

Implicações do reuso de efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação agrícolaReginaldo Ferreira Santos¹, Edson Eiji Matsura², Reieli Knöner Santos³

¹Pós Doutorando - UNICAMP/FEAGRI - Av. Candido Rondon, 501 Cidade Universitária Zeferino Vaz
Caixa Postal 6011 CEP 13083-875 Barão Geraldo Campinas/SP, Brasil

²Eng Agrônomo, Prof. Livre Docente, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

³Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Adventista de São Paulo - EC. Estrada Municipal
Pastor Walter Boger, s/n - Lagoa Bonita, Eng. Coelho - SP, 13165-970.

reginaldo.santos@unioeste.br; matsura@agr.unicamp.br; reciksantos@gmail.com

Resumo: A agricultura irrigada torna-se cada vez mais necessária para suprir a carência de produção alimentar no mundo. A irrigação com efluente na subsuperfície do solo pode ser considerada como mais um tratamento no efluente de esgoto. Ao aplicar o efluente no solo agrícola, além de disponibilizar água e nutrientes às raízes das plantas, ainda se oferece maior segurança de sanidade nos cultivos e se permite direcionar a água de melhor qualidade ao consumo doméstico. Diante de tal realidade, buscou-se considerar a prática do reuso de água para a irrigação como uma forma viável de suprir tal necessidade. Foi utilizado um estudo bibliográfico exploratório de diversas fontes, onde resultados e discussões de pesquisas antigas e recentes são analisados. O texto permite discutir e subsidiar o leitor em relação às implicações da prática do reuso de água no meio ambiente. A perspectiva é que em meio a crise hídrica o reuso possa trazer sustentabilidade e, aumentar a produção de alimento e energia ao mundo.

Palavras-chave: reuso agrícola; química de solo; física de solo.

Implications of domestic sewage effluent reuse Treatise on agricultural irrigation

Abstract: Irrigated agriculture is becoming increasingly necessary to meet the shortage of food production in the world. The irrigation with effluent in subsurface soil can be considered as a further treatment in the sewage effluent. By applying the effluent in agricultural soil, in addition to water and nutrient availability to plant roots, still it offers greater health security in crops and allows you to direct the best quality for domestic consumption water. Faced with this reality, we tried to consider the practice of water reuse for irrigation as a viable way to meet that need. An exploratory bibliographic study from several sources, where results and ancient and recent research discussions are analyzed was used. The text allows discuss and support the reader in relation to the practical implications of the reuse of water in the environment. The perspective is that amid water crisis reuse can bring sustainability and increase the production of food and energy to the world.

Keywords: agricultural reuse; soil chemistry; soil physics.

Introdução

O Brasil tem menos de 3% da população mundial e detém cerca de 12% do total de água doce disponível do planeta. Cerca de 70% desta água está na região Amazônica, onde se encontra apenas 8% da população brasileira. Apesar da abundância de água disponível no Norte do país, a região Sudeste passa por uma das mais difíceis crises hídricas histórica, e ainda para completar possui 43% da população brasileira em seu território. Os reservatórios que abastecem São Paulo, maior cidade da América Latina, acumulam baixas de volume constante nos últimos anos e houve já a necessidade de operar com o chamado “volume morto”. 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 (IBGE, 2014; Rego Filho et al., 2014).

O sistema denominado de Cantareira em São Paulo, no início de 2014, disponibilizava 31 mil litros de água por segundo, para atender 9 milhões de pessoas. Atualmente, o mesmo sistema libera somente 14 mil litros de água por segundo e chega às casas de cerca de 5 milhões de pessoas. O agravamento da estiagem tem levado milhares de pessoas a sofrer com um racionamento de água. O período de chuva que começa a partir de outubro no Sudeste terá de aliviar a situação atual e ainda acumular uma reserva para o próximo período seco, de maio a setembro de 2016.

De acordo com os dados da Sabesp apresentado pela FOLHA em março de 2015, o consumo de água em São Paulo aumentou 20,9% nos últimos dez anos, enquanto a produção de água ficou em apenas 8,6%. Outro fator contrastante está na diferença entre a produção e o consumo. No ano de 2013, São Paulo produziu 3,053 bilhões de litros de água, porém o consumo faturado alcançou apenas 2,134 bilhões de litros. A diferença de quase 1 bilhão de litros, certamente está relacionada a perdas nas tubulações por vazamento e roubo. O país precisará aliar investimentos, economia, tecnologia e fiscalização para evitar a escassez (Ribeiro, 2014)

As circunstâncias da crise hídrica podem levar até mesmo à migração de pessoas e empresas para outros locais em busca de água para seus negócios ou simplesmente para suprir as necessidades básicas do ser humano. O certo é que, sem os devidos cuidados no ambiente, não existe produção de água para o meio urbano, que é incapaz de prover sua alta demanda hídrica.

Como a demanda por alimento e água cresce, é eminente e inevitável a instalação de uma crise mundial sobre o uso da água como direito humano e universal (WWAP, 2012). A expertise está em gerir de maneira inteligente, sem degradar o ambiente, os escassos recursos hídricos entre agricultura, produção energética, atividade industrial e abastecimento humano (Evangelista e Pereira, 2013).

A água é um recurso natural limitado e não um bem infinito. O uso indiscriminado gera graves problemas ambiental, social e econômico, além de reduzir significativamente à oferta de água potável para o consumo (Lima et al., 2012).

No Brasil a água é um bem de domínio público definido pela Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. A oferta hídrica tem diminuído em função da escassez de chuvas bem como pela impermeabilização crescente das cidades. No entanto, a água não irá acabar o ciclo hidrológico sempre se repetirá.

Dois pontos devem ser considerados: (i) a disponibilidade per capita de água doce diminui em função do aumento demográfico e consumo mundial e (ii) a velocidade da demanda atual por água é tão rápida que a natureza parece não conseguir acompanhar o ritmo do ciclo para a recuperação (Barros e Amin, 2008).

No Paquistão, por exemplo, a disponibilidade caiu de 5.000 m³ por ano em 1951 para cerca de 1.000 m³ em 2010 (Rasul, 2014). Na Índia, a velocidade de extração de água é 56% maior que a recarga (Rasul, 2012). Nesse sentido este estudo abordará a perspectiva da implicação e possibilidade de reuso de efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação agrícola.

A escassez e a água na produção agrícola

A escassez de água é um dos principais fatores limitante ao desenvolvimento socioeconômico mundial neste século. É provocada principalmente pelas condições climáticas local, falta de tratamento da água, poluição dos mananciais e distribuição desproporcional dos recursos hídricos em relação aos aglomerados populacionais (INEA, 2015; Em Discussão, 2014).

As secas são cada vez mais frequentes e intensas, e por outro lado, com o aumento demográfico, há a necessidade de aumento na produção agrícola (Boelee, 2011; Rasul, 2014). Porém, as terras agricultáveis disponíveis no planeta estão praticamente exauridas. A Índia já explorou praticamente 100% de seus recursos de solo

arável, enquanto Bangladesh tem menos de 3% disponível (Kumar et al., 2012; Scolari, 2013).

Será necessário um aumento na produção de alimento em torno de 70% para suprir a demanda de uma população que chegará a 9,1 bilhões até a metade do século (WWAP, 2012). A água é o único insumo com capacidade de responder a essa demanda de produção, porém, a nível mundial, a agricultura consome cerca de 70% da água doce disponível e, ainda, se estima um aumento de 19% do consumo de água na agricultura até o ano de 2050. Ao mesmo tempo, as precipitações nesse período reduzirão entre 10-20% (Wainer et al., 2014).

A alternativa de reuso da água

Embora fique evidente que a agricultura é o setor que mais consome água, por outro lado, é o setor que mais têm difundido e apresentado capacidade de aproveitar a água de reuso. Faz se necessário investimento financeiro em pesquisas e geração de tecnologia que permitam a implantar de forma segura esta prática (Catanha Filho, Campos e Olivette 2015).

A escassez tem levado a reciclagem de água pela indústria, a conscientização no consumo doméstico, a criação de áreas agrícola irrigada nas proximidades das estações de tratamento de esgoto, dentre as alternativas (Batista et al., 2011). País como Israel recicla cerca de 80% de seu esgoto domestico para reuso.

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

A vantagem do reuso de efluente, por exemplo, de esgoto doméstico tratado está em permitir a melhor conservação dos corpos hídricos e aportar consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, refletindo-se em melhoria de sua fertilidade o que eleva a produtividade das culturas e redução dos custos com adubação mineral (Souza et al., 2012). Com a expansão das redes de saneamento, a pressão atual da mídia, a conscientização da população e a fiscalização e cobrança de órgãos ambientais competentes, o destino devido de efluente será por certo a sua disposição através da

irrigação na subsuperfície do solo para ser utilizado na agricultura (Oliveira, et al., 2013b).

Disposição de efluente no solo

Ao longo dos últimos anos, muitos estudos tem apresentado certa preocupação com a aplicação de efluentes no solo. Na irrigação com efluentes pós-tratados, 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 (Lima, et al., 2012).

No entanto, o solo é um filtro por excelência, é uma combinação de tratamentos físico, químico e processos biológicos que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera, porém, a taxa de depuração desse sistema é lenta. Ao mesmo tempo em que o efluente disponibiliza nutrientes para as plantas, é uma fonte de contaminantes para o solo, além da lixiviação de nitrato para as águas subterrâneas e emissões de gases de efeito estufa (Tzanakakis et al., 2009).

A aplicação de EED no solo é uma forma efetiva de controle da poluição. Pode atenuar o processo de eutrofização e funcionar como fonte extra de água e nutrientes ao desenvolvimento das culturas, além de minimizar a poluição dos rios, riachos e reservatórios utilizados na captação de água para uso doméstico e por produtores de hortaliças, principalmente em locais próximo as áreas urbanas (Oliveira et al., 2013b).

Efluente de esgoto doméstico (EED) na agricultura

Como visto, o Brasil dispõe de elevada quantidade de água, porém, a sequência de períodos secos e a má gestão e execução dos planejamentos hídricos, tem agravado a crise hídrica. O planejamento implica em melhorar a captação de recursos hídricos e reduzir o efluente de esgoto doméstico, o que representa uma estratégia eficaz para a conservação dos recursos naturais. A demanda por água e o volume de EED têm acrescidos a cada ano (Pinheiro et al., 2015).

O uso de EED na agricultura tem se consolidado mundialmente como forma de atenuar os efeitos da redução da disponibilidade de água de boa qualidade. O uso racional do solo e da água será vital para a existência e subsistência das próximas gerações. Nesse sentido a EED é uma alternativa tecnológicas e sustentáveis disponíveis para a agricultura neste século (Oliveira, 2012).

Muitos países há anos já usam com sucesso EED nas lavouras e parques. A produtividade agrícola, por exemplo, aumentou de forma significativa, no México, com a aplicação de EED. A renda agrícola neste país passou de quase zero no início do século, para aproximadamente quatro milhões de dólares por hectare, em 1990 (Hespanhol, 2002).

Potencial fertilizante de EED para agricultura

Os efluentes apresentam aumento crescente e, dessa forma, podem ser vistos como alternativa de uso potencial na agricultura (Subramani et al., 2014). O uso responsável dos efluentes para fins agrícolas poderá contribuir efetivamente para a segurança, dos recursos hídricos do planeta (WWAP, 2012).

O EED contém elevadas concentrações de macro e micronutrientes. A disponibilidade desse material ao solo em forma de fertirrigação poderá suprir parte das necessidades nutricionais dos cultivos, reduzir os custos com fertilizantes químicos, evitar a disposição em corpos hídricos, além de permitir melhor aproveitamento pelas plantas, em razão do parcelamento da adubação (Souza et al., 2012; Andrade Filho et al., 2013).

Nos estudos realizados por Pereira et al., (2011) foi verificado que em relação à composição da EED, cerca de 66% dos macro e micronutrientes estão sob a forma prontamente disponível para absorção pelas plantas.

Alguns estudos já foram realizados no Brasil com objetivo de aproveitar o potencial fertilizante do efluente em fornecimento, por exemplo: de N para o milho (Fonseca et al., 2005); incremento de massa seca e proteína em capim-bermuda 'Tifton 85' (Fonseca et al., 2007); produção de olerícolas (Azevedo; Oliveira, 2005; Rego et al., 2005); em cana-de-açúcar, Leal et al. (2009) e Deon et al. (2010); em café, Herpin et al. (2007); em laranja, Pereira et al. (2011), dentre outros. No entanto, apesar dos efeitos benéficos, o aporte desequilibrado de nutrientes e de outros elementos no efluente pode causar distúrbios nutricionais e ameaças ambientais (Blum et al., 2012).

Ao avaliar o potencial agrícola de EED, Carr et al, (2011), verificou que em média o efluente utilizado nas fazendas da Jordânia substitui em até 75% das necessidades de fertilizantes. Muitas águas residuárias possuem altas concentrações de

NPK, e material orgânico (Oliveira, 2012). Por outro lado, o excesso de alguns elementos no efluente também pode reduzir a produtividade das culturas (Hanjraa et al, 2012).

Geralmente o teor de fósforo no efluente é baixo e, aliado a remoção pela cultura, pode reduzir o risco de contaminação das águas subterrâneas (Falkiner e Polglase, 1997). O mesmo acontece com potássio, mesmo que haja aumento na concentração deste elemento, mediante a disposição de águas residuárias ao solo, a quantidade desse nutriente exigido pelas plantas é tão elevada que dificilmente apenas a irrigação com efluente poderia suprir adequadamente as plantas (Ahmadifard, 2014). De acordo com Deon et al., (2010), os teores trocáveis no solo de Ca, Mg e K não é objeto de alterações consistentes com a prática da irrigação com EED.

Estudos afirmam que a técnica da irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) utilizada na aplicação de efluentes pode reduzir a aplicação de nitrogênio na agricultura (Lamm et al., 2007; Leal et al., 2009). Algumas culturas já estão sendo submetidas a avaliações preliminares no Brasil, como é o caso do cultivo de pepino (Azevedo; Oliveira 2005), cana de açúcar (Sousa et al, 2013).

No entanto, o efluente destinado à produção de alimento precisa obedecer alguns critérios mínimo de qualidade antes de ser aplicado nos cultivos (Souza et al., 2015). O recomendado seria o monitoramento constante do efluente, pois as características podem mudar com a região, tipo de tratamento e condições do meio (Grant et al., 2012).

Início do uso de EED na irrigação agrícola

A disposição de EED no solo para ser aproveitado pelos cultivos constitui uma das práticas mais antigas de tratamento. Muito embora pareça que as primeiras experiências tivessem como objetivo o tratamento de esgotos, logo surgiu o interesse pela irrigação agrícola. Há evidências que os gregos já utilizavam EED na agricultura, em 3500 a.C. (Tzanakakis et al., 2007).

Os benefícios do efluente no solo já eram entendidos pelos egípcios quando das cheias do Rio Nilo e foi estendido para a aplicação de esgoto na agricultura. Em função da sua composição e valor nutricional, o EED é considerado mais adequado para a aplicação na agricultura que efluentes industriais, que geralmente podem apresentar maior possibilidade de substâncias tóxicas para o homem e animais (Oliveira, 2012).

Porém, o EED pode possuir alto potencial contaminante, estudos sobre esse aspecto vieram à tona com o desenvolvimento da microbiologia sanitária. Passou a haver crescentes preocupações com a saúde pública e aos poucos, a alternativa de uso de EED se tornou praticamente desaconselhada (Mara e Cairncross, 1989). Porém, os longos períodos de secas sentidos pelas regiões rurais e urbanas, a prioridade do consumo humano e a crescente demanda de água pelos mais diversos setores da sociedade, fez o setor agrícola repensar e passar a considerar o uso de EED.

Em função da escassez de água e do potencial fertilizante das águas residuária, percebeu-se a crescente prática da aplicação de EED tanto de forma espontânea, como de forma clandestina por parte de pequenos agricultores. Os governantes, empresas e pesquisadores passaram a reconhecer que a proibição, seja por medo ou fiscalização não surtia efeito. Passou então a haver a necessidade de estudos sobre a prática segura do ponto de vista sanitário do uso de EED na agricultura (Bastos, 1999).

Um novo paradigma de sustentabilidade ambiental baseado nos conceitos de conservação e reuso de água começou a evoluir através da conscientização e sensibilização (Oliveira et al., 2013a). Com isso, o uso de EED na atividade agrícola passou a ser não apenas objeto de pesquisa e sim alternativa de tecnologia de uso na agricultura. Porém, se observa, ainda, grande necessidade de conscientização sócio-política quanto à importância do aproveitamento de águas residuária (Firme, 2007). Em muitos países ainda não existem leis específicas que regulamenta o uso dessa técnica na agricultura.

Os avanços e os cuidados para a aplicação do EED na agricultura

A pesquisa precisa avançar no entendimento do uso de EED na agricultura. Há uma maior consciência mundial da importância do uso racional e da necessidade de controle de perdas e desperdícios mesmo no reuso da água (Souza et al., 2015), principalmente, pelos interesses nos benefícios ambientais, sociais e econômicos oferecidos (Segarra et al., 1996; Paula et al., 2009).

É preciso considerar que os problemas em relação à quantidade e qualidade da água realmente tendem a se agravar (Silva et al., 2014). Levantamento realizado em 2010 pela Agência Nacional das Águas (ANA) em cerca de dois mil pontos estratégicos distribuídos nas bacias hidrográficas brasileiras, demonstram que embora em áreas

urbanas e rurais 75% das águas têm condições adequadas de Índice de Qualidade de Água (IQA), apenas 6% são consideradas de excelente qualidade (Brasil, 2012).

O EED constitui-se num material líquido com características particulares que a torna diferente da água de abastecimento. Essas diferenças estão relacionadas basicamente com a presença de matéria orgânica, expressa pela DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), macro e micronutrientes, possível presença de metais pesados e alguns patógenos (Subramani et al., 2014). Sendo assim, as plantas podem, em parte, serem beneficiadas não apenas pela água, mas também, pelos materiais dissolvidos no esgoto doméstico (cerqueira et al., 2008). Para reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são utilizados normalmente: sulfato de alumínio sais de ferro, hidróxido de cálcio e óxido de cálcio (Lovatto, 2012).

O efluente além de servir de suprimento nutricional as plantas, traz aumento na produtividade (Oliveira et al., 2013a), em determinadas épocas do ano, pode ser, em determinados locais, a única fonte para o suprimento hídrico das plantas (Santos, 2004). Esses benefícios poderão contribuir para o fortalecimento da agricultura em regiões áridas e semiáridas, principalmente, naquelas que possuem pouca disponibilidade de água para irrigação e alto potencial para produção de esgoto doméstico (Lubello et al., 2004).

Alguns países já possuem certo nível de estudos e experiência com o reuso de água. Já foi possível se estabelecer algumas medidas e aprimorarem outras. Já existem diretrizes nacionais e/ou regionais, que estabelecem exigências para autorizações e padrões requeridos para alguns tipos de uso, de modo geral, considerando, sempre que possível, as especificidades locais. Como nem todos os países tem desenvolvido as suas próprias leis e padrões de efluentes para a irrigação agrícola, muitos trabalhos de pesquisa tem como base as normas e diretrizes da OMS (OMS, 2006).

Em Israel o aproveitamento do EED na irrigação chega a 65% (Capra e Sciclone, 2004). No México se utiliza EED em mais de 80.000 hectares cultivados com cereais e forragens (Bastos et al., 2003). Na Austrália, há relatos de áreas com mais de 600 hectares cultivadas com cana-de-açúcar irrigadas EED. Por outro lado, o uso de EED pode apresentar aspectos negativos, que vão desde modificações nas propriedades químicas e físicas do solo aos riscos de contaminação por agentes patogênicos

(Emongor et al., 2005). No caso de Israel, a prática do reuso é planejada e controlada por meio de legislação, e no caso do México, não há tratamento, nem controle da disposição de efluentes sanitários no solo, caracterizando uma situação não recomendável. O Brasil segue rumo à regularização dessa atividade, por meio de uma legislação que estabeleça condições mínimas para sua execução, que até os dias atuais, tem sido desenvolvida somente em nível de pesquisa (Bertoncini, 2008).

Segundo Bastos, (1999) a utilização de esgotos domésticos tratados na agricultura é uma alternativa que poderá se tornar uma prática economicamente viável, ecologicamente sustentável e sanitariamente segura. Assim, o uso dessa técnica associado a outras metodologias que aumentem a produtividade das culturas e promovam menores impactos ao meio ambiente, constituem um excelente caminho para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada (Quintana et al., 2011). Entretanto, o maior agravante quanto à utilização de esgoto doméstico na agricultura irrigada tem sido ainda os aspectos sanitários. Portanto, o esgoto precisa ser tratado e a qualidade sanitária depende do grau de tratamento (Sousa e Leite, 2003).

No Brasil, a prática do reuso na irrigação agrícola é ainda nova. Alguns entraves legislativos e técnicos têm limitado sua expansão não apenas no Brasil, mas também em outros países. Entre os entraves podem-se citar: falta de tratamento de esgoto; risco de uso de produtos não tratados para o ambiente e saúde pública; falta de estudos que subsidiem a construção de legislação que regulamente o reuso; falta de legislação apropriada para cada tipo de efluente; legislações muito restritivas em alguns casos; elevado custo de investimento inicial em sistemas de tratamento e distribuição; baixa competitividade de custo de água de reuso, quando comparada à água tratada; a mistura de esgoto doméstico e industrial na mesma rede coletora; e a ausência de tratamentos secundários e desinfecção que removeriam contaminantes do efluente (Costanzi, 2008; Bertoncini, 2008; Kihila et al., 2014).

O uso do esgoto tratado na agricultura pode ser apresentado como uma forma de reciclagem de nutrientes e água, além de reduzir os impactos ambientais aos corpos d'água e ao solo. Entretanto, o uso de EED de forma indiscriminada e sem critérios pode trazer sérios prejuízos ao homem e ao ambiente. Para isso, as taxas de aplicação de esgotos devem ser compatibilizadas às boas práticas agrícolas, também limitadas pelas

características do solo e do efluente, das condições climáticas, do tipo de cultura irrigada e da técnica de irrigação.

Estima-se que cerca de 7% das terras agrícolas irrigadas no mundo aplicam efluentes (Who, 2006) e desses apenas 10% utilizam o efluente tratado. No entanto, o uso de efluente de esgoto doméstico na irrigação sem tratamento seria sem dúvida um grave problema ambiental, por contaminar praias, peixes e crustáceos, ocasionando grave impacto ecológico e até mesmo econômico, pois afeta a exportação de produtos aquáticos e o turismo. Se a disposição ocorrer em mananciais superficial afeta seu uso posterior, por elevar os níveis de contaminação microbiológica de rios e lagos acima do limite permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS). No entanto, mesmo que as ETE disponham de diversas formas de tratamento, estas são insuficientes para garantir a ausência de poluição, sendo necessário muitas vezes recorrer a um tratamento de polimento como, por exemplo, os processos oxidativos avançados (Leite et al., 2010).

Considerações Finais

O volume de água no planeta, até onde se conhece, não irá variar. O que está a variar é o percentual entre sólido, líquido e gasoso, em função das atividades do homem. Embora, a água não vá se acabar, é drástica e rápida a redução da água doce potável em função da contaminação. Em momento que a sociedade toma consciência das limitações dos recursos hídricos no mundo, o proveito de água de reuso representa uma alternativa eficiente e econômica no combate ao desperdício, como também favorece a agricultura. O reuso no setor agrícola, passa a ser um importante recurso para se implementar políticas e estratégias de gestão dos recursos hídricos. Apesar da crise hídrica e das inúmeras vantagens do uso de efluente, alguns efeitos nocivos devem ser considerado e estudado para a praticada de irrigação com efluente de esgoto doméstico tratado. Dentre os cuidados a considerar, pode se destacar: a restrição de culturas a serem irrigadas, a seleção do método de irrigação e o controle da exposição humana.

Agradecimentos

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

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

Referencias

AHMADIFARD, S. Impact of wastewater irrigation on concentration and absorption of nutrients and heavy metals in barley in calcareous soils. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**. v.5, n.4, p.453-460, 2014.

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.

ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O. N. de; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F. de; COSME, C. R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, v.18, n.4, p.661-674. 2013.

AZEVEDO, L.P. DE.; OLIVEIRA, E. L. de. 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.

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.

BASTOS, R. K. X. **Utilização agrícola de esgotos sanitários**. ABES. São Paulo. 1999.a

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. PROSAB. Viçosa, Minas Gerais, 2003.

BATISTA, R. O.; SARTORI, M. A.; SOARES, A. A.; MOURA, F. N.; COSTA PAIVA, M. R. F. Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico. **Revista Ambiente & Água**, v.6, n.3, p.152-164, 2011.

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

BLUM, Julius; MELFI, Adolpho José; MONTES, Célia Regina. Nutrição mineral da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto tratado, em área com aplicação de fosfogesso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.593-602, abr. 2012

BOELEEE, E. **Ecosystems for Water and Food Security**, UNEP and International Water Management Institute (IWMI), Nairobi and Colombo (2011).

BRASIL, Agência nacional de água (ANA). Disponível em:<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=10840> Acesso em: 27 de setembro de 2012.

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

CARR, G., POTTER, R.B., NORTCLIFF, S., Water reuse for irrigation in Jordan: perceptions of water quality among farmers. **Agric. Water Manage.** v.98, n.5, p.847-854. 2011.

CASTANHO FILHO, E.P.; CAMPOS, A.D.C.; OLIVETTE, M.P.A. Água e Uso pela Agropecuária: neomalthusianismo hídrico. **Análise e Indicadores do Agronegócio**. v. 10, n. 3, março 2015.

CERQUEIRA, L. L. et al. Desenvolvimento de heliconia psittacorum e gladiolus hortulanus irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.606-613, 2008.

COSTANZI, R.N. **Tratamento de Efluentes Domésticos por Sistemas Integrados de Lodos Ativados a Membranas de Ultrafiltração visando o Reuso de Água**. 2008. 200 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Politécnica da Universidade de São Paulo, São Carlos.

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.

EM DISCUSSÃO, Escassez de água - Cada gota é preciosa Ano 5 - Nº 23 - dezembro de 2014.

EMONGOR, V. E.;KHONGA, E.B.; RAMOLEMANA, G.M.; MARUMO, K.;MACHACHA, S.; MOTSAMAI, T. Suitability of secondary sewage effluent for irrigation of horticultural crops in Botswana. **Journal of Applied Sciences**, v.5, p.451-454, 2005.

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.

FALKINER, R.A.; POLGLASE, P.J. Transport of phosphorus through soil in an effluent-irrigated tree plantation.**Australian Journal of Soil Research**, v.35, n.2, p.385-397, 1997.

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.

FIRME, L. P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado no sistema solo-planta em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2007. 110 p. Tese (Doutorado

em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FONSECA, A. F, da. **Variabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

FONSECA, A.F. da; MELFI, A.J.; MONTEIRO, F.A.; MONTES, C.R.; ALMEIDA, V.V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, v. 87, p. 328-336, 2007.

GRANT, S.B.; SAPHORES, J.-D.; FELDMAN, D.L.; HAMILTON, A.J.; FLETCHER, T.D.; COOK, P.L.M.; STEWARDSON, M.; SANDERS, B.F.; LEVIN, L.A.; AMBROSE, R.F.; et al. Taking the “waste” out of “wastewater” for human water security and ecosystem sustainability. **Science**, v.337, p.681-686.2012

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.

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T.V.; FONSECA, A.F. da; MONTES, C.R.; MENDONÇA, F.C.; PIVELI, R.P.; BREULMANN, G.; FORTI, M.C.; MELFI, A.J. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation – a pilot field study in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 89, p. 105-115, 2007.

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.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/.../lspa/lspa_201301.pdf. Acesso em: 25 de novembro de 2014.

KIHILA, J; MTEI, K.M;NJAU, K.N. Wastewater treatment for reuse in urban agriculture; the case of Moshi Municipality, Tanzania. **Physics and Chemistry of the Earth** v.72, n.75, p.104–110, 2014

KUMAR, K.S., KARUNAGODA, K., HAQUE, E., VENKATACHELAM, L., BAHAL, G. Addressing long-term challenges to food security and rural livelihoods in South Asia. **Working Paper 75**. Chennai, India. Madras School of Economics. 2012.

LAMM, F.R.; AYARS, J.E.; NAKAYAMA, F.S. Microirrigation for crop production: design, operation and management. **Elsevier**, 2007, 618p.

- 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.
- LOVATTO, P.A. **Manejo de dejetos**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/54602226/Manejo-dedejetos-1>> Acesso em: 03 de novembro de 2012.
- LUBELLO, C.; GORI, R.; NICESE, F. P.; FERRINI, F. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. **Water research**, v.38, p.2939-2947, 2004.
- MARA, D.; CAIRNCROSS, S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: Measures for public health protection**. Geneva: World Health Organization, 187p.1989.
- OLIVEIRA, E.L. (Org.). **Manual de Utilização de Águas Residuárias em Irrigação**. 1ª ed. Botucatu: Fepaf, 2012. 192 p.
- OLIVEIRA, M.N.; SILVA, M.P; CARNEIRO, V. A. Reuso da água: um novo paradigma de Sustentabilidade. *Élisée*, **Rev. Geo. UEG – Porangatu**, v.2, n.1, p.146-157, 2013a.
- OLIVEIRA, P.C.P.; V. GLOAGUEN, T.V.; GONÇALVES, R.A.B.; SANTOS, D.L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.8, p.861–867, 2013b
- OMS Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. vol. 1: Policy and regulatory aspects. 2006. Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf. Acesso em; 12 de dezembro de 2014.
- PAULA, A. M.; NOGUEIRA, S. F.; DA FONSECA, E. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI, A. J. Aporte de Carbono e Nitrogênio e atividade microbiana de solo sob pastagem irrigada com esgoto tratado. **Revista Departamento de Águas e Esgotos**, Edição especial. p.12-18. 2009.
- 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.
- MARIA INÊS TEIXEIRA PINHEIRO, M.I.T; CAMPO, J.N.B; STUDART, T.M.C; LUNA, R.M; SANTOS, E.M.A. Programas de segurança da água: conceitos e práticas.

Revista de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. v.8, n.1, p.131-146, 2015.

QUINTANA, N.R.G.; CARMO, M.S.; MELO, W.J. **Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica.** Nucleus, v.8, n.1, 2011.

RASUL, G. Contribution of Himalayan Ecosystems to Water, Energy, and Food Security in South Asia: **A Nexus Approach ICIMOD**, International Centre for Integrated Mountain Development. Kathmandu, Nepal 2012.

RASUL, G. Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. **Environmental Science & Policy.** v.39, p.35-48, 2014.

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 água. **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, M. A crise da água. **Revista do Idec**, p. 9-11, Maio 2014

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.

SCOLARI, D.D. G. **Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil.** Disponível em: http://www.abifina.org.br/arquivos/abf_publicacoes/producao_agricola_mundial.pdf. Acesso em; 25 de julho de 2013.

SEGARRA, E.; DARWISH, M. R.; ETHRIDGE, D. E. Returns to municipalities from integrating crop production with wastewater disposal. **Resources, conservation and recycling**, v. 17, n. 2, p. 97-107, 1996.

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.b

SOUSA, A.C.M.; MATSURA, E.E.; ELAIUY, M.L.C.; SANTOS, L.N.S.; MONTES, C.R.; PIRES, R.CM. Root system distribution of sugarcane irrigated with domestic sewage effluent application by subsurface drip system. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.4, 647-657. 2013

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 Irrrigada**. v. 9, n.1, p. 24 - 31, 2015.

SOUZA, T. R. de; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, p.846-854, 2012.

SUBRAMANI, T.; MANGAIYARKARASI, M.; KATHIRVEL, C. Impact of Sewage and Industrial Effluent on Soil Plant Health Act on Environment. **Journal of Engineering Research and Applications**. v.4, n.6, p.270-273, 2014.

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.

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.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. **Wastewater Use in Agriculture**. v.2. Geneva, Switzerland. 218p. 2006.

WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 4: **Managing Water under Uncertainty and Risk**. (4thed.). Paris: UNESCO. 2012.

Recebido para publicação em: 22/01/2014

Aceito para publicação em: 16/06/2015