

Implicações do uso de irrigação subsuperficial com esgoto doméstico tratado em cultivo de laranjas (*Citrus sinensis*)

Reginaldo Ferreira Santos¹, Luiz Antônio Zanão Júnior¹, Andreia Aparecida Ferreira da Silva², Natasha Barchinski Galant Lenz¹, Reieli Knoner Santos Gorski³, Edson Eiji Matsura³

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Programa de Pós graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário, CEP: 85.819-110 Cascavel;
Email: reginaldo.santos@unioeste.br

²Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita – UNESP/FCA – Programa de Pós graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem - Campus Lageado, Botucatu, SP;
Email: profandreiabio@hotmail.com

³Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-875 Campinas (SP).

Resumo: A água é o constituinte de maior proporção nas células vivas. Cerca de 70% da superfície do planeta é água, é ainda elemento primordial para a sobrevivência dos mais de 7,4 bilhões de seres humanos, além de animais, vegetais e demais seres vivos do planeta. Embora a água da chuva possa proporcionar teor de umidade ao solo para suprir as necessidades hídricas das culturas, há locais e épocas em que essa disponibilidade hídrica é menor que a demanda. Nesses casos, a irrigação passa a ser necessário para manter e até mesmo aumentar a produtividade dos cultivos. No Brasil, a irrigação é responsável por cerca de 70% do uso da água. Porém, o uso da irrigação na produção agrícola tem sofrido sérias críticas por aqueles que a consideram uma das responsáveis pelos problemas de escassez de água e de energia no país. Ao mesmo tempo em que isso ocorre, há um desperdício e contaminação pela disposição de efluentes domésticos e agroindustriais no meio ambiente. No entanto, existe a possibilidade do reuso e disposição destes efluentes na agricultura, principalmente por meio da irrigação por gotejamento na subsuperfície do solo em cultivos de laranjas.

Palavras-chave: Reuso agrícola; *Citrus*; Química de solo; Física do solo.

Implications of the use of subsurface irrigation with treated domestic sewage in oranges (*Citrus sinensis*)

Abstract: Water is the major constituent in living cells. About 70% of the planet's surface is water, it is still a primordial element for the survival of more than 7.4 billion human beings, as well as animals, plants and other living beings on the planet. Although rainwater can provide moisture content to the soil to meet the water needs of crops, there are places and times when water availability is less than demand. In such cases, irrigation becomes necessary to maintain and even increase crop productivity. In Brazil, irrigation accounts for about 70% of water use. However, the use of irrigation in agricultural production has been severely criticized by those who see it as one of the causes of water and energy shortages in the country. At the same time as this occurs, there is a high waste and contamination caused by the disposal of water by the use of domestic and agroindustry effluents in the environment. However, there is a possibility of the reuse and disposal of these effluents in agriculture, mainly through drip irrigation in the subsurface of the soil in orange crops.

Key words: Agricultural reuse; Citrus; Soil chemistry; Soil Physics.

Introdução

A água é fator limitante ao desenvolvimento socioeconômico mundial. A escassez tem se intensificado nos últimos anos, principalmente pelas rápidas e drásticas variações nas condições climáticas global, falta de saneamento e distribuição desproporcional dos recursos hídricos em relação aos aglomerados populacionais (INEA, 2015).

Deve-se considerar que a disponibilidade per capita de água doce diminui em função do aumento demográfico e consumo mundial e, a velocidade da demanda atual por água é tão rápida que a natureza parece não conseguir acompanhar o ritmo do ciclo para a recuperação da água (BARROS e AMIM, 2008). Outro problema a ser considerado é a necessidade de água para aumentar a produção em no mínimo 70%, para suprir com alimento a população até 2050 (WWAP, 2012). A agricultura também já consome cerca de 70% da água doce disponível e se estima um aumento da demanda em torno de 20% até o ano de 2050. De acordo com Wainer et al. (2014), as chuvas também apresentarão decréscimos entre 10-20% até o meio desse século. Com esse cenário, é eminente e inevitável a instalação de uma crise mundial sobre o uso da água como direito humano e universal (WWAP, 2012). O ponto chave está em gerir os escassos recursos hídricos entre a agricultura, a produção energética, a atividade industrial e o abastecimento humano sem degradar o ambiente (EVANGELISTA e PEREIRA, 2013).

De acordo com dados da FAO (2015), estima-se que o consumo total de água no Brasil para a agricultura seja de 54,6%. Como o país dispõe de uma quantidade elevada de água subterrânea, rios, riachos, e lagos, poderia priorizar a água de melhor qualidade ao consumo doméstico e destinar as águas servidas para a agricultura. Ainda segundo Shahbazi e Saadatian, (2014), a recirculação e a reutilização de águas não convencionais estão entre os mais altos níveis de sistemas de gestão no mundo.

Embora a agricultura seja o setor que mais consome água, é também o setor que mais têm difundido e apresentado capacidade de aproveitamento de águas residuárias, entre eles o esgoto doméstico tratado (EDT). Faz-se necessários investimentos em pesquisas e geração de tecnologia que permitam implantar de forma segura e eficaz esta prática (SANTOS et al., 2015). A vantagem do uso de efluentes permitirá melhor conservação dos corpos hídricos e o aporte considerável de nutrientes ao solo, refletindo na melhoria da fertilidade do mesmo,

reduzindo custos com adubação mineral e consequente elevação da produtividade das culturas (SOUZA et al., 2012). Lima et al. (2012) afirmam que na irrigação com efluentes os cuidados com a operação e a manutenção dos sistemas devem ser constantes, por que a água utilizada possui características que sem as devidas precauções podem modificar e destruir a fertilidade do solo.

O solo é considerado um filtro por excelência, uma combinação perfeita de tratamento físico, químico e biológico que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera. Há que se considerar que a taxa de depuração desse sistema é efetiva, porém, lenta. Ao mesmo tempo em que o efluente disponibiliza nutrientes para as plantas, é também uma forte fonte de contaminantes para o solo, e ainda pode lixiviar nitrato para as águas subterrâneas e causar emissões de gases de efeito estufa (TZANAKAKIS et al., 2009).

Apesar de ter um abundante volume de água, o Brasil tem enfrentado crises hídricas históricas, principalmente em função da heterogeneidade de distribuição da população, o Sudeste, por exemplo, detém 43% da população do país, concentradas principalmente na cidade de São Paulo (IBGE, 2010). Seja por problemas climáticos; populacional; de consumo e ou deterioração da qualidade da água; a redução dos recursos hídricos no estado de São Paulo tem se tornado agravante (REGO FILHO et al., 2014).

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo oferecer subsídios para a compreensão e avaliação de estudos que possibilitem o uso de esgoto doméstico tratado no solo por meio de gotejamento subsuperficial.

O uso de efluentes na irrigação

Os estudos que reportam sobre o emprego de efluentes na irrigação têm revelado alto potencial deste em relação ao aumento da produtividade, uma vez que contribui com o fornecimento de alguns nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cultura e garante o suprimento total da necessidade hídrica requerida pela mesa (GOMES et al., 2009).

Deon (2010) explorou em seu trabalho a reciclagem de água e nutrientes promovida pela irrigação com efluente de lagoa de estabilização do tipo Australiano. Observou que nos tratamentos irrigados com esgoto doméstico houve um aumento no desempenho vegetativo da cultura e um ganho de produtividade e, não foram observadas alterações que comprometessem de maneira significativa o potencial da cultura.

Nas ilhas Havaianas de Oahu, Maui e Kauai onde a escassez de água doce para irrigação apresenta-se como fator limitante à exploração dessa atividade, é bastante comum o

uso de EDT na irrigação. Estudos realizados nessa região comprovaram que o esgoto doméstico pode ser utilizado como água suplementar na irrigação, uma vez que garante bons índices de produtividade e não compromete a qualidade do produto (LAU, 1979).

Em nível mundial, 17% das áreas agrícolas são irrigadas, o que corresponde a 40% do total de produção (PAULINO et al., 2011). No Brasil, esse valor chega a cerca de 2%, o que representa 16% do total da produção e 35% do valor econômico (MANTOVANI et al., 2007). Isso mostra que, embora o país possua a maior disponibilidade de terra agricultável e água doce do planeta, é preciso repensar a importância da irrigação para a agricultura nacional (HESPANHOL e GONÇALVES, 2015).

Irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS)

Segundo Phene et al. (1987), a irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) é a aplicação uniforme de pequenas quantidades de água em intervalos frequentes, abaixo da superfície do solo, pela emissão, em pontos discretos ou em linha. Este tipo de sistema é mais utilizado em terrenos planos e apresenta eficiência de aplicação de 50-70%. Como os emissores estão na subsuperfície do solo, a água e os nutrientes estarão na zona radicular com maior eficiência em comparação a outros métodos (SANTOS et al., 2010; SOUSA et al., 2013). Este sistema pode também ser considerado como uma alternativa viável para o escoamento de efluentes (SANDRI et al., 2009; DEON et al., 2010).

A primeira instalação de IGS ocorreu na década de 60 em Israel e tem sido muito utilizada nos Estados Unidos nas últimas décadas, por se adequar a inúmeros cultivos, principalmente os de alto valor comercial (SUAREZ-REY et al., 2006). Esse tipo de sistema permite maior sanidade no cultivo, aumento de produção e da eficiência do uso dos nutrientes, no entanto, poucos são os estudos com esta técnica, o que dificulta as decisões a respeito da instalação, operação e manejo do sistema (MARQUES et al., 2006)

A IGS se apresenta como técnica promissora e com potencial de utilização em praticamente todos os cultivos (SILVA et al., 2014a). O sistema possibilita ainda a aplicação de baixo volume, o que reduz perdas nos sistemas de cultivo (PARKES et al., 2010). Para regiões secas ou que em determinada época do ano ocorrem elevado período de seca, a IGS se torna indispensável (TABATABAEI; NAJAFI, 2007). O uso dessa técnica reduz a evaporação, o volume de água aplicada e as perdas por percolação (BARROS et al., 2009; RAJPUT e PATEL, 2009; PARKES et al., 2010). Na IGS a água pode atingir a região radicular por ascensão capilar (DONEEN; WESTCOT 1988).

O uso da irrigação subsuperficial é promissor para culturas de alto valor e susceptíveis a doenças, como é o caso do tomate. No Brasil a produção nestas áreas passou de 75 Mg.ha⁻¹ com irrigação por aspersão para 98 Mg.ha⁻¹ quando a irrigação foi subsuperficial. Para os autores a redução está intimamente relacionada com a sanidade da cultura (SILVA e MARQUELLI, 1999).

Estudos realizados por Coelho et al. (2007), observaram elevado grau de obstrução total e parcial dos emissores em gotejamento subsuperficial, o que, pode levar a baixa uniformidade e redução da eficiência de aplicação, com conseqüentes perdas de produtividade nos cultivos (LIU e HUANG, 2009). Outro fator a se considerado é que no caso da irrigação subsuperficial, em função da profundidade de instalação, a superfície do solo fica mais seca, o que leva a dificuldade ao estabelecimento inicial do cultivo, seja ele por semeadura ou plantio.

Devido à crise no setor cítrico brasileiro, a adoção de técnicas, como o gotejamento subsuperficial com o uso de efluente é alternativa para aumentar os índices de produtividade. A elevação do custo dos fertilizantes comerciais e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa, do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de nutrientes. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas. Além disso, existem muitos resíduos orgânicos de origem urbana, industrial e agrícola, que podem ser usados na agricultura (MELO et al., 2008).

Irrigação via Gotejamento Subsuperficial com Esgoto Domestico Tratado

De acordo com Trooien et al. (2000), o uso de sistemas de IGS para distribuição de água residuária, proveniente de lagoas que armazenam resíduos tem muitas vantagens como a redução do contato humano com a água residuária; redução do odor; diminuição do escoamento superficial de água residuária para os cursos d' água; maior uniformidade de aplicação de água, resultando melhor controle da aplicação de água, nutriente e sais; diminuição da corrosão dos sistemas de irrigação; e, de acordo com Sadovski et al. (1978), a eliminação do risco de transporte de patogenos por via aérea.

O manejo adequado da IGS permite maior eficiência de aplicação, segurança ao aplicador, e a sanidade da planta (SOUSA et al., 2013). Como geralmente o EDT tem contaminante, o uso da IGS se apresenta como a tecnologia mais adequada para conservação

dos recursos hídricos na agricultura, por dirimir sensivelmente os riscos de contaminação (BARROS et al., 2010; RIBEIRO et al., 2010; UCKER et al., 2013; BATISTA et al., 2013).

A qualidade de EDT para irrigação pode ser considerada como o fator mais eficaz em relação ao risco de exposição microbiana. Os cuidados com o manejo da irrigação com base na qualidade da água e métodos de irrigação, bem como o respeito às características do solo, torna mais eficaz o uso de EDT. Por isso, a IGS passa a ser efetivamente o método de irrigação eficaz para proteger os agricultores e consumidores, por minimizar os riscos ao produto a ser colhido e impedir a exposição humana aos possíveis contaminantes. Nesse método, o pré tratamento do efluente e o uso de filtros são considerados fundamentais para evitar o entupimento de emissores (QADIR et al, 2010).

O método de aplicação de águas residuárias é de extrema importância quando se almeja o reuso, fertilidade do solo, produtividade da planta e diminuição dos impactos ambientais no solo e água. O tipo de cultura e manejo utilizados exerce papel fundamental na qualidade microbiológica final dos alimentos produzidos (EL-HAMOURI et al., 1996). Oron et al. (1991), observaram menores níveis de contaminação em cultivo com sistema de gotejo subsuperficial em relação ao sistema de aspersão.

A aplicação subsuperficial de esgoto doméstico tratado permite dentre outros fatores, a redução do custo de produção; a maximização do uso do solo; a especialização da mão de obra; a redução da sazonalidade; preços mais favoráveis para o produtor e consumidor; incorporação de novas áreas; viabilização e implantação de agroindústrias; elevação da qualidade e padronização dos produtos; a abertura de novos mercados; produzir culturas nobres e minimizar os riscos climáticos, principalmente as secas (ANDRADE NETO, 1997).

O interesse pelo sistema de gotejamento subsuperficial ocorre em função da urgente necessidade de tecnologias que apresentem maior eficiência na aplicação de água e que ainda permitam a possibilidade de reuso de águas residuárias.

Contaminantes presentes no EDT

A utilização indiscriminada de água de poços, rios e lagos, trazem sérios riscos à saúde pública, principalmente em sistemas por aspersão que se utilizam dessas águas para irrigar hortaliças, em que plantios estão localizados, em grande parte, nas periferias das grandes cidades (SILVA et al., 2011; ARRUDA, 2011). A disponibilidade de EDT perto de centros urbanos tem aumentado a produção agrícola em torno destas áreas (SHAHBAZI e SAADATIAN 2014).

O EDT pode conter altas concentrações de patógenos excretados, como vírus, bactérias, helmintos, protozoários, e coliformes fecais. Estes agentes patogênicos excretados têm o potencial de causar doenças, podem contaminar a cultura, os trabalhadores rurais e o lençol freático (OLIVEIRA e PEREZ, 2014). Os nematóides intestinais, por exemplo, apresentam os maiores riscos de infecção, além das bactérias e os vírus (HUSSAIN et al., 2002).

Os principais helmintos presentes no esgoto são o ancilóstomo, que causa o amarelão, há ainda o *Ascaris lumbricoides*, ou lombriga, e as tênias, ou solitárias (UMESHA et al., 2008). Os microrganismos patogênicos podem sobreviver no solo por períodos de dias, meses e até anos, pois possuem em seu ciclo de vida formas de resistência que os protegem dos efeitos adversos do ambiente. A maioria deles permanece na superfície dos solos, mas há indícios de que os vírus que percolam e atingem as águas subterrâneas expliquem o aparecimento dos casos de hepatite em pessoas que consomem água de poço. Assim, o tratamento e a desinfecção de efluentes sanitários são de extrema importância para o sucesso do reuso agrícola (CAVINATTO; PAGANINI 2007).

O esgoto doméstico bruto contém mais de 3,0 milhões de coliformes termos tolerantes em 100 mililitros, microrganismos esses considerados indicador de contaminação fecal (BERTONCINI, 2008). Sabe-se também que a toxicidade de poluentes pode ter efeitos teratogênicos e cancerígenos nos seres vivos. Esses agentes quando ainda presentes no esgoto doméstico representam uma fonte de contaminação ambiental. Parte deles permanece limitada à capacidade de mensuração e risco de exposição (FONTELE et al. 2010). Por isso, a IGS poderá ajudar a prevenir maiores conseqüências com a possível redução destes compostos químicos provindos do efluente de esgoto, elevando a qualidade ambiental e diminuindo a pressão sobre as estações de tratamento de água (LEITE et al., 2010)

Já o nitrogênio, embora se apresente como um nutriente para os cultivos pode vir a se tornar um contaminante de elevado risco no solo. O nitrogênio presente em efluentes encontra-se preferencialmente na forma de N orgânico e N amoniacal. Em solos sob condições tropicais, onde a mineralização da carga orgânica é rápida, o nitrogênio presente pode vir a se transformar em nitrato, lixiviar e atingir a água subterrânea. O nitrato é cancerígeno e pode ocasionar problemas à saúde humana (MARTINS et al., 2010).

De modo geral, os teores de contaminantes conhecidos em esgotos tratados podem ser considerados baixos. No entanto, sucessiva aplicação, associadas à incorporação de matéria orgânica de rápida degradação e pouco estabilizada, pode ocasionar acúmulo no solo

(SIGOLO; PINHEIRO 2010). Se os limites de metais pesados, por exemplo, não for respeitado, o uso de esgoto doméstico nos cultivos de legumes pode facilmente levar a redução no crescimento normal das culturas ou até mesmo pode entrar na cadeia alimentar ameaçando a saúde humana e animal, com efeito, principalmente no sistema nervoso, rins e pulmões (CHOUDHARY, 2012).

Mudanças das condições físico-químicas do solo podem ocasionar a liberação destes contaminantes para a solução do solo, disponibilizando-os à absorção pelas plantas e ou para a percolação no solo. A absorção destes contaminantes pelas plantas, além de contaminar o homem, pode reduzir a produtividade agrícola. Assim, o uso de resíduos provenientes de esgotos sanitários ou esgotos industriais, em solos agrícolas deve ser visto com cautela. O recomendado é que o reuso deve ser priorizado na irrigação de plantas cujas partes comestíveis não apresentem contato direto com o solo, que são cultivadas em grandes extensões de terra que possam ser mecanizadas (BERTONCINI, 2008).

Embora sejam significativos os benefícios da aplicação de EDT na agricultura, sabe-se que a prática da irrigação por longos períodos, pode levar ao acúmulo de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, aumento significativo de salinidade em camadas insaturadas e levar à criação de habitats propícios à proliferação de vetores (AZEVEDO; OLIVEIRA 2005). Se o consumo de água for baixo haverá uma elevada concentração de materiais no efluente. Praticamente 99,9% dos esgotos é água e o restante são sólidos orgânicos. Os sólidos orgânicos são compostos, principalmente, de carboidratos, proteínas, gorduras, óleos e graxas. Os inorgânicos são constituídos de partículas de areia, sais e metais (WERLE; DUDZIAK, 2014).

O esgoto possa conter cargas pesadas de contaminantes, a composição do efluente dependerá do tratamento e das características locais (HANJRAA et al., 2012). Apesar dos benefícios, Oliveira et al. (2013c) alerta que, se não houver um projeto adequado, monitoramento e manejo, haverá uma série de riscos a saúde pública, a produção agrícola e ao ambiente. De acordo com Sousa et al. (2013) deveria ter preferência à disposição do efluente por meio da irrigação subsuperficial por gotejamento, em função da eficiência e sanidade.

O risco de contaminações do efluente na agricultura irrigada está, de modo geral, relacionado ao manejo dispensado. Neste sentido, deve ser dada atenção primordial, à escolha da cultura, ao sistema de irrigação utilizado, ao tratamento de água escolhido e as condições de solo existentes (MATTOS, 2003; SOUZA et al., 2010a). Os riscos microbianos a saúde pública aparecem com mais frequência nos países de média e baixa renda. Estão relacionados

à presença no efluente de patógenos como vermes (ascaridíase e ancilostomíase), helmintos, protozoários, bactérias e vírus que podem causar diarreia, febre tifóide e cólera. Estudos epidemiológicos têm ligado a utilização de águas residuais não tratadas ou parcialmente tratada para irrigação de culturas alimentares à transmissão de doenças endêmicas e epidêmicas aos agricultores e consumidores de vegetais na forma crua (ROLLI, 2014).

Já os riscos químicos a saúde pública estão ligados mais aos países de média e alta renda, onde efluentes industriais são despejados no esgoto público e contaminam águas residuais urbanas. Estes riscos são causados pela presença de metais pesados (como o cádmio, chumbo e mercúrio) e por muitos compostos orgânicos (como pesticidas). Há também uma preocupação crescente em países de alta renda sobre uma classe emergente de compostos químicos antrópicos, que incluem produtos farmacêuticos, hormônios, antibióticos e produtos para cuidados pessoais. Embora os efeitos nos seres vivos desses compostos ainda não sejam claramente compreendidos (SANTOS; MATSURA; SANTOS 2015; AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO 2013).

De acordo com Toze (2006) existe baixa disponibilidade de metais pesados no EDT, o que diminui o aparecimento desses contaminantes nos produtos de colheita agrícola, isso deve-se ao fato da capacidade do solo de adsorvê-los (AHMAD et al., 2003). A planta também tem capacidade de reter os elementos tóxicos nas raízes (EPSTEIN e BLOOM, 2005). No entanto, dada a persistência dos metais pesados no ambiente, é fundamental o monitoramento desses elementos em solos agrícolas irrigado com EDT, ao longo tempo (CUNHA FILHO et al., 2014).

Considerando os riscos ambientais, verifica-se que a poluição do solo e das águas subterrâneas vem dispensar maiores cuidados em relação à aplicação de EDT na agricultura. O risco da poluição microbiológica das águas subterrâneas é menor, em função da profundidade de extração, exceto se o lençol freático estiver próximo a superfície. Deve-se ter cuidado com nitratos em águas subterrâneas e a salinização dos solos e aquíferos. A forma adequada para controlar riscos químicos para os seres humanos, plantas e ambiente é por meio da criação de programas de pré-tratamento eficazes das águas residuais. Praticamente não existem programas ou obrigações legais para tratamentos de produtos químicos em países em desenvolvimento, por isso, especial atenção deve ser dada aos riscos químicos em tais circunstâncias.

A taxa de geração de água residuária doméstica é geralmente em torno de 80- 200 litros por pessoa dia⁻¹ (ARAR, 1989). Com base nesta informação é possível afirmar que em

média um plantio em que cada planta ocupe a área de 30 m² e com a aplicação de 150 litros de efluentes plantas dia⁻¹, precisaria do efluente gerado por cerca de 330 pessoas para irrigar a área de 1 ha de pomar.

A importância cultura da laranja

A citricultura é um dos setores mais organizados e competitivos da agricultura brasileira. Em nível mundial, o país tem uma agroindústria considerável e é responsável por 60% da produção de suco de laranja, sendo o maior exportador. A década de 90 no Brasil foi marcada por significativo crescimento no cultivo de laranja, o país se tornou líder mundial do setor. A partir de 1999, o setor da citricultura brasileira procurou se adequar a demanda mundial e consolidar a capacidade e desempenho produtivo (ZULIAN et al., 2013). A produção chega a 17,6 milhões de toneladas de laranja, o que representa 30% da safra mundial da fruta. Cerca de 50% da produção mundial de laranja e 80% da brasileira resultam em sucos industrializados que no caso do Brasil é direcionada praticamente ao mercado europeu.

O mercado brasileiro enfrentou grandes transformações em 2016. Ocorreram, simultaneamente, uma grande safra, defasagem cambial, desregulamentação comercial e descoberta do mercado interno. Na Flórida (EUA) destina-se 86% da produção de suco para o mercado interno e ainda importa do Brasil e outros países, enquanto 95% do mercado de laranja de São Paulo é para o mercado internacional (USDA, 2014). Isto significa, que a grande maioria do suco de laranja tomado em todo o mundo é feito no Brasil. De cada cinco copos de suco de laranja consumidos no mundo, três são produzidos nas indústrias brasileiras e, além disso, o suco de laranja é a bebida de frutas mais consumida no mundo, com 35% de participação entre os sucos (NEVES et al., 2010).

Da laranja, além do suco, são extraídos óleos essenciais e líquidos aromáticos. O bagaço de citros, com alto teor energético, é um subproduto industrial de expressivo valor econômico, para alimentação animal, sobretudo para ruminantes e, em especial, a vaca de leite. Os citros compreendem as plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros híbridos da família Rutaceae. As espécies de laranja mais cultivadas são: *C. sinensis*, *C. reticulata*, *C. limon*, *C. auranti folia*, *C. limettioides*, *C. paradisi*, *C. medica*, *C. aurantium* e *C. grandis*. Seus frutos são ricos em vitamina C; possuem ainda vitaminas A e complexo B, além de sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro.

A planta de laranja é originária do sudeste asiático. Embora distante o Brasil possui condições climáticas ótimas para o seu desenvolvimento. O Brasil oferece ainda condições de baixo custo de produção do fruto e do suco, quando comparado a outros países. A laranja é a fruta de maior produção no país, e por isso se torna necessário intensificar tecnologias para o desenvolvimento da cultura em níveis de produção e qualidade do ponto de vista agrônomo-econômico-ambiental (ROMEIRO, 2012).

A agricultura está exposta as incertezas climáticas e econômicas. O clima e o mercado global influenciam o local. Qualquer mudança na economia nos principais países como China, EUA e UE pode afetar drasticamente o comportamento do agronegócio brasileiro (CEPEA, 2015). Poucos estudos podem ser encontrados na literatura sobre irrigação com EDT em laranjeiras. Um desses estudos foi realizado na Espanha, Reboll et al. (2000) os autores compararam durante três anos, a irrigação com EDT com água tratada em pomar de laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck). As concentrações dos nutrientes N, K, Na, Mg e B não apresentaram variação em relação à análise foliar. Apenas um elemento se destacou, houve aumento na concentração do cloro foliar, contudo seu nível ficou abaixo do tóxico para a cultura.

Parsons et al, (2001) realizaram trabalho de irrigação com EDT em citros e verificaram que este não supriu completamente as necessidades nutricionais da cultura, entretanto, foi possível observar a provisão de Ca, P e B exigidos pela planta. Em outro trabalho realizado pelos mesmos autores, verificou-se aumento de 19% na produção de laranja quando a lâmina de irrigação passou de 400 para 2500 mm ha⁻¹ ano⁻¹. Morgan et al (2008) observaram que a aparência das árvores, diâmetro de copa e a cor de folha apresentaram valores mais elevados nos talhões irrigados com EDT em relação à testemunha e não houve a necessidade da aplicação anual de boro.

A necessidade de irrigação nos citros é fundamental nos períodos de floração e frutificação por assegurar a florada e o adequado pegamento de frutos. Já na fase de maturação, colheita e semi dormência a demanda hídrica é menor. O período mais crítico vai da brotação até o fruto atingir 2,5 cm de diâmetro. É sabido que o aumento no tamanho dos frutos está altamente relacionado com a absorção de água. A irrigação na laranja eleva a qualidade dos frutos, reduz os sólidos solúveis totais, aumenta a acidez total e o teor de suco. Entretanto, a laranjeira apresenta certa capacidade de conservação de água devido à elevada resistência estomática e à cerosidade das folhas (PEREIRA et al., 2009).

Os cítricos requerem entre 600 e 1300 mm anuais de água. No período de estabelecimento da cultura, em condições de clima árido e semi-árido uma recomendação de caráter geral é aplicar 10, 15, 25, 45 e 65 L.planta.dia⁻¹ durante o verão do primeiro ao quinto ano, respectivamente e do sexto ano em diante sugere-se aplicar 100 L.planta.dia⁻¹ (COELHO et al., 2004; PEREIRA et al., 2009). Estudos mostram que o consumo médio estimado de água para São Paulo é de 3 mm.dia⁻¹ em pomares irrigados e 1,5 mm.dia⁻¹ nos não irrigados (MARIN et al., 2002). Boman (1996) relata que em diferentes regiões do mundo o consumo dos citros é de 1,5 mm.dia⁻¹ no inverno e 3,2 a 4,7 mm.dia⁻¹ no verão. Em condições de clima subtropical, o consumo anual de água da laranja Valência varia, conforme o ano, de 11,733 a 16,030 m³ árvore⁻¹ sendo o consumo médio de plantas adultas e sadias de 50 a 90 L planta⁻¹ dia⁻¹ no inverno e de 90 a 150 L planta⁻¹ dia⁻¹ na estação seca da primavera.

Os citros suportam saturação de água apenas por poucas horas, se o tempo for longo, os danos podem ser severos (PEREIRA et al., 2009). As variações no consumo de água de um pomar de laranja ocorrem dependendo da demanda de água pela atmosfera, que aumenta com a radiação solar, temperatura e com a velocidade do vento e diminui com o aumento da umidade relativa, e das variações no sistema de plantio (espaçamento) e porta-enxerto utilizado, o que afeta o tamanho e o vigor das plantas proporcionando uma maior ou menor superfície transpirante (área foliar) (COELHO et al., 2006).

A produtividade da laranja está ligada à disponibilidade de água. Dependendo da região de cultivo as necessidades de irrigação serão maiores ou menores. As respostas à irrigação são maiores em períodos com menor disponibilidade de precipitação o que eleva a viabilidade econômica do pomar; menores em períodos mais chuvas, onde a prática de irrigação será realizada para complementar a deficiência hídrica. Observando o comportamento da evapotranspiração potencial, das chuvas, da capacidade de água disponível do solo (CAD), das variações do armazenamento da água no solo, dos valores do excedente hídrico (EXC) e de deficiência hídrica (DEF) ao longo dos anos, se verifica a necessidade de irrigação para o Estado de São Paulo de abril a setembro. São praticamente seis meses com médias mensais de precipitação quase sempre abaixo de 50 mm.

Com base nas informações apresentadas, a utilização de EDT para irrigação é de grande importância para a exploração na agricultura no Brasil, porém, para atingir níveis desejáveis de produtividade, essa técnica necessita, ainda, de melhores detalhamentos como, por exemplo, do balanço nutricional entre os elementos aportados pela irrigação e a real necessidade de cada nutriente exigida pela cultura (LEAL et al., 2009). Já Parsons et al.,

(2001) afirmam que altas taxas de esgoto tratado podem ser aplicadas com sucesso na cultura do Citrus em solos bem drenados.

Considerações Finais

A citricultura é uma das atividades agrícolas que necessita de estudos, principalmente em função da grave crise que atravessa o setor citrícola no Brasil. Os preços da laranja estão em baixa no mercado internacional e a produção tem diminuído em função da grave seca que atinge o estado de São Paulo nos últimos anos. A produção atual de suco de laranja precisa se manter e, se possível aumentar com preços competitivos. Os pomares hoje instalados tiveram elevados custos, inclusive com grandes investimentos no setor de irrigação.

O suco de laranja é um produto de grande importância para a economia nacional, tendo papel relevante na pauta de exportações brasileiras. Em torno de 80% da laranja produzida no Brasil é processada na forma de suco concentrado e congelado. Existe a possibilidade de que as características do fruto e do suco sejam alteradas com a irrigação de efluente de esgoto doméstico (EDT). No entanto, o poder depurador do solo é muito maior que à água, além de funcionar como um filtro pode promover a decomposição da matéria orgânica presente no efluente.

Esse processo servirá também como uma forma de tratamento, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes as raízes das plantas, além de maior a sanidade aos cultivos, produtores, trabalhadores e consumidores e a possibilidade de direcionar a água de melhor qualidade ao consumo doméstico. Como a maior demanda hídrica para o uso doméstico no país vem do Estado de São Paulo, é justo aí onde se encontra o maior conflito do uso hídrico. Como nessa região do país a menor disponibilidade hídrica histórica ocorre entre os meses de abril a setembro, os cultivos agrícolas têm sofrido elevadas perdas e competitividade. Dentre os cultivos, essa região tem o legado de possuir uma das áreas mais avançadas do mundo em citriculturas, com destaque para a laranja, que compete em pé de igualdade no mercado mundial dos citros. Cerca da metade do suco de laranja do planeta é basicamente dessa região. As exportações desse fruto trazem cerca de US\$ 2,5 bilhões por ano ao país. São mais de 200 mil empregos diretos e indiretos. É justamente nesse local que a irrigação subsuperficial de efluente tem perspectivas de rapidamente avançar.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) CNPq pela concessão da Bolsa de Produtividade e Pesquisa Processo: 307005/2013-5 Modalidade/Nível: PQ-2 - Edital/Chamada: Produtividade em Pesquisa - PQ – 2013, com vigência para o período de 01/03/2014 a 28/02/2017;

A Universidade Estadual de Campinas UNICAMP/FEAGRI, por ceder as suas dependências e docente para a supervisão do trabalho;

A Universidade Adventista de São Paulo, Campus Eng. Coelho – UNASP-EC, por ceder espaço, infraestrutura de campo, laboratórios e funcionários para a realização dos projetos experimentais de pesquisa;

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, pela liberação para cursar Pós Doutorado.

Referências

AHMAD, A.; INAM, A.; AHMAD, I.; HAYAT, S.; AZAM, Z.M. Response of sugarcane to treated wastewater of oil refinery. **Journal of Environmental Biology**, v. 24, p. 141-146, 2003.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários - Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301 pp.

AQUINO, S.F.; BRANDT, E.M.F.; CHERNICHARO, C.A.L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.18, n.3, p.187-204, 2013.

ARRUDA, J., **Agricultura Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Sustentabilidade e Repercussões na Reprodução das Famílias**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil. 2011.

AYRES R.M.; MARA, D.D. **Análises de águas residuais para su uso em agricultura**. Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1996.

BARROS, F.G.N; AMIN, M.M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008.

BARROS, A. C.; FOLEGATTI, M., V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. Distribuição da solução no solo por gotejo enterrado e superficial. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 361-372, 2010.

BARROS, A.C.; FOLEGATTI, MARCOS, V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 6, p.700-7, 2009.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 698–705, 2013.

BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola**. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. v.1, n.1 152-168, 2008.

BOMAN, B. Citrus: understanding its irrigation requirements. **Irrigation Journal, Heidelberg**, v.16, n.2, p.8-11, 1996.

CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ROSA, S.M.. **Modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade para o cultivar de laranja Valência**. Bragantia [online]., vol.58, n.1 [cited 2013-07-26], pp. 171-178. 1999.

CAVINATTO, A.S; PAGANINI, W.S.. **Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo: estudo de caso**. Eng. Sanit. Ambient. [online]. vol.12, n.1 [cited 2013-07-28], pp. 42-51. 2007.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada: **Perspectivas para o agronegócio em 2015**. Disponível em: http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_Perspectivas%20Agroneg2015_relatorio.pdf Acesso em: 15 maio 2015.

CHOUDHARY R., Heavy metal analysis of water of Kaliasote dam of Bhopal, MP, India, **Research Journal of Recent Sciences**, 1, 352-353 2012.

COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SIMÕES, W.L.; COELHO, Y.S. **Irrigação em citros nas condições do nordeste do Brasil**. LARANJA, Cordeirópolis, v.27, n.2, p.297-320, 2006.

COELHO, E.F.; MAGALHÃES, A.F.J.; COELHO FILHO, M.A. Irrigação e fertirrigação em citros. (**Circular Técnica, 72**).Cruz das Almas: EMBRAPA, 16p. 2004.

CUNHA FILHO, F.F.; NETTO, A.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M.; NETO, J.A.S. Metais pesados em amostras de água de irrigação da maior região produtora de hortaliças folhosas de Pernambuco. **Scientia Plena** 10, 109908. 2014.

DEON, M. D.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1149-1156, out. 2010.

EI-HAMOURI, B.; HANDOUF, A.; MEKRANE, M.; TOUZANI, M. Use of wastewater for crop production under arid and saline conditions: yield and hygienic quality of the crop and soil contaminations. **Water Science and Technology**, Oxford, v.33, n.10-11, p.327-34, 1996.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 225 p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

EVANGELISTA, S.C.S; PEREIRA, T.C. Reduzindo drasticamente nossa dependência de água na agricultura através da anidrobiose. – *Água: Desafio da Sociedade. Prêmio Jovem Cientista 2013*. 31p. 2013.

FAO, FAO's **Information System on Water and Agriculture 2015**. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/World-Map.WithA.Twith_eng.htm. Acesso em 05 de março de 2015.

FONTENELE, E. G. P; MARTINS M. R. A.; QUIDUTE, A. R. P.; JÚNIOR, R. M. M. (2010). Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.** 54/1.

GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. SILVA, E.; SUNDEFELD JUNIOR, G. C.; DEON, M. D.; PIVELI, R. P. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAE**, São Paulo, v. 180, p. 17 - 23, 2009.

HANJRAA M. A.; BLACKWELL J.; CARRC G.; ZHANG F.; JACKSON T.M. Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy. **International Journal of Hygiene and Environmental Health** 215 (2012) 255–269.

HESPANHOL, I. “Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos”, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, RBRH, v. 7 n. 4, dezembro, Edição Comemorativa, p. 75-97, Porto Alegre, 2002.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil** - agricultura, industria, municípios, recarga de aquíferos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/ivan.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2015.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Revista de Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

HUSSAIN, I., RASCHID, L., HANJRA, M.A., MARIKAR, F. AND VAN DER HOEK, W. Wastewater use in agriculture: review of impacts and methodological issues in valuing impacts. **IWMI Working Paper 37**, Colombo. 2002.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente - Mananciais e Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). **Boletim Águas & Território** - nº8, janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073931.pdf>> Acessado em: 21 de abril de 2015.

JARVIE H.P.; NEAL C.; WITHERS P.J.A. Sewage-effluent phosphorus: A greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus. **Science of the total environment**, Amsterdam, v.360, n. 1/3, p. 246-253, 2006.

LAU, L. S. Water from sewage effluent by irrigation: A perspective for Hawaii. **JAWARA. Journal of the American water resources association**. v.3, n.15. p. 740-752, 1979.

LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J.; PIEDADE, S. M. S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.66, n.2, p. 242-249, 2009.

LEITE, G.S.; AFONSO, R. J.C.F.; AQUINO, S.F. Caracterização de contaminantes presentes em sistemas de tratamento de esgotos, por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas tandem em alta resolução. **Química Nova**, v.33, n.3, p.734-738, 2010.

LIMA, D.C.; CHAVES, M.; LIMA, A.C.; LIMA, D.L. Reuso de água para a irrigação: uma abordagem reflexiva. In: Colóquio sociedade, políticas públicas, cultura e desenvolvimento, 2., 2012, Crato-ceará. **Gestão do território, políticas locais e desenvolvimento sustentável**. Crato-ceará: Universidade Regional do Cariri - Urca, 2012. p. 1 - 18.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v. 96, n.5, p. 745-756, 2009.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Ed. UFV: Viçosa, 2007, 358p.

MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SENTELHAS, P.C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima-ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.2, p.219-228, 2002.

MARTINS, C.L; CASTILHOS JUNIOR, A.B.; COSTA, R.H.R. Desempenho de sistema de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com recirculação do efluente. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.4, p. 401-410, 2010.

MARTINS, S.C.S.; MARTINS, C.M. Potencial de reuso da água residuária de uma estação de tratamento de esgoto: evolução e caracterização da população bacteriana. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, 2014.

MATOS, A.T.; ALMEIDA NETO, O.B.; MATOS, M.P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.5, p.501-506, 2014.

MATTOS, K. M. C. **Viabilidade da Irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola**. 2003.168 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, C. A. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.101-110, 2008.

MORGAN, K. T. et al. Effects of reclaimed municipal waste water on horticultural characteristics, fruit quality, and soil and leaf mineral concentration of citrus. **HortScience**, v. 43, p. 459-464, 2008.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: CitrusBR. 2010.

OLIVEIRA, A.A.B.; PEREZ, L.F. Contaminação de enteroparasitas em folhas de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*NasturtiumOfficinale*) em duas hortas comerciais de Foz do Iguaçu, estado do paraná, Brasil. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v.18, n.18, p.109-124, 2014.

OLIVEIRA, E.L. (Org.). **Manual de Utiliza o de  guas Residuárias em Irriga o**. 1^a ed. Botucatu: Fepaf, 2012. 192 p.

ORON, B.G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; MANOR, Y. Effluent reuse by trickle irrigation. **Water Science Technology**, v. 24, n.9, p.103-8, 1991.

PARKES, M.; YAO, W. W.; MA, X. Y.; LI, J. Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation. **Irrigation Science**, v.29, p.331-339, 2010.

PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A.; CASTLE, W. S. High application rates of reclaimed water benefit Citrus tree growth and fruit production. **HortScience**, v. 36, n. 7, p. 1273-1277, 2001.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C.A.; ROMÁN, R.M.S.; JOSÉ, J.V. Situa o da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006 **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A.; ALFARO, A.T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 671-679, 2009.

PEREIRA, B. F. F. **Altera es químicas no sistema solo-planta irrigado com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros**. 2009. 164 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, B.F.F.; HE, Z.L.; SILVA, M.S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S.F.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Reclaimed wastewater: impact on soil-plant system under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192, p.54-61, 2011.

PHENE, C.J.; DAVIS, K.R.; HUTMACHER, R.B.; McCOMICK, R.L. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. **Acta Agriculturae**, Copenhagen, v.200, p.101-14, 1987.

QADIR, M.; WICHELNS, D.; RASCHID-SALLY, L.; MCCORNICK, P.G.; DRECHSEL, P.; BAHRI, A.; MINHAS, P.S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. **Agricultural Water Management** v.97, p.561-568, 2010.

REBOLL, V. et al. Influence of wastewater vs groundwater on young citrus trees. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 1441-1446, 2000.

REGO FILHO, M. T. N.; BRAGA, A. C. R.; CURI, C. R. A dimensão da disponibilidade hídrica: uma análise entre a conjuntura brasileira e o relatório de desenvolvimento mundial da  gua. **Ambiência**, Guarapuava (PR) v.10, n.1, p. 111 – 124, 2014.

REGO, J. de L.; OLIVEIRA, E.L.L. de; CHAVES, A.F.; ARAÚJO, A.P.B.; BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, A.B. dos; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.155-159, 2005

RIBEIRO, A. A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidades de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 279-287, mar./abr. 2010.

ROLLI N.M. Heavy Metal Accumulation in Vegetables Irrigated with Sewage and Its Impact on Health. **Research Journal of Recent Sciences**. v. 3, p. 81-84, 2014.

ROMEIRO, J.C.T. **Atributos químicos do solo e crescimento de laranjeiras ‘pera’ irrigadas com efluente de esgoto tratado e fertilizadas com lodo de esgoto compostado**. 2012. 142p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

SADOVSKI, A. Y.; FATTAL, B.; GOLDBERG, D. Microbial Contamination of Vegetables Irrigated with Sewage Effluent by the Drip Method. **Journal of Food Protection**, v. 41, n. 5, p. 336-340, 1978.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E. M.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.13, n.6, p.755–764, 2009.

SANTOS, R.F.; MATSURA, E.E.; SANTOS, R.K. Implicações do reuso de efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação agrícola. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.2, p. 70-86, 2015.

SANTOS, A. P. R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico cultivado com capim tifton 85**. 2004. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, D. **Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar (saccharumssp) fertirrigada por gotejamento subsuperficial**. 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

SANTOS, G.O.; FARIA, R.T.; RODRIGUES, G.A.; DALRI, A.B. Alterações das características químicas do solo sob aplicação de efluente tratado e adubação mineral. **Anais...** XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 Centro de Convenções “Arquiteto Rubens Gil de Camilo” - Campo Grande – MS 27 a 31 de julho de 2014.

SCHEIERLING, S.M.; BARTONE, C.; MARA, D.D. Improving Wastewater Use in Agriculture: An Emerging Priority. **World Bank** - Energy Transport and Water Department. Water Anchor (ETWWA), 2010. Disponível em: <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-5412>. Acessado em 17 de março de 2015.

SHAHBAZI, A.N.; SAADATIAN, S. Investigation of wastewater reuse discharging from urban sewage treatment plant. **2nd International Conference - Water resources and wetlands**. 11-13 September, Tulcea (Romania) p. 67-72, 2014.

SIGOLO, J.B; PINHEIRO, C.H.R. Lodo de esgoto da ETE Barueri - SP: proveniência do enxofre elementar e correlações com metais pesados associados. *Geol. USP, Sér. cient.* v.10, n.1, p. 39-51, 2010.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido – ACSA**, v. 7, n. 3, p. 01-15, 2011.

SILVA, N.F; TEIXEIRA,M.B; CUNHA, F.N; SOARES, F.A.L; OLIVEIRA, R.C. Desenvolvimento do pinhão-manso (*JatrophaCurcas* L.) em função da irrigação por gotejamento subsuperficial. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 85 – 94, out. – dez., 2014.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. State of the art of irrigation research on processing tomatoes in Brazil. **ActaHorticulturae**, v.487, p. 487-491, 1999.

SILVA, W.R.; SILVA, M.R.; PIRES, T.B. O uso sustentável e a qualidade da água na produção animal. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.11, n.5, p. 3617- 3636, 2014.

SOUSA, A.C.M.; SOUZA, Z.M.; FERREIRA, W.C.; VIEIRA, C.V.; BRUNETTI, L.B. Atributos físicos de um neossoloquartzarênico sob controle de tráfego de máquinas em áreas de cana-deaçúcar. **Anais...** Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão-ConBAP. Estância de São Pedro-SP, Brasil, 14 a 17 de setembro de 2014.

SOUSA, J. T. de; LEITE, **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura**. Campina Grande: ed. EDUEP, 2003. 135p.

SOUZA, A M S.; CARVALHO; R.S.; SANTOS, H.B.; MACHADO, C.A.; DANTAS, I.L.A.; FACCIOLI, G.G. Qualidade da água deso e água residuária proveniente do Sistema de lagoas de estabilização. **Revista Brasileira Agricultura Irrigada**. v. 9, n.1, p. 24 - 31, 2015.

SOUZA, J.B.; VIDAL, C.M.S.; CAVALLINI, G.S.; QUARTAROLI, L.; MARCON, L.R.S. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 33, n.2, p. 117-126, 2012.

SOUZA, N. C. DE.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. B. F. DE.; SANTOS, A. B. DOS. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.478–484, 2010.

TOZE, S. Reuse of effluent water - benefits and risks. **Agricultural water management**, Amsterdam, v. 80, n. 1/3, p. 147-159, 2006.

TROOIJEN, T. P.; LAMM, F. R.; STONE, L. R.; ALAM, M.; ROGERS, D. H.; CLARK, G. A.; SCHLEGEL, A. J. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: dripline flow rates. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 16, n. 5, p. 505-508, 2000.

TROOIEN, T. P.; LAMM, F. R.; STONE, L. R.; ALAM, M.; ROGERS, D. H.; CLARK, G. A.; SCHLEGEL, A. J. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Dripline flow rates. **Applied Engineering in Agriculture**, v.16, p.505-508, 2000.

TZANAKAKIS, V.A.; PARANYCHIANAKIS, N.V.; ANGELAKIS, A.N. Nutrient removal and biomass production in land treatment systems receiving domestic effluent. **Ecological Engineering**, v.35, p.1485-1492, 2009.

TZANAKAKIS, V.E.; PARANYCHIANAKIS, N.V.; ANGELAKIS, A.N. Performance of slow rate systems for the treatment of domestic wastewater. **Water Sci. Technol.** v.55, n.1-2, p.139-147, 2007.

UCKER, F. E.; LIMA, P. B. S. O.; CAMARGO, M. F.; PENA, D. S.; CARDOSO, C. F.; PÊGO, A. W. E. Elementos interferentes na qualidade da água para irrigação. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.10, n.10, p.2102-2111, 2013.

UMESHA, K. R.; BHAVANI, N. C.; VENUGOPAL, M. N.; KARUNASAGAR, I. KROHNE, G.; KARUNASAGAR, I. **Prevalence of human pathogenic enteric viruses in bivalve molluscan shellfish and cultured shrimp in south west coast of India.** International Journal of Food Microbiology, v.122, p.279-286, 2008.

WAINER, I.; PRADO, L.F.; KHODRI, M.; OTTO-BLIESNER, B. Reconstruction of the South Atlantic Subtropical Dipole index for the past 12.000 years from surface temperature proxy. **Scientific Reports**.13 jun. 2014.

WERLE, S.; DUDZIAK, M. Analysis of Organic and Inorganic Contaminants in Dried Sewage Sludge and By-Products of Dried Sewage Sludge Gasification. **Energies**, v.7, p.462-476, 2014.