

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

Thiago Silva Lamarca

**Análise bibliográfica dos instrumentos legais que regem o uso de água
residuária na agricultura com vistas à produção vegetal**

**Juiz de Fora
2018**

Thiago Silva Lamarca

**Análise bibliográfica dos instrumentos legais que regem o uso de água
residuária na agricultura com vistas à produção vegetal**

Trabalho Final de Curso apresentado ao
Colegiado de Engenharia Ambiental e Sanitária
da Universidade Federal de Juiz de Fora, como
requisito parcial a obtenção do título de
Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Área de
concentração: Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Linha de pesquisa: Saneamento Rural

Orientador: Prof. Jonathas Batista Gonçalves
Silva

Co orientador: Prof. Edgard Henrique Oliveira
Dias

**Juiz de Fora
2018**

Thiago Silva Lamarca

**Análise bibliográfica dos instrumentos legais que regem o uso de água
residuária na agricultura com vistas à produção vegetal**

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 10 de Dezembro de 2018.

Por:

Prof. Jonathas Batista Gonçalves Silva
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Fabiano Cesar Tosetti Leal
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Luiz Evaristo Dias de Paiva
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTO

Dedico a Deus, pelas conquistas e por tudo no qual eu confiei. Ao meu pai José Rafael e à minha mãe Lucília, essenciais na formação de meu caráter e nas vitórias. À minha amada irmã Rafaela, presente comigo durante esse tempo, apoiando em minhas decisões e dando-me forças quando já não as tinha. Ao meu orientador, Jonathas, pela sua dedicação e paciência ao longo da realização desse trabalho. Aos meus amigos, pelos seus constantes apoios durante a jornada acadêmica. Aos professores e funcionários do departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, sempre dispostos a repassar todos seus conhecimentos. A todos vocês, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta, através de uma revisão bibliográfica nacional e internacional, de apurar diferentes critérios de legislação para o uso de água residuária para fins agrícolas encontrados na literatura de diversos países, onde a prática é regularizada e realizada, observando seus benefícios para a cultura que receberá os efluentes e as causas que o excesso de nutrientes presentes nesse tipo de efluente causará ao solo.

O Brasil, diferente de muitos países, encontra-se atrasado na elaboração de um modelo de legislação para o reúso na agricultura, não tendo nenhuma legislação vigente no país que regule e controle o uso de água residuária. O país sofre com uma desigual demanda na distribuição de água, tendo a maior parte dela sendo consumida pela agricultura, a prática do reúso é uma alternativa para evitar problemas de escassez, que já tem acontecido, e que novas crises hídricas não se instaurem.

Sendo assim este Trabalho de Conclusão de Curso visa, através da revisão bibliográfica, apresentar uma comparação com outras regiões de distintos países e apresentar um guia para que águas residuárias tenham um destino alternativo, ajudando a diminuir problemas hídricos enfrentados tanto em solo brasileiro quanto em demais países. Uma reflexão sobre os desperdícios observados no manejo de águas, com ênfase em práticas agrícolas, e uma forma de remedia-los como solução viável.

Palavras-chave: 1. Reúso. 2. Agricultura. 3. Legislação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO GERAL.....	10
2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO	10
3. METODOLOGIA.....	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1. Valores norteadores segundo a Organização Mundial da Saúde	12
4.2. PRÁTICAS DE REÚSO	16
4.2.2. Aspectos observados em demais países.....	19
4.3. QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA SOB O PONTO DE VISTA DE TOXICIDADE	25
4.4. RISCOS PELA PRESENÇA DE METAIS PESADOS	27
4.5. RECOMENDAÇÕES DE TAXAS DE APLICAÇÃO	30
5. ANÁLISE CRÍTICA.....	34
6. CONCLUSÃO.....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são amplamente utilizados visando atender as necessidades do homem, a sua escassez está associada a ausência de chuvas e ao uso antrópico de forma desregrada. Se providências não forem tomadas com vistas ao gerenciamento sustentável deste recurso o problema irá se agravar e as futuras gerações sentirão o peso da falta de água.

A conservação da água, em uso racional, através de práticas, técnicas e tecnologias proporcionam a melhoria e a eficácia do seu uso. A eficiência quanto ao uso da água colabora de forma direta para inserção de novas indústrias, uso na agricultura e à preservação e conservação do meio ambiente. As decisões de racionalização do uso e de reúso de água se integram como elementos essenciais em qualquer iniciativa de conservação (FIESP, 2004).

Uma alternativa que se mostra uma opção sadia é o reúso de águas, tanto no meio urbano quanto no rural. Essa técnica se mostra viável mesmo no Brasil, onde se encontra um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, embora não seja distribuído uniformemente, fazendo com que o reúso de águas se torne imprescindível.

Após a segunda guerra mundial, o interesse científico e de engenharia no tratamento e eliminação de águas residuárias e suas aplicações na terra teve interesse tanto nos países desenvolvidos quanto nos ainda em desenvolvimento, em especial em países de climas áridos, sendo o uso de águas residuárias visto como uma forma de prevenção da poluição dos rios e de aumento da oferta de recursos hídricos para agricultura (SCHEIERLING et al.,2010).

O reúso da água baseia-se no reaproveitamento da água tratada após ter cumprido sua função inicial, cada litro de água de reúso utilizado representa um litro de água potável conservada. Empresas que adotam essa prática de reutilização contribuem com a economia de água potável designado ao abastecimento público. O uso consciente precisa ser entendido e praticado em todo o mundo (SABESP, 2014).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos N° 54 de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005), estabelece que o efluente de reúso é a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. Sendo assim, a água residuária deve passar por algum tratamento para se tornar água de reúso.

Recentemente o Brasil enfrentou uma de suas piores crises hídricas, cujo ápice se deu no ano de 2014, quando ocorreu uma drástica diminuição da pluviosidade. O consumo de água por

diferentes setores no Brasil, entre eles destaca-se a agricultura, foi diretamente afetada pela baixa oferta hídrica. Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), a maior vazão consumida é pela na agricultura (cerca de 72%), sendo esse o setor que mais diretamente sofreu impactos (EMBRAPA. 2016).

Segundo a Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), o Brasil se encontra entre os 10 países de maior área irrigada do planeta, o uso de água na agricultura irriga 6,95 milhões de hectares, que produzem alimentos com distintas formas de irrigação. Ainda assim, o País tem potencial para aumentar em cinco vezes as lavouras com essa tecnologia de irrigação (EMBRAPA, 2016).

Sendo assim, o emprego do reúso de efluentes na irrigação de cultura pode se tornar uma alternativa com vistas à redução da pressão sofrida pelos mananciais. Logo, a aplicação de efluentes no solo deve ser realizada de maneira segura no que diz respeito aos riscos de contaminação das culturas, à saúde humana e o próprio solo e águas superficiais e subterrâneas.

A disposição de águas residuárias no solo através de reúso pode gerar impactos nas características químicas no solo e até mesmo pode ocasionar mudanças físicas no mesmo (MATOS, 2007).

O reúso de águas residuárias traz benefícios ambientais e econômicos ao local de sua destinação, como economia de água utilizada na agricultura, os benéficos da concentração de matéria orgânica no solo apresentam o fornecimento de elementos nutritivos ao solo, melhora da estrutura do solo, favorecimento de atividade microbiana no solo, elevação da troca de cátions no solo e a redução da toxidez causada por pesticidas (EMBRAPA, 2004).

Euwi (2007) discorre sobre o uso de águas residuárias, que deve ser entendido como uma medida para três objetivos numa perspectiva de gestão integrada dos recursos hídricos:

- 1- Sustentabilidade ambiental: redução da emissão de poluentes e sua descarga em corpos de água, gerando a melhoria da quantidade e qualidade do volume de água que chegará aos solos e, conseqüentemente, a recarga freática.
- 2- Eficiência econômica: aliviando a escassez e promovendo a eficiência da água, melhorando conservação, reduzindo o desperdício e equilibrando a demanda de água e abastecimento de água a longo prazo.

- 3- Contribuição para a segurança alimentar: cultivo de mais alimentos e redução da necessidade de fertilizantes químicos através da reutilização de efluentes tratados.

Em relação aos impactos negativos, o reúso de águas residuárias pode trazer malefícios gerados pela presença de metais pesados, contaminantes e microrganismos patogênicos causadores de doenças, esses riscos dependerão da forma de ingestão do cultivo ou pelo seu manejo inadequado.

Outro impacto negativo observado na prática do reúso é a poluição de solos e águas subterrâneas, portanto a captação de água não deve ser localizado próximo a campos irrigados por águas residuárias e a irrigação não deve ocorrer em áreas onde a água subterrânea seja fonte de suprimento de água potável (SCHEIERLING et al., 2010)

Levando-se em consideração o que fora apresentado e as consequências de futuras crises hídricas, o reúso se apresenta como alternativa à redução de prejuízos econômicos no setor agrícola decorrentes da escassez de água. Sendo assim, é necessário a realização de estudos para a aplicação de água de reúso em meio rural com vistas a fertirrigação de culturas.

2. OBJETIVO GERAL

Objetiva-se com o presente trabalho realizar uma análise crítica das recomendações, instrumentos normativos e guias de boas práticas de uso de efluentes na irrigação de culturas.

2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Análise crítica da viabilidade da adoção de critérios internacionais.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada baseou-se na consulta de teses, artigos internacionais e guias que dizem a respeito de reúso de águas residuárias em meio rural, sendo analisadas criteriosamente e adaptadas às condições brasileiras.

Informações nacionais sobre disposição de águas residuárias no solo serviram de base no atual trabalho, com objetivo de realizar uma relação entre estudos já realizados em diferentes locais. Valores, encontrados na literatura, sobre classificação de águas residuárias tratadas foram analisados para elaboração de quadros e tabelas sobre legislação e sua aplicação.

Com resultados encontrados na literatura foram gerados quadros sobre o reúso em diferentes países, como sua quantidade e qualidade, tendo em vista que critérios são feitos de acordo com cada país e não obedecem a uma única diretriz.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Valores norteadores segundo a Organização Mundial da Saúde

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006), estima-se que para um país que sustente sua própria produção agrícola a disponibilidade de água deverá ser superior a 750m³ per capita por ano. Países do mediterrâneo, como Malta, Palestina, Israel, Egito, Líbia, Tunísia e Argélia, apresentam valores inferiores aos recomendados pela OMS (KELLIS et al., 2013).

A demanda de água em países do mediterrâneo é afetada por diferentes maneiras, como o clima quente, uso de águas para fins agrícolas, atividades antrópicas e a crescente mudança climática que tem afetado os países.

Um número crescente de países elaborou um quadro legislativo para a utilização segura de águas residuárias municipais tratadas. O quadro legislativo pode ser dividido em dois tipos: regulamentos e diretrizes. Os regulamentos são legalmente adotados, aplicáveis e obrigatórios, já as diretrizes são consultivas, voluntárias e não executáveis, mas podem ser incorporadas em autorizações de uso de águas residuárias. Desta forma, tornam-se requisitos aplicáveis

Organizações internacionais preferem o uso de diretrizes para fornecer flexibilidade aos requisitos regulamentares dependendo das condições específicas do local, dentre essas organizações encontra-se a OMS, USEPA (Agência Americana de Proteção Ambiental) e organização australiana, que são diretrizes para gestão ambiental aplicadas na Austrália.

As diretrizes são estruturadas com intuito de fornecer informações sobre vários aspectos que são comuns em águas residuárias e seu posterior uso, o Quadro1 a seguir indica a análise que está presente nas diretrizes citadas, mostrando quais métodos de avaliação são observados na elaboração das mesmas.

Quadro 1: Métodos de avaliação comparativos entre as diretrizes

Características	OMS	USEPA	Austrália
Aplicações de residuárias tratadas	Uso na agricultura e aquicultura	Uso na agricultura	Uso na agricultura
Métodos de reúso	•	•	•
Métodos de tratamento	•	•	•
Constituintes microbiológicos	•	•	•
Constituintes químicos	•	•	•
Monitoramento	•	•	•
Estratégias de comunicação	•	•	•
Distâncias de recuo	•	•	•

Fonte: Euwi, 2007.

Euwi (2007) afirma que a experiência de reutilização da Austrália a longo prazo resultou na mesma conclusão que os EUA. Inicialmente a maioria dos estados australianos possuíam diretrizes ou regulamentos de reutilização de águas residuais, no entanto decidiu-se elaborar diretrizes nacionais em 2006 afim de se obter uma abordagem consistente.

A gestão dos riscos para a saúde e ao meio ambiente decorrentes da reutilização da água exige orientação. Essa orientação é fornecida na forma de uma estrutura de gerenciamento de risco para gestão benéfica e sustentável dos sistemas de reutilização de água. Estas diretrizes australianas permitem flexibilidade de respostas a diferentes circunstâncias a nível regional e local. Todos os estados e territórios são, portanto, encorajados a adotar o quadro. No entanto, a aplicação da estrutura pode variar através das jurisdições, dependendo dos arranjos para a água e águas residuais tratadas (EUWI, 2007)

A Organização Mundial da Saúde publicou em setembro de 2006 a terceira edição do guia diretrizes para uso de água residuária na agricultura. Esse guia é essencial para garantir que a gestão das águas residuárias utilizadas na agricultura, com enfoque na irrigação, seja feita de forma segura e que os riscos para saúde sejam mínimos (MARA et al., 2009).

Baseado em modelos que foram largamente ampliados e verificados em países desenvolvidos, o guia serve de modelo de estudo.

Fora da Europa, países como África do Sul, Japão e Austrália, não aceitam as diretrizes da OMS, considerado muito indulgentes para proteção da saúde pública em países industrializados (MUFFAREG, 2003).

As diretrizes da OMS de 2006 apresentam em suas metas a estipulação da quantidade tolerável de dejetos presentes em águas residuárias no uso agrícola afim de se obter uma carga máxima aceitável para que não ocorra transmissão de doenças. Para obtenção dessas metas, foram utilizados modelos matemáticos para o cálculo dos níveis necessários de redução de patógenos para que em distintos cenários a meta fosse atingida (SCHEIERLING et al., 2010)

O guia considera dois grupos de doenças:

- Doenças virais, bacterianas e protozoárias cujo os riscos associados a saúde são determinados através da Análise Quantitativa do Risco Microbiano (AQRM);
- Doenças causadas por helmintos, cuja diretriz estabelece valor de referência tendo base estudos epidemiológicos.

A diretriz tem como base a proteção humana, para que o manuseio de águas residuárias não resultem em doenças virais, bacterianas e protozoárias que podem ocorrer em culturas irrigadas pelo reúso.

Com relação a irrigação, ela pode ser classificada em dois grupos: restrita e irrestrita.

De acordo com Bastos et al. (2005) a irrigação irrestrita é aquela que não apresenta restrição de técnicas de irrigação ou cultura irrigada, incluindo assim possibilidade de irrigação de culturas ingeridas cruas. No que se refere a irrigação restrita há a restrição de técnicas de irrigação ou culturas irrigadas, sendo assim limitada à produção de culturas não ingeridas cruas, processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens e árvores.

As diretrizes da OMS de 2006 tem em suas recomendações:

- Proteção da saúde de trabalhadores em campos irrigados com águas residuárias, protegendo-os contra riscos de contaminação por vírus, bactérias e protozoários, que a redução de patógenos alcançada seja entre 10^3 a 10^4 (unidades log) após o tratamento da água.
- Proteção da saúde das pessoas que consomem culturas irrigadas pelas águas residuárias contra o risco de infecção por vírus, bactérias e protozoários. Havendo uma redução dos patógenos entre 10^6 a 10^7 (unidades log).

- Proteção da saúde de trabalhadores de campos irrigados por águas residuárias e dos consumidores de plantios irrigados com águas residuárias protegendo do risco de infecção helmíntica, o tratamento de águas residuárias deverá conter ≤ 1 ovo de nematoide intestinal /L.

A partir da publicação das diretrizes em 2006, têm sido desenvolvidas técnicas de análises de risco e interpretações de resultados, como:

- Aplicação de AQRM a fim de estimar os riscos de infecção por áscaris.

As diretrizes de 2006 da OMS para uso seguro de águas residuária na agricultura fazem algumas recomendações para ovos de helminto de ≤ 1 ovo nematoide intestinal por litro, os nematoides humanos que terão maior importância são: *Ascaris Lumbricoides*, *Trichuristrichiura*, *Ancylostomaduodenale* e *Necatoramericanus*.

A seguir no Quadro 2, temos as diretrizes da OMS para uso de água residuária na agricultura e seu tipo de tratamento requerido.

Quadro 2: diretrizes da OMS para uso de água residuária na agricultura e seu tipo de tratamento requerido.

Categoria	Condições de reúso	Grupo exposto	Nematoide intestinais (Nº de ovos/Litro)	Coliformes fecais (Nº/100mL)	Tratamento Requerido
A	Irrigação de alimentos de consumo cru	Trabalhadores e consumidores	≤ 1	≤ 1000	Lagoas de estabilização em série
B	Irrigação de cereais, alimentos industrializados	Trabalhadores	≤ 1	Sem padrão recomendado	Retenção em lagoas de estabilização de 8 a 10 dias
C	Irrigação localizada na categoria B e que não haja exposição dos trabalhadores	Nenhum	Sem aplicação	Sem aplicação	Pré-tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação, com sedimentação primária

Fonte: Adaptada de OMS, 2006.

O Quadro 3 indica os critérios para aplicação típica na agricultura com valores usados pela USEPA e a OMS.

Quadro 3: Critérios para reúso de águas residuárias

APLICAÇÃO TÍPICA	IRRIGAÇÃO NA AGRICULTURA	
	Alimentos de consumo cru	Alimentos de consumo após cozimento
DBO₅	≤ 10 mg/L	≤ 30 mg/L
TURBIDEZ	≤ 2 UT	-
SST	-	≤ 30 mg/L
Coliformes totais	Não detectado/100 mL	≤ 200/100 mL
Cloro residual	1 mg/L	1 mg/L
pH	6 - 9	6 - 9

Fonte: Adaptado de Kellis, 2013.

4.2. PRÁTICAS DE REÚSO

4.2.1. Aspectos observados no Brasil

O Brasil é um país privilegiado em termos de disponibilidade hídrica global de superfície, dispondo de uma vazão de 257.790 m³/s (considerando o território nacional mais a área de contribuição da Bacia Amazônica além da fronteira), representando um volume per capita de 47.042 m³/habitante.ano (BERNARDI, 2003).

Segundo Beekman (1995), a produção hídrica no Brasil corresponde a 11,65% da produção hídrica mundial, enquanto que a disponibilidade hídrica no Brasil corresponde a 17,8% da produção hídrica mundial.

A maioria dos países tem conhecimento dos próprios problemas de disponibilidade e uso dos recursos naturais; no entanto, há muitas dificuldades para a aplicação de tecnologias em grande escala, para resolver ou evitar problemas e para estabelecer programas de preservação desses recursos (PAZ et al., 2000).

Cerca de 250 milhões de hectares são irrigados no mundo hoje, quase cinco vezes mais do que no início do século XX. A irrigação tem ajudado a aumentar a produção dos campos agrícolas e a estabilizar a produção e preços de alimentos (BERNARDI, 2003).

O setor agrícola é o maior consumidor de água, em nível mundial, a agricultura consome cerca de 69% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos) e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (PAZ et al., 2000).

A expansão da agricultura irrigada é uma questão preocupante, devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água. Avaliando-se a necessidade de água dos cultivos, em termos médios, é possível verificar-se que, para produzir uma tonelada de grãos, são utilizadas mil toneladas de água, sem considerar a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado (PAZ et al., 2000).

Os métodos e equipamentos de irrigação podem e devem ser aprimorados para reduzir as perdas e induzir ao manejo adequado em conjunto com o solo, a planta e o clima, com ganhos de eficiência do uso da água (PAZ et al., 2000).

Diante da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nas coleções de água e da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, busca-se soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (BARROS et al., 2005).

A utilização das águas residuárias para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável (BEEKMAN, 1996).

Hespanhol (1994) reitera que durante as últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas teve um aumento significativo devido aos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos à saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos se as precauções adequadas são efetivamente tomadas;
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

A aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores

benefícios dessa forma de reúso, são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2001).

Brega Filho e Mancuso (2002) dizem à respeito do reúso de água no meio agrícola que, além de garantir a recarga do lençol freático, serve para fertirrigação de diversas culturas, bem como para fins de dessedentação de animais. A utilização de água proveniente de reúso é diferenciada para irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes) e comestíveis (nas formas cruas e cozidas), necessitando estas de um nível maior de qualidade.

O Brasil apresenta falha no que se refere as diretrizes sobre reúso de águas residuárias em meio rural, isso se dá tanto pela falta de estrutura no recolhimento de águas residuárias, quanto ao seu destino final, muitas vezes lançados em corpos receptores sem algum tratamento prévio. As diferentes características do país, no lado socioeconômico e geográfico contribuem negativamente para que um estudo detalhado ainda não tenha sido feito, tendo ausência de diretrizes e legislações específicas como as que existem em diversos países da Europa e nos EUA.

A consciência de que os recursos hídricos são finitos e, portanto, merecem um tratamento jurídico mais atento, ganha contorno definido com a própria Constituição Federal de 1988 e a lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (MUFFAREG, M, 2003).

Em território brasileiro, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabeleceu a resolução número 54 em novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Sabendo que a prática do reúso de água se constitui uma ação de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e demanda de recursos hídricos (BRASIL, 2005).

A Agenda 21 dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2001).

Em uma sociedade urbana em desenvolvimento, a geração de águas residuárias geralmente tem uma média de 30 a 70 metros cúbicos por pessoa por ano. Em uma cidade de um milhão

de habitantes, o volume de águas residuárias gerado seria suficiente para irrigar aproximadamente 1500-3500 hectares (JHANSI & MISHRA, 2013).

Os esgotos sanitários podem conter os mais diversos organismos patogênicos e em concentrações elevadas. Portanto, não restam dúvidas sobre a possibilidade de risco à saúde em práticas de reúso. Entretanto, muita controvérsia perdura na definição do padrão de qualidade de efluentes e, por conseguinte, do grau de tratamento dos esgotos que garantam a segurança sanitária. (BASTOS et al., 2008).

No Brasil, em 2006, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006) do estado de São Paulo lançou a Instrução Técnica N° 31, que define procedimentos internos e critérios mínimos para disciplinar o reúso de água proveniente de estação de tratamento de esgoto sanitário. São vários os parâmetros estipulados para caracterização do esgoto doméstico tratado. Efluentes que apresentam condutividade elétrica entre 0,75 e 2,9 dS/m somente podem ser utilizados para aplicação em solos bem drenados e para o cultivo de espécies tolerantes à salinidade. Essa Instrução estabelece concentrações máximas permitidas para várias substâncias, dentre elas, boro, cloreto e sódio (0,5; 106,5 e 69 mg/L de efluente, respectivamente), que são tóxicas a plantas sensíveis, como as frutíferas (BERTONCINI, 2008).

Quanto aos parâmetros microbiológicos, os valores permitidos de coliformes fecais e ovos de helmintos foram compilados da OMS (2006), que recomenda densidades de 10^3 a 10^6 de *Escherichia coli* em 100 mililitros de efluente, e iguais ou inferiores a 1,0 (um) ovo de helminto por litro de efluente, dependendo do tipo de cultura a ser irrigada (BERTONCINI, 2008).

4.2.2. Aspectos observados em demais países

Não somente no Brasil, mas em muitos países, a legislação sobre reúso é inexistente, muito branda ou muito restritiva. Faltam estudos que evidenciem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e quais os reais danos que cada contaminante pode ocasionar ao sistema solo-água-planta (BERTOCINI, 2008).

O guia da OMS estabelece as diretrizes e critérios para aplicação de águas residuárias na agricultura, sendo o mesmo usado como referência de critérios para diversos países onde ocorrem escassez de água.

Em 1918 o Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia, emitiu a primeira regulamentação que se tem conhecimento, proibindo o consumo *in natura* de alimentos irrigados com águas residuárias. Desde então, várias mudanças nestas normas ocorreram. Atualmente, nos Estados Unidos vigora as diretrizes estabelecidas pela USEPA (2004). Por esta norma, a irrigação irrestrita (culturas alimentícias) por aspersão em qualquer situação, exige-se um padrão de qualidade de efluentes semelhante ao padrão de potabilidade da água (ausência de coliformes e organismo patogênicos, turbidez ≤ 2 uT e cloro residual ≥ 1 mg/L (ROCHA et al., 2010)

A prática de reúso na agricultura é uma atividade generalizada com uma longa tradição em muitos países ao redor do mundo. Em muitas cidades europeias e norte-americanas, as águas residuárias foram eliminadas em campos agrícolas antes da introdução de tecnologias de tratamento de águas residuárias para prevenir poluição de corpos d'água (KERAITA et al., 2003).

O uso direto de águas residuárias ocorre em locais onde as fontes de água são escassas, geralmente em climas mais secos. Águas residuárias parcialmente tratadas ou não tratadas são usadas na irrigação, como no caso da Índia, onde ocorre o uso direto, embora a legislação proíba a irrigação de culturas de consumo direto. Outro país que faz uso de técnica semelhante é o Irã, onde águas residuárias são usadas na irrigação por agricultores sem qualquer tipo de tratamento preliminar (KERAITA et al., 2003).

A aplicação de águas residuárias pode trazer riscos pela presença de patógenos no efluente. Até em países cuja a renda populacional é maior, não há meios de garantir que a excreta esteja livre de patógenos. Geralmente o número de patógenos em águas residuárias é maior em países de baixa renda. Doenças com relação a excrementos podem ser transmitidas pelo uso de água residuária na agricultura, podendo estar presentes nos trabalhadores até os consumidores (SCHEIERLING et al., 2010)

O uso não planejado de águas residuárias na agricultura além de ser comum, é uma prática bastante difundida em centros urbanos e nos arredores de países em desenvolvimento. O reúso acontece em regiões úmidas e áridas tendo a sua prática contínua até que investimentos na gestão das águas acompanhem o crescimento populacional e sua demanda. O uso planejado de águas residuárias é mais comum em regiões mais secas, onde as águas residuárias geralmente estão canalizadas e sendo redirecionadas para o uso na agricultura, compensando assim a escassez de água. (SCOTT et al., 2004).

Diversos indicadores são utilizados afim de mostrar o perfil da disponibilidade de água de cada país e assim quantificar o seu suprimento. A oferta e a quantidade de água servem como indicador para o uso de águas residuárias em grande escala. O Recurso Hídrico Renovável Total (TARWR) é um indicador utilizado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), embora nem todos os países consigam compartilhar os mesmos dados sobre suas práticas e suas políticas. O TARWR, cuja representação é em metros cúbicos por ano, é a soma dos recursos hídricos renováveis internos do país e o fluxo da entrada, originados fora do mesmo, sendo assim uma medida da quantidade máxima água teoricamente disponível no país. No Quadro 4 apresentam-se os resultados em alguns países mediterrâneos de reúso de água residuária per capita, mostrando em cada país o volume per capita que apresenta um significativo valor a ser usado como reúso.

Quadro 4: volume de águas residuárias per capita em países do mediterrâneo e os tipos de reúso.

PAÍSES	VOLUME DE ÁGUA RESIDUÁRIA PER CAPITA (metros cúbicos)	DIFERENTES TIPOS DE REÚSO
Espanha	25.470,14	Agricultura, municipal e recarga subterrânea
França	312,70	Agricultura, municipal e potável
Itália	2.097,48	Agricultura, municipal, recarga subterrânea e industrial
Grécia	2.517,31	Agricultura e industrial
Turquia	1.853,12	Agricultura, municipal e ambiental
Israel	148.898,68	Agricultura, municipal e recarga subterrânea
Egito	24.011,29	Agricultura e recarga subterrânea

Fonte: FAO, 2009(adaptado)

No Quadro 5 apresenta-se o regulamento, aplicação e critérios utilizados para uso de água residuárias em países do mediterrâneo.

Quadro 5: regulamentações de países mediterrâneos para águas residuárias.

Países	Regulamento	Aplicação da água residuária	Crítérios e/ou Padrões
França	Artigo 24 - Decreto 94/469, 3 de junho de 1994 Circular DGS / SDI.D / 91 / nº 51	Irrigação	Ambos se referem à reutilização de águas residuais tratadas fins agrícolas; Segue o OMS / 1989, com a adição de restrições para técnicas de irrigação e distâncias entre locais de irrigação e áreas residenciais e estradas
Israel	Regulamento pelo ministério da saúde	Irrigação irrestrita	Há critérios e padrões para 4 tipos diferentes de cultura
Itália	Decreto do meio ambiente 185/2003	-Agricultura -Uso urbano não potável -Uso industrial	Possibilidade de as autoridades regionais adicionar alguns parâmetros ou implementar mais normas regionais
Jordânia	Base técnica Jordânia nº 893/2006	-Irrigação e recargas artificial de aquíferos para usos não potáveis	Os parâmetros incluem uma variedade de constituintes químicos, propriedades físicas e constituintes microbianos. Proposta semelhante aos regulamentos da OMS
Espanha	Lei 29/1985 Decreto real 2473/1985	Proposta com 14 diferentes tipos de uso	Nenhuma regulamentação específica seguida, embora o reúso possa ser feito

Fonte: Kramer et al., 2007 (Adaptado).

A Espanha está no limite ocidental dos países mediterrânicos europeus, situada entre o Atlântico e o Mediterrâneo, apresenta um TARWR per capita de $2.443m^3$ por ano, um nível que sustenta a produção de alimentos. A parte da Espanha banhada pelo Atlântico não apresenta problemas de escassez de água, enquanto a Espanha do lado do Mediterrâneo enfrenta o clima árido e semiárido clima característico dos países do Mediterrâneo (SALGOT & PASCUAL, 1996).

A Espanha apresenta uma infraestrutura de tratamento de águas residuárias muito boa, sendo um país cuja irrigação é o principal motor da reutilização de efluentes tratados.

Na França, as orientações para reúso de águas residuárias foram estabelecidas em 1991 e são baseadas nas diretrizes da OMS, resultando as *Diretrizes de Saúde para Irrigação e Reutilização, após Tratamento, de Águas Residuárias para Cultivos e Espaços Verdes*. Este documento ainda estabelece diretrizes mais rígidas para prevenir a exposição humana contato.

As orientações são, em sua maioria, restritivas e assim impedindo que seja praticado o reúso em situações de emergências, como escassez, sem estar atendendo os critérios (FABY et al., 1999).

No Chipre o esgoto gerado pelas principais cidades, aproximadamente 25 milhões de m³/ano, é considerado um importante recurso hídrico a ser coletado e usado para irrigação após um tratamento terciário (MUFFAREG, 2003). Os padrões para o uso de águas residuárias no Chipre são mais rígidos que os recomendados pela OMS, o Quadro 6 representa os critérios para irrigação com águas residuárias tratadas no Chipre.

A Itália, com população aproximada de 60 milhões de habitantes, apresenta um TARWR per capita de 3.175 m³ por ano. Sendo um país com dois climas distintos, ao norte tendo água em abundância e ao sul, com clima árido, a crise hídrica se faz presente.

Muffareg (2003) afirma que uso de águas residuárias sem tratamento foi praticado na Itália desde o começo deste século, especialmente nas periferias das pequenas cidades e perto de Milão.

A Legislação italiana existente (Padrões Técnicos Gerais - G.U. 21.2.77) atribui limites, dependendo do tipo de hortifruticultura e pastagens, de 2 a 20 *colibacteria* por 100 cm³, respectivamente (MUFFAREG, 2003)

No Quadro 7 apresentam-se os riscos à saúde gerados pelo uso de água residuária na agricultura, esse quadro baseia numa revisão crítica realizado por Blumenthalet al (2000) com base nas diretrizes da OMS e mostra possíveis riscos por contato microbiológicos

Quadro 6: Critérios para irrigação com águas residuárias após tratamento no Chipre

Irrigação		DBO ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	Coliformes fecais (NMP/100mL)	Nematoides intestinais (L ⁻¹)	Tratamento requerido
Áreas de lazer públicas com acesso ilimitado		10 ^a 15 ^b	10 ^a 15 ^b	50 ^a 100 ^b	Nil	Terciário com desinfecção
Alimento para consumo humano	A ¹	20 ^a 30 ^b	30 ^a 45 ^b	200 ^a 1000 ^b	Nil	Secundário, armazenamento >1 semana e desinfecção ou terciário e desinfecção
Áreas de lazer pública com acesso limitado	B ¹	-	-	200 ^a 1000 ^b	Nil	Lagoa de estabilização de maturação com detenção >30 dias ou secundário com armazenamento >30 dias
Colheitas de forragem	A ¹	20 ^a 30 ^b	30 ^a 45 ^b	1000 ^a 5000 ^b	Nil	Terciário e armazenamento >1 semana ou terciário com desinfecção
	B ¹	-	-	1000 ^a	Nil	Lagoa de estabilização de maturação com detenção > 30 dias ou secundário com armazenamento > 30 dias
Alimentos processados pela indústria	A ¹	50 ^a	-	3000 ^a	-	Secundário e desinfecção
		70 ^b	-	10000 ^b	-	
	B ¹	-	-	3000 ^a 10000 ^b	- -	Lagoa de estabilização de maturação com detenção > 30 dias ou secundário com armazenamento > 30 dias

^a Esses valores não devem exceder a 80% das amostras por mês.

^b Máximo valor permitido

¹ Categoria de reuso

A -Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes e parques públicos.

B-Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores.

Notas:

A irrigação de vegetais não é permitida.

A irrigação de plantas ornamentais para fins de comércio não é permitida.

Nenhuma substância comprovadamente tóxica para os seres humanos e animais que poderá ser acumulada nas partes comestíveis de alimentos é permitida nos efluentes.

Fonte: Angelakis et al., 1999.

Quadro 7–Riscos microbiológicos pela exposição a água residuária

GRUPO EXPOSTO	Ameaças para saúde		
	Infecção Nematóide	Bactérias/Vírus	Protozoários
Consumidores	Risco de infecção por <i>Ascaris</i> por adultos e crianças. Sem risco com exposição <1 nematódeo ovo/litro. Exceto condições favoráveis	Cólera e febre tifoide causados pelo uso de água residuária não tratada. Casos de diarreia quando há presença superior a 10^4 CF/100 mL.	Presença do parasita encontrado em água residuária de irrigação de vegetais, mas sem evidência de transmissão direta
Trabalhadores e família	Risco de infecção por <i>Ascaris</i> por adultos e crianças. Sem risco com exposição <1 nematódeo ovo/litro. Incluindo risco de contaminação de trabalhadores	Risco de diarreia em crianças onde o contato com a água que exceda 10^4 CF/100 mL. Alto risco de infecção por <i>Salmonella</i> em crianças expostas a água residuária sem nenhum tratamento	Risco de infecção por <i>Giardia</i> insignificante pelo contato de água tratada ou não. Risco de amebíase observado pelo contato de água residuária não tratada.
Comunidades vizinhas	<i>Ascaris</i> não estudada para transmissão por irrigação.	Uso na irrigação de água tratada com 10^{4-5} CF/mL não é associada com a infecção.	Sem registro de contaminação por irrigação.

Fonte: Blumenthal et al.,2000 (Adaptado).

4.3. QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA SOB O PONTO DE VISTA DE TOXICIDADE

A disposição de grande quantidade de água residuária no solo pode provocar risco de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além da possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade, aplicações sucessivas podem favorecer o processo de salinização do solo.

Salinização é um fenômeno que ocorre, principalmente nas regiões, onde os baixos índices de pluviosidade e a ocorrência de altas temperaturas provocam intensa evaporação da água e, com efeito, deposição de sais na superfície do solo ao longo dos anos (DIAS et al., 2003).

Os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS et al., 2003).

Vários critérios para classificação da água de irrigação são observados. No modelo apresentado por Ayers & Westcot (1991), a água é classificada quanto ao grau de restrição de uso em: sem restrição ao uso, com restrição variando de baixa a moderada e com restrição severa, no Quadro 8 indica-se o modelo de classificação da qualidade da água de irrigação proposto por Ayers & Westcot.

Quadro 8- Diretrizes para interpretação da qualidade da água de irrigação referente a toxicidade, segundo Ayers & Westcot

Toxicidade		Unidades	Grau da restrição ao uso		
			Nenhuma	Moderada	Severa
Sódio (Na ⁺)	Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0 a 9,0	>9,0
	Irrigação por aspersão	mmol/L	<3,0	>3,0	-
Cloro (Cl ⁻)	Irrigação por superfície	mmol/L	<4,0	4,0 a 10,0	>10,0
	Irrigação por aspersão	mmol/L	<3,0	>3,0	-
Boro		mmol/L	0,7	0,7 a 3,0	>3,0

RAS: Razão de Adsorção do Sódio
mmol/L: milimol carga / Litro;
RAS: valor de relação de adsorção de sódio.

Fonte: Ferreira, 2006 (adaptado).

O uso de águas residuárias no suprimento das necessidades hídricas de uma cultura, como na irrigação, pode gerar o acúmulo de sais de tal magnitude no solo que, inexoravelmente, irá comprometer não só a produtividade das culturas, mas também a qualidade do solo e das águas subterrâneas. Para se realizar a disposição de águas residuárias no solo, seja através de fertirrigação ou outra técnica, sem que haja impactos danosos ao solo e a cultura, além de propiciar melhorias no sistema solo-planta, é necessário que requisitos básicos sejam atendidos. Matos (2007) diz que a quantidade de nitrogênio, salinidade, elementos fito tóxicos e metais pesados poderão ser utilizados como referenciais.

4.4. RISCOS PELA PRESENÇA DE METAIS PESADOS

A aplicação de águas residuárias no solo pode trazer como problema a contaminação do meio por metais pesados, originados do efluente que servirá como reúso. Holmgren et al. (1993) dizem que a distribuição de metais pesados nos solos, sob condições naturais, ocorre de forma aleatória, mas generalizada em toda área. Entretanto atividades antrópicas podem adicionar materiais que contêm esses elementos aos solos, os quais podem atingir concentrações muito altas, que comprometem a qualidade dos ecossistemas.

Os riscos à saúde podem ser causados a por produtos químicos oriundos de metais pesados (como cádmio, mercúrio e chumbo) e uso de pesticidas, esses riscos são originados do fato de águas residuárias industriais serem descarregadas em sistema de esgoto público. Ocasionalmente efeitos na saúde da população em decorrência de uma exposição prolongada a esses produtos químicos (SCHEIERLING et al., 2010)

O acúmulo de metais pesados em solos agrícolas é um aspecto de grande preocupação quanto à segurança ambiental. Esses elementos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (SOARES et al., 2005).

De acordo com Matos (2007) o solo possui grande capacidade de retenção de metais pesados, o que depende do conteúdo da matéria orgânica, do tipo e quantidade de argilominerais presentes e do pH do solo. Caso essas capacidades sejam ultrapassadas os riscos seguintes poderão ocorrer:

- Lixiviação para o subsolo, em condições de sólido ácido;
- Inibição do crescimento das plantas;
- Incorporação à cadeia alimentar.

Metais e metalóides essenciais (Cobre e Zinco) e os não essenciais as plantas (Cadmio, Níquel, Chumbo, Berílio, Mercúrio, Crômio e Selênio) podem trazer riscos a saúde animal e ao meio ambiente como um todo. Em solos ácidos, os metais estão mais biodisponíveis, portanto, podem ser absorvidos pelas plantas ou serem lixiviados acarretando assim a contaminação de águas subterrâneas (MATOS, 2007).

A taxa de aplicação de água residuária na fertirrigação deve ser estabelecida com o emprego de uma ou mais variáveis constituintes do efluente como referencial. As taxas de aplicação de águas residuárias usadas na produção agrícola devem ser suficientes para suprir, adequadamente, a demanda das plantas por nutrientes. A determinação da taxa de aplicação de águas residuárias ricas em metais pesados deve ser realizada considerando-se o nutriente em maior concentração (FRIGO et al., 2006).

No Quadro 9 estão indicadas as quantidades máximas, de acordo com a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, e as cargas máximas que podem ser aplicadas de metais pesados segundo conselho da Comunidade Econômica Europeia (CEE).

Quadro 9: Quantidade máxima de metais admissível no solo utilizada na determinação da taxa de aplicação.

METAL	QUANTIDADES MÁXIMAS ACUMULADAS (kg/ha)			CARGA MÁXIMA (kg/ha.ano)
	CTC < 5 cmol _c .kg ⁻¹	CTC 5 – 15 cmol _c .kg ⁻¹	CTC >15 cmol _c .kg ⁻¹	
Pb	500	1000	2000	15
Zn	250	500	1000	30
Cu	125	250	500	12
Ni	125	250	500	3
Cd	5	10	20	0,15
Hg	1	1	-	0,1

Fonte: Matos, 2007 (Adaptado).

A CTC é definida como fenômeno de adsorção de cátions e a posterior reação de troca daqueles adsorvidos e os cátions na solução do solo. É uma das propriedades físico-químicas

mais importantes dos solos, pois é a responsável pela retenção dos cátions nutrientes das plantas que ficam adsorvidos nos sítios de carga negativa dos colóides minerais e orgânicos dos solos (MATOS, 2007)

Com relação à entrada dos metais pesados na cadeia alimentar, as plantas se comportam como mecanismo de transferência de contaminantes do solo, para níveis mais altos na cadeia trófica, como também são barreiras importantes para essa transferência. As plantas restringem a absorção da maioria dos metais pesados do solo, de forma que os seres humanos, os animais e a vida selvagem não se encontram, de maneira geral, ameaçados pela presença desses contaminantes no solo (SILVA et al., 2007).

Trabalhos recentes demonstram que plantas cultivadas com altas concentrações de metais pesados podem oferecer risco à saúde humana (RANGEL et al., 2006).

A fim de que os requisitos da legislação ambiental sejam atendidos, os órgãos de monitoramento ambiental precisam de indicadores capazes de servir como referências para avaliação contínua dos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas.

No Brasil, a Conama 420/2009 (BRASIL, 2009) que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Esta resolução dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Para realizar o procedimento que visa estabelecer os Valores de Referência de Qualidade de solos (VRQs) através das amostras foram seguidas as seguintes etapas:

- Seleção do tipo de solo;
- Seleção de parâmetros para caracterização do solo;
- Metodologias analíticas;
- Interpretação dos dados e obtenção dos VRQs;
- Base de dados.

Os dados obtidos pela amostragem, determinações analíticas e os VRQs compõe a base de dados sobre a qualidade de solos, em anexo são listados os valores orientados para solos e para águas subterrâneas.

4.5. RECOMENDAÇÕES DE TAXAS DE APLICAÇÃO

Na produção agrícola, para que se tenha adequadamente nutrientes que possam suprir a demanda de nutrientes das culturas, é necessário saber a taxa de aplicação de águas residuárias. Essa taxa é de importância, para evitar o acúmulo de nutrientes em excesso.

A taxa de aplicação para que ocorra a infiltração dependerá da qualidade da água residuária, grau de tratamento a que foi submetida, velocidade de infiltração desta água no solo e o intervalo entre as aplicações.

A utilização de adubos orgânicos no fornecimento de diversos nutrientes deve-se considerar, além, da exigência das plantas, a concentração dos nutrientes nos materiais e os índices de eficiência de liberação de cada nutriente (SCHERER, 2002). No caso de águas residuárias, usualmente, a quantidade que se deseja aplicar pode ser calculada pela seguinte Equação 1:

$$x = \frac{A}{B \cdot C} \quad (\text{Equação 1})$$

Na qual,

X é a quantidade de água residuária aplicada (m³/ha);

A é a demanda nutricional do elemento de referência pela cultura (kg/ha);

B é a concentração do elemento de referência na água residuária a ser aplicada (kg/m³);

C é o índice de eficiência do nutriente de referência.

Nitrogênio

O nitrogênio é um dos principais fatores limitantes ao aumento ou mesmo à manutenção da produtividade das culturas nos solos tropicais, pela sua dinâmica complexa e custo da obtenção na indústria, o que leva à busca de alternativas viáveis para minimizar a necessidade de aplicação e prolongar o seu tempo de disponibilidade para as plantas (SOUZA & MELO, 2000).

Sendo um elemento móvel no solo e podendo sofrer transformações, uma importância deve ser dada quando há uso de águas residuárias. Matos (2006) afirma que a taxa de aplicação de águas residuárias tendo o nitrogênio como elemento de referência é determinado pela Equação 2 descrita a seguir.

$$TA_{AR} = 1000 \cdot \frac{[NN_{abs} - (T_{m1} MO \rho_s P 10^7 \cdot 0,05 \cdot \frac{n}{12})]}{[T_{m2} \cdot N_{org} + (N_{amoniacal} + N_{nitrato}) \cdot TR]} \quad (\text{Equação 2})$$

Na qual,

TA_{AR} é a taxa de aplicação (m^3/ha);

N_{abs} é a absorção de nitrogênio pela cultura para a obtenção da produtividade desejada (kg/ha);

T_{m1} é a taxa anual de mineralização da matéria orgânica anteriormente existente no solo (kg/kg);

MO é conteúdo de matéria orgânica do solo (kg/kg);

ρ_s é a massa específica do solo (t/m^3);

P é a profundidade do solo (m);

N são os meses de cultura ao longo de um ciclo produtivo;

T_{m2} é a taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico ($kg/kg.ano$);

N_{org} é o nitrogênio orgânico disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg/L);

$N_{amoniacal}$ é o nitrogênio amoniacal disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg/L);

$N_{nitrato}$ é o nitrogênio nítrico disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg/L);

TR é a taxa de recuperação do nitrogênio mineral pela cultura ($kg/kg.ano$).

O nitrogênio sendo usado como elemento de referência apresenta outra forma de determinação através da aplicação de água residuária no solo, essa determinação se dá utilizando a adoção do método da USEPA. Na taxa de aplicação do nitrogênio é usado como nutriente limitante afim de que não tenha contaminação das águas subterrâneas com limites acima dos aceitáveis, como mostrado na Equação 3 descrita a seguir.

$$L_w = \frac{C_p \cdot (PR - ET) + 10 \cdot U}{(1-f) \cdot C_n - C_p} \quad (\text{Equação 3})$$

Na qual,

L_w é a lâmina de aplicação anual (cm/ano);

C_p é a concentração de nitrogênio na água de percolação (mg/L);

PR é a precipitação local (cm/ano);

ET é a evapotranspiração na cultura no local (cm/ano);

U é a absorção de nitrogênio pela cultura (kg/ha.ano);

C_n é a concentração de nitrogênio na água residuária (mg/L);

f é a fração do nitrogênio que é removido por desnitrificação e volatilização (adimensional).

Comparando-se a Equação 1 com a Equação 2 observa-se que enquanto a primeira, através de suas variáveis está voltada para o âmbito agrônomo, a segunda se mostra uma equação voltada para o lado ambiental do solo que receberá a água residuária com os parâmetros de precipitação e evapotranspiração.

Fósforo

O fósforo é um macronutriente e um elemento essencial pela grande quantidade que é requerido pelas culturas. Em organismos vivos, o fósforo está diretamente relacionado com a transferência de energia nas células e estimula o crescimento e acelera a maturação das plantas (MATOS, 2007).

Mesmo sendo essencial para o desenvolvimento das plantas, o excesso de fósforo no solo pode colocar em risco a qualidade das águas superficiais e até em águas subterrâneas. O fósforo se encontra presente em maiores concentrações em águas poluídas, gerando o fenômeno conhecido como eutrofização.

O transporte de fósforo de solos para ambientes aquáticos, via escoamento superficial e subsuperficial, pode criar condições nutricionais favoráveis ao crescimento acima do normal de fito e zooplâncton, além de plantas aquáticas superiores.

Potássio

O potássio é o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, logo após do nitrogênio, tendo alta mobilidade na planta, em qualquer concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema. Esse nutriente não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade, além de ser o íon mais abundante nas células vegetais (MARSCHNER, 1997).

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pelas culturas, necessitando de doses elevadas nas adubações (SANDRI et al., 2006).

A adubação potássica vem apresentando resultados satisfatórios no que diz respeito à tolerância das plantas ao estresse salino, em virtude de o potássio ser reconhecido como vital para diversos processos biológicos nas células das plantas, tais como, ativação enzimática, respiração, fotossíntese e melhoria no balanço hídrico. Além disso, o manejo na fertilização potássica pode resultar em maior competição desse macro elemento com outros cátions, especialmente o Na^+ (HEIDARI& JAMSHID, 2010).

A taxa de aplicação do Potássio pode ser descrita através da aplicação de vinhaça em solo agrícola, sendo a fórmula desenvolvida em discussões com a CETESB, esta leva em conta o desenvolvimento radicular da cana (camada saturada com potássio) e as necessidades da planta em termos do elemento, sendo ele o nutriente com maior concentração na vinhaça (ELIAS NETO, 2016), como mostrado na Equação 4.

$$T_x = \frac{[(0,05 \cdot \text{CTC-KS}) \cdot 3744 + D]}{K_{\text{vinhaça}}}$$

(Equação 4)

Onde,

T_x é a taxa volumétrica de aplicação de vinhaça (m^3/ha);

CTC expressa em (cmolc/dm^3) a pH 7,0;

KS é a concentração de potássio no solo (cmolc/dm^3), à profundidade de 0 a 80 cm;

3744 é constante para transformar os resultados da análise de fertilidade para Kg de potássio em volume de 1 hectare por 80 cm de profundidade;

D é kg de K_2O (óxido de potássio) extraído da cultura por hectare, por corte;

$K_{\text{vinhaça}}$ é a concentração de potássio na vinhaça ($\text{kg.K}_2\text{O}/\text{m}^3$).

Bard e Shafei (2002) mostram que o aumento da aplicação de potássio pode ser útil para sobrepujar o efeito adverso da salinidade, pois a capacidade das plantas absorverem potássio é mais alta que a concentração de Sódio.

Entretanto, outros estudos indicam que o aumento na dose do Potássio nem sempre resulta em benefícios para as plantas sob estresse salino.

5. ANÁLISE CRÍTICA

A revisão bibliográfica trouxe um panorama mundial sobre o uso de água residuária na agricultura em diversos países, como seus parâmetros para lançamento e os benefícios e malefícios das práticas ao ambiente no qual está inserido. O reúso é uma alternativa no combate a escassez de água enfrentada por diversos países.

O reúso traz como vantagens o aumento da produção agrícola, causado pelo aumento da produtividade gerado pelo benefício de nutrientes importantes às colheitas. Como dito anteriormente, a escassez de água afeta países diretamente na sua produção agrícola, países do mediterrâneo, cujo o clima seco é composto por altas temperaturas, enfrentam esse tipo de problema e enxergaram no reúso uma forma de contornar a situação.

A prática do reúso, em análise mais global, não é uma técnica nova, visto que diversos países já a utilizam, possuindo seus critérios e políticas próprias para o tema.

Uma importante informação é necessária, no que diz respeito a regulamentação e diretrizes. Regulamentações são referente a regras atualizadas que são exigidas e fiscalizadas por agências do governo. Já as diretrizes são recomendações, menos restritivas, que tem seu papel na formação de orientações para reúso.

As diretrizes existentes para o reúso de águas residuárias tipicamente abrangem quatro áreas, variando para cada tipo de aplicação: padrões físico-químicos, padrões microbiológicos, processos de tratamento de águas residuárias e técnicas de irrigação (MUFFAREG, 2003).

No Brasil, há um déficit no que diz respeito a regulamentação sobre uso de águas residuárias na agricultura, não tendo diretrizes e guias para que esse procedimento seja regularizado em solos brasileiros. Na Resolução Conama N° 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, as águas são divididas entre 3 categorias: doces, salinas e salobras.

Tendo a categoria de águas doces sendo subdividida entre: classe especial, 1,2,3 e 4. As classes que poderiam ser utilizadas como forma de reúso são as 1,2 e 3. Visando os parâmetros físico-químicos e biológicos, o reúso na agricultura poderá ser praticado como:

- Classe 1: à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película – Reúso agrícola.
- Classe 2: à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto -Reúso agrícola.
- Classe 3: à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras – Reúso agrícola.

O Brasil, devido a diversos fatores como sua geografia, extensão territorial e relevo, possui clima diversificado. Sendo um país de clima tropical, onde áreas atingem altas temperaturas e sofrem com a escassez de água, a prática do reúso se torna um fator relevante. Muitos microrganismos patogênicos presentes em águas residuárias não sobrevivem a altas temperaturas, sendo então um importante fator de análise ao se executar a prática em locais cujas temperaturas médias são altas, como o caso do Brasil.

A prática de reúso de esgoto, submetido a algum processo de tratamento, na agricultura no Brasil é um procedimento não institucionalizado que tem se desenvolvido sem planejamento ou controle, sendo realizado sem algum tipo de averiguação, colocando em risco a saúde dos consumidores e gerando impactos negativos. Em algumas regiões brasileiras a atividade já é praticada, mas sendo realizado de maneira totalmente informal e com ausência regulamentação, deste modo é muito importante que haja legislação em solo brasileiro.

Dentre os aspectos observados devem-se olhar a toxicidade e a taxa de aplicação de nutrientes no solo, nitrogênio, fósforo e potássio, sendo eles de suma importância para o crescimento das culturas.

Os resultados encontrados nem sempre são equivalentes ao que se espera no Brasil, os diferentes tipos de clima, relevo e geografia trazem diferentes fatores a serem analisados ao definir no Brasil parâmetros utilizados na irrigação. Realizando um comparativo com a legislação do Chipre, extensa e com diversos parâmetros analisados, o clima diferente do Brasil em estações como o verão, onde o Chipre apresenta altas temperaturas e baixos níveis pluviométricos, se diferem do brasileiro e podem ocasionar mudanças quanto a regulamentação.

Países europeus mediterrâneos, que apresentam legislação sobre reúso, também apresentam suas diferenças com o clima brasileiro. A destinação do reúso se concentra na utilização

municipal, industrial e agrícola. Sendo na agricultura como forma de fertirrigação, onde atenderá a demanda nutricional da cultura irrigada.

Os dados da OMS, utilizados como guia e base em diversas legislações sobre aplicação de águas residuárias, embora não sejam tão específicos quanto certas diretrizes, são uma base forte para que o setor público em conjunto com a sociedade, determine iniciativas de planejamento e fiscalização do reúso em solo brasileiro.

O Quadro 3 apresenta dados utilizados pelo reúso na OMS e USEPA, tendo informações sobre os parâmetros máximos para o uso na irrigação para culturas de consumo cru ou cozidas. O guia atualizado da OMS apresenta dados que podem ser incorporados ao estágio atual brasileiro, com suas ênfases nos limites máximo toleráveis de DBO₅, Turbidez, Sólidos Suspensos totais, Coliformes totais, Cloro residual e pH, esses índices são de total importância para que a prática seja realizada

Analisando os métodos constituintes dos guias, além das diretrizes da OMS, observa-se a importância dos métodos de reúso, de tratamento, os constituintes químicos e biológicos são de extrema importância ao se elaborar uma regulamentação para aplicação na agricultura no Brasil. Tendo disponíveis os dados que já são aplicados em outros países, o Brasil se beneficiará com um conjunto similar adequado ao panorama nacional.

Sabendo a eficácia dessa prática, o reúso em atividades agrícolas, deve obedecer a padrões mínimos físicos, químicos e microbiológicos que garantam a segurança agroalimentar das comunidades e dos consumidores. Sendo um tema que abrange diversas áreas, como ambiental, hídrica, social e da saúde, é de vital importância que os órgãos relacionados a esses setores e a sociedade estabeleçam um adequado aspecto técnico sobre a atividade.

Pelas análises da legislação na parte ambiental e hídrica nota-se meios para que haja a racionalização da água, tendo em vista os problemas enfrentados por escassez de água e seu gerenciamento inadequado, a alternativa como a prática do reúso, como uso racional da água, para fins agrícolas é de suma importância que haja regulamentação

A regulamentação no Brasil precisará, além do conjunto de níveis toleráveis e as técnicas de tratamento adequadas ao tipo de reúso, uma demanda por fiscalização, para que não ocorra incidentes com o manejo de águas residuárias.

6. CONCLUSÃO

Diferenças regionais, clima e relevo são fatores que afetam consideravelmente a distribuição de recursos hídricos no Brasil, mesmo sendo um país com um positivo balanço hídrico essa desigual distribuição afeta diretamente a população, tornando o bem natural, muitas vezes escasso.

Num país de grande produção agrícola, como o Brasil, é indispensável que se pense em alternativas para a escassez de água ou períodos menos chuvosos. A técnica de uso de águas residuárias é uma alternativa que contribui para haja menos poluição de mananciais, sendo uso eficiente e racional da água, como uma alternativa econômica na gestão dos recursos hídricos.

Com esse trabalho, é salientado a importância que o reúso ocasiona em diferentes países e o Brasil mostra-se atrasado nesse aspecto, não tendo nenhuma legislação para que haja controle, desperdiçando assim uma boa oportunidade de gerenciamento dos recursos hídricos no país.

A pauta ambiental, tão em voga nos tempos atuais, mostra que há uma tendência natural para que reúso seja cada vez mais utilizado nas próximas décadas, a exemplo de países onde apresentam sua própria legislação ou se baseiam nas diretrizes da OMS para regularizar o reúso na agricultura. A implementação da técnica acarreta na preservação de recursos naturais limitados como a água e traz benefícios ao solo e a cultura cultivada

Uma legislação, mesmo baseada em organismos internacionais, só tende a beneficiar o Brasil, como já dito anteriormente todos benefícios gerados pelo reaproveitamento dos efluentes e suas técnicas de disposição no solo, adequando ao país os diferentes panoramas mundiais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELAKIS, A. N. DO MONTE, M. M., BONTOUX, L., & ASANO, T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Water research*, v. 33, n. 10, p. 2201-2217, 1999.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.
- BADR, M.; SHAFEI, A. M. Salt tolerance in two wheat varieties and its relation to potassium nutrition. *Journal of Agricultural Research*, v. 35, p. 115-28, 2002.
- BARROS, F. M.; Martinez, M. A.; Neves, J. C.; Matos, A. D.; Silva, D. D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. sSuplemento, 2005.
- BASTOS, R. K. X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; MONTEGGIA, L. O.; VON SPERLING, M.; PIVELI, R. P. Subsídios a regulamentação do reúso da água no Brasil-Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e piscicultura. *Rev DAE*, v. 177, p. 50-62, 2008.
- BASTOS, R. K.; BEVILACQUA, P. D.; SILVA, C. A.; DORNELAS, F. L.; ASSUNÇÃO, F.; RIOS, E. N.; COSTA, G. S. Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 164-170, 2005.
- BEEKMAN, G. B. et al. Aspectos de sustentabilidade e vulnerabilidade dos recursos hídricos- "Stress Hídrico". IX SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 1995.
- BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.
- BERNARDI, C. C. Reuso de água para irrigação. (Monografia) Especialização Lato-Sensu. Programa de Gestão Sustentável da Agricultura irrigada. Área de concentração em Planejamento Estratégico. FGV. Brasília, DF, 2003.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.

BLUMENTHAL, U. J., MARA, D. D., PEASEY, A., RUIZ-PALACIOS, G., & STOTT, R. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 78, p. 1104-1116, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução N° 54, de 28 de novembro de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília. 2005.

BRASIL; CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução N° 420, de 28 de dezembro de 2009. *Diário Oficial da União*, Brasília. 2009.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reuso de água. In: *Reuso de água; Capítulo 2*. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

CETESB, COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Instrução Técnica N° 31. Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo, 2006.

DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003.

ELIA NETO, A. Estado da arte da vinhaça. Piracicaba, SP: ÚNICA, 2016.

EUWI, JOINT MEDITERRANEAN. *Mediterranean wastewater reuse report*. 2007.

FABY, J. A.; BRISSAUD, F.; BONTOUX, J. Wastewater reuse in France: Water quality standards and wastewater treatment technologies. *Water Science and Technology*, v. 40, n. 4-5, p. 37-42, 1999.

FAO, FOOD. AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of agricultural commodity markets: High food prices and the food crisis - experiences and lessons learned*, 2009.

FIESP (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO). 2004. *Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial*. v. 1. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>>. Acesso em: 13 de junho de 2018.

FRIGO, E. P.; Sampaio, S. C.; Freitas, P. L.; Nóbrega, L. H.; Santos, R. F.; Mallmann, L. S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. *Irriga*, v. 11, n. 3, p. 305-318, 2006.

HEIDARI, M.; JAMSHID, P. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. *J Agric Biol Sci*, v. 5, p. 39-46, 2010.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. São Paulo, 2001. Separata de: Resumo de trabalhos técnicos III ENCONTRO DAS ÁGUAS, Chile, 2001

HESPANHOL, Ivanildo; PROST, A. M. E. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. *Water Research*, v. 28, n. 1, p. 119-124, 1994.

HOLMGREN, G. G. S. Meyer, M. W., Chaney, R. L., & Daniels, R. B. Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *Journal of Environmental Quality*, v. 22, n. 2, p. 335-348, 1993.

JHANSI, S. C.; MISHRA, S. K. Wastewater treatment and reuse: Sustainability options. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2013.

KELLIS, M.; KALAVROUZIOS, I. K.; GIKAS, P. Review of wastewater reuse in the Mediterranean countries, focusing on regulations and policies for municipal and industrial applications. *Global NEST Journal*, v. 15, n. 3, p. 333-350, 2013.

KERAITA, B.; DRECHSEL, P.; AMOAH, P. Influence of urban wastewater on stream water quality and agriculture in and around Kumasi, Ghana. *Environment and Urbanization*, v. 15, n. 2, p. 171-178, 2003.

KRAMER, A.; PETTA, L.; POST, J.; WENDLAND, C. EM Water guide: improving wastewater treatment and reuse practices in the Mediterranean countries—a practical guide for decision-makers. Prepared within the EM Water Project, In WEnt–Capacity, 2007.

MARA, D. D.; SLEIGH, A. Understanding and updating the 2006 WHO guidelines for the safe use of wastewater in agriculture. 2009.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients, macronutrients. *Mineral nutrition of higher plants*, 1997.

MATOS, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007.

MUFFAREG, M. R. Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre reúso de águas residuárias. Tese (Doutorado). Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PORPINO, Gustavo. Brasil está entre os países com maior área irrigada do mundo. Embrapa, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12990229/brasil-esta-entre-os-paises-com-maior-area-irrigada-do-mundo>>. Acesso em: 22 de maio de 2018.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J. F. Efeitos de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.583-594, 2006.

REÚSO de águas residuárias tratadas na irrigação. Embrapa, 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/meio-norte/busca-de-publicacoes/-/publicacao/68105/reuso-de-aguas-residuarias-tratadas-na-irrigacao>>. Acesso em: 25 de out. 2017

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O. da; BARROS, F. M. Reuso de águas residuárias na agricultura: A experiência israelense e brasileira. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, 2010.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Reutilize e contribua com a preservação dos recursos naturais. Água de reúso, São Paulo (SP), (2014). Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=131>>; Acesso em: 23 de agosto de 2017.

SALGOT, M; PASCUAL, A. Existing guidelines and regulations in Spain on wastewater reclamation and reuse. Water Science and Technology, v. 34, n. 11, p. 261-267, 1996.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. Engenharia Agrícola, 2006.

SCHEIERLING, S. M.; BARTONE, C.; MARA, D. D.; DRECHSEL, P. Improving wastewater use in agriculture: An emerging priority. 2010.

SCHERER, E. E. Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante. CURSO DE CAPACITAÇÃO EM PRÁTICAS AMBIENTAIS SUSTENTÁVEIS: treinamentos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 91-101, 2002.

SCOTT, C. A., FARUQUI, N. I.; RASCHID-SALLY, L. Wastewater use in irrigated agriculture: Management challenges in developing countries. Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities. Oxfordshire: CABI Publishing, 2004.

SILVA, M. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2007.

Soares, C. R. F. S.; Siqueira, J. O.; Guedes de Carvalho, J.; Souza Moreira, F. M. Fitotoxicidade de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. Revista árvore, v. 29, n. 2, 2005.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. Revista brasileira de ciência do solo, p. 885-896, 2000.

USEPA, USAID. Guidelines for water reuse. EPA/625/R-04/108, 25-167-250, 2004

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. World Health Organization, 2006.

Substâncias	CAS nº	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Inorgânicos							
Alumínio	7429-90-5	E	-	-	-	-	3.500**
Antimônio	7440-36-0	E	2	5	10	25	5*
Arsênio	7440-38-2	E	15	35	55	150	10*
Bário	7440-39-3	E	150	300	500	750	700*
Boro	7440-42-8	E	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	E	1,3	3	8	20	5*
Chumbo	7440-43-9	E	72	180	300	900	10*
Cobalto	7439-92-1	E	25	35	65	90	70
Cobre	7440-50-8	E	60	200	400	600	2.000*
Cromo	7440-47-3	E	75	150	300	400	50*
Ferro	7439-89-6	E	-	-	-	-	2.450**
Manganês	7439-96-5	E	-	-	-	-	400**
Mercurio	7439-97-6	E	0,5	12	36	70	1*
Molibdênio	7439-98-7	E	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	E	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	E	-	-	-	-	10.000*
Prata	7440-22-4	E	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	E	5	-	-	-	10*
Vanádio	7440-62-2	E	-	-	-	1000	-
Zinco	7440-66-6	E	300	450	1.000	2.000	1.050**
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5*
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20*
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300**
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700**
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500**
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos							
Antraceno	07/12/20	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7*
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18

Substâncias	CAS n°	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMáx	Residencial	Industrial	
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17
Naftaleno	91-20-3	na	0,12	30	60	90	140
Benzenos clorados							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	na	0,41	40	45	120	700**
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	na	0,73	150	200	400	1000
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	na	0,39	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	na	0,39	50	70	150	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	na	0,01	5	15	35	(a)*
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	na	0,011	7	20	40	(a)*
1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	na	0,5	-	-	-	(a)*
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	634-66-2	na	0,16	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	634-90-2	na	0,01	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	na	0,01	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	118-74-1	na	0,003(3)	0,005	0,1	1	1*
Etanos clorados							
1,1-Dicloroetano	75-34-2	na	-	8,5	20	25	280
1,2-Dicloroetano	107-06-2	na	0,075	0,15	0,25	0,50	10*
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	na	-	11	11	25	280
Etenos clorados							
Cloro de vinila	75-01-4	na	0,003	0,005	0,003	0,008	5*
1,1-Dicloroetano	75-35-4	na	-	5	3	8	30*
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	na	-	1,5	2,5	4	(b)
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	na	-	4	8	11	(b)
Tricloroetano – TCE	79-01-6	na	0,0078	7	7	22	70*
Tetracloroetano – PCE	127-18-4	na	0,054	4	5	13	40*
Metanos clorados							
Cloro de Metileno	75-09-2	na	0,018	4,5	9	15	20*
Clorofórmio	67-66-3	na	1,75	3,5	5	8,5	200
Tetracloro de carbono	56-23-5	na	0,17	0,5	0,7	1,3	2*
Fenóis clorados							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	na	0,055	0,5	1,5	2	10,5
2,4-Diclorofenol	120-83-2	na	0,031	1,5	4	6	10,5
3,4-Diclorofenol	95-77-2	na	0,051	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	na	0,11	-	-	-	10,5
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	na	1,5	3	10	20	200*
2,3,4,5-Tetraclorofenol	4901-51-3	na	0,092	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	na	0,011	1	3,5	7,5	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	58-90-2	na	0,16	0,35	1,3	3	9*

Substâncias	CAS nº	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMáx	Residencial	Industrial	
Fenóis não clorados							
Cresóis	-	na	0.16	6	14	19	175
Fenol	108-95-2	na	0.20	5	10	15	140
Ésteres ftálicos							
Dietilexil ftalato (DEHP)	117-81-7	na	0,6	1,2	4	10	8
Dimetil ftalato	131-11-3	na	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	na	0,7	-	-	-	-
Pesticidas organoclorados							
Aldrin	309-00-2	na	0,015	0,003	0,01	0,03	(d)*
Dieldrin	60-57-1	na	0,043	0,2	0,6	1,3	(d)*
Endrin	72-20-8	na	0,001	0,4	1,5	2,5	0,6*
DDT	50-29-3	na	0,010	0,55	2	5	(c)*
DDD	72-54-8	na	0,013	0,8	3	7	(c)*
DDE	72-55-9	na	0,021	0,3	1	3	(c)*
HCH beta	319-85-7	na	0,011	0,03	0,1	5	0,07
HCH – gama (Lindano)	58-89-9	na	0,001	0,02	0,07	1,5	2*
PCBs							
TOTAL	-	na	0,0003 (3)	0,01	0,03	0,12	3,5

(1) – Para comparação com valores orientadores, utilizar as recomendações dos métodos 3050b (exceto para o elemento mercúrio⁰ ou 3051 da USEPA-SW-846 ou outro procedimento equivalente, para digestão ácida de amostras de solos na determinação de substâncias inorgânicas por técnicas espectrométricas).

E é a ser definido pelo estado

na – não se aplica a substâncias orgânicas.

(a) somatória para triclorobenzenos = 20µ/L

(b) somatória para 1,2 dicloroetenos = 50µ/L

(c) somatória para DDT-DDD-DDE = 2µ/L

(d) somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µ/L

*Padrões de potabilidade de substâncias químicas que representam risco à saúde definidos na Portaria n 518/2004 do Ministério da Saúde.

** Valores calculados com base em risco à saúde humana, de acordo com escopo desta resolução. Diferem dos padrões de aceitação para consumo humano definidos na Portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde e dos valores máximos permitidos para consumo humano definidos no Anexo I da Resolução CONAMA N° 420/2009.