

# **FERTIRRIGAÇÃO E O REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA**

## *Fertirrigation: A water reuse in the agriculture*

Fábio Campos<sup>1</sup>, Karina Boratino de Araújo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da USP

<sup>2</sup>Bacharel em Gestão Ambiental pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP

(fcampos@usp.br; boratinokarina@gmail.com)

**Resumo.** A associação das interfaces do meio ambiente é extremamente necessária na compreensão da importância da gestão da qualidade da água, inserida no contexto do eco-saneamento/saneamento ambiental. Esta pesquisa se insere na perspectiva da análise dos aspectos que envolvem a aplicação de efluente tratado no processo de fertirrigação, bem como, as vantagens e desvantagens em utilizá-lo como substituto ao emprego de água potável na regadura. A metodologia empregada baseou-se na incorporação de estudos mais específicos no delineamento desse tema, enfatizando as etapas da aplicação do esgoto tratado no solo e os processos referentes a ele, compreendendo assim os fatores essenciais que se baseiam na percepção de que o esgoto não deve ser considerado meramente um resíduo e sim incorporado como um recurso valioso. Ficou evidente que o trato com efluente usado na irrigação remonta a uma eficiência agrônômica, inclusive no aumento da produtividade, entretanto, algumas necessidades da cultura vegetal não são contempladas e podem surgir problemas relacionado a salinização ou excesso de nutrientes no solo. Pode-se concluir que a adoção da fertirrigação, com planejamento adequado e gestão de águas residuais, se tornará um propiciador de soluções ambientais, mediante a inserção de políticas e incentivos ao fomento do uso de tecnologias descentralizadas de tratamento além da contemplação do reúso agrícola.

**Palavras-chave:** Ecosaneamento; Fertirrigação; Reuso.

**Abstract.** The association of environmental interfaces is extremely necessary in understanding the importance of water quality management, inserted in the context of eco-sanitation / environmental sanitation. This research is inserted in the perspective of the analysis of the aspects that involve the application of the effluent treated in the fertirrigation process, as well as the advantages and disadvantages of using it as a substitute for the use of drinking water in the watering. The methodology employed was based on the incorporation of more specific studies in the delineation of this theme, emphasizing the stages of the application of the treated sewage in the soil, and the processes related to it, thus comprising the essential factors that are based on the perception that the sewage does not must be considered merely a waste but incorporated as a valuable resource. It was evident that the treatment with effluent used in the irrigation dates back to an agronomic efficiency, including in the increase of productivity, however in relation to the vegetal culture some needs of the plant are not contemplated and problems can arise related to salinization or excess nutrients in the soil. It can be concluded that the adoption of fertirrigation, with adequate planning and wastewater management, will become a propitiator of environmental solutions, through the insertion of policies and incentives to encourage the use of decentralized technologies of treatment beyond contemplation of agricultural reuse.

**Key words:** Eco-sanitation; Fertirrigation; Reuse.

InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio ambiente e Sustentabilidade  
Vol. 15 no. 1 – Junho de 2020, São Paulo: Centro Universitário Senac  
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: [Interfacehs@sp.senac.br](mailto:Interfacehs@sp.senac.br)

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional 

## 1. Introdução

Atualmente a questão que se insere no contexto socioambiental mundial está refletida na grande expansão populacional, acompanhada do aumento da produção agrícola e industrial que incide diretamente na quantidade de água demandada. Sendo este um recurso de alta importância, os eventos climáticos que provocam alterações nos regimes fluviais, e a exacerbada utilização de recursos hídricos para consumo, coloca em pauta a inevitável problemática da escassez de água (CAVALCANTI, 2015).

Em função disso, a necessidade de água, sobretudo, para irrigação reflete em uma ampla gama de pesquisas a respeito do emprego de novas tecnologias que se objetivam a desenvolver um melhor tratamento às águas residuárias como forma de utilizar os seus componentes como recurso, de modo, que estas possam ser aplicadas na agricultura evitando assim o uso abundante de recursos hídricos usados para essa função (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006).

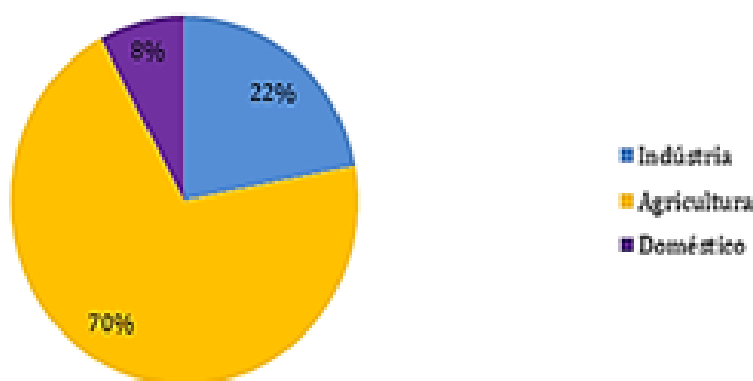
Considerando-se a importância do tema relacionado ao tratamento de águas residuárias e sua utilização como uma fonte hídrica na irrigação, bem como a necessidade atual em aproveitar todos os componentes gerados pelos indivíduos, promovendo o conceito de reciclagem e requalificação do resíduo sendo aproveitado como um recurso, esse trabalho propõe-se na revisão de pesquisas a respeito do assunto, identificando os aspectos relevantes associados a essa prática.

## 2. Água na Agricultura

Ao abordar sobre as formas de utilização da água, primeiramente deve-se compreender que esta é um recurso natural que se renova a partir de processos físicos do ciclo hidrológico e sua distribuição no espaço se constitui de maneira variável em função das condições geológicas, climáticas e meteorológicas (SAMUEL, 2011).

A representação da agricultura irrigada engloba 40% da produção agrícola e ocupam aproximadamente 17,7% da área total cultivada (VELOSO et al, 2004). Os levantamentos apontados pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) confirmam que a agricultura é a principal atividade responsável por demandar maiores quantidades de recursos hídricos, como representado pela Figura 1, sendo evidente que 70% do consumo mundial é destinada a ela. Assim sendo, é imprescindível avaliar as possíveis formas de se reutilizar as águas não destinadas ao consumo humano para que com o tratamento adequado sirvam como ótimo recurso para irrigação.

**Figura 7. Localização das áreas de estudo no contexto regional da bacia do Zavuvus.**



**Fonte: autoria própria, elaborado no ArcMap a partir de dados do Google Earth e GeoSampa, 2019.**

Com a preocupação crescente de segurança alimentar, organizações internacionais, como a FAO, têm abordado sobre os diversos cenários relativos ao uso da água na agricultura, sendo centralizada em discussões a respeito do crescimento populacional; a rápida urbanização, principalmente em países em desenvolvimento; e o aumento da demanda por alimentos, fibras e biocombustíveis (FAO, 2017).

O Brasil abundante em produção de alimentos, contendo aproximadamente 12% das águas superficiais, tem papel fundamental na produção agrícola mundial, possuindo responsabilidade nos preceitos que envolvem a sustentabilidade e compromisso da produção alimentícia. No entanto, apesar de ter uma disponibilidade hídrica superficial, ela não é homogênea, ou seja, a disponibilidade de água é diferente em cada região do país o que repercute, em alguns casos, em conflitos pelo uso da água (FAO, 2017).

Com efeito, uma das medidas que está sendo utilizada para promover a sustentabilidade em função do reaproveitamento de recursos, seria a reutilização das águas residuárias, que tem conquistado grande aceitação em países como Israel, Austrália, Itália e Estados Unidos contemplando o uso do esgoto para diversos usos inclusive para irrigação na agricultura (SAMUEL, 2011).

Em função da demanda de água utilizada somente para a agricultura, a reutilização de águas residuárias para irrigação agrícola seria uma alternativa potencial de racionalizar esse bem natural constituindo-se de um instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. (CAVALCANTE, 2015).

## **2.1 Reúso de Água na Agricultura**

Ao tratar-se de projetos que reutilizam a água do esgoto para outros fins como na aplicação da agricultura, a aceitação e percepção da sociedade são de fundamental importância em meio ao êxito na implantação dos mesmos. Tendo como objetivo central a melhoria dos aspectos que tangem a sociedade quanto à necessidade de água para consumo e a qualidade dos recursos hídricos, se insere nesse ponto de vista alguns empecilhos que são encontrados quando a discussão remonta ao reúso de água do esgoto (SILVA, 2008). Conforme apontado por Miller (2008), o maior desafio encontrado refere-se à conquista da aceitação pública ao uso de águas residuais para suas distintas aplicações ao redor do mundo, e acaba que é pouco esclarecedor o que efetivamente influencia as pessoas a terem essa opinião contrária quando se trata do tema em questão.

Segundo o estudo de Silva (2008), que avaliou pesquisas conduzidas nas Américas, África e Europa, o comportamento geralmente contrário das pessoas em relação ao reúso da água, muitas vezes, se deve a influência de fatores religiosos e socioculturais. Em seu trabalho acadêmico, aponta que as pesquisas afirmam certa objeção da população quanto ao uso de excretas na fertilização da agricultura e aquicultura, enquanto que outros estudos realizados na Ásia, em países como a China e o Japão, a prática é realizada usualmente e considerada econômica e ambientalmente recomendável, tendo assim um grande aproveitamento de algo que seria certamente descartado.

No Brasil, as pesquisas voltadas à utilização de efluente tratado na irrigação de culturas agrícolas são recentes, e com isso as bases legislativas não suprem as necessidades de regulamentação e estabelecimento de critérios e parâmetros associados às condições ambientais.

Histórica e globalmente, em se tratando da utilização agrícola de esgotos sanitários, a primeira regulamentação oficial referente ao assunto foi emitida pelo Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia nos Estados Unidos (EUA) em 1918.

Organismos internacionais como a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou suas primeiras recomendações referentes ao estabelecimento de diretrizes sobre o uso de águas residuárias em 1973, dedicando-se também à observação de critérios de saúde

relacionada aos aspectos referentes à utilização de esgotos sanitários (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006).

No Brasil, em 2005 foi instituída através do Conselho Nacional de Recursos Hídricos a Resolução N° 54, de 28 de novembro, de 2005 que "Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências". Insere-se assim, a regulamentação do reúso da água, já sendo considerada como realidade no país e por meio dessa resolução há uma integração da política de gestão de recursos hídricos vigentes no país.

Em 2006, pela Resolução CONAMA n° 375, foi incorporado ao cenário brasileiro um marco regulatório que insere a definição de critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos, inserindo em grande parte um avanço. Porém ainda assim, esta resolução contempla que a utilização do esgoto não pode ser evidenciada em culturas em que a parte comestível entre em contato com o solo, e além disso dá outras providências como a formulação de um projeto agrônômico realizado para as áreas de aplicação.

O estabelecimento de marcos regulatórios para reúso de água ainda é uma questão que abrange dimensões de saúde pública, econômica, ambiental, cultural e social e por isso pode determinar uma aceitação ou rejeição pública.

## **2.2 Fertirrigação**

Dentro do conceito de agricultura irrigada, a fertirrigação com águas tratadas de efluente, é o sistema de aplicação de fertilizantes advindos do próprio esgoto às plantas, havendo assim, o progressivo aumento da produtividade agrícola sem gerar danos ambientais e promovendo uma alternativa sustentável ao próprio efluente. Para considerar a prática da fertirrigação deve-se observar o tipo de solo analisado, e fatores como o clima, condução da cultura, o sistema produtivo, a condutividade elétrica do solo, os níveis de nutrientes, dentre outros fatores (DAMASCENO, 2008).

A irrigação agrícola feita com a água gerada ao final do tratamento de esgoto é de suma importância para o reaproveitamento desse recurso e gestão dos recursos hídricos, porém devem-se compreender as técnicas para gestão complexa envolvida na aplicação e o monitoramento dos procedimentos adotados, para que não haja contaminação do sistema solo-água-planta (BERTONCINI, 2008).

Após passar por processos de tratamento, a água residual, sob condições controladas pode ser aplicada na irrigação de culturas, sendo que, além do fornecimento de nutrientes que ocorre de maneira gradual, outro fator importante refere-se à inteira disponibilidade dos mesmos quando aplicados ao solo (DAMASCENO, 2008).

Conforme disposto por Souza (2004), utilizar o efluente tratado na irrigação do solo é uma forma de repor elementos e sais minerais, como o carbono e nitrogênio; fósforo; potássio, entre outros, incorporando a dinâmica dos ecossistemas pelos ciclos biogeoquímicos.

De forma a prever a qualidade em que se dispõem as águas de esgoto utilizadas na agricultura, alguns parâmetros podem orientar as decisões sobre as culturas em que será empregado o tipo de irrigação considerada, como por exemplo, o total de sais dissolvidos (TSD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade elétrica (CE), íons: sódio, potássio, cálcio, magnésio cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos. A Tabela 1 apresenta alguns desses parâmetros e sua influência na qualidade da água (ALMEIDA, 2010)

**Tabela 1 - Análise laboratorial para a determinação da qualidade da água de esgoto tratada utilizada para irrigação.**

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Equivalente Intervalo Usual na Água de Irrigação
<b>SALINIDADE</b>			
Total de Sais Dissolvidos	TSD	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2.000
Condutividade Elétrica	CE	dSm <sup>-1</sup>	0 - 3
Acidez ou Alcalinidade	pH		6 - 8.5
<b>NUTRIENTES</b>			
Nitrato	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N)	mg L <sup>-1</sup>	0 - 10
Amônia	(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N)	mg L <sup>-1</sup>	0 - 5
Fosfato	(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P)	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
<b>ÍONS</b>			
Sódio	(Na <sup>+1</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 40
Cálcio	(Ca <sup>+2</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20
Magnésio	(Mg <sup>+2</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 5
Cloretos	(Cl <sup>-1</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 30
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20
Carbonatos	(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 0.1
Bicarbonatos	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	meq L <sup>-1</sup>	0 - 10

Fonte: Adaptado de Almeida (2010) e Sandri (2003)

Ainda com vistas a compreender os eventuais problemas causados pela absorção de sais, é possível utilizar valores de referências comumente empregados para água de irrigação, os quais são baseados na condutividade elétrica (CE), na razão de adsorção de sódio (RAS), e na presença dos químicos Boro e Bicarbonato, já que o primeiro, mesmo em baixas concentrações, apresenta toxicidade para a maioria das espécies de plantas, e o segundo, quando em concentrações elevadas, pode causar problemas de incrustações nos sistemas de irrigação (BRAGA e LIMA, 2014). A Tabela 2 apresenta os valores de referência.

**Tabela 2 - Indicadores e níveis de segurança da qualidade química da água para fins de irrigação.**

Indicador	Seguro	Moderadamente seguro	Perigoso
CE (dS/m)	< 1,0	1,0 - 2,5	>2,5
RAS	< 4	4 - 9	>9,0
Boro (mg/L)	< 0,7	0,7 - 3,0	>3,0
Bicarbonato (meq/L)	< 1,5	1,5 - 8,5	>8,5

Fonte: Braga e Lima (2014).

## 2.3 Técnicas de Irrigação

Para a aplicação de água residuária na agricultura e a escolha do método de irrigação mais apropriado para este fim, devem ser levados em consideração os aspectos econômicos, o tipo de cultura em que será aplicada, a topografia e a natureza do solo e além desses, devem ser observados os riscos para a saúde dos trabalhadores, se há contaminação da cultura, formação de aerossóis e possíveis odores, e danos aos sistemas de irrigação (SANDRI, 2003).

De acordo com Frizzone (2017), existem basicamente quatro métodos de irrigação que podem ser considerados, sendo estes, a irrigação por aspersão, o método por micro irrigação ou também chamado de irrigação localizada; a irrigação por superfície; e por fim a irrigação subterrânea.

A seleção do tipo de irrigação a ser utilizada quando se trata de água residuária deve ser permeada por algumas considerações que pautam cada um dos métodos. Segundo alguns autores apontados por Sandri (2003), algumas concepções são abordadas em consonância com o método de irrigação adotado.

Ao tratar-se da irrigação por aspersão observa-se um aumento gradativo da umidade em toda superfície do solo e das culturas. Esse tipo de irrigação funciona com o lançamento de um jato de água a determinada pressão, que se distribui uniformemente sobre a superfície do terreno simulando uma chuva intensa. (ANDRADE; BRITO, 2010).

Algumas das vantagens descritas por Andrade; Brito (2010), seriam em relação aos aspectos funcionais, nos quais, esses sistemas podem ser transportados facilmente, suas tubulações podem ser desmontadas facilitando o tráfego das máquinas e por possuírem maior eficiência na distribuição da água em comparação ao método de superfície. Porém existem também alguns fatores que são limitantes como, por exemplo, a utilização promove o contato da água com a parte aérea da planta e sem o tratamento devido ao efluente aplicado pode ser perigosos, pois há a formação de aerossóis, contendo microrganismos que são transportados pelo vento a distâncias superiores a um quilômetro podendo causar sérios danos à saúde da população pela inalação e patógenos. Além disso, os custos de instalação e operação são mais elevados em comparação ao método por superfície, e pode sofrer influência de fatores climáticos, como vento e umidade relativa.

A irrigação localizada, que se refere à aplicação de água em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, a taxa ajustável e sendo fornecida de maneira contínua. Pode ser benéfica, visto que, mantém a região radicular sempre úmida favorecendo a absorção de água pelas plantas, porém recomenda-se que haja o tratamento prévio adequado das águas que serão aplicadas para que não estejam expostas a riscos sanitários. Inicialmente o custo é mais elevado principalmente quanto mais espaçado as linhas laterais, sendo recomendado para situações de pesquisas (ANDRADE; BRITO, 2010).

Salienta-se que a irrigação por superfície pode ser utilizada mesmo sabendo que a qualidade da água pode ser duvidosa, pois se verifica que este método de irrigação reduz gradualmente a contaminação das culturas agrícolas. Neste método a aplicação da água se dá diretamente sobre a superfície do solo, e com a gravidade se movimenta e infiltra-se rapidamente. Dentre os aspectos vantajosos pode-se citar o menor custo fixo e operacional, além de menor consumo energético quando comparado ao método de aspersão. Também permite a utilização de águas que contenham sólidos em suspensão, porém uma de suas limitações seria em relação ao terreno, pois requer condições topográficas e sistematização do mesmo (ANDRADE; BRITO, 2010).

Em se tratando da irrigação por gotejamento, não se faz restrição alguma, desde que seja estabelecido o tratamento ao efluente que ali será inserido. Este método trata-se da aplicação de água utilizando-se um sistema fixo através de tubos perfurados ou por meio de estruturas denominados gotejadores. A partir disso permite que sejam colocadas quantidades precisas de água diretamente na zona radicular da vegetação, normalmente em pequena intensidade e alta frequência (ESTEVEZ et al., 2012).

Ao se comparar os sistemas de irrigação com esgoto tratado se pautando que estes sistemas devem propiciar a garantia sanitária da planta e do solo, a aspersão é desfavorecida em relação a irrigação localizada e subsuperficial, sendo que, as características locais, do tipo de cultura e do esgoto tratado influenciam muito na escolha do método de irrigação (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

A Tabela 3 apresenta, de forma sintetizada os fatores diretamente relacionados à escolha do método de irrigação, quando da prática da fertirrigação

**Tabela 2 - Indicadores e níveis de segurança da qualidade química da água para fins de irrigação.**

Método de Irrigação	Fatores que afetam a escolha				Medidas protetivas necessárias
	Custo requerido	Eficiência no uso da água	Declividade	Taxa de infiltração	
Subterrânea ou Subirrigação	Menores custos	A água é aplicada diretamente nas raízes das plantas abaixo da superfície do solo.	Área deve ser plana ou nivelada.	O solo deve ter uma camada impermeável abaixo da cona de raízes, ou lençol freático alto que possa ser controlado.	Proteção completa para os operários agrícolas, consumidores e manuseadores de culturas.
Superfície	Menor custo fixo e operacional	Sulcos (condução da água por pequenos canais) Inundação (aplicação de água de forma temporária ou permanente)	Área deve ser plana ou nivelada artificialmente e a um limite de 1%.	Não recomendável pra solos com taxa de infiltração acima de 60 mm/h ou com taxa de infiltração muito baixa.	Proteção para operários agrícolas. Possivelmente necessária para consumidores e manuseadores de culturas.
Aspersão	Custo elevado para instalação	Facilidade de regular a dosagem da água	Não há necessidade de nivelamento; Adaptável às mais diversas condições de declividade.	Adaptável as mais diversas condições.	Algumas culturas de cereais, de forragem, pastos principalment e arvores frutíferas são excluídas.
Localizada	Custos elevados	Maior eficiência no uso da água e maior produtividade:	Alta produtividade e agrícola; Adaptável às mais diversas condições de declividade.	Todo tipo de solo, podendo ser usado em casos extremos, como solos muito arenosos ou muito pesadas.	Distancia mínima de 100 metros de casas e estradas. Filtração para evitar entupimento de orifícios (exceto no caso de irrigação por bubblers)

Fonte: Braga e Lima (2014).

## 2.4 Riscos Microbiológicos

A utilização de água de esgoto como fonte de recurso hídrico possui grande importância, mas ainda é preconizada do ponto de vista social, pois há um receio causado principalmente por conta da desinformação da população. Apesar do tratamento ao esgoto ser estabelecido ainda há um risco de contaminação dependendo do tipo de fonte utilizada, acarretando em riscos para a saúde humana (CAVALCANTI, 2015). Os projetos de utilização das águas residuárias devem levar em consideração os aspectos de segurança sanitárias tendo em vista o tratamento adequado.

Segundo Nikaido (2009), a maioria dos processos utilizados no tratamento de esgoto tem como produto final quantidades de agentes patogênicos e inclusive cargas orgânicas de diferentes quantidades. Em decorrência da presença de substâncias químicas, orgânicas e inorgânicas potencialmente tóxicas e microrganismos patogênicos, as águas residuárias podem causar riscos à saúde pública. Estes riscos referem-se à contaminação daqueles que estão envolvidos, mesmo que indiretamente ao esgoto, podendo-se citar os trabalhadores rurais ou das estações de tratamento, os consumidores de produtos vegetais e de produtos animais, que estejam em terrenos irrigados com efluentes, e de populações que residem próximas às estações de tratamento de esgoto (CAVINATTO e PAGANINI, 2007).

Por meio da Tabela 4 é possível observar a eficiência de remoção de patógenos tida por alguns sistemas de tratamento de esgoto.

**Tabela 4 - Eficiência de remoção de organismos Patogênicos em processos de tratamento de esgotos.**

Tratamento Utilizado	Eficiência Típica de Remoção ( $\log_{10}$ )			
	Bactérias	Vírus	Protozoários	Helmintos
Decantação primária	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - <1
Processos secundários convencionais mais decantação secundária	0 - 2	0 - 2	0 - 1	1 - 2
Lagoas de estabilização, polimento e maturação	1 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Lagoas aeradas mais lagoas de decantação	1 - 2	1 - 2	0 - 1	1 - 3
Wetlands construídas	0,5 - 3	1 - 2	0,5 - 2	1 - 3
Desinfecção	2 - 6	1 - 4	0 - 3	0 - 1
Filtração em membranas	3 - 6	3 - 6	>6	>6

Fonte: Adaptado de BASTOS et al. (2003)

## 2.5 Riscos para o Solo

Gonçalves (2016) aborda que algumas alterações no solo podem ser ocasionadas pela disposição de águas residuárias feita sem critérios inerentes a tal procedimento, como problemas de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e toxicidade às plantas.

A garantia do bom uso do solo e seu manejo fundamenta-se na presença de macro e micronutrientes no solo. As águas residuais por serem ricas nesses elementos e grande parte desses estarem presentes através da mineralização do material orgânico podem ser consideradas uma alternativa bem importante na percepção de sustentabilidade ambiental (GONÇALVES, 2016).



Um dos problemas refere-se à adição de nutrientes em quantidades muito superiores às exigidas pela cultura que está sendo cultivada. Por isso recomenda-se que se equacione a dose de resíduos orgânicos a ser utilizado de modo que o solo não se comprometa. O excesso de alguns nutrientes, como por exemplo, o fósforo impacta tanto o solo como a cultura plantada reduzindo sua produtividade devido ao desbalanço nutricional, como também, pode provocar a diminuição de outros nutrientes como o cobre (Cu), o ferro (Fe) e o zinco (Zn). Em longo prazo a aplicação do efluente no solo pode gerar exacerbada quantidade de nutrientes afetando então as propriedades físico-químicas do mesmo (SANTOS; SOARES; MATOS, 2006).

Ao entrar em contato com o solo, que exerce um papel de depurador natural, o esgoto acaba passando por processos físicos, químicos e biológicos, de forma que, ocorrerá a absorção dos nutrientes necessários e de substâncias incorporando ao solo a função de um filtro vivo. À medida que se adota essa forma de irrigação com águas residuárias deve-se atentar a problemas de lixiviação e/ou percolação de nitrogênio no solo, pois esses fatores podem ser prejudiciais em longo prazo quando não tratado corretamente, poluindo aquíferos subterrâneos e corpos d'água superficiais (VELOSO et al, 2004).

Em relação aos possíveis impactos negativos observa-se que algumas das propriedades hidrológicas do solo podem ser afetadas em função dos compostos das águas residuárias, implicando na redução da condutividade hidráulica do solo, por conta do entupimento dos poros, causado pelo efeito dispersante do excesso de sódio, em razão do incremento de biomassa e sólidos suspensos (DAMASCENO, 2008).

Um dos principais impactos gerados pela aplicação de água residuária refere-se aos problemas de salinidade e sodicidade. Em relação a isso, os sais contidos nos efluentes podem acumular-se na solução do solo em torno da zona radicular das plantas promovendo um efeito osmótico, no qual, é diminuída a absorção de água. Além disso, a velocidade de infiltração de água, uma das principais propriedades do solo, é prejudicada em função da sodicidade (BASTOS et al, 2003).

Os critérios de salinidade e sodicidade são explicados por Almeida (2010), e referem-se a diferentes aspectos. O primeiro avalia o risco causado pelo aumento de concentração de sais no solo em correspondência à aplicação de água, o que gera o efeito osmótico e a diminuição da eficiência dos cultivos. E em relação ao critério de sodicidade, pode-se dizer que este analisa o risco de que se induza uma elevada Percentagem de Sódio Trocável (PST), causando a deterioração da estrutura do solo.

O excesso de sais afeta no equilíbrio osmótico, e conseqüente absorção de água pelas plantas. Ainda sobre isso, a sodificação impacta na estrutura do solo promovendo diminuição da velocidade de infiltração de água causando efeitos negativos para as plantas (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

Os impactos ao solo podem ser agravantes e variam conforme o período de tempo em que se aplica a água residuária, como em função da salinidade, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos entre outros. A salinidade é medida pela condutividade elétrica, que se refere à capacidade da água em conduzir corrente elétrica em função das substâncias dissolvidas, ressaltando-se a priori as substâncias inorgânicas como cátions e ânions (BASTOS, 2003).

Além disso, a combinação de elevadas concentrações de sódio no efluente utilizado para a irrigação acompanhada de baixas concentrações de cálcio e magnésios podem inserir uma elevada razão de adsorção de sódio e conseqüentemente promover a dispersão de argilas e obstrução dos poros do solo (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

Em função disso, o principal desafio encontrado em relação ao reúso das águas de esgoto para irrigação, refere-se à determinação do nível de tratamento dentro da segurança e dos fins a que se destina (DAMASCENO, 2008).

## 2.6 Riscos para os Aquíferos

A irrigação com água residual também pode constituir-se de um possível problema ambiental, pois pode afetar as águas subterrâneas principalmente quando o efluente é aplicado em solos permeáveis e rasos, característicos de zonas áridas (BASTOS et al, 2003).

As águas subterrâneas ocorrem pelo resultado combinado da infiltração de água pelo solo através de meios distintos e através das rochas que ela atravessa. Dependendo das reações químicas e da velocidade do movimento, as substâncias dissolvidas podem aumentar ou diminuir e serem positivas ou negativas em consonância aos aspectos de qualidade da água (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006).

Ainda segundo o autor, a associação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante potencial existente representa o risco de contaminação gerada.

Dentre os aspectos que podem impactar os aquíferos incluem-se a capacidade do solo em reter ou permitir a lixiviação de fósforo que, a partir de pesquisas verifica-se que em função do tipo de solo e suas características granulométricas este composto pode penetrar nas camadas mais profundas. Além disso, a aplicação do nitrogênio pode ser um fator prejudicial em função dos riscos relacionados a lixiviação de nitratos com vista a mobilidade no solo, já que, os componentes de nitrato e nitrito são tóxicos ao ser humano tendo pelo padrão de potabilidade brasileiro limites de 1mg/L E 10mg/L, respectivamente (BASTOS et al, 2003).

Nos corpos d'água a determinação da forma predominante de nitrogênio ali inserida, indica informações sobre aspectos de poluição ocasionada normalmente por lançamentos de esgotos. O mesmo se insere quando se trata de águas subterrâneas no contexto de contaminação, em que, o líquido que percola o solo infiltra-se atingindo os aquíferos e poderão ser encontradas na forma de nitrato (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

Quando se trata do uso de efluentes na irrigação, há sempre um risco de contaminação dos aquíferos, mesmo que tenha sido realizado algum nível de tratamento. Em função disso, o nitrato pode atingir níveis muito acima dos recomendados pela OMS para águas potáveis, e em concentrações superiores a 10mg N-NO<sub>3</sub>-/L pode causar a metemoglobinemia, uma condição grave que traz sérias consequências para a saúde dos indivíduos. Como o processo anaeróbio não promove a retirada do nitrogênio do esgoto, os riscos podem incidir remontando a um cenário grave problema (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

O nitrato pode ser estável em solos pobres em matéria orgânica porque a nitrificação ocorre nas camadas superiores, e assim a possibilidade de contaminação é menor (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

Os metais pesados podem estar presentes nos esgotos sanitários, dependendo da sua origem e composição, e estes se associam aos sólidos suspensos e tendem a acumular-se na superfície do solo penetrando no mesmo com a aplicação da fração líquida (BASTOS et al, 2003). Assim, é importante prever o comportamento dos íons no solo, pois a retenção ou mobilidade vão depender dos outros componentes do meio, combinados a ele (argilominerais, óxidos, óxidos-hidróxidos, entre outros), além de sua transformação ao longo do tempo, da variação do pH do meio, e outros (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006).

## 2.7 Experiências em Curso

Abrangendo-se o contexto mundial muitos projetos remontam ao reaproveitamento da água residuária para as diversas finalidades, inclusive ao uso agrícola, que vem ganhando cada vez mais representatividade. Pode-se citar, por exemplo, Israel, que utiliza mais de 65% do efluente sanitário gerado no país para irrigação agrícola (CAPRA & SCICLONE, 2004).

A Austrália vem utilizando cada vez mais no meio agrícola a irrigação com efluente tratado e proporcionou um aumento de 45% na produção das culturas de cana de açúcar, sendo que são cultivadas áreas de 600 hectares gerando uma melhoria no sistema produtivo. Outros países situados nas regiões mediterrâneas e América Latina contam com um predomínio do reúso agrícola, mas vale ressaltar que alguns deles não realizam o tratamento a este efluente o que pode representar risco não somente aos trabalhadores agrícolas, como também a toda comunidade que consome os cultivos gerados por conta dos organismos patogênicos e poluentes (BIXIO et al., 2008).

Nota-se também que a maior visibilidade do tema na maioria dos países é propiciada pela representatividade no desenvolvimento de guias que retratam sobre critérios de qualidade do efluente e de que forma estes podem ser reutilizados para diversos usos (TOZE, 2006). Referente a isso, como disposto pela Agência Nacional das Águas, pode-se destacar as importantes organizações em nível mundial que têm se atentado para essas questões incorporando por meio de publicação de recomendações sobre as práticas de reúso para que essa atividade seja o mais segura possível. As mais citadas publicamente referem-se à Organização Mundial da Saúde – OMS, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação, e Agricultura – FAO e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA que também tem publicado importantes recomendações acerca do tema.

Atualmente muitas pesquisas estão sendo propostas no sentido de avaliar os efeitos da aplicação de águas residuárias e fomentam a compreensão dessa forma de tratamento descentralizado destacando a importância de considerar o esgoto como um recurso.

No caso do Brasil, a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), iniciou algumas pesquisas voltadas ao reaproveitamento da água de reúso vivenciando sua primeira experiência comercial em uma indústria têxtil, por volta de 1998. Após alguns testes utilizando o efluente de algumas estações de tratamento de esgoto, a SABESP incorporou com base em experiências internacionais, seus próprios critérios para monitoramento principalmente das águas de reúso utilizadas para irrigação e lavagem de ruas, que estão descritos a seguir (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006):

- Cloro residual total > 2 a 6 mg/L;
- Coliformes termotolerantes: < 200 NMP/100mL (em 80% das amostras);
- DBO < 25 mg/L (em 95% das amostras);
- Balanço hídrico da fábrica;
- pH: 6 a 9;
- Sólidos Suspensos Totais (SST) < 35 mg/L (em 95% das amostras);
- Óleos e Graxas (OG) visualmente ausentes;
- Turbidez < 20 UT.

As primeiras iniciativas relacionadas à irrigação de culturas com esgoto tratado ocorreram no ano de 2000 em várias regiões do Brasil e os resultados experimentais agrônômicos foram bastante positivos quando comparados aos dados de produtividades de parcelas feitas com irrigação convencional dando aporte de água e nutrientes. Porém embora tenham demonstrado viabilidade as aplicações resumem-se a algumas instalações informais que contemplaram apenas à experimentação para pesquisa (MOTA; VON SPERLING. coord, PROSAB, 2009).

Ainda em relação a isso, o uso agrícola da água de esgoto tratada foi testado em experimentos no âmbito do PROSAB (Programa de Pesquisas em Saneamento Básico) em parceria com algumas universidades e foram realizados experimentos de utilização de esgotos tratados por meio de hidroponia de alguns cultivos, principalmente de hortaliças (FLORENCIO et al. coord, PROSAB, 2006).

Gonçalves (2016), ao analisar a possibilidade de reúso de efluente tratado na Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto, na produção de hortaliças evidenciou que o peso das hortaliças foi maior quando irrigadas com efluente tratado, seguido pelas irrigadas com água potável e por fim efluente tratado/clorado.

### **3. Considerações Finais**

O tema Reúso de Água tem uma abrangência significativa já que reúne relevantes questões que permeiam a sociedade, como a importância dos recursos hídricos incorporada na ampliação do uso de fontes alternativas, como as águas de esgoto tratadas para a utilização na agricultura; seguida pela importância econômica de realizar o tratamento aos efluentes e dar uma funcionalidade aos mesmos que podem abranger a forma de irrigação. Os projetos relacionados ao tema em questão complementam uma série de análises fundamentadas no propósito de transformação da matéria para que esta volte ao ciclo de vida útil sem que haja o massivo descarte.

No que transpassa a gestão ambiental é inquietante que em meio a tantas possibilidades e alternativas para que se incorporem novos meios de reutilização, reciclagem e transformação de recursos, que não se deem o devido valor para o fomento de novas pesquisas, e análises para a renovação no modo de pensar e agir dos governos e sociedade nos países e principalmente no Brasil.

As instituições e universidades possuem papel primordial de alavancar as pesquisas e com base no projeto em questão se insere um incremento de uma alternativa ambiental ao modo de saneamento, e ao emprego de efluentes tratados em outra aplicabilidade sem ser o devido descarte.

É necessária e fundamental uma contingência maior de informações locais sobre o uso agrônomo de esgoto tratado, com incentivo público fundamentado em investimento no setor de saneamento gerando consequentemente economia ao setor de saúde pública. Por fim, deve-se compreender que o estudo visualizado neste projeto incorpora não somente a questão do uso agrícola do esgoto tratado, mas atrelado a isso busca-se uma conscientização do uso da água como um todo, pois se for vista meramente como um recurso inesgotável, esta chegará ao fim quanto menos se espera.

### **4. REFERÊNCIAS**

**ALMEIDA, Otávio Álvares de (Ed.). Qualidade da Água de Irrigação. Cruz das Almas: Cdd. 2010. 234 p. EMBRAPA.**

**AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conservação, uso racional e sustentável da água: Manejo da Irrigação: quando, quanto e como irrigar. São Paulo: 2016.**

**BASTOS R.K.X., BEVILACQUA P.D.; ANDRADE NETO, C.O., von SPERLING, M. Utilização de esgotos tratados em irrigação - aspectos sanitários. In: BASTOS R. K. X. (coord.) Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p. 23-59 (ProjetoPROSAB).**

**BERTONCINI, E.I.; Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. Separata de: Revista Tecnológica & Inovação Agropecuária. São Paulo-SP, 2008. BIXIO, D.; THOYE, C.; WINTGENS, T.; RAVAZZINI, A.; MISKA, V.; MUSTON, M.;**

**CHIKUREL, H; A. AHARONI, A.; D. JOKSIMOVIC, V.; MELIN, T. Water reclamation and reuse: implementation and management issues. Desalination, v. 218, 13-23, 2008.**

**BRAGA, M.B.; LIMA, C.E.P. (Ed.). Reúso de água na agricultura. EMBRAPA. Brasília: Cdd, 2014.**

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

**CAVALCANTE, Karla Danielle Bizerra. O Uso de Águas Residuais e as Vantagens de sua Aplicação na Agricultura. 2015. 42 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.**

**COSTA, M.C., Avaliação dos aspectos sanitários, agronômicos e de qualidade em melancias irrigadas com esgoto tratado. 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.**

**DAMASCENO, Lisânea Mycheline Oliveira. Fertirrigação com efluente doméstico tratado no cultivo de gérbera com e sem suplementação mineral. 2008. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnóloga em Meio Ambiente, Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí, Campina Grande, 2008.**

**ESTEVES, Bárbara dos Santos et al. Irrigação por gotejamento. Niterói-rj: Cdd, 2012. 18 p. (Programa Rio Rural).**

**FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura: agricultura irrigada sustentável no brasil - identificação de áreas prioritárias. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.**

**FRIZZONE, José Antônio. Os métodos de irrigação. 2017. Notas de Aula da Disciplina LEB 1571 – Curso de Graduação em Engenharia Agrônoma – ESALQ/USP. Disponível em: < [http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzone/LEB\\_1571/TEXTO\\_COMPLEMENTAR\\_1\\_-\\_METODOS\\_DE\\_IRRIGACAO.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTO_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf)>. Acesso em 12 nov. 2018**

**FLORENCIO, Lourdinha et al. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Recife: Abes, 2006. 427 p. PROSAB/FINEP.**

**GONÇALVES, Jonata Moraes. Fertirrigação com água residuária de agroindústria (ara) em forrageiras: monitoramento de elementos químicos no perfil do solo. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Uberaba, 2016.**

**MILLER, G. W. Public acceptance: the greatest barrier to widespread water reuse. In: SPECIALIST CONFERENCE ON WASTEWATER RECLAMATION AND REUSE FOR SUSTAINABILITY, 6., 2007, Antwerp. Guiding the growth of water reuse. Antwerp: IWA, 2008.**

**MOTA, Francisco Suetônio Bastos; VON SPERLING, Marcos. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 428 p. PROSAB/FINEP.**

**NIKAIDO, M. Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças: avaliação de enteroparasitas e metais pesados. 2009. 138f. Dissertação (mestrado) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.**

**SAMUEL, Paulo Robinson da Silva. Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte. 2011. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.**

**SANDRI, Delvio. Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita. 2003. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - Sp, 2003.**

**SANDRI, Delvio; E, Edson; MATSURA. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. 2006. 26 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Jaboticabal, 2006.**

**SANTOS, Suzana Souza dos; SOARES, Antônio Alves; MATOS, Antonio Teixeira de. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo. 2006. 14 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia na Agricultura, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.**

**SILVA, Rafael Rodrigues da. Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de culturas no Município de Lins - SP. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.**

**TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 80. n. 1/3, p. 147-159, 2006. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/agwat](http://www.elsevier.com/locate/agwat)>. Acesso em: 15 out. 2018.**

**VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; SILVA, I. J. O. Potencial de uso de águas residuárias na agricultura como suprimento hídrico e nutricional. Engenharia Rural. v.15, p.79-86, 2004.**