

Categoria
Trabalho Acadêmico / Artigo Completo

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE O USO DE EFLUENTES NA AGRICULTURA

Rafael Ludwig¹

Fernando Ferrari Putti²

Ramilos Rodrigues de Brito³

RESUMO: A crescente demanda de alimentos impulsiona a busca por aumento da produtividade agrícola. Para tanto, é fundamental que as plantas expressem o seu máximo potencial produtivo, o qual está relacionado a disponibilidade de água e nutrientes em níveis adequados. Com a crescente demanda de água para irrigação há necessidade de desenvolver alternativas para suprir essa necessidade. Estudos apontam o reuso da água como alternativa para suprir essa crescente demanda hídrica na irrigação. Desta forma, este estudo buscou mapear e discutir as produções científicas a cerca do reuso de efluentes na agricultura brasileira. Realizou-se uma revisão sistemática nas bases de dados do SCIELO, com objetivo de identificar, descrever e analisar o que se tem produzido no campo científico a cerca deste tema. Utilizou-se para busca as combinações dos descritores: irrigação e reuso; efluente e agricultura; irrigação e efluente; e reuso e agricultura. Encontrou-se 99 artigos, publicados a partir de 2000. Após a exclusão dos estudos repetidos e dos que não apresentavam relevância ao tema desta pesquisa restaram 27 artigos, os quais foram agrupados em 5 temas, sendo eles: Sistemas e técnicas de irrigação; Desenvolvimento e qualidade

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP – Botucatu, rafaludwig@yahoo.com.br.

² Mestrando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA – SP.

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, UNESP/FCA – SP

das culturas; Estado nutricional; Impacto das águas residuária; Nutrientes com água de reuso. Esse estudo permitiu perceber o crescente interesse da comunidade científica sobre os efeitos do reuso de efluentes para agricultura, tornando possível concluir que a utilização desses é uma alternativa viável ao problema de escassez de água. É ainda fonte de nutrientes para as plantas e consequentemente aumentando a produtividade das culturas irrigadas.

Palavras-chave: Reuso na irrigação. Controle ambiental. Águas residuária.

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento na necessidade de alimentos exige que tenhamos uma produção cada vez maior. Este aumento de produção pode ser alcançado fazendo com que as plantas expressem o seu máximo potencial produtivo, significando que a água e os nutrientes no solo deverão estar em níveis adequados.

Em regiões nas quais as precipitações não atendem a demanda hídrica pode-se utilizar a irrigação (VIEIRA, 1989). Por outro, lado sabe-se que a disponibilidade de água potável está cada vez mais escassa, ficando à irrigação na ponta da demanda de água no Brasil, com $15,96 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, aproximadamente duas vezes maior que a industrial que é de $7,8 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$. Entre os estados com maior necessidade é o Rio Grande do Sul ($6,32 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), seguido por São Paulo ($1,81 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) (TUNDISI, 2005). A maior demanda de recursos hídricos pela região sul foi associada por Silvestre (2003) à grande área de irrigação, representando 41,6% do total da área irrigada no país.

Muitos estudos apontam o reuso da água como alternativa para suprir essa crescente demanda hídrica na irrigação. Para Florencio et al. (2006), este oferece oportunidades de natureza econômica, ambiental e social, podendo constituir-se em uma necessidade nas situações de escassez. Nobre, Gheyi *et al.* (2010), destacam que o uso da água residuária na agricultura visa promover a sustentabilidade da agricultura irrigada, pois economiza as águas superficiais não poluídas, mantendo a qualidade ambiental e servindo como fonte nutritiva às plantas.

No entanto, a utilização da água residuárias deve atender a regulamentação do país, a qual está em pleno curso no Brasil através da resolução do CONAMA número 357

de 2005 (BRASIL, 2005a), que estabelece os padrões para o lançamento de efluentes. Segundo a resolução número 54 de 2005 (BRASIL, 2005b) o reúso é considerado parte integrante da política nacional de gestão de recursos hídricos.

A reutilização da água residuárias na agricultura além de suprir a demanda hídrica, fornece aporte de nutrientes, sendo ainda, uma forma inteligente de destino dos efluentes.

Nesse panorama, o presente estudo trata-se de uma revisão sistemática que buscou encontrar na literatura publicações científicas a respeito da reutilização de efluentes.

2. MÉTODO

Para conhecer a situação atual do reuso de efluentes na agricultura Brasileira realizou-se uma revisão sistemática nas bases de dados do SCIELO, com objetivo de identificar, descrever e analisar o que se tem produzido no campo científico a cerca deste tema.

Utilizou-se para busca as combinações de descritores: irrigação e reuso; efluente e agricultura; irrigação e efluente; e reuso e agricultura. Foram selecionadas publicações em português que permitissem acesso aos textos completos. Optou-se associar as expressões reuso e efluente com irrigação e agricultura, pois estes são os temas que serão avaliados.

Durante a pesquisa foram encontrados 99 artigos, publicados a partir de 2000, quando esse tema passa a ser abordado nas publicações nacionais. Após a exclusão dos estudos repetidos e dos que não apresentavam relevância ao tema desta pesquisa restaram 27 artigos, os quais foram agrupados em 5 temas, sendo eles: Sistemas e técnicas de irrigação; Desenvolvimento e qualidade das culturas; Estado nutricional; Impacto das águas residuária; Nutrientes com água de reuso.

3. RESULTADOS

Ao analisar os resultados obtidos percebe-se que a temática do reuso teve um crescente aumento nos últimos anos principalmente após 2005. Destaque maior para o ano de 2012, no qual até o momento consta com 7 publicações o que representa 26% do total analisado, número bastante superior aos anos anteriores (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1 – Organização dos estudos por temas

Temas	2000	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Sistemas e técnicas de irrigação	-		2	-	1	1	1	-	1	1	7
Desenvolvimento e qualidade das culturas	-	1	-	1	2	-	-	3	1	3	11
Estado nutricional	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Impacto das águas residuárias	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	5
Nutrientes com água de reuso	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	3
Produções Publicadas por ano	1	1	2	1	3	3	3	4	2	7	27

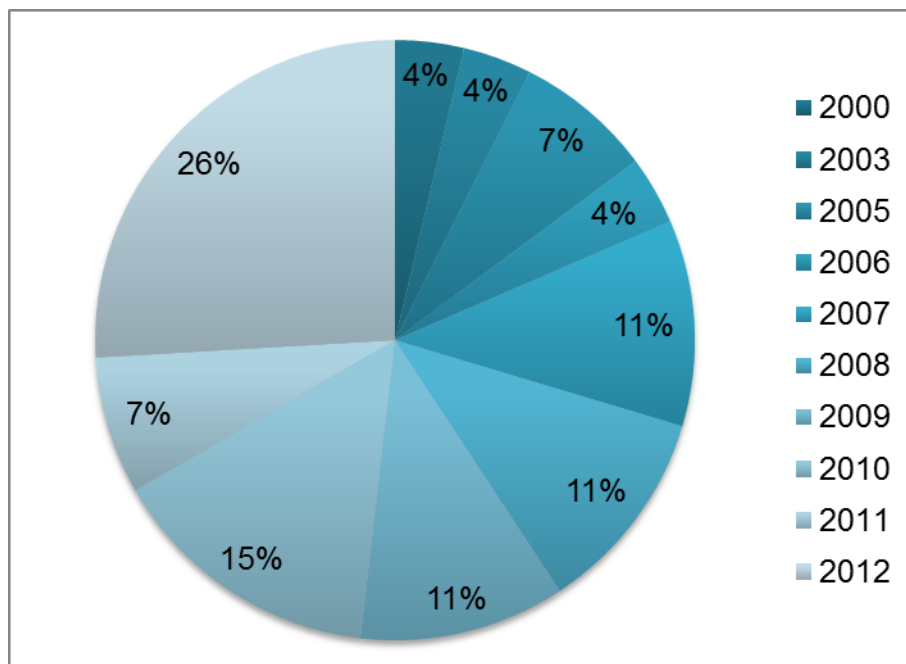


Figura 1 - Produções Publicadas por ano

Observa-se na Tabela 1 e Figura 2 que o tema desenvolvimento e qualidade das culturas apresentou o maior número de publicações totalizando 41% seguido de sistemas e técnicas de irrigação o qual totalizou 26%.

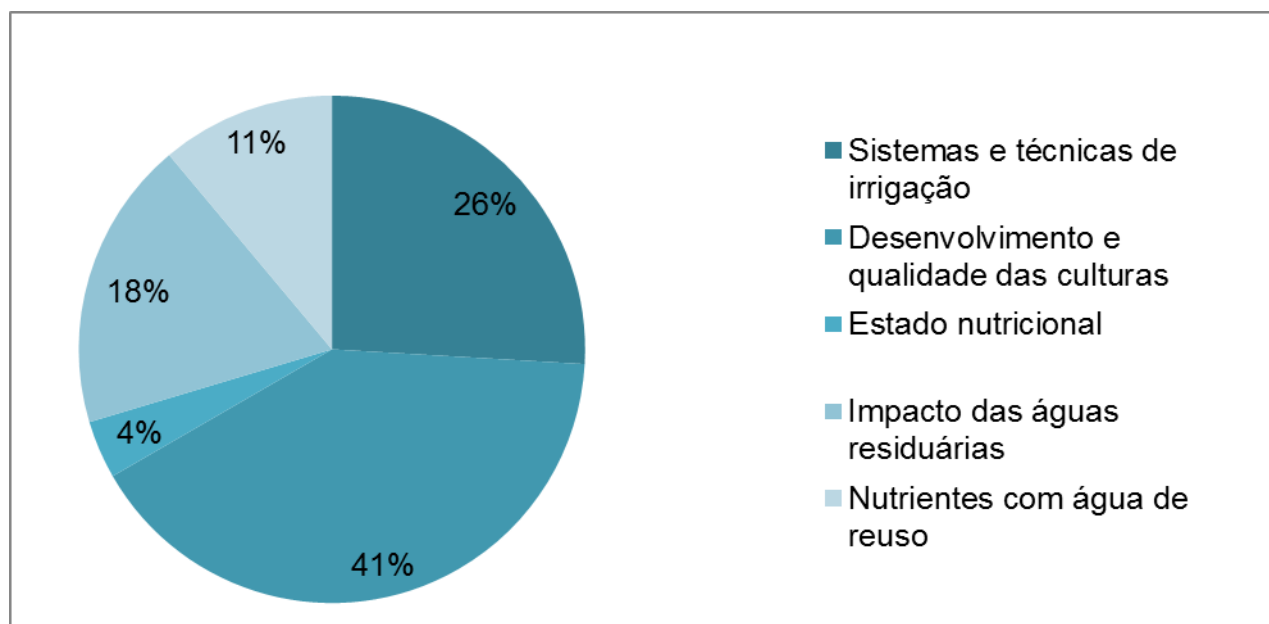


Figura 2 – Temas estudados.

Na temática do desenvolvimento e qualidade das culturas, as abordagens foram relacionadas ao efeito da reutilização da água residuária na produtividade das culturas, dentre as técnicas de cultivo tem-se o cultivo hidropônico e o cultivo em solo. Em relação ao efluente utilizado 56% dos trabalhos utilizou o esgoto doméstico tratado.

Dentre os trabalhos que abordaram sistemas e técnicas de irrigação, os estudos foram relacionados as técnicas de irrigação, perda de carga nas tubulações, sistemas de filtragem, entupimento na irrigação por gotejamento e sistemas de tratamento dos efluentes. Esta foi a única temática que não utilizou nenhuma cultura para análise.

Dos 27 trabalhos analisados 70% trabalharam com o comportamento das plantas. A cultura da alface foi a que apareceu mais vezes nos estudos com um total de 21%.

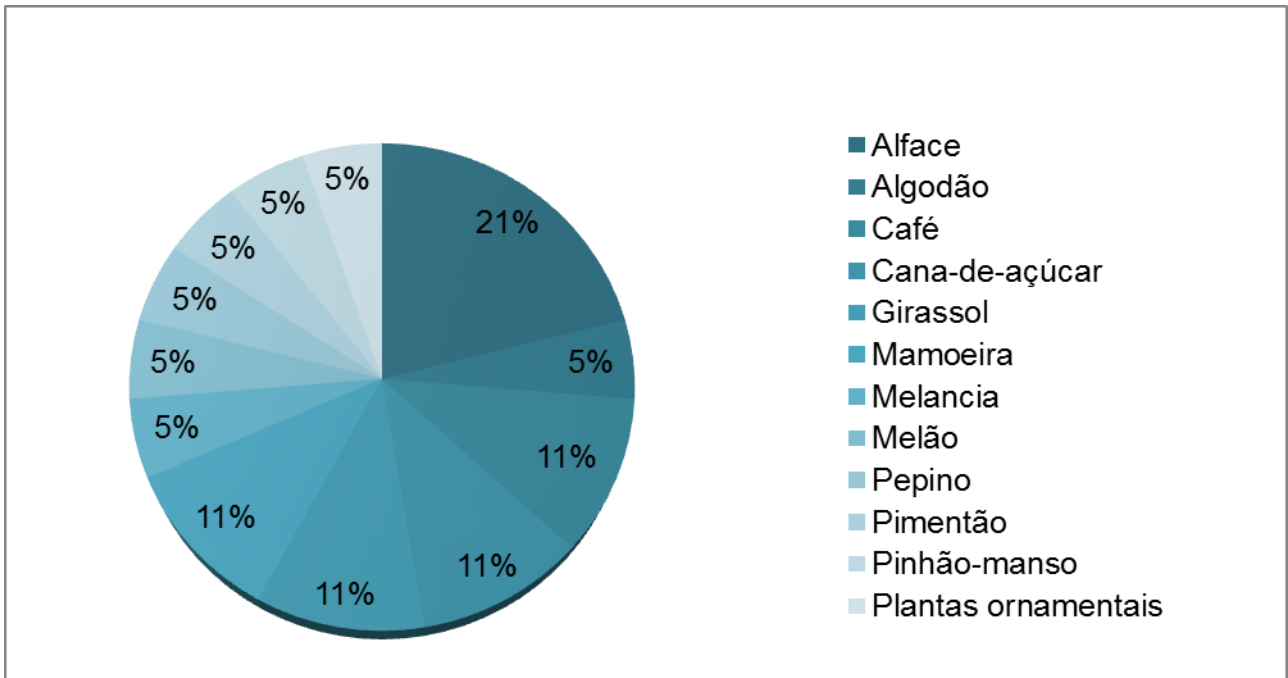


Figura 3 – Plantas estudadas

4. DISCUSSÃO

A busca por soluções para o constante aumento da população, conseqüentemente aumento da demanda por água e alimentos, apontam para o aproveitamento dos efluentes das estações de tratamento de esgoto na agricultura (Cararo e Botrel, 2007). Isto é comprovado ao analisar os trabalhos, os quais apontam essa como uma alternativa viável a encases de água, além de auxiliar na adubação, reduzindo os custos para o produtor.

Sousa Neto, Andrade Filho *et al.* (2012) obtiveram na irrigação do algodoeiro com água residuária influencia significativa no crescimento deste, em relação ao índice de velocidade de emergência, à percentagem de germinação à altura de plantas, ao diâmetro caulinar e número de folhas e à área foliar e massa seca de parte aérea. Destaca ainda que o aumento se deu com o acréscimo da proporção de uso do efluente doméstico.

Na mesma linha Medeiros, Soares *et al.* (2008) perceberam que a adoção da água residuária proporcionou melhorias no estado nutricional do cafeeiro. A produção de matéria fresca e produção das culturas também ganham destaque em outros trabalhos que adotaram a utilização de efluente.

Azevedo e Oliveira (2005), estudando a cultura do pepino obtiveram produção de matéria fresca com uso de efluente de esgoto 41% superior em relação ao tratamento testemunha. O autor ainda destaca o significado desse valor, o qual demonstra que o efluente pode ser utilizado para fornecer nutrientes e conseqüentemente aumentar a produtividade. Destacando ainda que a fertirrigação com efluente doméstico tratado pode substituir a adubação convencional do algodoeiro Sousa Neto, Andrade Filho *et al.* (2012).

Observou-se que a cultura da alface foi a mais utilizada nos experimentos, o que pode ser explicado pelo fato de ser uma hortaliça de ciclo curto, com grande importância econômica (Sandri, Matsura *et al.*, 2007). Porém cabe ressaltar que a utilização dos efluentes na prática da fertirrigação pode tornar necessário a sua desinfecção, dependendo da cultura e o sistema de irrigação utilizado (Paterniani, Silva *et al.*, 2011).

Com relação ao sistema de irrigação adotado nos estudos o que apresentou maior desempenho foi o sistema por gotejamento. Cararo e Botrel (2007) classificam esse como o mais seguro para reuso de efluente. Sandri, Matsura *et al.* (2007), também obteve os melhores resultados com a utilização desse sistema tanto no desenvolvimento da alface, como na classificação comercial e na eficiência no uso da água.

Outro ponto que foi levantados nos estudos foi a necessidade de atentar para os efeitos causados pela água residuária no solo, pois essa pode acarretar mudanças no comportamento físico-químico do solo (Varallo, Souza *et al.*, 2012). Oliveira, Campelo *et al.* (2000), evidenciaram que aumentos na concentração de sólidos totais nas águas de reuso de suinocultura reduzem a capacidade de infiltração do solo. Igualmente para a elevação do teor do íon sódio no solo, motivo pelo qual Varallo, Carvalho *et al.* (2010) destacam que a utilização de água de reuso deve se dar de forma racional.

Além disso, deve-se atentar para a concentração de partículas nas águas de reuso para irrigação, as quais poderão causar entupimentos no sistema e conseqüentemente reduzir a uniformidade. O entupimento em sistema de irrigação por gotejamento consiste em um fator restritivo a sua utilização (Cararo e Botrel, 2007). Mas uma alternativa para amenizar isso é a utilização de sistemas de filtragem. A associação de sistemas de pré-filtração e filtração lenta mostraram-se eficientes na redução das concentrações de sólidos suspensos, turbidez, cor aparente e DQO, como polimento de esgotos domésticos previamente tratados (Paterniani, Silva *et al.*, 2011). Estes autores

também avaliaram o uso de carvão ativado granular, o qual em combinação com areia proporcionou ao filtro lento maior eficiência na remoção de sólidos suspensos, cor, turbidez, coliformes totais e *E. coli*, sem com isso aumentar a perda de carga inicial.

Barreto e Campos (2009) verificaram que a perda de carga foi influenciada pela concentração de sólidos contidos na água residuária, acrescentando 30,77% na adutora, 13,59% na turbina e 22,02% na mangueira. Por outro lado, a uniformidade de distribuição e o raio de alcance do aspersor não foram influenciados pela concentração de sólidos, os quais, analisando o raio de alcance do aspersor, ficaram mais concentrados nos coletores mais afastados do aspersor.

Estas abordagens mostram que a utilização do efluente é uma alternativa viável frente à escassez de água, sendo necessário atentar para concentração de sólidos, qualidade sanitária e forma de aplicação, para que não se altere a qualidade dos produtos. Além de controlar o volume aplicado para evitar impactos no solo.

5. CONCLUSÕES

Esse estudo permitiu perceber o crescente interesse da comunidade científica nos efeitos do reuso de efluentes para agricultura. E tornou possível concluir que a utilização desses é uma alternativa viável ao problema de escassez de água, tornando-se ainda fonte de nutrientes para as plantas e conseqüentemente aumentando a produtividade das culturas irrigadas.

Deve-se analisar a escolha do sistema de irrigação, optando por aquele que cause a menor contaminação nas plantas, principalmente quando essas são consumidas in natura. Desta forma, destaca-se a irrigação por gotejamento a utilização de filtros e análise das características físicas, químicas e biológicas dessas águas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L. P. D.; OLIVEIRA, E. L. D. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 253-263, 2005. ISSN 0100-6916. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100028&nrm=iso >.
- BARRETO, A. C.; CAMPOS, C. M. M. Avaliação de um sistema de irrigação autopropelido aplicando água residuária de suinocultura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1752-1757, 2009. ISSN 1413-7054. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000700009&nrm=iso >.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável da água. Brasília, DF, 2005a.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005b.
- CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle do entupimento de gotejadores ocasionado pela aplicação de água residuária. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 336-345, 2007. ISSN 0100-6916. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000300002&nrm=iso >.
- FLORENCIO, L. et al. Utilização de Esgotos Sanitários: Marcos Conceituais e Regulatórios. In: FLORENCIO, L. et al. **Tratamento e Utilização de esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. p. 1-16.
- MEDEIROS, S. D. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 109-115, 2008. ISSN 1415-4366. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000200001&nrm=iso >.
- NOBRE, R. G. et al. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 747-754, 2010. ISSN 1415-4366. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000700010&nrm=iso >.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 263-267, 2000. ISSN 1415-4366. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662000000200022&nrm=iso >.
- PATERNIANI, J. E. S. et al. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 803-812, 2011. ISSN 0100-6916. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000400018&nrm=iso >.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 17-29, 2007. ISSN 1415-4366. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100003&nrm=iso>.

SILVESTRE, M. E. D. **Água doce no Brasil: razões de uma nova política**. 2003. 134f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.prodema.ufc.br/dissertacoes/077.pdf>>.

SOUSA NETO, O. N. et al. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 200-208, 2012. ISSN 1415-4366. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000200011&nrm=iso>.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2ª Ed. São Carlos, Rima, 2005, 248p.

VARALLO, A. C. T. et al. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 372-377, 2010. ISSN 1415-4366. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000400005&nrm=iso>.

VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. D. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa (*Lactuca sativa*, L.). **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 271-279, 2012. ISSN 0100-6916. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000200007&nrm=iso>.

VIEIRA, D. B. **As Técnicas de Irrigação**. São Paulo: Globo, 1989. 263 p.