com palhas e pequenos galhos na parte superior, para criar um ambiente arejado e com espaço para recebimento do efluente. Para entrada do efluente na vala, pode-se fixar um Joelho na ponta da tubulação, assim facilitar a entrada do efluente no meio da camada de palha e evitar a exposição da água residuária.

2.4.4 VERMIFILTRO

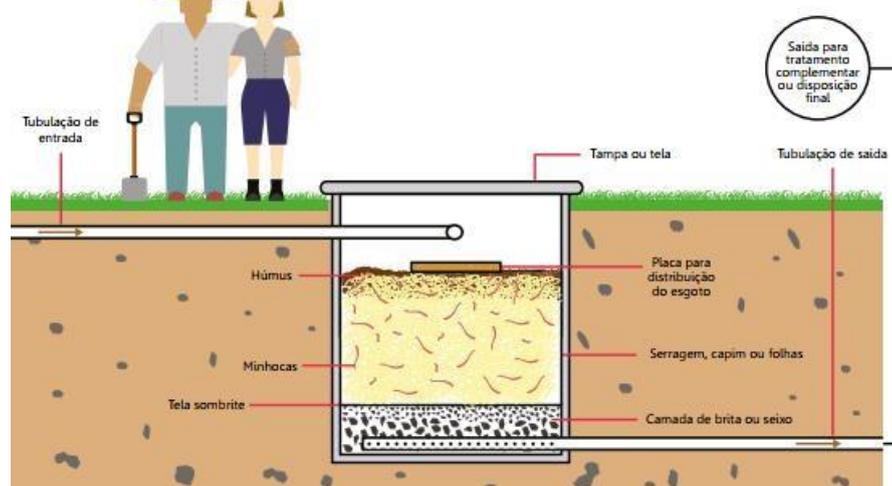
O Vermifiltro ou Vermicompostagem como também é conhecido, Figura 4, é um sistema de tratamento biológico que trata águas negras, águas cinzas, efluentes domésticos ou esgoto pré-tratado. O sistema consiste em um filtro biológico, composto por uma câmara que possui duas partes. A parte superior é composta de serragem,

húmus e minhocas e a parte inferior é composta pelo material filtrante que geralmente é utilizado britas ou seixo (GUIMARÃES, 2019; TONETTI et al., 2018).

O sistema é economicamente viável pois é de fácil instalação, não consome energia elétrica, baixo custo de material utilizado, não gera lama, pois as minhocas fazem a digestão das partículas existentes esgoto e o efluente tratado rico em nutrientes poderá ser utilizado como água de reuso para irrigação (PEREIRA, 2020; MANZARO, 2018).

O efluente inserido na câmara terá sua matéria orgânica decomposta pelos microrganismos e as minhocas removem as partículas presentes no meio, ao ingerir ou triturar o solo ou substrato em conjunto com os poluentes existentes no efluente e regularem a atividade microbiano do meio (PEREIRA, 2020).

Figura 4 - Esquema de círculo de Vermifiltro



Fonte: TONETTI et al, 2018.

O vermifiltro pode ser confeccionado com anéis de concreto, bombonas plásticas, caixas d'água e pode ser construído de alvenaria ou de qualquer outro material que garanta a impermeabilização do meio. Recomenda-se que o sistema tenha uma profundidade interna de 0,8 m. O efluente deverá ser aplicado na parte superior do sistema em momentos intervalados do dia, assim o esgoto irá escoar do nível superior, composto pela serragem e minhocas para a parte inferior composta pelos materiais filtrantes. Por fim, o efluente tratado é coletado por uma tubulação

interna e utilizado para algum fim. É necessário a cada seis meses remover o excesso de húmus de minhoca presente na camada superior para manter o tratamento eficiente (TONETTI et al., 2018).

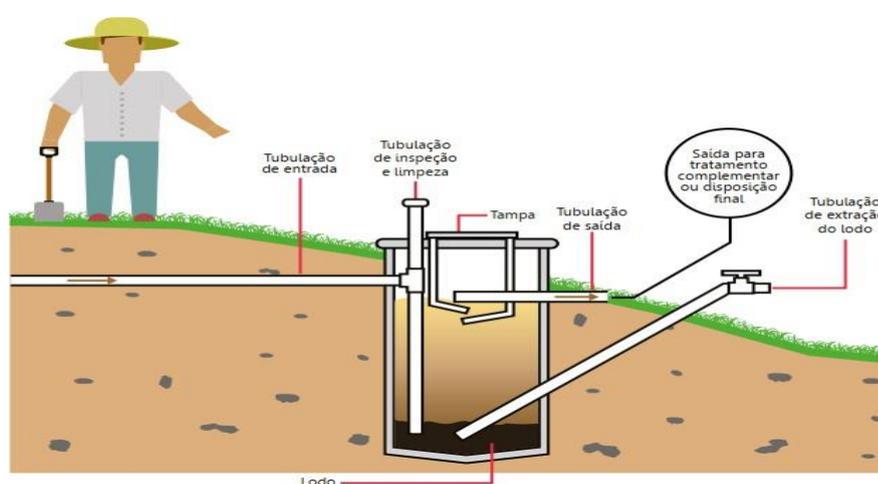
2.4.5 REATOR UASB

O reator UASB, também conhecido por Reator anaeróbico compacto de fluxo ascendente, Figura 5, é um sistema alternativo de tratamento, o qual pode ser utilizado para tratar tanto efluente oriundo de privadas como o esgoto doméstico não segregado, havendo a necessidade apenas de instalação de uma caixa de gordura como pré-tratamento, caso a carga de gordura seja elevada (GUIMARÃES, 2019).

É um sistema de baixo custo, fácil manutenção, baixo consumo de energia, necessita de pouco espaço para implementação e se desenvolve bem no nordeste do Brasil, devido às condições climáticas que favorece o processo anaeróbico (FRANCESCHINI, 2019).

No Reator UASB, o tratamento é realizado na ausência de oxigênio, sendo constituído por uma câmara onde o efluente entra pela parte inferior em um fluxo ascendente, passando pela região que possui elevada carga de microrganismos anaeróbios, ocorrendo a decomposição da matéria orgânica presente no efluente e formando como subproduto o biogás, que é composto por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) e gás sulfídrico (H_2S) (SLOMPO, 2018; GUIMARÃES, 2019).

Figura 5 - Esquema de Reator UASB



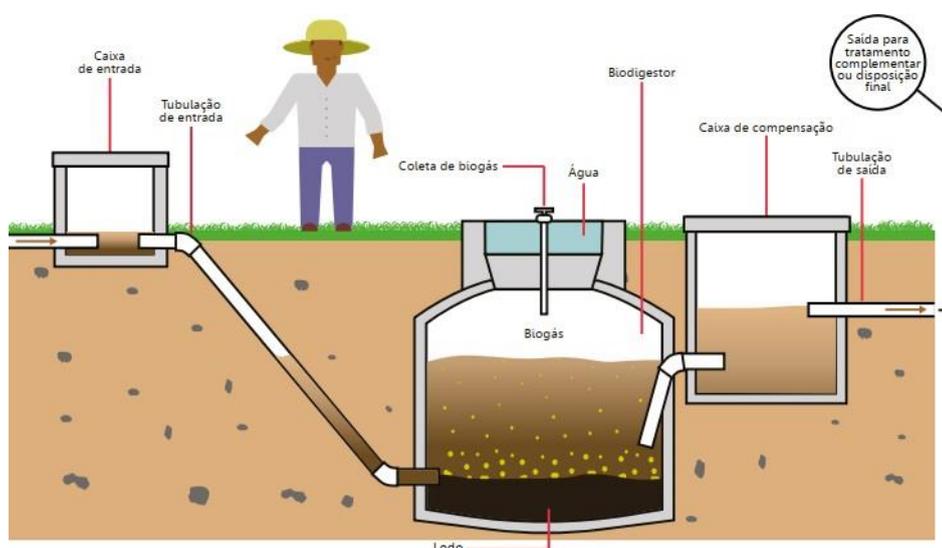
Fonte: TONETTI et al, 2018.

O Reator pode ser confeccionado com anéis de concreto, tubos plásticos ou alvenaria. Também existem modelos econômicos já construídos ou modelos comerciais destinados a unifamiliar. Para seu dimensionamento, é levado em consideração apenas uma estimativa da quantidade de efluente gerada e que será tratada em um dia. Para conter vazamento do gás que é gerado no tratamento, se faz necessário a instalação de um sistema de ventilação nas tubulações que deverá atender a NBR 8160/1999 da ABNT. Já o lodo que é gerado no tratamento precisará ser removido anualmente, o qual poderá ser destinado a uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) ou para um aterro, com auxílio de um caminhão limpa-fossa (GUIMARÃES,2019; TONETTI et al, 2018).

2.4.6 BIODIGESTOR

O biodigestor, Figura 6, é utilizado para tratamento de efluentes sanitário, doméstico, esterco fresco ou restos de alimentos. O sistema consiste em um tanque fechado, sem a presença de oxigênio e impermeabilizado, onde será depositado o efluente de forma rotativa e ocorre a degradação anaeróbica da matéria orgânica por microrganismos, e também por um gasômetro que será utilizado para armazenar o biogás gerado no processo (TONETTI et al., 2018; SILVA JUNIOR, 2021).

Figura 6 - Esquema de biodigestor



Fonte: TONETTI et al, 2018.

Esse modelo de tratamento vem sendo amplamente utilizado pelos seus benefícios, principalmente na zona rural que sofre pela falta de saneamento ambiental. O biodigestor é um sistema que diminui os impactos causados pelo descarte incorreto do efluente não tratado, ainda gera biogás que pode ser substituído do gás de cozinha ou para produção de energia e produz também um resíduo líquido que poderá ser utilizado na agricultura como biofertilizante (SILVA JUNIOR, 2021; OLIVEIRA e ASSIS, 2020).

Existem diversos modelos de biodigestores, a diferença entre eles será somente o material que será feito. No Brasil o modelo mais utilizado é o chinês, que pode ser construído em alvenaria de tijolos e sua impermeabilização é feita com várias camadas de cimento e areia fina. Nesse modelo, o efluente entra pela lateral do biodigestor e é levado até o fundo, onde ocorre a degradação anaeróbia da matéria orgânica (TONETTI et al., 2018). Os demais modelos são: o sertanejo, que é feito por placas de concreto, e o modelo canadense, composto de uma lagoa coberta por uma lona (GUIMARÃES, 2019).

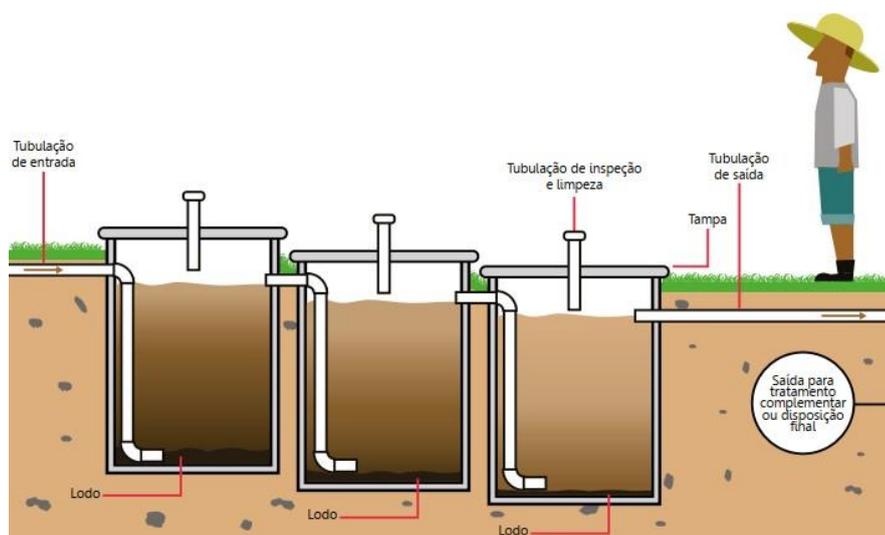
2.4.7 REATOR ANAERÓBICO COMPARTIMENTADO (RAC)

Os reatores anaeróbios compartimentados, Figura 7, são utilizados para tratamento de efluentes oriundos de vaso sanitário, mais conhecido como fossa negra, e esgoto doméstico. É um sistema que tem sido bastante utilizado na comunidade rural devido seu baixo custo de construção e manutenção, menor área para implementação e possuir menor consumo de energia comparado aos tratamentos convencionais (PERINI, 2017).

O RAC é composto por múltiplas câmaras em série, com fluxo ascendente pelos dispositivos de passagem do efluente entre as câmaras. O primeiro compartimento do sistema servirá de decantados. Após isso, o efluente é encaminhado para os compartimentos seguintes com fluxo ascendente. Nos compartimentos posteriores ocorrerá a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos com maior eficiência. Esse processo continuará dessa forma até o último compartimento, no qual o efluente tratado será retirado para algum fim (DEGEN, 2018).

O RAC é um sistema de tratamento de fácil construção, podem ser utilizadas bombonas plásticas para confecção de um reator em menor escala, mas geralmente é construído de alvenaria e caixas d'água, onde é indicado que o esgoto fique retido no reator entre 10 e 24 horas. As câmaras que compõem o sistema devem acomodar volumes iguais ou pelo menos a primeira deverá acomodar um volume maior, isto é necessário pelo processo de decantação que ocorre nela. As dimensões de um RAC dependem do volume de efluente a ser tratado (TONETTI et al, 2018).

Figura 7 - Esquema de Reator Anaeróbio Compartimentado



Fonte: TONETTI et al, 2018.

2.5 ECONOMIA CIRCULAR

Nos últimos séculos se tem notado um aumento no padrão de vida das pessoas e com isso um consumo acelerado dos recursos naturais para a produção desses insumos. Assim gerando grandes impactos ao meio ambiente, tanto pela utilização dos recursos, como pelo descarte incorreto dos mesmos após seu uso (VIER et al., 2021). Esse modelo econômico de produção é conhecido por modelo linear, que é baseado apenas na extração, transformação, produção, utilização e descarte dos resíduos (EMF, 2015).

No modelo linear, o processo produtivo não considera os recursos naturais como sendo finitos, e sim infinitos, o que causa grandes instabilidades ao meio ambiente pelo uso excessivo de recursos que são considerados não renováveis, levando-os a escassez e causando a longo prazo desequilíbrio na economia

(ASSUNÇÃO, 2019; VIER, 2021). Devido ao mecanismo de funcionamento do planeta terra, de não dispor apenas de recursos naturais renováveis e por não possuir capacidade de assimilar a degradação e a poluição ocasionada pelo padrão de consumo e processo produtivo atual, isso torna o modelo de produção linear insustável (MOSTAGHEL; OGHAZI, 2018).

Diante dos problemas ocasionados pelo modelo linear de produção e por ir na contramão do desenvolvimento sustentável, todo processo produtivo utilizado no momento seja colocado em questão. Desta surge a economia circular, que é um modelo de economia considerada restaurativa e regenerativa, por ser um ciclo no qual os produtos estão sendo utilizados e reutilizados o máximo possível (ASSUNÇÃO, 2019; TIOSSI; SIMOM, 2021; ROSSI et al., 2022). Na Figura 8 é apresentado de forma simplificada os processos envolvidos em uma economia de modelo linear e de modelo circular.

Figura 8 - Diferença entre Economia Circular e Economia Linear



Fonte: Fundação Ellen MacArthur Foundation, 2015

O conceito de economia circular não possui uma data específica e nem autor, mas ele é fundamentado no funcionamento da natureza, na qual não existe a geração de resíduos (VIER, 2021). Baseado nisso, o modelo de economia circular de desenvolvimento é conhecido por ser um processo de ciclo reverso e fechado, o qual se tem o objetivo de haver no ciclo produtivo: a reparação, recuperação e a reutilização de produtos. Desta forma, é possível diminuir a geração de resíduos, ao transforma-los em novos instrumentos de produção e com isso a redução do consumo

de recursos naturais utilizados para fabricação de novos produtos (EMF, 2015; ROSSI et al., 2022; TIOSSI; SIMOM, 2021).

A economia circular tem ganhado muita notoriedade no mundo e no Brasil nos últimos anos devido a necessidade de uma produção mais sustentável e o uso racional dos recursos. O objetivo é a sustentação das pessoas atualmente e as futuras gerações de forma igualitária (ROSSI et al, 2022). Com o intuito de buscar alternativas, principalmente para preservação do planeta, surgiu na Inglaterra em 2010 a Fundação Ellen MacArthur, criada por Ellen Patrícia MacArthur. Essa fundação busca formas e estímulo para transição da economia linear para a economia circular em empresas governos, para que se haja um desenvolvimento sustentável (EMF, 2015; AVENI, 2021).

Em muitos países, o modelo de economia circular ainda é desconhecido e no Brasil não tem sido diferente, apesar de nos últimos anos o conceito ter sido mais divulgado. Desta forma, o processo de implementação do conceito caminha lentamente (ABDALA; SAMPAIO, 2018). Devido à grande importância e proporção que o tema tem tomado nos países mais desenvolvidos, além da busca de um modelo gestão mais sustentável, legislações têm sido reformuladas mesmo que indiretamente e inconscientemente a incorporação do modelo circular de produção difundido (ASSUNÇÃO, 2019; ROSSI et al., 2022).

No Brasil, com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que foi instituída pela Lei nº12.305/ 2010, o país deu seus primeiros passos em relação ao desenvolvimento sustentável e aplicação da economia circular (BRASIL, 2010). A legislação possui objetivos, um conjunto de princípios, instrumentos, diretrizes e ações que visam de forma integrada o gerenciamento dos resíduos (ASSUNÇÃO, 2019; CONSENZA et al., 2020). Alguns objetivos da PNRS estão em consentimento com a o conceito de economia circular, sendo os principais: Reduzir, Reutilizar e Reciclar; estimular à adoção de padrões de consumo sustentáveis de produção e consumo; e o Incentivo a indústrias de reciclagem (BRASIL, 2010).

No ano de 2015 foi lançado pelo Instituto Ellen MacArthur o programa CE100, que é um programa voltado para organizações que tenham encontrado oportunidades no mercado brasileiro. O programa busca através da colaboração do instituto com as empresas, governos e instituições a transição para um modelo de desenvolvimento mais sustentável (EMF, 2017).

A partir do programa CE100 houve em 2017 a publicação do estudo “Economia Circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial”. No estudo são apresentadas ações de projetos propostas para o Brasil, destacando as principais atividades de economia circular já implementadas no país, assim como as organizações e empreendimentos que já fazem o uso da mesma em seu processo produtivo. A publicação destaca ainda no setor privado, o desempenho da Natura, que possui o Programa Amazonia de regeneração da floresta amazônica, o qual busca através de abordagens regenerativas a conscientização dos consumidores, quanto a importância da conservação e preservação do meio ambiente (ASSUNÇÃO, 2019; EMF, 2017; ROSSI et al, 2022).

2.5.1 APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR NOS RECURSOS HIDRICOS

Dentre os recursos que estão se tornando cada vez mais escassos pelo uso excessivo nos processos produtivos do modelo linear, se tem os recursos hídricos. Este tem se tornando motivos de preocupação devido a quantidade disponível e qualidade, principalmente sobre como tem sido utilizado nos últimos anos e sobre como protegê-los para que não falte água para as futuras gerações (BRANCALIONE, 2021).

Sabendo que água é um recurso essencial para a qualidade de vida, um bem de extrema importância para o desenvolvimento econômico e fundamental para manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos e por esse líquido ser responsável pela manutenção e por manter em equilíbrio os ecossistemas, tem se mostrado o quão importante é que seja repensado seu uso (BRANCALIONE, 2021; LEFF, 2012).

A forma como os recursos hídricos são disponibilizados traz a falsa impressão de que são ilimitados. Apesar de serem renováveis, nem sempre a água disponível terá qualidade suficiente para manter a vida dos seres vivos ou mesmo em quantidade seja suficiente para todos (BRANCALIONE, 2021). Diante disso, nos últimos anos, vários estudos têm apontado a importância da utilização das águas residuárias em diversas atividades como forma de diminuir os impactos causados por ela, principalmente ao serem descartadas de forma incorreta e também como maneira de

diminuir a exploração dos recursos hídricos e suas fontes (ASGHARNEJAD et al., 2021).

A água se torna protagonista na mudança da economia linear para a circular, devido aos seus diversos usos no processo de produção do modelo linear, e por meio desse novo modelo de economia seu uso poderá ser de forma totalmente diferente. Desta maneira, é possível que a água seja utilizada mais de uma vez, imitando assim como funciona no ciclo natural (MORENO, 2019).

Para que a economia circular seja aplicada, a água precisa ser conversada, tratada, utilizada, reciclada e reutilizada. Diversos países como Austrália e Israel já fazem o uso das águas residuárias em várias atividades, e dentre elas a agricultura, considerada uma das atividades que mais consome água (MORENO, 2019; MENDES, 2018).

A utilização das águas residuárias na agricultura é considerada uma forma segura de uso, quando utilizada de maneira correta, levando em consideração todos os fatores envolvidos, e eficiente devido a quantidade de água disponibilizada e por ser considerada uma água rica em nutrientes. Essa forma de uso trás diversos benefícios como a diminuição dos gastos com fertilizantes, o aumento da produtividade da safra, a qualidade do produto, a facilidade de produção em região urbanas e concedendo as comunidades rurais que vivem da agricultura uma forma de subsistência sustentável e segura (BRANCALIONE, 2021; OSORIO et al., 2018).

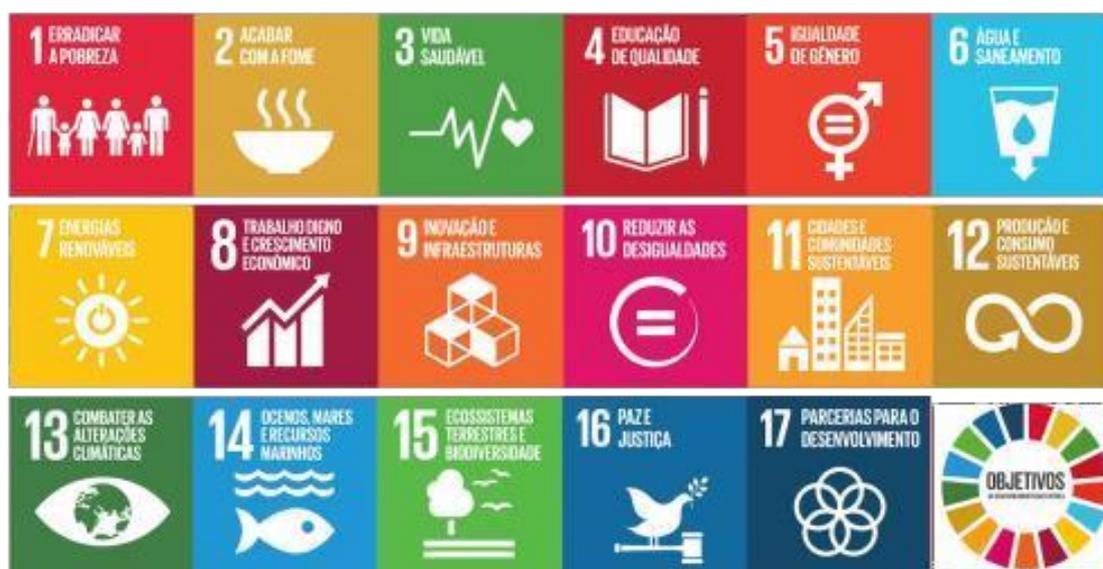
2.6 OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL 6

No ano de 2000 foram estabelecidos os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs), formado por oito objetivos, assumidos por países membros da Organização das Nações Unidas. Esse conjunto de objetivos almejam o progresso do mundo em algumas vertentes, como a erradicação da pobreza e da fome e fatores que afetavam países menos desenvolvidos com populações pobres (ROMA, 2019). 15 anos após o surgimento dos ODMs, surgiram os Objetivos de desenvolvimento Sustentável (ODS), como forma de finalizar por meio de uma nova agenda os ODMs (EMBRAPA,2018).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são metas que tem por objetivo orientar políticas públicas nacionais, que servem também para a cooperação internacional do desenvolvimento nas dimensões ambiental, econômica e social.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) aprovou 17 objetivos composto no total por 169 metas, os quais têm como base os oitos objetivos lançados pelo ODM, incluindo novas vertentes: como água potável e saneamento (ODS 6), desigualdade e socioeconômica (ODS 10), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), ação contra a mudança global do clima (13). Os ODS são mais abrangentes que os ODM, visto que, abordam e buscam contribuir diretamente com o desenvolvimento sustentável (BARBADO; LEAL, 2021).

Figura 9 - Os 17 ODSs da Agenda 30 propostos pela ONU.



Fonte: ONU, 2016

No tocante ao tema meio ambiente e sustentabilidade, dos 17 objetivos proposto 10 são para tratar sobre esse tema (ODS 2, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 17), alguns de forma indireta e outros de forma direta (BARBADO, 2021).

Os recursos hídricos são vulneráveis e que devido seu alto consumo e degradação, a agenda 2030 dedicou dois objetivos para tratar desse tema, o OBS 6 que trata sobre a “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” e o 14 que se dedica a “conservação e uso

sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” (IPEA, 2018; PAGNOTA, 2020).

A água é um elemento fundamental para sobrevivência dos seres vivos na terra. Com isso, vários fatores estão ligados a esse recurso, nas esferas ambiental, social, cultural, econômica e de segurança. Diante dessa importância, foi criado o ODS 6, que trata sobre a disponibilidade de água e saneamento para todos. Devido a abrangência desse tema, o ODS 6 está integrado a outros objetivos, como os que tratam sobre a “Fome zero e Agricultura Sustentável” (ODS 2), “Saúde e bem-estar (ODS 3), “Energia Limpa e Acessível” (ODS 7), “Ação Contra a Mudança Global” (ODS) e a “Vida na Água” (ODS 14) (BARBADO, 2021; WEDY, 2021).

O conjunto de metas, estabelecido para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, visam proporcionar qualidade de vida digna para as pessoas com acesso água potável e ao saneamento básico, saúde humana e ambiental e segurança alimentar e energética. A oferta de serviços relacionados a esses fatores se faz importante principalmente em regiões desprovidas desses serviços, como a zona rural (WEDY,2021).

A ODS 6 dispõe de oito metas, a meta 6.1 trata sobre o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos até o ano de 2030, no qual segundo o Ipea (2018), cerca de 97,9% da população brasileira tem acesso água de fonte segura. A meta 6.2, se refere a alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade até 2030, pois no Brasil até 2016 apenas 46% do esgoto gerado passava por algum tipo de tratamento (BARBADO, 2021; IPEA, 2018).

A meta 6.3 tem por objetivo até 2030 melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente. O Brasil tenta alcançar tal meta por meio de iniciativas de pesquisas tecnológicas, assim como de medidas para praticas individuais sustentáveis, com auxílio de instituições pública e privadas (IPEA,2018).

Até 2030 a ONU, por meio da 6.4, planeja aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir

substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água. Visto que, os setores industriais, de saneamento e agricultura, somam uma grande porcentagem tanto de uso da água como em perdas em seus processos (IPEA, 2018).

A implementação e a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado até 2030, é a meta 6.5, tendo em vista a quantidade de corpos hídricos superficiais e subterrâneos que o Brasil possui em divisas com outros países, a gestão integrada desse recurso se faz importante. A meta 6.6 trata sobre proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos até 2030 (IPEA,2018).

Por meio do objetivo traçado para a meta 6.6, foram traçadas mais duas metas: a meta 6.a que dispõe sobre ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso até o ano de 2030; e a meta 6.b que por meio dessa meta visa apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento (IPEA,2018).

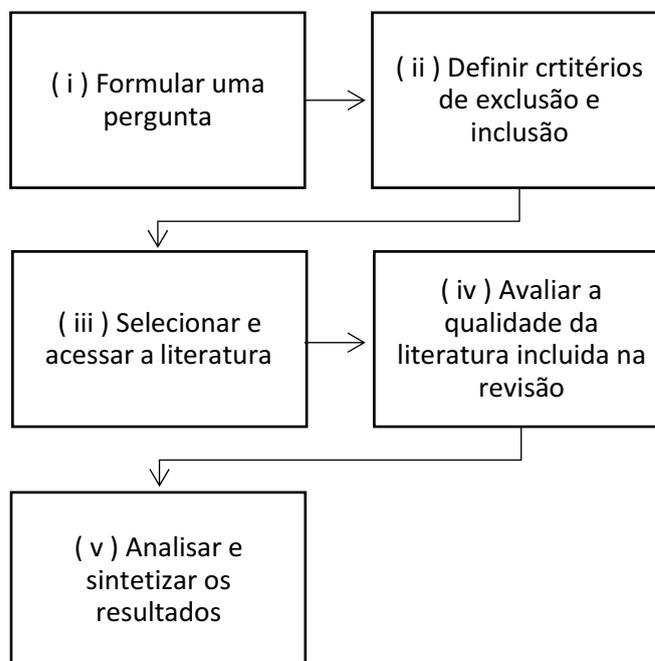
3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracterizou-se por uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) realizada entre dezembro de 2021 e março de 2022. A revisão sistemática é um modelo da metodologia científica que tem como objetivo realizar o levantamento sistemático de trabalhos científicos de forma planejada e controlada. É um modelo que precisa ser realizado de maneira cuidadosa, afim de garantir confiança e consistência nos resultados obtidos (CORDEIRO et al., 2007; GOMES et al., 2020; LEITE et al., 2021).

Segundo Cronin et al. (2008), para aplicação da revisão sistemática de literatura é importante a definição de critério, a determinar o período de tempo que a literatura selecionada, assim como os métodos que foram utilizados para avaliar e sistematizar os resultados.

Como forma de atingir o objetivo desejado, foi utilizado o protocolo sugerido por Cronin et al. (2008) apresentado na Figura 10, onde é detalhado o que se deve conter em uma aplicação da Revisão Sistemática de Literatura.

Figura 10 - Protocolo para aplicação da RSL



Fonte: Cronin (2008)

Os critérios estabelecidos por Cronin (2008) para a aplicação do modelo de metodologia de Revisão Sistemática de Literatura foram aplicados da seguinte forma:

- I. **Formulação da pergunta para pesquisa:** Como os efluentes tratados estão sendo utilizados na agricultura?
- II. **Critérios de incluso e exclusão:** Como forma de atingir o objetivo principal do dessa pesquisa, foram selecionados os seguintes critérios: (a) Apenas trabalhos na língua portuguesa; (b) Palavras-chaves: “economia circular”, “uso de efluente tratado”, “reuso”, “reutilização”, “agricultura”; (c) Período de publicação 2018 a 2022; (d) localização das palavras-chaves: título e palavras-chave; (e) tipos de publicação: trabalhos de conclusão de cursos, dissertação de mestrado, teses de doutorado, artigos completos publicados em periódicos, Anais de eventos científicos (exceto resumos) e capítulo de livro.

III. Seleção de acesso da literatura:

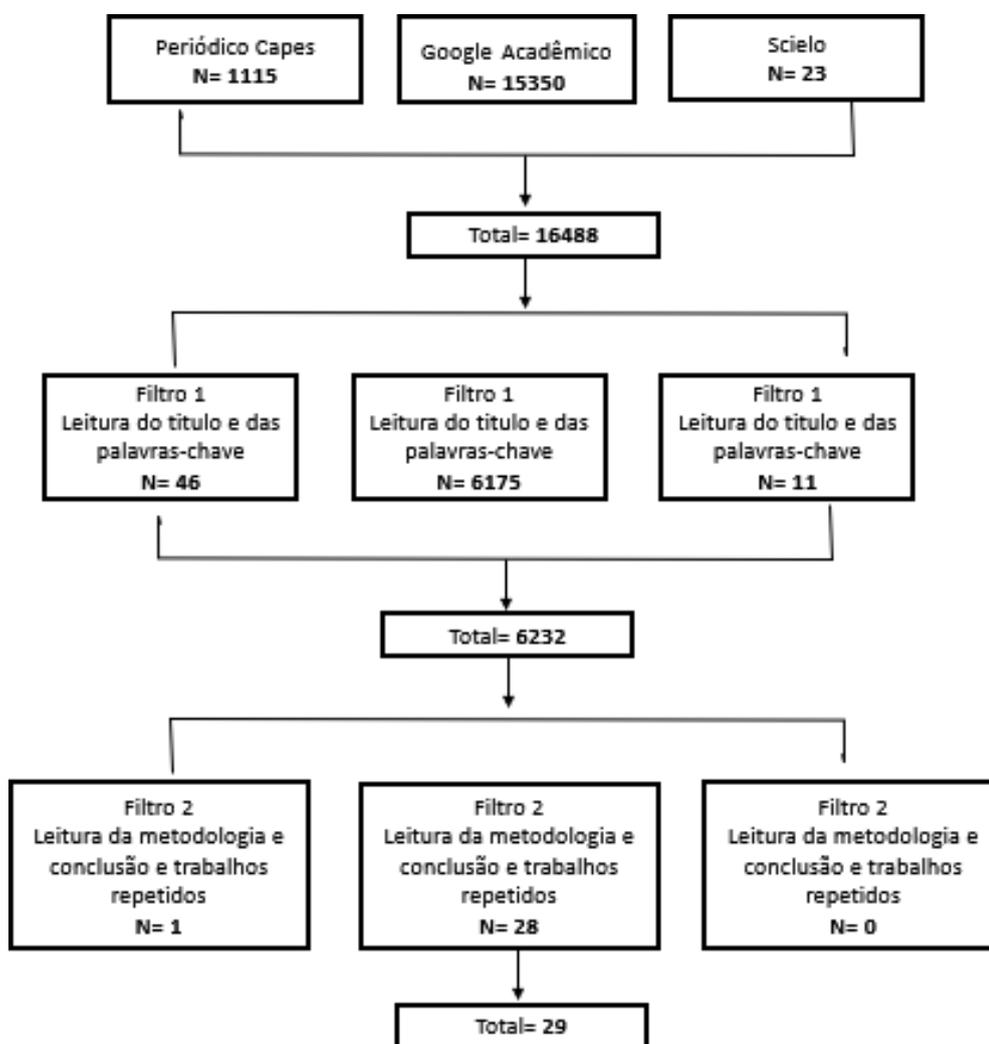
As bases de dados que foram utilizadas para seleção da literatura da pesquisa foram: *Portal de Periódicos Capes, google acadêmico e scielo.*

- IV. Avaliação da qualidade da literatura:** De acordo com os critérios de buscas estabelecidos pelo protocolo, foram realizadas duas filtragens, a primeira visou selecionar os artigos de acordo com os títulos e as palavras-chaves e a segunda de acordo com uma leitura dos objetivos, metodologia e conclusão, e por fim foram excluídos os trabalhos que estavam repetidos e fora do tema.

V. Análise e síntese dos resultados:

Após a triagem realizada utilizando a avaliação da qualidade da literatura Figura 11, foram escolhidos 29 artigos. Os trabalhos selecionados foram de acordo com o tema proposto e os objetivos a serem atingidos nessa pesquisa. Para análise e discussão dos trabalhos, foram construídos quadros e gráficos, que serão apresentados na seção subsequente.

Figura 11 - Triagem das publicações levantadas para RSL.



Fonte: Silva, 2021

Da pesquisa realizada para o levantamento dos artigos, apenas 29 foram selecionados por estar em concordância com o tema e o objetivo da pesquisa em questão. Segundo Cronin et al. (2008), o que é levado em consideração em uma Revisão Sistemática de Literatura é qualidade dos trabalhos a serem utilizados e não a quantidade.

Os trabalhos selecionados foram analisados criteriosamente, com uma leitura exaustiva e aprofundada, visando a obtenção máxima de dados possíveis. Para análise dos dados foi utilizado o método de análise quali-quantitativo, visando maior confiabilidade nos resultados obtidos que foram discutidos na seção seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico realizado sobre o uso de efluente tratado na RSL resultou em um total de 16.488 publicações, obtidas a partir de três bases de dados. Do total analisadas, 6.232 foram selecionadas através da leitura de seus títulos e palavras-chaves e 83 estavam com o acesso restrito. Após realização da análise da metodologia e da conclusão desses trabalhos, foram selecionados apenas 29, que estes estavam de acordo com o tema estudado.

A Sistematização escolhida para apresentação dos trabalhos selecionados foi: Autor e ano, título e tipo da publicação. O Quadro 1 apresenta em ordem crescente de ano os trabalhos selecionados

Quadro 1 - Artigos selecionados para análise da RSL.

Autoria/Ano	Título do artigo	Tipo de publicação
Salgado et al. (2018)	Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado.	Artigo científico
Santos et al. (2018)	Impacto do uso de efluentes nas características do solo cultivado com quiabo.	Artigo científico
Silva e Nepomuceno (2018)	Características nutricionais da cenoura (<i>Daucus carota</i>) irrigada com efluente doméstico tratado.	Artigo científico
Brichi (2018)	Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio	Dissertação de mestrado
Melo (2018)	Produção de óleo essencial em duas espécies de manjerição (<i>Ocimum basilicum</i>) irrigadas com efluente doméstico tratado.	Dissertação de mestrado
Alves et al. (2018)	Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção.	Artigo científico
Carvalho et al. (2019)	Produção de pimentão em ambiente protegido com água residuária.	Artigo científico
Torres et al. (2019)	Tratamento de efluentes e produção de água de reuso para fins agrícolas.	Artigo científico
Alves et al. (2019)	Cultivo de Manjerição Utilizando efluente doméstico tratado em sistemas hidropônicos sob diferentes espaçamentos entre plantas	Artigo científico

Souza (2019)	Viabilidade do uso de água residuária na agricultura irrigada na cultura do maxixe e aplicação como tema transversal no âmbito educacional	Dissertação de mestrado
Hebling (2019)	Irrigação com efluente de esgoto tratado na produção de pimentão e propriedades química do solo.	Dissertação de mestrado
Pitoro (2019)	Tratamento de efluentes de estação de tratamento de esgoto em filtros anaeróbios verticais para reuso na irrigação por gotejamento de couve-manteiga (<i>Brassica oleracea</i> L. Var. <i>Acephala</i>).	Dissertação de mestrado
Oliveira (2019)	Uso de água cinza no crescimento inicial do mamoeiro e maracujazeiro em área de produção familiar.	Tese de doutorado
Guimarães (2019)	Influência da água residuária na uniformidade de aplicação do sistema de irrigação por gotejamento.	Trabalho de conclusão de curso
Sotero (2019)	Cultivo de milho fertirrigado com água cinza.	Dissertação de mestrado
Santos (2019)	Reuso de água residuária tratada no cultivo de hortaliças.	Tese de doutorado
Santos et al (2020)	Desenvolvimento de rúcula com água de reúso em sistema hidropônico.	Artigo científico
Silva (2020)	Desenvolvimento de um sistema ecológico para tratamento agrícola de esgoto doméstico em comunidades rurais	Dissertação de mestrado
Tavares (2020)	Crescimento e produção de pimentão utilizando água residuária doméstica tratada.	Artigo científico
Ferreira (2020)	Crescimento de mudas de mamoeiro fertirrigado com efluente de esgoto doméstico tratado.	Trabalho de conclusão de curso
Figueiredo (2020)	Esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes no cultivo hidropônico do morangueiro.	Dissertação de mestrado
Barros et al. (2020)	Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida 'Tahiti' (<i>citrus latifolia</i> Tanaka).	Artigo científico
Lima (2020)	Pepino tipo japonês irrigado com efluente tratado de laticínio e aplicação de <i>Trichoderma asperellum</i> .	Dissertação de mestrado
Silva (2020)	Efeitos de diferentes águas residuais em características morfológicas, fisiológicas e bromatológicas de sementes e mudas de milho (var. Brs gorutuba), girassol dobrado anão (<i>helianthus dwarf double sungold</i>) e feijão-vagem macarrão <i>trepador</i> (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	Dissertação de mestrado

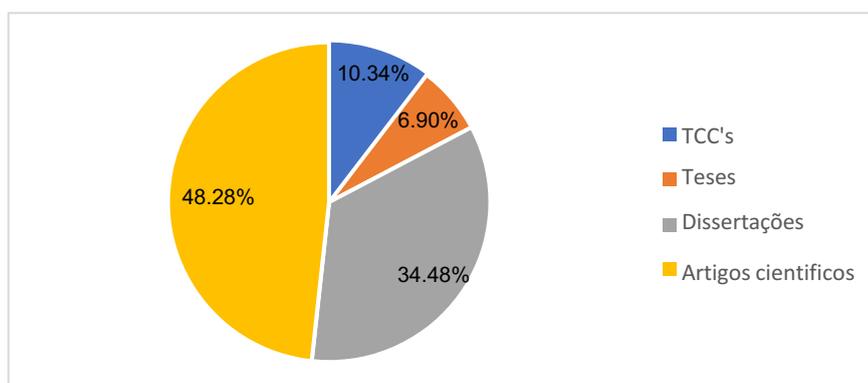
Oliveira et al. (2021)	Crescimento e fitomassa de batata-doce irrigada com água residuária tratada.	Artigo científico
Gonçalves (2021)	Fertirrigação de milho (<i>Zea mays</i> L.) com água residuária de suinocultura e piscicultura.	Trabalho de conclusão de curso
Liberatti (2021)	Influência da aplicação de efluente doméstico em latossolo sob o cultivo de milho para a produção de silagem.	Artigo científico
Oliveira et al. (2021)	Viabilidade da fertirrigação por pivô central com uso de efluentes tratados em diferentes níveis.	Artigo científico
Pitoro et al. (2021)	Cultivo Vertical de hortaliças.	Artigo científico

Fonte: Silva, 2022

O primeiro ponto da análise realizada acerca dos trabalhos selecionados a ser discutido, foi em relação aos tipos de publicações. Na Figura 12 foi apresentada as porcentagens dos tipos de publicações, no qual mostrou que a maior parte das publicações encontradas são artigos científicos, os quais são divididos em artigos publicados em anais de eventos nacionais e regionais e artigos publicados em revistas.

Em seguida com 34,48% das publicações, tem-se as dissertações de mestrado, que são trabalhos robustos que mostram em suas pesquisas de forma mais aprofundada a importância e o uso das tecnologias de tratamento de efluente, assim como o uso do mesmo para algum fim.

Figura 12 - Tipos de Publicações.



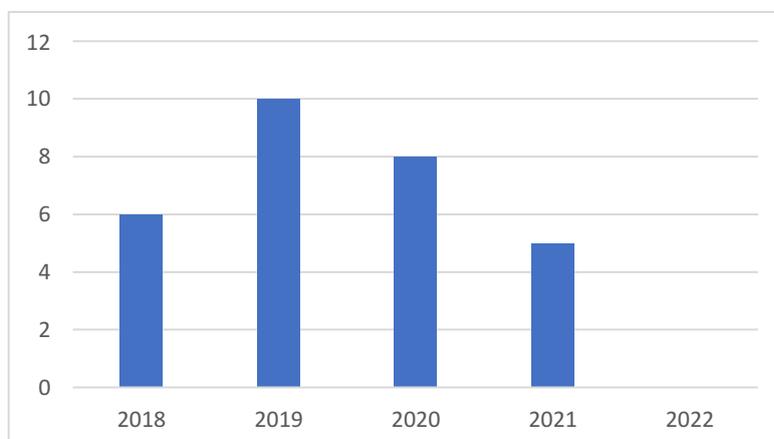
Fonte: Silva, 2022

No que tange a quantidade de artigos publicados por ano, que tratam sobre o uso de efluente na agricultura, na Figura 13 foi destacado que o ano em que se teve mais publicações foi o ano de 2019, com 10 publicações. O ano de 2018 foi o pior em números de trabalhos. Contudo, a partir do ano de 2020 houve uma queda constante na quantidade de publicações, mostrando uma tendência de decréscimo das publicações sobre o assunto.

Essa tendência pode estar ligada ao local onde a maioria dos estudos são realizados. Segundo o a Figura 14, cerca de 72% das publicações levantadas, tiveram suas pesquisas realizadas em instituições públicas de ensino superior, as quais tiveram suas atividades suspensas a partir do mês de março do ano de 2020. O Ministério da Educação, por meio da portaria de nº 343, de 17 de março de 2020, solicitou que fossem substituídas as atividades presenciais por atividades remotas devido a pandemia da Covid-19. Dessa forma, foi interrompida diversas pesquisas que viessem a ser publicadas futuramente.

Morais et al. (2022) detalharam que os prejuízos causados na pós graduação de uma instituição de ensino pública. Foi constatado que 85,4% dos entrevistados afirmaram que tiveram algum tipo de prejuízos em seus estudos devido as medidas de contenção do Covid 19. Grande parte dos envolvidos na pesquisa acredita que houve uma diminuição na qualidade dos estudos desenvolvidos, e uma conseqüente diminuição nas publicações para os meses seguintes, pois a maioria alegou que perdeu entre 6 a 12 meses devido a paralisação parcial ou integral das atividades.

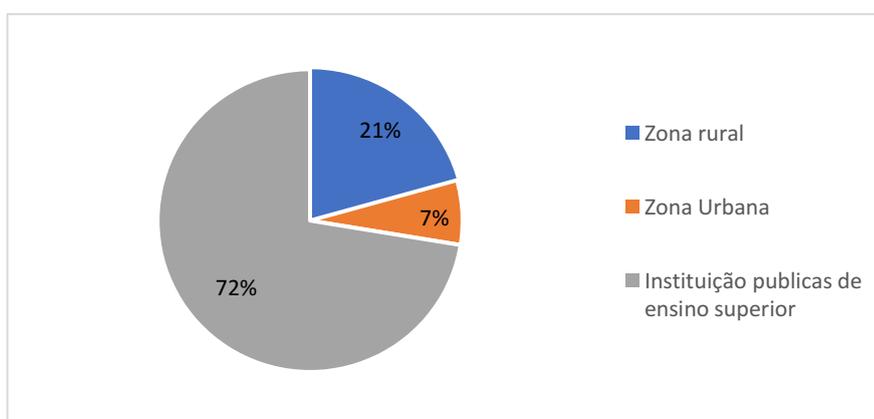
Figura 13 - Quantidade de publicações por ano.



Fonte: Silva, 2022

A zona rural foi o segundo local onde foram realizados mais estudos. Apesar de não ser um valor tão expressivo quanto as realizadas nas instituições públicas, pesquisas executadas em regiões desse tipo são de extrema importância, pois cria possibilidades de mudar a visão das pessoas que ali vivem. Por exemplo, são os estudos envolvendo recursos hídricos que podem mostrar novas formas de descarte e reutilização, como na agricultura, trazendo benefícios econômicos e ambientais para o homem rural.

Figura 14 - Locais de realização dos estudos.



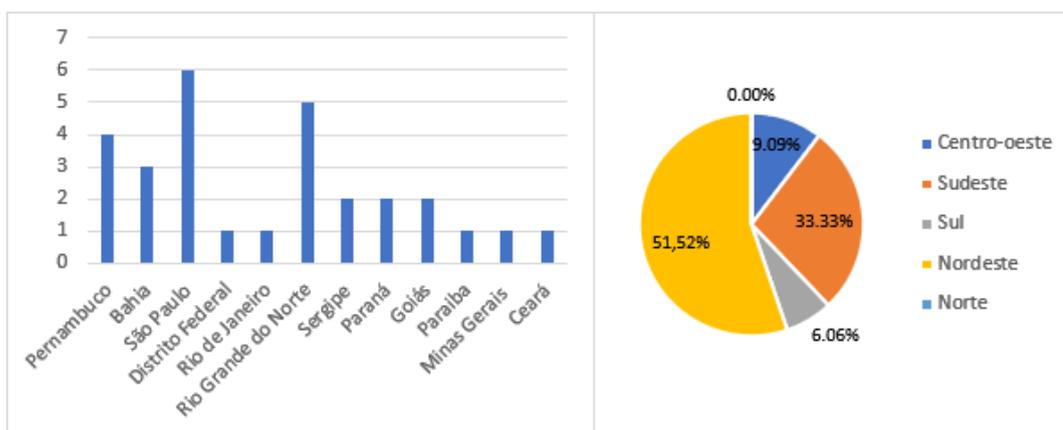
Fonte: Silva, 2022

Outro ponto a ser analisado nesse levantamento, são as regiões e estados onde as pesquisas foram desenvolvidas. Foi constatado uma distribuição desigual entre as regiões com relação a realização dos estudos. Conforme mostrado na Figura 15, houve mais desenvolvimento de pesquisas e projetos no Nordeste, que dentre 29 publicações selecionadas, 16 foram desenvolvidas nessa região (sobretudo no Estado do Rio Grande do Norte). Em seguida no Sudeste, onde São Paulo foi o Estado com mais pesquisas desenvolvidas. Os estados de Pernambuco e Bahia, também tiveram valores expressivos em número de publicações sobre o uso de efluente tratado na agricultura.

De acordo com a revisão realizada, existem estudos sobre a uso de efluente tratado na agricultura em quase todas regiões no país, exceto no Norte. Contudo, ficou claro que existe uma concentração de desenvolvimento e escrita de pesquisas no Nordeste. A abrangência científica ocorre por conta dessa região possuir condições climáticas desfavoráveis à agricultura, principalmente as áreas rurais localizadas no

Semiárido, como a escassez e distribuição irregular de chuvas, assim estudos de novas formas de uso da água e do efluente gerado nesse meio é fundamental para tentar mitigar esta condição ambiental.

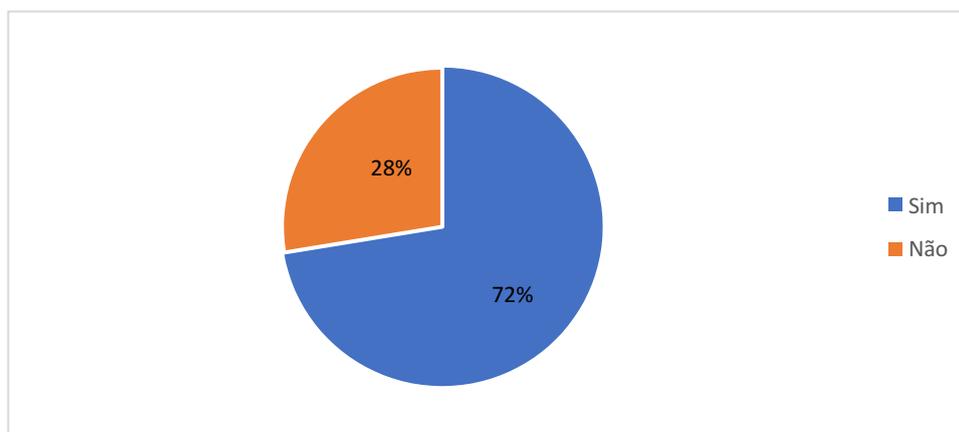
Figura 15 - Estados e Regiões de realização dos estudos.



Fonte: Silva, 2022

No que diz respeito as tecnologias utilizadas para o tratamento do efluente, a Figura 16 evidencia que 72% das publicações selecionadas mencionaram o tipo de tratamento e a maioria detalhava como foram realizados o tratamento, as fases e as tecnologias utilizadas. O resto relatava apenas que o esgoto utilizado era tratado em estações de tratamento de efluente (ETE) e apresentaram os resultados das análises realizadas dos parâmetros biológico, físico e químico do efluente.

Figura 16 - Trabalhos que apresentaram as tecnologias de tratamento.



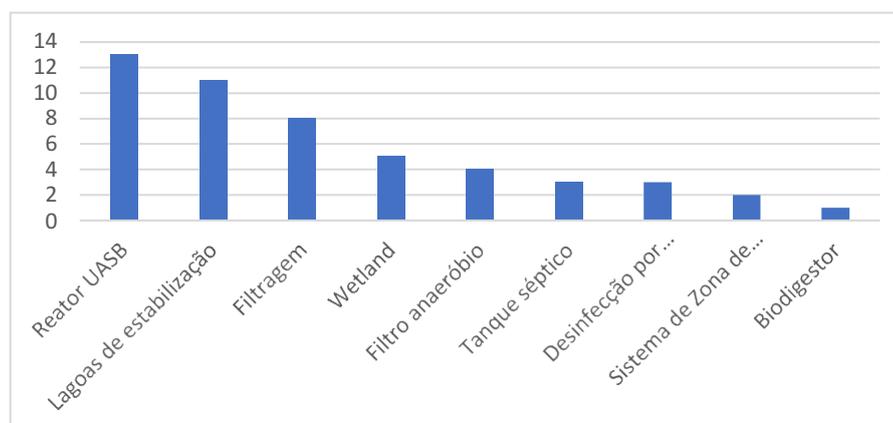
Fonte: Silva, 2022

A Figura 17 apresenta as tecnologias de tratamento de efluente foram mencionadas em 21 dos 29 trabalhos selecionados. Essas tecnologias foram utilizadas para a realização para o tratamento do esgoto, com potencial a ser utilizado na agricultura. Os tratamentos foram utilizados tanto de formas individuais como em conjunto, como forma de obter uma maior eficácia no processo. Reator UASB, lagoas de estabilização e processo de filtragem foram os tipos de tratamento mais mencionados nos trabalhos levantados. Em seguida se tem a *Wetland*, que é uma nova tecnologia de tratamento e que aos poucos tem ganhado espaços em pesquisas.

Em algumas pesquisas foram utilizadas apenas uma tecnologia de tratamento, como Salgado et al. (2018) ao usarem apenas o reator UASB para o tratamento de esgoto doméstico, utilizando o efluente resultante em plantação de melancia e obtendo resultado positivo. Brichi (2018) também utilizou apenas um reator do tipo UASB para tratamento do efluente de laticínios e teve seu uso empregado em fertirrigação de minis tomateiros, com resultados satisfatórios também.

Outros estudos optaram por usarem efluente tratado de ETE, onde os tratamentos são normalmente em conjuntos de tecnologias e processos mais complexos. Melo (2018) utilizou a água de reuso, tratado por uma estação, para a plantação de manjeriço. Sendo que a estação era composta por um reator UASB, uma lagoa aerada, uma facultativa e uma de maturação, constatando por fim que é viável o uso desse efluente para esse fim.

Figura 17 - Tecnologias de tratamento mencionadas.

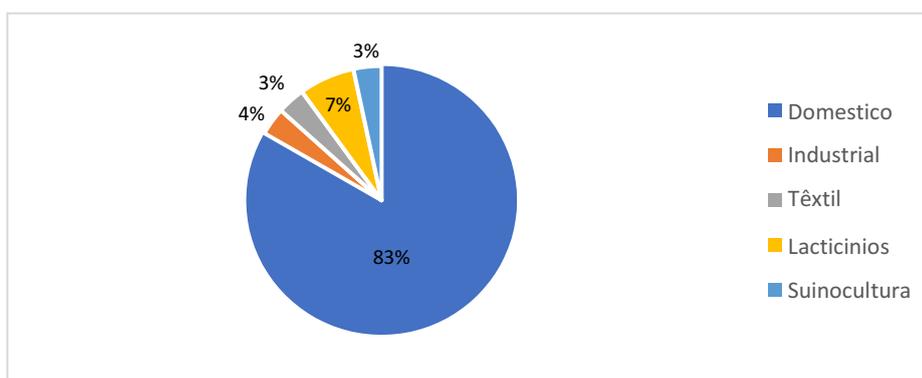


Fonte: Silva, 2022

Quanto ao tipo de efluente tratado que foi utilizado nas pesquisas selecionadas, Figura 18, cerca de 83% consistem em esgoto doméstico. Esse tipo de efluente é produzido em larga escala diariamente e devido sua composição não pode ser lançado diretamente no meio ambiente sem tratamento e que após o tratamento adequado, poderá ser usada em diversas atividades, como na agricultura.

Em seguida tem os efluentes de laticínios, industrial, têxtil e suinocultura, respectivamente, que apesar da quantidade gerada não ser tão alta como o doméstico, também se faz importante o tratamento destes. O motivo primordial é a possibilidade de o descarte incorreto gerar contaminação do meio ambiente e ser, também, mais uma fonte alternativa de água de reuso.

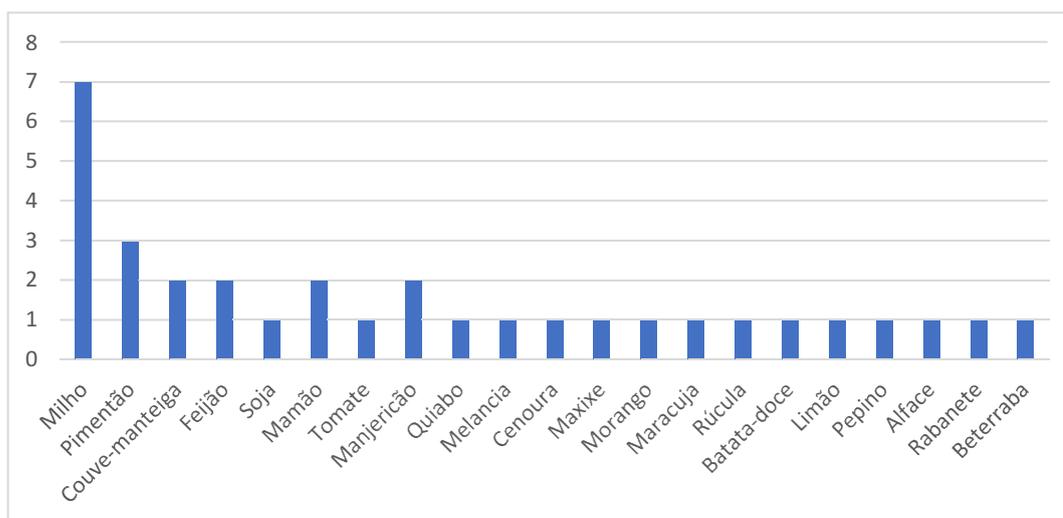
Figura 18 - Tipos de efluentes.



Fonte: Silva, 2022

Nos trabalhos analisados foi possível notar, conforme o Figura 19 uma diversidade de culturas utilizadas nas pesquisas, com destaque para o milho, pois dos 29 trabalhos este vegetal esteve presente em 7. Essa cultura pode ter sido utilizada em tantos trabalhos por ser considerado de baixo investimento e rápido desenvolvimentos em condições adversas, além de ter diversas finalidades, como servir de alimento para animais. Após, tem-se o pimentão, presente em 3 trabalhos e em seguida a couve-manteiga, o feijão o mamão e o manjericão.

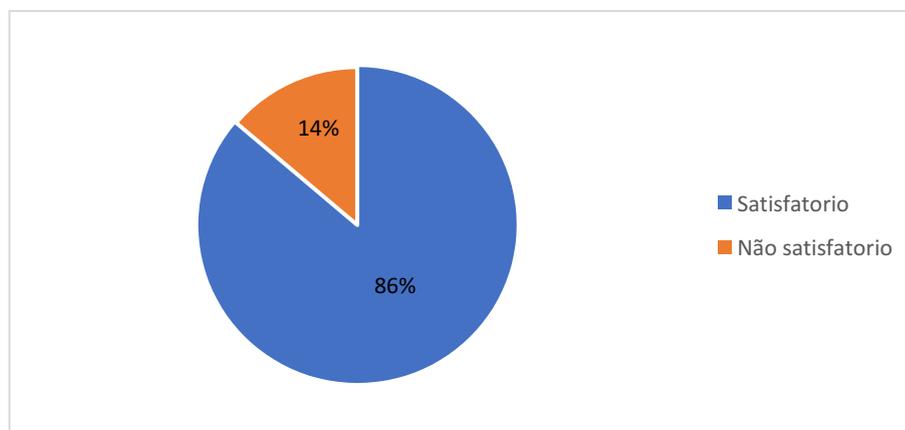
Alguns estudos utilizaram mais de uma cultura para plantação, como o de Oliveira (2019) ao usar o efluente doméstico tratado para irrigação de mamão e maracujá, o qual obteve êxito em sua pesquisa. Santos (2019) usou a água de reuso em três culturas: alface, beterraba e rabanete; nas três plantações os resultados foram satisfatórios, contudo, a beterraba foi a que teve melhor desempenho.

Figura 19 - Culturas utilizadas.

Fonte: Silva, 2022

O resultado obtido em 86% dos trabalhos, Figura 20, foram satisfatórios. Santos (2019) conseguiram obter bons resultados em suas pesquisas. Esse resultado demonstrou que as águas residuárias, quando feito o tratado correto, podem ser tornar uma ótima fonte de recurso hídrico para agricultura, principalmente em regiões que dispõem de pouca quantidade desse recurso.

Dos 29 estudos analisados, apenas 4 não obtiveram sucesso em seus objetivos. Figueiredo (2022), ao utilizar o efluente doméstico tratado para o cultivo hidropônico de morangos, não conseguiram obter sucesso ao observarem que a água de reuso utilizada como solução nutritiva não atendeu as necessidades de cultura.

Figura 20 - Nível de satisfação nas pesquisas.

Fonte: Silva, 2022

A economia circular possui um conjunto de estratégias, as quais se baseiam na reciclagem e reutilização de insumos e recursos naturais, de modo que sejam utilizados como e quantas vezes forem possíveis (ASGHARNEJAD et al., 2021). Esse modelo de economia tem como objetivo a mudança da economia linear (utilizada atualmente) para o modelo circular, visando o desenvolvimento sustentável e durador.

No modelo atual de economia, uma série de processos industriais e domésticos depende de recursos hídricos e em muitos destes processos após o uso e tratamento as águas residuárias são apenas descartadas. Já no modelo circular, a água é utilizada em um ciclo, na qual é armazenada, tratada, utilizada, reciclada e reutilizada (VOULVOULIS, 2018).

Diante disso, todos os trabalhos levantados e analisados na Revisão Sistemática de Literatura trataram sobre o uso da água reciclada na agricultura. Porém nenhum citou a economia circular, mas todos os estudos mostraram que o recurso hídrico foi utilizado em um ciclo ao ser utilizado, tratado e reutilizado para um fim, o qual trouxe benefícios ambientais, sociais e econômicos. Mesmo este termo não sendo citado, a economia circular esteve presente em todos os trabalhos analisados, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

A mudança da economia linear para a economia circular, no que diz respeito aos recursos hídricos, é possível e necessária, como apresentado nos 29 trabalhos que trouxeram objetivos diferentes para o uso do efluente tratado na agricultura. Os estudos foram realizados com culturas, tipos de efluente e formas de tratamento diferentes e em regiões distintas, os quais em sua maioria obtiveram resultados positivos, mostrando que para tal fim a água pode ser utilizada em um ciclo e de maneira sustentável.

O processo de reutilização de água de reuso na agricultura pode proporcionar diversos benefícios ao meio ambiente como a retirada de água de aquíferos e corpos hídricos superficiais de maneira duplicada e diminuição do descarte desses efluentes em corpos hídricos e a contaminação do solo (NAVARRO, 2010). Além de ser benéfico ao meio ambiente, essa tecnologia traz benefícios socioeconômicos, pois a composição desse tipo de água pode proporcionar um menor gastos com fertilizantes e pode ser implementado em regiões rurais semiáridas, proporcionando uma fonte de renda para as pessoas que ali habitam.

5 CONCLUSÃO

Por meio da análise dos trabalhos levantados na Revisão Sistemática de Literatura foi possível concluir que a utilização de efluentes tratados na agricultura é uma prática segura, quando realizada de maneira correta. A maioria dos trabalhos analisados apresentou resultados satisfatórios, mostrando que o processo pode ser aplicado de forma a contribuir com o desenvolvimento sustentável, proporcionando benefícios nas dimensões ambientais, econômicas e sociais de uma região.

A Economia Circular não foi mencionada diretamente nos trabalhos, mas o processo de utilizar efluente tratado na agricultura fez parte de um modelo circular de gestão de recursos hídricos. Mesmo a Economia Circular sendo um termo desconhecido e pouco usual, foi possível destacar a presença desse modelo nas pesquisas analisadas, mostrando assim, tal prática como uma forma eficiente de transição do modelo linear para o modelo circular dos recursos hídricos.

A reutilização de efluentes tratados na agricultura contribuiu para o avanço de vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, principalmente a ODS 6, que está diretamente relacionado ao uso e gestão dos recursos hídricos. A realização dessa prática pode colaborar com o avanço de todas as metas propostas para esse objetivo, principalmente as metas 6.5, 6.6, 6.a e a 6.b, atingindo indicadores sobre o tratamento de efluentes, saneamento ambiental, gestão sustentável de recursos hídricos e desenvolvimento socioeconômico.

6 REFERÊNCIAS

- ABDALA, F. A.; SAMPAIO, A. C. F. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Revista Entorno Geográfico**, [s. l.], n. 15, p. 82-102, jun. 2018.
- AGUIAR, S. R. **Projeto executivo de um sistema de *wetland* construído para tratamento de esgoto doméstico**. 2020. 66 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- Sc, 2020.
- ALVES, L. S.; GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. da. S.; SANTOS, A. N. dos.; SILVA, M.G. da; BANDEIRS, S. de. S. Cultivo de manjeriço utilizando efluente doméstico tratado em sistemas hidropônicos sob diferentes espaçamentos entre plantas. **Irriga**, Botucatu-SP, v. 24, n. 3, p. 460-472, 27 set. 2019.
- ALVES, P. F. S.; SILVÂNIO, R. dos. S.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. da. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 833-839, 21 set. 2018.
- ASGHARNEJAD, H.; NAZLOO, E. K.; LARIJANI, M. M.; HAJINAJAF, N.; RASHIDI, H. Comprehensive review of water management and wastewater treatment in food processing industries in the framework of water-food-environment nexus. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [s. l.], 30 jun. 2021.
- ASSUNÇÃO, G.M. de. A gestão ambiental rumo à economia circular: Como o Brasil se apresenta nessa discussão. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 223-231, 2019.
- AVENI, A. Economia circular. Uma pesquisa sobre certificações. **Revista Jrg De Estudos Acadêmicos**, [s. l.], v. 4, n. 9, p. 236-256, 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil Informe 2016**. Brasília–DF. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil Informe 2017**. Brasília – DF. 2017.
- BENETTI, A. D. Reúso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados. In: **II Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura**, 2006, Passo Fundo, RS.
- BENASSI, R. F.; MATHEUS, D. R.; SUBTIL, E. L.; COELHO, L. H. G.; OLIVEIRA, L. H. dos. S.; MORETTO, M. R. D.; JESUS, T. A. de.; PAGANINI, W. da S.; BALDOVI, A. A.; SANCHEZ, A. A.; STOPA, J. M. **Manual de sistemas de *wetlands* construídas para o tratamento de esgoto sanitário: implantação, operação e manutenção**. Santo André - SP: UFABC, 2018.

BUENO, P. B. **Projeto executivo de uma estação de tratamento de esgoto doméstico gerado por uma casa de estudantes universitários**. TCC (Graduação)- Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen- Rs, 2021.

BARROS, J. C. da S. M. de.; FILHO, L. de M. R.; CELESTINO, R. C. A.; PROHMANN, L. L. Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia Tanaka*). **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1224-1239, jul. 2020.

BRASIL. **Portaria nº 343, de 17 de março de 2020**. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. Brasília-DF, 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Regulamento Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília-DF.

BRICHI, L. **Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio**. 2018. 105 p. Dissertação (Engenharia de Sistemas Agrícola) - Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2018.

BARBADO, N.; LEAL, A. C. Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. **Research, Society and Development**, [s. l.], ano 2021, v. 10, n. 3, ed. e29110313290, p. 1-15, 16 mar. 2021.

BRANCALIONE, L. A economia circular na produção de água de reúso para fins agrícolas. *In*: educação, saúde e desenvolvimento sustentável: investigações, desafios e perspectivas futuras. Rio De Janeiro, RJ: Ed. **Epitaya**, 2021. cap. 2, p. 24-42. ISBN 978-65-8780936-6.

COSENZA, J. P.; ANDRADE, M.E.; ASSUNÇÃO, G. M. de. Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 9, n. 1, ed. 2316-9834, p. 1-30, 2020.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British Journal of Nursing**, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008.

CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G. M. de.; RENTEIRA, J. M.; GUIMARÃES, C. A. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir.**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 6, p. 428-431, dez. 2007.

CARVALHO, P. H. M. de. S.; SILVA, J. da S e.; SILVA, R. R. da.; COSTA, W. R. S.; QUIEROZ, S. O. P. de.; ROCHA, C. de. C. Produção de pimentão em ambiente protegido com água residuária. **Revista Verde**, POMBAL-PB, v. 14, ed. 3, p. 359-365, 23 set. 2019.

DEGEN, J. **Avaliação de sistemas locais de wetlands construídos de fluxo vertical aplicados no tratamento de esgotos em empreendimentos comerciais e industriais**. 2018. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia

Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - Sc, 2018.

EMPRAPA. **Água e saneamento: contribuições da Embrapa**. 1. ed. Brasília-DF: Editores técnicos, 2018. 108 p. ISBN 978-85-7035-781-6.

Ellen MacArthur Foundation – EMF (2015). **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição**.

Ellen MacArthur Foundation – EMF (2017). CE100 Brasil – **Uma Economia Circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial**. Ellen Macarthur Foundation.

FIGUEIREDO, C. G. **Esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes no cultivo hidropônico do morangueiro**. 2020. 73 p. Dissertação (Pós-graduação em Agricultura e Ambiente) - Universidade Federal De São Carlos, Araras-SP, 2020.

FERREIRA, H. **Crescimento de mudas de mamoeiro fertirrigado com efluente de esgoto doméstico tratado**. 2020. 26 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Agrônômica.) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020.

FRANCESCHINI, G. **Tecnologias de baixo custo para tratamento de esgoto rural: reator UASB e fossa séptica econômica**. 2018. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu Sp, 2019.

GOMES, L. A.; BRASILEIRO, T. S. A.; CAEIRO, S. S. F. da. S. Educação ambiental e educação superior: uma revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 10, p. 75575-75592, 6 out. 2020.

GOMES, J. R. S.; CAPITÓ, A. C. P.; PINTO JUNIOR, I. M.; SILVA, D. F. da. Bacia de evapotranspiração - uma tecnologia alternativa para coleta e tratamento de esgoto doméstico. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 175-187, 7 dez. 2020.

GONÇALVES, M. V. M. **Fertirrigação de milho (*Zea mays* L.) Com água residuária de suinocultura e piscicultura**. 2021. 60 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Instituto Federal De Educação Ciência E Tecnologia Goiano, Rio Verde- GO, 2021.

GUIMARÃES, V. B. **Influência da água residuária na uniformidade de aplicação do sistema de irrigação por gotejamento**. 2019. 49 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenheira Agrônômica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza -CE, 2019.

GUIMARÃES, É.R. **Avaliação do tratamento de efluentes domésticos por bacia de evapotranspiração – um estudo de caso de Aldeia Velha, Silva Jardim, RJ**. 2019. 78 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO, RJ, 2019.

HEBLING, L.F. **Irrigação com efluente de esgoto tratado na produção de pimentão e propriedades químicas do solo**. 2019. 82 p. Dissertação (Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Saneamento e Segurança, Saúde: Caminhos para Ampliação de Infraestruturas e Melhoria dos Serviços. *In: Desafios da Nação*, v. 2, p. 91-102. Brasília: Ipea, 2018.

LEFF, E. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lucia Mathilde Endlich Ortj. 9 ed. Petrópolis, RJ. **VOZES**, 2012.

LEITE, N. M. G.; PINHEIRO, A. R. S.; MADEIRA, C. S. R.; BRITO, R. M. da.; SOUZA, M. O. A. J. de.; ARAUJO, C. H. da N. L.; MELO, J. U. L de.; RIBEIRO, G. do. N. A influência da disposição final dos resíduos sólidos nos recursos hídricos: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 7, n. 2, p. 12997-13006, 5 fev. 2021.

Landes, D S. **The Wealth and Poverty of nations: Why some are so rich and some so poor**. New York: Norton, 1999.

LIBERATTI, J. L. B.; SOARES, B. L. C.; SOUZA, A. C. S.; FREITAS, S. L. de. Influência da aplicação de efluente doméstico em latossolo sob o cultivo de milho para a produção de silagem. *In: Encontro Anual de Iniciação Científica, X*, 2021.

Lasso, J.; Ramírez, J. L., **Perspectivas generales del efecto del reúso de aguas residuales para riego en cultivos para la producción de biocombustibles en Colombia**. El Hombre y la Máquina. 2011.

LIMA, A. C. M. **Pepino tipo Japonês irrigado com efluente tratado de laticínio e aplicação de *Trichoderma asperellum***. 2020. 78 p. Dissertação (Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2020.

MELO, A. e. S. **Rodução de óleo essencial em duas espécies de manjeriço (*Ocimum basilicum*) irrigadas com efluente doméstico tratado**. 2018. 85 p. Dissertação (Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru -PE, 2018.

MORAIS, E. R. C. da.; FAUSTINO, S. J. B.; HERNANDEZ, M. C. R; NOBRE, S. B.; TARGINO, J. M. F. Os desafios da pesquisa de pós-graduação em tempos de pandemia. *In: EDUCAÇÃO Ambiental: atitudes e ações Resilientes para o equilíbrio do Planeta*. Ituiutaba, MG: **Barlavento**, 2022. p. 165-177. ISBN ISBN: 978-65-87563-16-9.

MENDES, G. **6 soluções de países diferentes contra a escassez de água. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável**. 2018.

MORENO, J. M. Água e economia circular. *In: Congreso Nacional del Agua Orihuela*. 2019, Orihuela. ISBN: 978-84-1302-034-1. 1683 p.

NAVARRO, T. **El nuevo régimen de reutilización de aguas residuales**. Fundación Euromediterránea del Instituto del Agua, Murcia. 2010.

OLIVEIRA, J.T. de. *et al.* Viabilidade da fertirrigação por pivô central com uso de efluentes tratados em diferentes níveis. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 23-29, 10 fev. 2021.

OLIVEIRA, J.T. de.; MARADINI, P. da S.; BORGES, A. C.; GAVA, R. Viabilidade da fertirrigação por pivô central com uso de efluentes tratados em diferentes níveis. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 23-29, 10 fev. 2021.

OLIVEIRA, R. C. de.; SILVA, P. F. da.; MATOS, R. M. de.; NETO, J. D.; SABOYA, L. M. F.; FARIAS, M. S. S. da. Crescimento e fitomassa de batata-doce irrigada com água residuária tratada. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 97-109, 14 jun. 2021.

OLIVEIRA, H. A. de. **Uso da água cinza no crescimento inicial do mamoeiro e maracujazeiro em áreas de produção familiar**. 2019. 69 p. Tese (Pós-Graduação em Manejo de Solo e água) - UNIVERSIDADE Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2019.

OGHAZI, P.; MOSTAGHEL, R. Desafios do Modelo de Negócios Circular e Lições Aprendidas - Uma Perspectiva Industrial. **Sustentabilidade**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 1-19, 2018.

Organização das Nações Unidas [ONU]. 2017. **World Population Prospects: The 2017**

OSORIO, A. C. *et al.* Tomato (*Lycopersicon esculentum*) production in sub surface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment in rural a colombian community. **Ingeniería Investigación y Tecnología**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 1-10, 1 out. 2018.

PAGNOTA, G. H.; GEORGES, M. R. R. Recursos hídricos no Brasil: um estudo bibliométrico de como o assunto está sendo tratado no mundo científico. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 16, n. 6, p. 137-150, 2020.

PEREIRA, L.M.G. **Tratamento de efluentes agroindustriais recorrendo à vermifiltração: controlo e monitorização de unidade piloto BioSS4WT**. 2020. 78 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia da Energia e do Ambiente, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Leiria, 2020.

PERINI, Barbara. **Tratamento descentralizado de efluente sanitário utilizando reator compartimentado anaeróbio/aeróbio**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química). Faculdade de Ciências de Bauru. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". 2017

PITORO, V.S.J. **Tratamento de efluentes de estação de tratamento de esgoto em filtros anaeróbios verticais para reúso na irrigação por gotejamento de couve-manteiga (*Brassica oleracea L. var. acephala*)**. 2019. 157 p. Dissertação (Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2019.

PITORO, V. S. J.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M; VENTURA, K. M.; JANE, S. A. Cultivo vertical de hortaliças. In: Manejo, gestão e técnicas em irrigação. Mérida Publishers, 2021. p. 14-29. ISBN 978-65-991393-7-6

QUELUZ, J. G. T. **Estudo de eficiência da desinfecção solar de águas residuárias domésticas em reatores de diferentes colorações.** 2013. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu – São Paulo, 2013.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S. dos.; SILVA, L. P. B. da. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teórico. **Revista de Geografia e Ecologia Política**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 11-37, 2019.

ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**, São Paulo, ano 2021, v. 71, n. 1, p. 33-39, mar 2019.

ROSSI, F. L.; LIMA, I. T. da S.; SILVEIRA, L de L.; BARBOSA, R.; SOUZA. R.F. de. Economia Circular no Brasil: Estudo de Caso em um Centro de Recondicionamento de Computadores. **Revista de Geopolítica**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 109-123, 2022.

Rocha, S. A.; Garcia, G. O.; Lougon, M. S.; Cecílio, R. A.; Caldeira, M. V. W. Crescimento e nutrição foliar de mudas de *Eucalyptus sp.* irrigadas com diferentes qualidades de água. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, p.141-151, 2014.

SALGADO, V. C.; FILHO, E. J. de S.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M. T. Cultivo de melancia no semiárido irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 23, n. 4, p. 727-738, ago. 2018.

SANTOS, C. K. dos.; SANTANA, F. S.; RAMOS, F. S. de M.; FACCIOLI, G. G.; FILHO, R. R. G. Impacto do uso de efluentes nas características do solo cultivado com quiabo (*Abelmoschus esculentus L.*). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-Ce, v. 12, n. 4, p. 2776-2783, 28 ago. 2018.

SANTOS, J. H. dos.; LOPES, A. R.; DOTTO, M.; LEOPOLDINO, M.; GIAROLA, C. M.; BIOLCHI, R.; OISHI, I. K. O.; PIROLA, K. Desenvolvimento de rúcula com água de reúso em sistema hidropônico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (Rbas)**, Viçosa-Mg, v. 10, n. 1, p. 255-260, dez. 2020.

SANTOS, R. D. da. S. **Reúso de água residuária tratada no cultivo de hortaliças.** 2019. 135 p. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2019.

SEZERINO, P. H.; ROUSSO, B. Z.; PELISSARI, C.; SANTOS, M. O. dos.; FREITAS, M. N.; FECHINE, V. Y.; LOPES, A. M. **Wetlands Construídos Aplicados no Tratamento de Esgoto Sanitário.** GESAD, UFSC, 2018.

SCHROEDER, A. K. **Avaliação de tecnologias normatizadas e wetlands construídos empregados no tratamento descentralizado de esgoto por meio de análise multicriterial.** 2020. 139 f. Dissertação (Mestrado)- Curso de

Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-Sc, 2020.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; DECEZARO, A. T.; MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 20, n.1, p.151-158, 2015.

SILVA, G. **Interferências pluviométrica e temporal na hidrodinâmica de *wetland* construindo de fluxo subsuperficial vertical no tratamento de esgoto doméstico**. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Engenharia Aplicada A Sustentabilidade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde - Go, 2020.

SILVA JUNIOR, M.B. **metodologia de implantação de biodigestores como solução individual de saneamento em comunidades desconectadas da rede de esgoto**. 2021. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioprodutos e Bioprocessos, Universidade Federal de São Paulo, Santos-Sp, 2021.

SILVA, E.L. **desenvolvimento de um sistema ecológico para tratamento e aproveitamento agrícola de esgoto doméstico em comunidades rurais**. 2020. 166 p. Dissertação (Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) - Instituto Federal Goiano, Urutaí-GO, 2020.

SILVA, N.R. da. **Efeitos de diferentes águas residuais em características morfológicas, fisiológicas e Bromatológicas de sementes e mudas de milho (*Var. brs gorutuba*), girassol dobrado anão (*Helianthus dwarf double sungold*) e feijão-vagem macarrão trepador (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 2020. 76 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru -PE, 2020.

SILVEIRA, J. R. Tratamento de efluentes sépticos em *wetlands* construídos de uma unidade universitária. **Tecnia**, Goiânia/GO, v. 5, n. 1, p. 136-152, 2020.

SILVA, K. K. B. da; NEPOMUCENO, P.G. Características nutricionais da cenoura (*Daucus carota*) irrigada com efluente doméstico tratado. In: **Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia, XIV.**, 2018, Foz do Iguaçu.

SLOMPO, N. D. M. **Monitoramento e avaliação de sistema de tratamento para águas negras composto por Reator UASB, Fotobiorreator, Flotação e processos de desinfecção**. 2018. 315p. Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

SOTERO, A. R. H. **Cultivo de milho fertirrigado com água cinza**. 2019. 55 p. Dissertação (Pós-Graduação em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2019.

SOUZA, E.B. de. **Viabilidade do uso de água residuária na agricultura irrigada na cultura do maxixe e aplicação como tema transversal no âmbito educacional**. 2019. 90 p. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal De Sergipe, São Cristóvão- SE, 2019.

MACHADO, H. S.; SALGADO, S. P.; DELATORRE, A. B.; BECKER, B. R.; AGUIAR, C. de J. Estudo sobre o uso de bacia de evapotranspiração como alternativa para tratamento de efluentes. **Congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade**, 3., 2020, Gramado-Rs. IBEAS- Instituto Brasileiro de Estudo Ambientais, 2020. p. 1-10.

MANZARO, V.P. **Avaliação das tecnologias de baixo custo para tratamento de esgotos em zona rural**. 2018. 79 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Rio Claro - SP, 2018.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. Economia Circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 7, n. 2, p. 11912-11927, 2021.

TAVARES, F. B.; SILVA, A. C. R. da.; FERNANDES, C. dos S.; MOURA, K. K. C. de F.; TRAVASSOS, K. D. Crescimento e produção de pimentão utilizando água residuária doméstica tratada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-Ce, v. 13, n. 5, p. 3683-3690, 16 abr. 2020.

TORRES, D. M.; NASCIMENTO, S. S.; SOUZA, J. F.; FREIRE, J. O. Tratamento de efluentes e produção de água de reúso para fins agrícolas. **Holos**, v. 8, p. 1-15, 24 dez. 2019.

TONETTI, A. L. et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para escolhas de soluções**. 1 ed. Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, Brasil. 2018.

VIER, M. B.; SCHREIBER, D.; FROEHLICH, C.; JAHNO, V.D. Reflexões sobre a Economia Circular. **COLÓQUIO- Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara/RS, v. 18, n. 4, p. 27-47, dez, 2021.

VOULVOULIS, N. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, [s. l.], v. 2, p. 32-45, 2018.

WEDY, G. O ODS 6 e uma análise do novo marco legal do saneamento básico no Brasil (SDG 6 and Analysis of the New Legal Framework for Basic Sanitation in Brazil). **Social Science Research Network**, [s. l.], ano 2021, p. 1-18, 2 ago. 2021.