



REAPROVEITAMENTO DE LODO DE CURTUME E REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA NA CULTURA DO MILHO

Guilherme Malafaia¹, Aline Sueli de Lima Rodrigues², Dieferson da Costa Estrela³, Wilson Mozena Leandro⁴

1. Professor do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás (guilhermeifgoiano@gmail.com)

2. Professor do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí

3. Discente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí

4. Professor do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Goiás – Escola de Agronomia

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

Atualmente, em função do crescimento populacional e das demandas associadas a este, os processos industriais e atividades humanas, em geral, têm gerado uma grande quantidade de resíduos específicos. Os lodos gerados em indústrias curtumeiras e as águas residuárias de origem domésticas são exemplos de resíduos causadores de problemas ambientais importantes. Com o intuito de servir de subsídio teórico para o desenvolvimento de propostas de alternativas mais nobres de disposição ou descarte desses resíduos, o presente trabalho objetivou realizar uma revisão acerca de aspectos relacionados ao curtimento do couro, bem como dos resíduos gerados no processo. Além disso, enfatizou-se a utilização desses resíduos e o reuso de água residuária na cultura do milho. Os estudos consultados apontam para alta potencialidade do uso de lodos de curtume *in natura* e para a prática da fertirrigação com água residuária de origem doméstica na cultura de diferentes espécies agrícolas, dentre elas a do milho. Porém, observa-se certa resistência em relação à prática de reciclagem desses resíduos na agricultura. Assim, sugere-se o desenvolvimento de mais estudos sobre a temática afim de que sejam obtidas informações sistematizadas concernentes aos efeitos do uso desses resíduos ou efluentes sobre variáveis físico-químicas, químicas e físicas de diferentes classes de solo e sobre a produtividade de culturas, como a do milho.

PALAVRAS-CHAVE: cultura agrícola, esgoto doméstico, Fertirrigação, práticas agroambientais, resíduos agroindustriais,

REUSE OF TANNERY SLUDGE AND WASTEWATER DOMESTIC ORIGIN OF THE CORN

ABSTRACT

Currently, due to population growth and the demands associated with this, industrial processes and human activities in general, have generated a great deal of specific residues. The sludge generated in tanneries and domestic wastewater are examples

of waste causing major environmental problems. Aiming to provide a theoretical background for the development of alternative proposals nobler disposition or disposal of these wastes, the present study aimed to perform a review of aspects related to leather tanning, as well as waste generated in the process. He also stressed the use of such waste and reuse of wastewater in maize crop. The studies consulted indicate high potential use of *in nature* tannery sludge and practice of irrigation with wastewater from domestic sources in the culture of different agricultural species, among them the corn. However, there is some resistance to the practice of recycling of these wastes in agriculture. Thus, we suggest the development of more studies on this subject in order that information be obtained concerning the effects of the systematic use of such wastes or effluents on physic-chemical, chemical and physical characteristics of different soil and on crop productivity, as maize.

KEYWORDS: Fertirrigation, agro-environmental practices, agro-industrial waste, wastewater, agricultural crop

INTRODUÇÃO

Os processos industriais e atividades humanas, em geral, têm por consequência a geração de resíduos específicos, os quais são constituídos pelas mais diversas substâncias e que, de acordo com a natureza das mesmas, podem ser potencialmente prejudiciais ao ambiente e à saúde humana (KRAEMER, 2006). Conforme discutido por SILVA et al., (2012), em oposição às comodidades da sociedade moderna, os problemas causados por esses resíduos constituem uma séria ameaça à qualidade de vida atual. Dentre os diversos tipos de resíduos gerados, citam-se aqueles produzidos por atividades industriais, como o processamento de pele bovina.

Detentor de um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, o Brasil ocupa lugar de destaque na produção mundial de couros. Segundo ROPKE & PALMEIRA (2006), o país tem processado cerca de 42 milhões de peles por ano, das quais metade é exportada para a Itália, China e Hong Kong. O Estado de Goiás, em particular, está entre os dez maiores estados produtores de gado de corte do Brasil (SEGPLAN, 2012), o que leva a uma grande oferta de matéria-prima (pele bovina) para a atividade curtumeira. Embora essa atividade gere lucros significativos, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social do país, essa tem sido alvo de preocupações mais recentes, principalmente em função da grande produção de resíduos/efluentes observada ao longo do beneficiamento do couro bovino.

Problemática também importante refere-se à produção de água residuária de origem doméstica, principalmente diante do crescimento populacional observado nas últimas décadas. Conforme discutido por MEDEIROS (2005), a maior preocupação tem sido relacionada ao comprometimento da qualidade ambiental, em especial à dos corpos hídricos, por servirem de depuradores desses resíduos líquidos que são lançados, em muitos casos, sem tratamento prévio adequado.

Neste sentido, o presente estudo objetivou realizar uma revisão da literatura acerca do processamento de peles bovinas, a geração de resíduos oriundos dessa atividade e o seu aproveitamento, bem como sobre o reuso de água residuária de origem doméstica na agricultura. Apresentam-se estudos sobre os principais impactos relacionados à atividade curtumeira e acerca do reuso de água doméstica na agricultura, visando servir como subsídio para novos estudos sobre o tema tratado.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O CURTIMENTO DO COURO E REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA

Conforme discutido por GODECKE et al., (2012), o processo de curtimento do couro requer diversos processos mecânicos e químicos de tratamento que, em condições de baixa eficiência, resultam em grande quantidade de efluentes com altas concentrações de matéria orgânica e variados produtos químicos tóxicos. Essa problemática é intensificada, principalmente quando se constata que em muitas indústrias curtumeiras os resíduos/efluentes produzidos são descartados de forma incorreta ou acondicionados em depósitos ou aterros sanitários, que em função do acúmulo e da concentração de material potencialmente tóxico, apresentam alto risco de contaminação ambiental (KONRAD & CASTILHOS, 2002; PACHECO, 2005; PINHEIRO, 2005; GANEM, 2007; GODECKE et al., 2012). Conforme destacado por BATISTA & ALOVISI (2010), o lodo de curtume, mesmo após o tratamento recebido na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), contém consideráveis cargas orgânicas e inorgânicas, como ácidos, fenóis, sulfatos, sulfetos e, principalmente, elementos tóxicos como o cromo, o qual é utilizado durante o processo de curtimento.

Nesse sentido, a relevância econômica da indústria curtumeira, conjugada com seu potencial poluidor, vem estimulando, sobretudo, nas últimas décadas, a realização de pesquisas que resultem em maior conhecimento sobre possíveis alternativas de descartes ou de reaproveitamento desses resíduos. Uma dessas alternativas refere-se ao uso agronômico do lodo *in natura*, principalmente pelas ações corretivas e fertilizantes que estes podem apresentar. Diferentes estudos têm avaliado a viabilidade da utilização do lodo de curtume *in natura* como integrante do substrato para o cultivo de espécies agrícolas, como milho (KONRAD & CASTILHOS, 2002; FERREIRA et al., 2003; SILVA et al., 2005; SOUZA et al., 2005; BORGES et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008), cana-de-açúcar (BATISTA & ALOVISI, 2010), soja (COSTA et al., 2001, FERREIRA et al., 2003), feijão-caupi (TEIXEIRA et al., 2006), trigo, alface e rabanete (CASTILHOS et al., 2002). Esses estudos têm apontado para resultados agronômicos promissores.

Alternativa para o reaproveitamento dos resíduos produzidos nas indústrias curtumeiras refere-se à sua vermicompostagem (realizada por uma simbiose entre minhocas e microrganismos que vivem em seu trato digestivo). Conforme apontado por VIG et al., (2011), tal processo vem sendo considerado uma opção potencial na hierarquia da gestão integrada de resíduos sólidos, principalmente porque por meio deste, resíduos sólidos industriais podem ser transformados em compostos orgânicos nobres. O uso de lodo de curtume vermicompostado, em determinadas culturas, pode ser mais interessante do que o uso do lodo *in natura*, uma vez que a vermicompostagem proporciona maior troca de cátions, maior retenção de umidade e principalmente mineralização mais lenta dos nutrientes (AQUINO et al., 1992). Dentre os resíduos industriais que já foram vermicompostados e transformados em adubos ricos em nutrientes, destacam-se aqueles provenientes da produção de papel (ELVIRA et al., 1998; KAUR et al., 2010), lodos de indústrias têxteis (GARG & KAUSHIK, 2005), resíduos de goma guar, ou seja, tipo de fibra alimentar solúvel, extraída do vegetal *Cyamopsis tetragonolobus* (SUTHAR, 2006), lodos da indústria de açúcar (SEN & CHANDRA, 2007), da indústria de couro (RAVINDRAN et al., 2008), de indústrias de bebidas (SINGH et al., 2010) e o lodo de esgoto primário (HAIT & TARE, 2011; SILVA et al., 2011).

Outra problemática refere-se à produção de água residuária de origem doméstica. Dentre as tecnologias disponíveis para o destino final da água residuária de origem doméstica, destaca-se o método de disposição de água no solo para fins de fertirrigação agrícola, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em vários países do mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas (METCALF & EDDY, 1991). De acordo com HESPANHOL (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária estão ligadas principalmente à conservação da água disponível, à sua grande disponibilidade, à sua capacidade de possibilitar o aporte e a reciclagem de nutrientes (reduzindo, assim, a necessidade de fertilizantes químicos comerciais), além de concorrer para a preservação ambiental.

Dados interessantes do ponto de vista agrônomo têm sido observados em estudos sobre a fertirrigação de espécies agrícolas com águas residuária de origem doméstica (MEDEIROS et al., 2005; MEDEIROS et al., 2008; ALVES et al., 2009ab; NASCIMENTO et al., 2009; COSTA et al., 2009; SIMÕES et al., 2013). De acordo com JAVAREZ-JR et al., (2010), os efluentes domésticos são uma fonte natural de fertilizantes que pode proporcionar uma boa produtividade das culturas fertirrigadas, o que, segundo os autores, tem levado ao crescimento do seu uso em cultivos agrícolas. Estudos já demonstraram que o uso de efluentes domésticos na agricultura pode aumentar a produtividade agrícola em até 60% devido ao seu considerável conteúdo de N (tanto na forma orgânica, como mineral), Ca, Mg e P (ALMEIDA et al., 2012; LUDWIG et al., 2012).

PROCESSAMENTO DA PELE BOVINA

Tido como um resíduo de grande potencial para uso agrônomo, o lodo de curtume apresenta-se como um produto do processamento da pele bovina. Estudos têm relatado com detalhes as diversas etapas importantes para a transformação da pele bovina em matéria prima (couro) para a confecção de diferentes produtos (CLAAS & MAIA, 1994; HU et al., 2011; GODECKE et al., 2012). De modo geral, esses estudos apontam para três principais etapas adotadas no processamento de peles. São elas: conservação das peles, operação de ribeira e curtimento.

Conservação das peles

Essa etapa, de acordo com CLAAS & MAIA (1994), tem por finalidade interromper a decomposição da pele bovina, por meio de sua desidratação, evitando principalmente o desenvolvimento bacteriano. Para isso, normalmente aplica-se uma grande quantidade de cloreto de sódio (NaCl) sobre as peles, especialmente quando o tempo entre o abate dos animais e o processamento das peles é maior que 12 h. Em geral, essa conservação inicial é realizada empilhando-se as peles, intercalando-se camadas de sal entre elas ou pode-se ter uma imersão das mesmas em salmoura, antes do seu empilhamento em camadas (PACHECO, 2005). Nessas condições, as peles podem ser armazenadas por meses até o seu processamento, podendo ainda ser transportadas por um tempo maior para longas distâncias. Nos curtumes, o local destinado ao estoque das peles salgadas é geralmente conhecido como “barraca”.

Operações de ribeira

As fases das operações de ribeira têm por finalidade geral a limpeza e a eliminação das diferentes partes e substâncias das peles que não irão constituir produtos finais – os couros –, além de preparar sua matriz fibrosa para reagir adequadamente com produtos químicos em etapas subsequentes. PACHECO (2005) ressalta que, em geral, esta etapa compreende desde a fase de pré-remolho até o píquel, realizado antes do curtimento. O quadro 1 descreve resumidamente cada uma das etapas das operações de ribeira.

QUADRO 1. Operações de ribeira realizadas em indústrias curtumeiras

Fases	Descrição
Pré-remolho	Tem por finalidade a lavagem das peles, visando a retirada do sal e hidratação parcial.
Pré-descarne	Retira-se nessa fase restos de gordura, carne ou fibras não aproveitáveis. O sebo pode ser considerado um produto constituído pelos resíduos resultantes dessa fase.
Remolho	Visa promover a hidratação das peles, eliminando impurezas e extraíndo proteínas e materiais interfibrilares. Geralmente utiliza-se produtos químicos como o hidróxido de sódio, hidróxido de amônio, tensoativos não iônicos, bactericidas derivados de carbonados e enzimas proteolíticas de origem bacteriana.
Depilação e caleiro	Essa fase tem por objetivo retirar os pêlos das peles, remover a epiderme, intumescer e separar as fibras e fibrilas do colágeno, continuar o desengraxe que teve início no remolho, além de modificar as moléculas de colágeno, transformando alguns grupos reativos e algumas ligações entre as fibras. Segundo Class & Maia (1994) e Barros et al. (2001), os produtos químicos mais utilizados nesta fase são a cal hidratada e o sulfeto de sódio.
Descarne e divisão	Objetiva-se eliminar materiais aderidos ao tecido subcutâneo e adiposo, facilitando a penetração dos produtos químicos aplicados em etapas subsequentes. Após as aparas na pele, essa é dividida em duas partes: camada superficial e inferior. O resíduo gerado nessa etapa é denominado de lodo de carnaça.
Desenca-lagem	Nessa fase visa-se retirar substâncias alcalinas ou quimicamente combinadas depositadas nas peles.
Purga	Refere-se ao processo que objetiva limpar as estruturas fibrosas da pele por meio da ação de enzimas proteolíticas. Conforme destacado por Barros et al. (2001), as enzimas, em conjunto com sulfato de amônio, bissulfito de sódio ou ácidos orgânicos fracos, neutralizam a alcalinidade das peles e retiram materiais queratinosos já degradados.
Píquel	Por fim, essa fase das operações de ribeira, tem por objetivo preparar as fibras colágenas para fácil penetração dos produtos químicos utilizados no curtimento.

Curtimento

PACHECO (2005) ressalta que esta etapa consiste em um processo de transformação das peles, pré-tratadas nas operações de ribeira, em materiais estáveis e imputrescíveis, ou seja, a transformação das peles em couros. Durante o processo de curtimento, várias substâncias podem ser usadas, desde aquelas de origem orgânica (taninos vegetais, sintéticos, aldeídos e parafinas sulfocloradas) até

as de origem inorgânica (sais de cromo, zircônio, alumínio e ferro) (GODECKE et al., 2012).

Dentre as substâncias inorgânicas, os sais de cromo trivalente são os mais utilizados, uma vez que sua utilização proporciona um curtimento das peles mais rápido e confere aos couros uma qualidade melhor para aplicações futuras (PACHECO, 2005). A fonte de cromo normalmente utilizada é o sulfato básico de cromo e para que o processo de curtimento ocorra são necessárias quantidades de sais que disponibilizem de 20 a 30 g de óxido de cromo por quilo de pele.

MARTINES (2005) relata que em indústrias curtumeiras mais modernas toda a etapa de curtimento pode ser realizada em tambores rotativos separados. O efluente gerado contendo cromo, nestes casos, pode ser reciclado e reutilizado no processo de curtimento ou conduzido para a ETE, onde é tratado separadamente. O tratamento consiste na precipitação do cromo em meio básico, formando hidróxido de cromo trivalente, o qual origina um resíduo sólido com alto teor de cromo (HU et al., 2011).

PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DURANTE O PROCESSAMENTO DAS PELES E USO DE LODO DE CURTUME NA CULTURA DO MILHO

Durante todo o processamento das peles bovinas, gera-se uma grande quantidade de resíduos, normalmente com alta concentração de produtos químicos e matéria orgânica (HU et al., 2011). Segundo CLAAS & MAIA (1994), três tipos principais de resíduos são produzidos durante o processamento das peles: resíduos gasosos, líquidos e sólidos.

Os primeiros são constituídos principalmente por amônia (proveniente da decomposição proteica das peles), gás sulfídrico e subprodutos aminados (CLASS & MAIA, 1994). Os resíduos líquidos (efluentes) são compostos pelas soluções utilizadas nas etapas de processamento das peles e pelas águas de lavagem do piso e das máquinas. Já os resíduos sólidos ou semissólidos são as aparas, carnaças e os lodos. A figura 1 ilustra resumidamente as etapas de processamento das peles bovinas para produção do couro, bem como a geração dos lodos mencionados anteriormente.

Devido ao seu elevado teor de nutrientes e potencial de neutralização da acidez do solo, a utilização de lodos de curtume em áreas agrícolas tem sido avaliada em diferentes estudos, envolvendo variadas espécies vegetais (COSTA et al., 2001; CASTILHOS et al., 2002; KONRAD & CASTILHOS, 2002; SILVA et al., 2005; SOUZA et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2006; BORGES et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008; BATISTA & ALOVISI, 2010; GONÇALVES, 2011).

No que tange ao uso de lodos de curtume na cultura do milho, um dos focos deste estudo, alguns estudos têm demonstrado resultados promissores. Dentre os principais, destacam-se os trabalhos relativamente recentes de KONRAD & CASTILHOS (2002), SOUZA et al., (2005), SILVA et al., (2005), BORGES et al., (2007) e ARAÚJO et al., (2008).

KONRAD & CASTILHOS (2002) em cultivo de milho em Planossolo Hidromórfico enriquecido com diferentes doses de lodos de curtume (caleiro e primário) demonstraram que a aplicação de doses maiores dos resíduos (20,5 Mg kg⁻¹) proporcionou rendimentos da cultura equivalentes aos obtidos com adubação mineral mais calagem. A adição de lodo de curtume primário juntamente com calcário foi capaz de elevar o teor de N total do solo de 0,6 para 0,7 g kg⁻¹, resultado também semelhante ao obtido para o tratamento controle. Quanto à concentração de

Cr no solo, esta não ultrapassou o limite máximo permitido (500 mg kg^{-1}), o elemento apresentou baixa mobilidade e reações de oxidação não foram observadas.

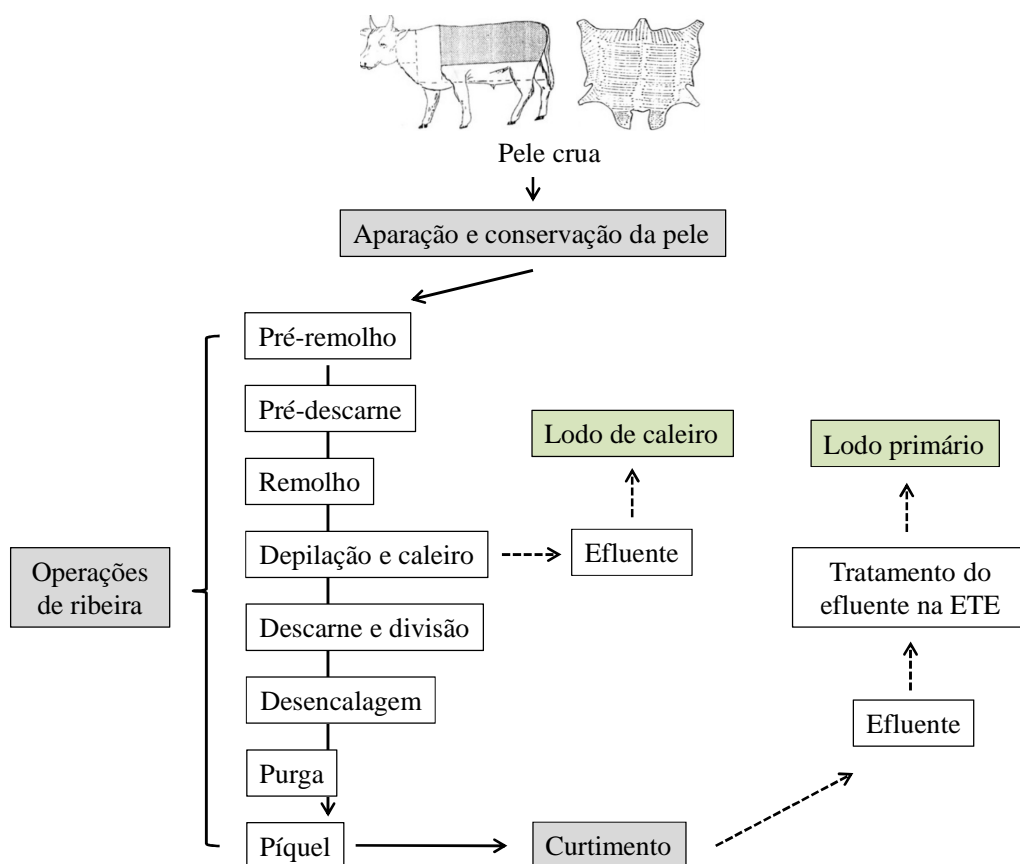


FIGURA 1. Diagrama simplificado do processamento de peles bovinas para produção de couro. Adaptado de MARTINES (2005).

SOUZA et al., (2005) avaliaram os teores dos metais tóxicos Cd, Ni, Pb e Cr nos tecidos foliares e a produção de fitomassa verde da parte aérea do milho, cultivado em solos contendo diferentes doses de lodo de curtume primário ($36 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, $72 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, $144 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ e $288 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Os autores concluíram que as doses mais elevadas do resíduo utilizado mostraram-se ser importantes fontes de nutrientes para o desenvolvimento da cultura, uma vez que a produção de fitomassa verde nesses grupos foi maior, e que os teores dos metais avaliados apresentaram-se dentro dos limites toleráveis.

Com o intuito de estudar a viabilidade do uso do lodo de curtume primário, como adubo orgânico, SILVA et al., (2005) avaliaram o efeito de diferentes doses de resíduos misturados com esterco bovino na fase inicial do crescimento do milho (híbrido BR205). Diferentemente dos trabalhos anteriormente citados, este evidenciou efeitos agrônômicos negativos na cultura inicial do milho. Os autores relataram hipertrofia gradativa nas plantas, conforme o aumento de percentual de lodo de curtume adicionado aos tratamentos (20 a 40%), bem como colmos finos com coloração roxa, folhas com margens e nervura principal com coloração roxa e amarelada e estrias esbranquiçadas.

BORGES et al., (2007), em pesquisa conduzida em casa de vegetação, avaliaram a translocação de elementos químicos (na cultura do milho – BR205) adicionados ao substrato de cultivo pela incorporação de lodo de curtume primário (em diferentes doses - $36 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, $72 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, $144 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ e $288 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). De forma

semelhante aos relatos promissores de KONRAD & CASTILHOS (2002) e SOUZA et al., (2005), BORGES et al., (2007) evidenciaram que os teores de micronutrientes encontrados nas folhas da cultura do milho, adubada com lodos de curtume são satisfatórios, não excedendo as recomendações da literatura.

Mais recentemente, ARAÚJO et al., (2008) avaliaram as alterações químicas no solo e o crescimento do milho em solo contendo lodos de curtume associado ao fosfato natural. Neste estudo, duas doses de lodo de curtume primário foram utilizadas: 2,5 e 5,0 Mg ha⁻¹. Se por um lado os tratamentos apenas com os lodos não foram capazes de suprir a necessidade de K necessária para o desenvolvimento das plantas, por outro, a concentração de P e N foram maiores nos tratamentos que continham lodos de curtume *in natura* e compostado. Além disso, a associação do lodo de curtume com a fosforita proporcionou ganhos no desenvolvimento do milho e aumento significativo na disponibilidade de P no solo.

Esses estudos, de modo geral, evidenciam resultados promissores quanto ao uso de resíduos da indústria curtumeira no cultivo do milho. Porém, parece haver certa tendência à obtenção de resultados agronômicos mais promissores, quando doses elevadas de lodos de curtume são utilizadas, assim como quando associadas a fontes complementares de nutrientes, como observado, por exemplo, no estudo de ARAÚJO et al., (2008). A necessidade de utilização de doses elevadas de lodos mostra-se um problema, principalmente quando da aplicação dos resultados das pesquisas científicas na prática da produção do milho, seja em pequena, média ou larga escala. A obtenção de toneladas de lodos de curtume pelos produtores rurais para disposição ao solo de cultivo pode ser considerada um importante empecilho na adesão da prática do reaproveitamento desses resíduos pela sociedade.

VERMICOMPOSTAGEM

Tida como uma alternativa interessante para o reaproveitamento de resíduos sólidos, a vermicompostagem pode ser considerada uma biotecnologia que pode gerar material com alto potencial agrícola (CARLESSO et al., 2011). Tecnicamente a vermicompostagem pode ser definida como um o processo de transformação de matéria orgânica recente, isto é, pouco degradada, por meio da ação de minhocas junto com a microbiota que vive em seu trato digestivo, em matéria orgânica estabilizada (AQUINO et al., 1992; YADAV & GARG, 2009).

Estudos demonstram que o principal processo envolvido na ação das minhocas sobre a matéria orgânica é mais mecânico do que biológico: o revolvimento e a aeração do composto, bem como a trituração das partículas orgânicas que passam pelo trato digestivo das minhocas constituem um processo puramente mecânico. A contribuição do efeito bioquímico está presente quando da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes no intestino das minhocas, gerando resíduos mais ricos em nutrientes assimiláveis pelas plantas (MOTTER et al., 1990).

Em relação à vermicompostagem de lodo de curtume, poucos trabalhos foram desenvolvidos até o presente momento (VIG et al., 2011). BIDONE (1995) desenvolveu um estudo sobre a vermicompostagem de três tipos de resíduos sólidos de curtume, ou seja, lodo primário, lodo originado da operação de curtimento ao cromo e aquele originado da etapa de raspas, aparas e serragens curtidas ao cromo. Após sua mistura com composto de lixo urbano, os lodos foram colocados em um conjunto de sete leiras e inoculados com *Eisenia foetida*, sendo acompanhados ao longo de sete meses. Os resultados mostraram que as minhocas não

bioacumularam o cromo, mas a sua ingestão determinou efeitos tóxicos nestes organismos, a partir de concentrações da ordem de 20.000 mg/kg. O autor ainda destaca que o processo proporcionou significativa atenuação ao cromo, interferindo significativamente na sua mobilidade.

Já VIG et al., (2011) avaliaram a capacidade de minhocas *E. foetida* em converter o lodo de curtume, misturado com estrume bovino, em fertilizante. Os autores testaram as proporções 0:100 (T0), 10:90 (T10), 25:75 (T25), 50:50 (T50), 75:25 (T75). Como o lodo sem mistura é letal para as minhocas, o mínimo de mortalidade e o maior acúmulo de população ocorreu na mistura T0. Os autores obtiveram resultados satisfatórios, porém decrescentes para maiores proporções de lodo. A medição inicial dos elementos químicos e seu incremento com a vermicompostagem foram de: N (7,3 – 66,6%), Na (16,90 – 70,6%), P (8,57 – 44,8%) e pH (2,8 – 13,7%). Outros elementos apresentaram reduções em relação à situação inicial: K (4,34 – 28,5%), carbono orgânico (7,54 – 22,4%) e condutividade elétrica (32,35 – 53,1%). A razão C:N diminuiu sensivelmente durante o processo: dos 20,5% iniciais para 47,4% nos produtos finais. O aumento de concentração dos metais Cu, Mn, Fe e Zn ficou dentro dos limites legais indianos, e a concentração de cromo não foi medida.

FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE ORIGEM DOMÉSTICA

Outra prática interessante que vem sendo adotada em muitos países refere-se à fertirrigação de culturas agrícolas com águas residuárias de origem doméstica. O primeiro relato de fertirrigação com efluente de esgoto foi em 1897, na Fazenda Werribee, próximo a Melbourne, Austrália (FEIGIN et al., 1981). De lá para cá, diversos estudos têm sido conduzidos a fim de avaliar a viabilidade e a aplicabilidade dessa prática em contextos diferenciados na agricultura. Nesse sentido, BOND (1998) ressalta que estudos individuais de várias culturas, levando em consideração as condições específicas de clima e solo são necessários.

Por várias razões, a reutilização dos efluentes tratados e/ou parcialmente tratados na fertirrigação de culturas agrícolas, ao invés de descarregá-los nos corpos hídricos, tem sido uma alternativa popular e atrativa (SANTOS et al., 2006). Dentre as principais razões destacam-se: (i) as águas residuárias de origem doméstica, especialmente, em regiões de escassez hídrica, podem ser consideradas fonte suplementar de água para sustentabilidade da agricultura irrigada; (ii) o uso dessas águas residuárias também pode, dentro de certas limitações, disponibilizar outros recursos adicionais como aqueles ligados ao aspecto nutricional das plantas e (iii) as águas residuárias não somente mantém as águas de superfície, mas também, a sua disposição no solo implica em reciclagem, em que “poluentes” passam a ser nutrientes para o crescimento das plantas (HESPANHOL, 2002; BARROSO & WOLFF, 2011).

BARROSO & WOLFF (2011) destacam que quanto à qualidade de solo, de um modo geral, a fertirrigação com águas residuárias de origem doméstica tem alterado principalmente os parâmetros: (i) carbono total e nitrogênio total no solo e nitrogênio mineral na solução no solo; (ii) atividade, composição e função da comunidade microbiana; (iii) cálcio e magnésio trocáveis; (iv) salinidade, sodicidade, dispersão de argilas e condutividade hidráulica.

A utilização de efluentes domésticos para fins agrícolas é uma realidade em diferentes países, conforme pode ser observado na tabela 1. Porém, no Brasil, conforme discutido por BERTONCINI (2008), alguns entraves legislativos e técnicos

têm limitado sua expansão. Entre os entraves políticos podem-se citar: (i) falta de tratamento de esgoto e risco de uso de produtos não tratados para o ambiente e saúde pública; (ii) falta de estudos que subsidiem a construção de legislação específica que regulamente o reuso; (iii) falta de legislação apropriada para cada tipo de efluente; (iv) legislações muito restritivas em alguns casos; (v) elevado custo de investimento inicial em sistemas de tratamento/distribuição e (vi) baixa competitividade de custo de água de reuso, quando comparada à água tratada.

Alguns trabalhos disponíveis na literatura internacional têm demonstrado resultados promissores quanto à fertirrigação da cultura do milho com águas residuárias de origem doméstica (OVERMAN, 1981; FEIGIN et al., 1981; LATTEREL et al., 1982; OVERMAN et al., 1995; VASQUEZ-MONTIEL et al., 1996; da-FONSECA et al., 2005). Na grande maioria destes estudos a fertirrigação nutriu adequadamente as plantas e não causou danos ambientais. Porém, os solos que receberam os cultivos possuíam de média à alta fertilidade natural, elevada CTC e predomínio de argilominerais do tipo 2:1 na sua fração argila (solos esmectíticos), o que difere grandemente dos solos tropicais brasileiros.

Por outro lado, no Brasil, poucos estudos avaliaram o efeito da fertirrigação da cultura do milho com águas residuárias de origem doméstica. Dentre os estudos desenvolvidos, destacam-se os trabalhos de FONSECA (2001), ANDRADE et al. (2005), COSTA et al., (2009), NICHELE (2009), CASTRO (2010), DA-SILVA et al. (2010), JAVAREZ-JR et al. (2010), COSTA et al., (2012) e PLETSCHE (2012). A tabela 2 apresenta uma síntese dos estudos brasileiros ligados à fertirrigação com água residuária de origem doméstica na cultura do milho, com destaque para os principais resultados obtidos.

TABELA 1. Exemplos de países que utilizam águas residuárias de origem domésticas para fins agrícolas

Local	Cultivo	Tratamento	Área irrigada (ha)
México	Hortaliças	Sistema australiano	250.000
Peru	Algodão, uva e hortaliças	Lagoas facultativas e de maturação	4.300
Estados Unidos	Vários	Lagoa aerada/de maturação e tratamento primário e secundário de desinfecção	14.000
Alemanha	Hortaliças	Tratamento primário, secundário e desinfecção	28.000
Israel	Vários	Lagoa anaeróbia, facultativa e maturação	10.000
Índia	Vários	Lagoas de estabilização	73.000
Melbourne	Forragens	Lagoas de estabilização	10.000
Tunísia	Vários	Lagoas de estabilização	7.350
Kuwait	Vários	Tratamento primário, secundário e desinfecção	12.000
Sudão	Bosques	Tratamento primário e secundário	2.800

Fonte: Adaptado de BASTOS (2003) e NICHELE (2009).

TABELA 2. Síntese dos principais estudos brasileiros ligados à fertirrigação com água residuária de origem doméstica na cultura do milho.

Referência	Local	Condições experimentais	Principais resultados
FONSECA (2001)	Lins (SP)	Ambiente protegido	O efluente mostrou-se eficiente em substituir totalmente a água de irrigação, porém parcialmente a fertilização nitrogenada e não nutriu adequadamente as plantas na ausência total de fertilizantes minerais. Por outro lado, o efluente usado mostrou pobre em metais tóxicos e as unidades experimentais fertirrigadas tiveram menor acidificação.
ANDRADE et al. (2005)	Recife (PE)	Ambiente protegido	O lixiviado do Argissolo apresentou elevados teores de nitrato, nos tratamentos com fertilizante, efluente e efluente corrigido.
COSTA et al. (2009)	Campina Grande (PB)	Em campo	Verificou-se que todas as variáveis de crescimento do milho (altura, diâmetro caulinar e área foliar) foram superiores para os tratamentos que receberam água residuária, com valores superiores aos dos tratamentos, utilizando água de abastecimento.
NICHELE (2009)	Porto Alegre (RS)	Em campo	Os efluentes UASB e Lagoa aportaram ao solo, em maiores quantidades, os nutrientes N, K, Ca, Mg, P e Na. A irrigação com o efluente UASB se equipareu ao tratamento com adubação mineral e irrigação com água tratada quanto à produção de matéria seca e rendimento de grãos de milho.
CASTRO (2010)	Porto Alegre (RS)	Em campo	Os resultados obtidos confirmam a presença de hormônios naturais e sintéticos no esgoto bruto e nos efluentes tratados, mas em concentrações baixas e não indicam processo de transferência ou acúmulo desses contaminantes para os grãos de milho.
DA-SILVA et al. (2010)	Recife (PE)	Em campo	Os resultados demonstraram que as concentrações no tecido foliar dos macronutrientes (NPK) na cultura do milho foram relativamente baixa e em relação aos elementos Cd, Cu, Mn e Zn, as concentrações encontradas não são capazes de causar toxicidade à planta ou a saúde humana.

Referência	Local	Condições experimentais	Principais resultados
JAVAREZ-JR et al. (2010)	Campinas (SP)	Em campo	O emprego de sistemas modulares (dois reatores anaeróbios, um reator UASB e outro reator anaeróbio compartimentado) propicia a vantagem de diminuição nos custos de produção e aumento na produtividade do milho, obtendo-se valores de 6307 a 6593 kg ha ⁻¹ na safrinha com efluente do UASB e RAC respectivamente, e na entressafra de 6323 a 5424 kg ha ⁻¹ .
COSTA et al. (2012)	Apodí (RN)	Em campo	O uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do milho, além de favorecer a umidade do solo, proporcionou níveis nutricionais satisfatórios às plantas, podendo ser considerado uma fonte de nutrientes para sua produção. A adubação mineral do milho pode ser substituída em parte pela adição de água residuária tratada, possibilitando menor custo de produção, embutindo ganhos ambientais e na saúde humana.
PLETSCH (2012)	Botucatu (SP)	Em campo	Os resultados obtidos demonstraram que o reuso de efluente de esgoto, foi vantajoso para os atributos de plantas avaliados com valores estatisticamente maiores. A produtividade do tratamento efluente foi 50 % maior em relação ao tratamento água. A matéria orgânica e o Mn do solo aumentaram significativamente na área fertirrigada com efluente de esgoto doméstico. A maioria dos atributos químicos do solo não foi influenciada pelo reuso de esgoto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que diversos estudos têm apontado para a alta potencialidade do uso de lodos de curtume *in natura* e para a prática da fertirrigação com água residuária de origem doméstica na cultura de diferentes espécies agrícolas. Além disso, a vermicompostagem de resíduos potencialmente tóxicos, tem-se apresentado como alternativa viável, de custo financeiro acessível e interessante do ponto de vista agrônomo e ambiental. Apesar disso, há ainda resistência em relação à prática de reciclagem desses resíduos na agricultura. Parte dessa resistência reside no fato de que ainda não existem informações sistematizadas concernentes aos efeitos do uso desses resíduos ou efluentes sobre parâmetros físico-químicos, químicos e físicos de diferentes classes de solo e sobre a produtividade de culturas, como a do milho. Assim, estimula-se o desenvolvimento de novas pesquisas com vistas a superar o desafio de reverter o quadro atual de depleção ambiental, resultado da baixa ecoeficiência dos processos industriais e do

uso irracional das águas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.P.N.; COSTA, L.R.; SAMPAIO, P.R.F.; AZEVEDO, J.; DIAS, N.S. Utilização de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 69-75, out./dez. 2012.

ALVES, W.W.A.; AZEVEDO, C.A.V.; NETO, J.D.; LIMA, V.L.A.; SOUSA, J.S.C. Altura da planta do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, n. 4, p. 28-32, out./dez. 2009a.

ALVES, W.W.A., AZEVEDO, C.A.V.; NETO, J.D.; SOUSA, J.T.; LIMA, V.L.A. Água residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, n. 4, p. 16-23, out./dez. 2009b.

ANDRADE, I.P.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, J.A.A.; FREIRE, M.B.G.; SANTOS, T.E.M. Impacto do reuso de efluentes de esgoto no lixiviado de solos cultivados com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, Suplemento, p. 212-216, 2005.

AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; SILVA, V.F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Embrapa/CNPBS. 1992, 12p. (Comunicado Técnico, 8).

ARAÚJO, F.F.; TITITAN, C.S.; PEREIRA, H.M.; CAETANO-JÚNIOR, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 507-511, set./out. 2008.

BARROS, M.A.S.D.; ARROYO, P.A.; SOUSA-AGUIAR, E.F.; SEGARRA, V. O processamento de peles. In: BARROS, M.A.S.D.; ARROYO, P.A.; SOUSA-AGUIAR, E.F.; GARCIA, P.A. (Ed.). **Problemas ambientais com soluções catalíticas: I o cromo no processamento de peles**. 1. ed. Madrid: Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, 2001, cap. 4, p. 37-63.

BARROSO, L.B.; WOLFF, D.B. Reuso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 225-236, jul./set. 2011.

BASTOS, R.K.X. (Org.). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rima/ABES, 2003, 267p.

BATISTA, M.M.; ALOVISI, A.M.T. Alterações de atributos químicos do solo e rendimento da cana soca pela utilização de lodo de curtume. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, Valinhos, v. 13, n. 17, p. 387-396, jun. 2010.

BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, p. 152-169, jun.

2008.

BIDONE, F.R.A. **A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo orgânico urbano como substrato**. 1995. 294f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

BOND, W.L. Effluent irrigation – an environmental challenge for soil science. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 36, n. 4, p. 543-555, jul./ago. 1998.

BORGES, J.D.; BARROS, R.G.; SOUZA, E.R.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.P.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA, I.P.; CARNEIRO, M.F.; NAVEZ, R.V.; SONNENBERG, P.E. Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizadas com lodo de curtume. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 1-6, abr./jun. 2007.

CARLESSO, W.M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. *Revista Destaques Acadêmicos*, Lajeado, n. 4, p. 105-110, out./dez. 2011.

CASTILHOS, D.D.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e crômio hexavalente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1083-1092, jul./ago. 2002.

CASTRO, C.M.B. **Ocorrência de desreguladores endócrinos em cultura de milho irrigada com efluentes urbanos tratados**. 2010. 106f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)-Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CLAAS, I.C.; MAIA, R.A.M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: SENAI Rio Grande do Sul, 1994. 664p.

COSTA, C.N.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; KONRAD, E.E.; PASSIONOTO, C.C.; RODRIGUES, C.G. Efeito de adição de lodo de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. *Revista Brasileira de Agrociências*, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 189-191, set./dez. 2001.

COSTA, F.X.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, C.A.V.; SOARES, F.A.L.; ALVA, I.D.M. Efeitos residuais da aplicação do biossólido e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 687-693, nov./dez. 2009.

COSTA, M.S.; COSTA, Z.V.B.; ALVES, S.M.C.; NETO, M.F.; MARINHO, M.J.C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. *Irriga*, Botucatu, v. 1, n.1 (edição especial), p. 12-26, jan./abr.2012.

DA-FONSECA, A.F. MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. I. Plant dry matter yield and soil nitrogen and phosphorus availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Georgia, v. 36, n. 13-14, p. 1983-2003, jul. 2005.

DA-SILVA, A.S.; BARROS, K.K.; FIGUEIRÊDO, G.J.A.; SILVA-FILHO, E.D. Absorção de nutrientes e metais pesados em plantas de milho submetidas à irrigação com efluentes. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 5., 2010, Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió: IFAL, 2010. Disponível em: <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/-CONNEPI2010/paper/view/1815>. Acesso em: 05 Abr., 2013.

ELVIRA, C.; SAMPEDRO, L.; BENITEZ, E.; NOGALES, R. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: a pilot scale study. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 63, n.3, p. 205-211, mar. 1998.

FEIGIN, A.; FEIGENBAUM, S.; LIMONI, H. Utilization efficiency of nitrogen from sewage effluent and fertilizer applied to corn plants growing in a clay soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 10, n. 3, p. 284-287, jul./set. 1981.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 4, p.755-763, jul./ago. 2003.

FONSECA, A.F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluentes de esgoto tratado**. 2001. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GANEM, R.S. Curtumes: aspectos ambientais. Brasília: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados/, 2007. 17p. Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1281/curtumes_aspectos_senna.pdf?sequence=1. Acesso em 20 mai. 2013.

GARG, V.K.; KAUSHIK, P. Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 96, n. 9, p. 1063–1071, jun. 2005.

GODECKE, M.V.; RODRIGUES, M.A.S.; NAIME, R.H. Resíduos de curtume: estudo das tendências de pesquisa. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 7, n. 7, p. 1357-1378, mar./ago. 2012.

GONÇALVES, I.C.R. **Atributos químicos e biológicos do solo e produtividade do feijão-caupi após dois anos de aplicação de lodo de curtume compostado**. 2011. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

HAIT, S.; TARE, V. Vermistabilization of primary sewage sludge. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 102, n. 3, p. 2812-2820, fev. 2011.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7 n. 4, p. 75- 95, out./dez. 2002.

HU, J.; XIAO, Z.; ZHOU, R.; DENG, W.; MA, S. Ecological utilization of leather

tannery waste with circular economy model. **Journal of Cleaner Production**, Knoxville, v. 19, n. 2-3, p. 221-228, jan./fev. 2011.

JAVAREZ-JR, A.; RIBEIRO, T.A.P.; PAULA-JR, D.R. Eficiência do reuso de águas residuárias na irrigação da cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 231-247, jul./set. 2010.

KAUR, A.; SINGH, J.; VIG, A.P.; DHALIWAL, S.S.; RUP, P.J. Cocomposting with and without Eisenia fetida for conversion of toxic paper mill sludge into soil conditioner. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 101, n. 21, p. 8192-8198, nov. 2010.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 257-265, jan./fev. 2002.

KRAEMER, M.E.P. Resíduos industriais e a questão ambiental associada à contabilidade aplicada ao ambiente natural. **Revista Técnica do Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v. 7, n. 30, p. 06-17, jan./jun. 2006.

LATTERELL, J.J.; DOWDY, R.H.; CLAPP, C.E.; LARSON, W.E.; LINDEN, D.R. Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal waste-water effluent: a 5-year study. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 11, p. 124-128, jan. 1982.

LUDWIG, R.; PUTTI, F.F.; BRITO, R.R. Revisão sistemática sobre o uso de efluentes na agricultura. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 8, n. 6, p. 167-176, jun. 2012.

MARTINES, A.M. **Impacto do lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo**. 2005. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n.4, p. 603-612, out./dez. 2005.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109-115, mar./abr. 2008.

MEDEIROS, S.S. **Alterações física e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. 2005. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 2. ed. New York: McGraw-Hill Inc, 1991. 1334p.

MOTTER, O.F.; KIEHL, E.J.; KAWAI, H.; MEDEL, L.E.; YOSHIMOTO, H. Utilização

de minhocas na produção de composto orgânico. CETESB: São Paulo, 1990, 8p.

NASCIMENTO, M.B.H.; LIMA, V.L.A.; AZEVEDO, C.A.V.; SOUZA, A.F. Propriedades químicas do solo cultivado com mamona, irrigado com água residuária tratada de adubado com biossólido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 8-15, out./dez. 2009.

NICHELE, J. **Utilização de efluentes sanitários tratados para o suprimento de nutrientes à cultura do milho e modificações em propriedades químicas do solo**. 2009. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

OVERMAN, A.R. Irrigation of corn with municipal effluent. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, Niles, v. 24, n. 1, p. 74-80, jan./fev. 1981.

OVERMAN, A.R.; WILSON, D.M.; VIDADK, W.; ALLHANDS, M.N.; PERRY-JR, T.C. Model for partitioning of dry matter and nutrients in corn. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 5, p. 959-968, mai. 1995.

PACHECO, J.W.F. **Curtimes – Série P+L**. São Paulo: CETESB/Secretaria de Meio Ambiente. 2005. 76p. Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 5 jan. 2013.

PINHEIRO, F.G.R. **Avaliação do Potencial Poluidor de curtumes do Distrito Industrial de Icoaraci e influência sobre os recursos hídricos locais**. 2005. 140f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

PLETSCH, T.A. **Irrigação de milho por sulcos com efluente de esgoto doméstico tratado**. 2012. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2012.

RAVINDRAN, B.; DINESH, S.L.; KENNEDY, L.J.; SEKARAN, G. Vermicomposting of solid waste generated from leather industries using epigeic earthworm *Eisenia foetida*. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, New York, v. 151, n. 2-3, p. 480-488, dez. 2008.

ROPKE, C.R.; PALMEIRA, E.M. Competitividade das exportações brasileiras de couro. **Revista Académica de Economía**, Málaga, n. 71, n. 1, p. 1-7, dez. 2006.

SANTOS, K.D.; HENRIQUE, I.N.; SOUSA, J.T.; LEITE, V.D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. suplemento especial, n. 1, p. 1-7, jul-dez. 2006.

SEGPLAN. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento do Estado de Goiás. **Programa Fomentar/Produzir – Informações e Análises para o Estado e Microrregiões de Goiás**. Goiânia: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos, 2012. 41p. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/estudos.asp>>. Acesso em: 02 de abr. 2013.

SEN, B.; CHANDRA, T.S. Chemolytic and solid-state spectroscopic evaluation of

organic matter transformation during vermicomposting of sugar industry wastes. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 98, n. 8, p. 1680-1683, mai. 2007.

SILVA, A.S.S.; SOUZA, J.G.; LEAL, A.C. Qualidade de vida e meio ambiente: experiência de consolidação de indicadores de sustentabilidade em espaço urbano. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 177-196, jul./dez. 2012.

SILVA, C.J.C.; LIMA, M.G.S.; CARVALHO, C.M.; ELOI, W.M.; PEDROZA, M.M.; DA-SILVA, C.J.C. Efeito do lodo de estação de tratamento de despejos de curtume na fase inicial do crescimento do milho. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 5, n. 2, p. 1-10, dez. 2005.

SILVA, R.F.; VASCONCELLOS, N.J.S.; STEFFEN, G.P.K.; DOTTO, R.B.; GRUTKA, L. Caracterizações microbiológicas e químicas em resíduos orgânicos submetidos à vermicompostagem. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 108-115, jan./mar. 2011.

SIMÕES, K.S.; PEIXOTO, M.F.S.; ALMEIDA, A.T.; LEDO, C.A.S.; PEIXOTO, C.P.; PEREIRA, F.A.C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 518-523, mai. 2013.

SINGH, J.; KAUR, A.; VIG, A.P.; RUP, P.J. Role of *Eisenia fetida* in rapid recycling of nutrients from bio sludge of beverage industry. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 73, n. 3, p. 430-435, mar. 2010.

SOUZA, E.R.B.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.P.; OLIVEIRA, I.P.; XIMENES, P.A.; CARNEIRO, M.F.; BARROS, R.G. Teores de metais tóxicos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 117-122, mai./ago. 2005.

SUTHAR, S. Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 97, n. 18, p. 2474-2477, dez. 2006.

TEIXEIRA, K.R.G.; GONÇALVES-FILHO, L.A.R.; CARVALHO, E.M.S.; ARAÚJO, A.S.F.; DOS-SANTOS, V.B. Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1071-1076, dez. 2006.

VASQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science & Technology**, London, v. 33, n. 10-11, p. 355-362, out. 1996.

VIG, A.P.; SINGH, J.; WANI, S.H.; DHALIWAL, S.S. Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm *Eisenia fetida* (Savigny). **Bioresource Technology**, Grain Britain, v. 102, n. 17, p. 7941-7945, set. 2011.

YADAV, A.; GARG, V.K. Feasibility of nutriente recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. **Journal of Hazardous Materials**, New York, v. 168, n. 1, p. 262-ago. 268, 2009.

