

PROCESSOS ALTERNATIVOS AO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELA INDÚSTRIA COUREIRO-CALÇADISTA

E. ANDRIOLI e M. GUTTERRES

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO)

E-mail para contato: andrioli@enq.ufrgs.br e mariliz@enq.ufrgs.br

RESUMO – A indústria coureiro-calçadista é responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos, que são destinados, na maioria das vezes, a aterros. Porém, esta seria a opção final para sua disposição, esgotadas todas as possibilidades para seu reaproveitamento. Neste cenário surgem, então, alternativas para o tratamento ou reaproveitamento destes resíduos. Entre elas, estão o co-processamento, onde os resíduos são utilizados como matéria-prima ou fonte de energia para substituir os recursos naturais e os combustíveis fósseis; a gaseificação, processo no qual é gerado gás combustível ou gás de síntese; e, no caso de resíduos sólidos orgânicos, a compostagem, objetivando a produção de um composto fertilizante. Neste trabalho será apresentado um estudo dos processos de co-processamento, gaseificação e compostagem, como alternativas ao tratamento dos resíduos sólidos gerados pela indústria coureiro-calçadista.

1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de curtimento, as peles são transformadas em produtos estáveis ao ataque bacteriano. Assim o couro, produto final, é um material altamente resistente à degradação. Considerando-se que o ciclo de vida médio de couro curtido é entre 25 e 40 anos (Bertazzo *et al.*, 2012), o acúmulo deste material em aterros e a gestão da sua disposição implica um elevado custo econômico, bem como ambiental. Curtumes geram consideráveis quantidades de lodo, aparas, pelos e outros resíduos (Tahiri e De La Guardia, 2009), como consequência inerente da produção do couro. A valorização destes resíduos é caracterizada pela grande diversidade de técnicas empregadas ou recomendadas. Esta diversidade aumenta com a variedade de resíduos gerados. A tecnologia apropriada deve ser desenvolvida para promover a destinação adequada destes materiais.

A fabricação de calçados também é responsável pela geração de uma considerável quantidade de resíduos sólidos. Sendo estes, também de grande preocupação devido à diversidade de sua composição. Dentre os resíduos gerados por este setor, encontram-se: aparas de couro curtido, espumas, restos de materiais sintéticos, borracha, EVA, PU, tecidos, materiais a base de celulose e madeira, etc. A Figura 1 ilustra alguns exemplos de resíduos gerados na indústria coureiro-calçadista.

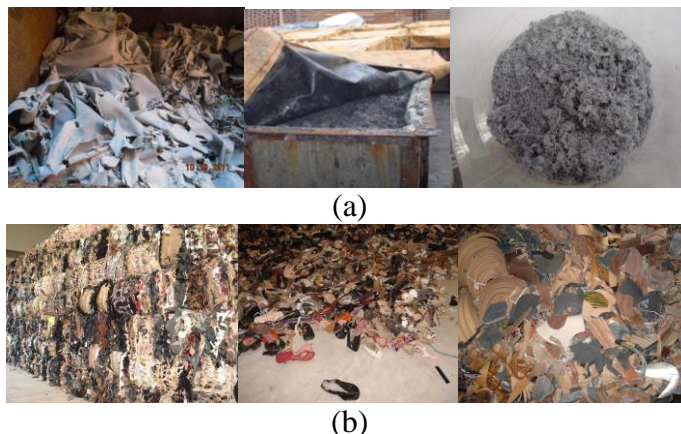


Figura 1-Exemplos de resíduos sólidos gerados na indústria coureiro-calçadista:
(a) resíduos de curtume, (b) resíduos de indústria calçadista.

Uma grande parcela destes resíduos é destinada a ARIPs (Aterro de Resíduos Industriais Perigosos). Em 2013, Kipper realizou um inventário sobre as condições e características de oito aterros de resíduos industriais perigosos localizados no Vale dos Sinos, região metropolitana de Porto Alegre/RS, e concluiu que os mesmos estavam de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 10.157/87. Dentre os aterros entrevistados, três deles recebem resíduos tanto de curtumes, quanto de indústrias calçadistas, dispendo-os misturadamente. A Tabela 1 apresenta a relação dos resíduos atualmente recebidos e dispostos nestes aterros.

Tabela 1 – Relação de resíduos atualmente recebidos/destinados aos aterros.

Característica/ Aterros	Aterro A	Aterro B	Aterro C
· Farelo de rebaixadeira		x	x
· Lodo de ETE	x	x	x
· Aparas de couro wet-blue		x	x
· Aparas de couro semi-acabado		x	x
· Aparas de corte (couro acabado)	x	x	x
· Resíduos de fábrica de calçados	x	x	x
Realiza aproveitamento de resíduos	sim	sim	sim

A disposição de resíduos curtidos e lodos em ARIPs é uma forma de destinação rápida e econômica, porém, não é uma solução permanente, pois os materiais ficam confinados, gerando um passivo ambiental a ser monitorado por muitos anos. A grande dificuldade dos aterros está na necessidade de construção de novas valas, pois os resíduos continuam sendo produzidos e a maior parte acaba sendo destinada para os aterros. Devido à grande quantidade de material encaminhado para disposição em ARIPs, a capacidade destes acaba sendo esgotada em curtos períodos, levando à construção de novos aterros ou valas. O desenvolvimento de tecnologias para diminuição do volume, ou alternativas para o reaproveitamento destes resíduos tornam-se prioridade, já que a construção de novas valas ou aterros é um processo caro, que envolve a licença de órgãos ambientais e leis, necessitando de um longo tempo até o início da disposição.

Neste contexto, o tratamento térmico surge como uma alternativa para a destinação destes resíduos. Por meio do tratamento térmico, é possível produzir energia e garantir a redução do volume do material. Porém, esta prática gera cinzas que contêm quantidades elevadas de cromo. No entanto, pesquisas recentes concentram-se na busca de alternativas para o uso, reciclagem de metais e tratamento destas cinzas, como por exemplo, a produção de materiais refratários (Basegio *et al.*, 2006), a produção de sulfato de cromo (Dettmer *et al.*, 2010), e a utilização das cinzas como fonte de cromo para a produção de liga ferro-cromo de alto carbono (Alves *et al.*, 2012).

Com relação aos resíduos sólidos orgânicos, os curtumes produzem quantidades substanciais de lodo e material não curtido, suscetíveis à fermentação em condições aeróbias. O lodo contém nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, cromo trivalente e sódio. Assim, várias técnicas de compostagem podem ser utilizadas, dependendo da quantidade de lodo e resíduos a serem tratadas. A compostagem como um método para a gestão de resíduos sólidos de curtume é capaz de evitar muitos dos riscos ambientais e produzir um composto estável, apropriado para a fertilização do solo (Tahiri e De La Guardia, 2009; Amir *et al.*, 2008).

O objetivo deste trabalho, então, é estudar alternativas para o tratamento dos resíduos sólidos gerados pela indústria coureiro-calçadista. Como alternativa aos resíduos orgânicos está a compostagem, técnica capaz de produzir material fertilizante ao solo. Com relação aos demais resíduos, está o tratamento térmico, como uma alternativa de reaproveitamento energético deste material. Sendo, neste caso, abordadas as tecnologias de co-processamento e gaseificação.

2. TRATAMENTO TÉRMICO: CO-PROCESSAMENTO E GASEIFICAÇÃO

Devido ao esgotamento dos combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão), e aos esforços para reduzir as emissões de CO₂, a produção de combustíveis a partir de biomassa transformou-se uma área de pesquisa em expansão. O co-processamento é o uso de resíduos como matéria prima e/ou como uma fonte de energia, para substituir os recursos naturais minerais e os combustíveis fósseis, em processos industriais, principalmente em indústrias de energia intensiva (produção de cimento e geração de energia). Entre os principais benefícios do co-processamento estão: a redução e o maior controle dos níveis de emissão de poluentes, substituição do combustível convencional em até 30%, redução no consumo de energia, aumento do investimento na área ambiental, ganho de competitividade e a melhoria da imagem da empresa na comunidade (Sindicato Nacional da Indústria de Cimento, 2009; Lamas *et al.*, 2013).

Alguns exemplos de resíduos geralmente co-processados são: óleo usado (inclusive lubrificante), solo e outros materiais contaminados com óleo (panos, serragem, vegetação), óleo solúvel e em emulsão, óleo sujo, graxa usada, filtro de óleo, resíduos de limpeza com solvente, escória de fundição de alumínio, ferro, aço e zinco, resíduos de minerais não-metálicos, soluções esgotadas de banho de tratamento superficial com cianeto; resíduos de pintura, emulsão asfáltica, solvente de parafina com tintas, borras de percloroetileno, misturas de resina e solvente, trietilenoglicol, pneus (Popovics, 1993; Carpio *et al.*, 2008; Lamas *et al.*, 2013). De acordo com

os artigos 1º e 2º da Portaria nº16/2010 da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS), resíduos Classe I com características de inflamabilidade (solos, estopas e panos contaminados com óleo, por exemplo), não podem mais ser destinados a aterros, sugerindo-se pelo Art. 5º, desta mesma portaria, que sua destinação final seja realizada em unidades licenciadas de reprocessamento, recuperação, reciclagem, tratamento biológico, co-processamento em fornos de clínquer ou de sistemas de tratamento térmico (incineração).

A gaseificação pode ser definida como a oxidação parcial de resíduos na presença de uma quantidade de oxidante menor do que a necessária para a combustão estequiométrica. Basicamente, uma parte do combustível é queimado para fornecer o calor necessário para gaseificar o resto. O resultado é um gás (combustível ou de síntese), contendo produtos não completamente oxidados, caracterizados por um valor calórico adequado para uso em equipamentos de outros processos. A gaseificação tem várias vantagens sobre os tradicionais processos de combustão de resíduos, principalmente devido à possibilidade de combinar o tipo de material de partida, as condições de operação e as características do reator para se obter um gás de síntese adequado para uso em diferentes aplicações (Arena, 2011).

A utilização de resíduos de couro (biomassa) para gerar energia torna-se interessante devido ao seu poder calorífico e às características da cinza gerada, a qual poderia ser utilizada em outros processos. Uma unidade semi-piloto (350 kWth) foi projetada e construída para processar resíduos de couro, onde Godinho *et al.* (2007) avaliaram as emissões do gaseificador, e caracterizaram as cinzas e os gases de combustão. Foi possível concluir que: as condições operacionais aplicadas no processo forneceram um baixo grau de oxidação do cromo presente nos resíduos, a baixa concentração de CO nos gases de combustão indica uma alta eficiência de combustão do processo. Godinho *et al.* (2009) também realizaram a caracterização das emissões de dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos (PCDD/F). A maioria dos PCDD/F foram encontrados na fase particulada (> 95%), gás cloro não foi detectado, e a dependência entre a qualidade de combustão e a concentração de PCDD / F no gás de combustão foi comprovada.

Os resíduos coureiro-calçadistas representam uma fonte alternativa para a geração de energia. Verificando-se, assim, a possibilidade do tratamento térmico destes resíduos, desde que estes sejam devidamente caracterizados, e as condições operacionais do processo sejam devidamente avaliadas e utilizadas adequadamente para atingir o objetivo final: redução do volume de resíduo, geração de energia e minimização de passivos ambientais (minimização ou não geração de dioxinas e furanos, por exemplo), atendendo a legislação vigente.

Diversos materiais são utilizados na fabricação de calçados: laminados sintéticos em PVC, PU, EVA, mistos (PU e PVC), materiais têxteis. E, como consequência, resíduos destes materiais são gerados durante o processo produtivo. Alternativas para minimizar a geração destes resíduos são desenvolvidas através do *ecodesign* e da produção mais limpa com a fabricação de calçados ecológicos. O *ecodesign* tem como objetivo principal reduzir o impacto ambiental do produto em todas as principais fases do ciclo de vida de um produto (Reichert e Schmidt, 2006). No calçado, investir em pesquisa para melhorar o índice de recuperação e reutilização dos resíduos gerados durante a fabricação é um dos exemplos da aplicação do *ecodesign*. Serrano *et al.* (2007)

realizaram um trabalho de obtenção do calçado ecológico de couro utilizando tecnologia limpa de produção. Foi utilizado couro curtido com aldeído glutárico e taninos vegetais, acabamento com substâncias classificadas como não perigosas, solado em borracha natural, adesivos sem solventes orgânicos. O contraforte, em material biodegradável, as espumas utilizadas foram de biolátex, e a embalagem foi de papel reciclado e biodegradável.

A Comissão da Comunidade Européia desenvolveu um selo ecológico que se trata de um dispositivo válido, reconhecido e único em toda União Européia (Weschenfelder, 2007), com capacidade de gerir e melhorar os impactos ambientais, cada vez mais um fator de competitividade. O selo é o mesmo para todos os grupos de produtos e para todos os países. No caso do calçado (Sánchez, 2007), o objetivo principal perseguido pelos critérios ecológicos é fomentar a limitação dos níveis de resíduos tóxicos, as emissões de compostos orgânicos voláteis e fomentar a fabricação de produtos mais duradouros. Com isso verifica-se que esforços estão sendo realizados para minimizar o impacto da indústria calçadista, porém muito ainda há muito que fazer com relação a não geração, reciclagem e/ou reaproveitamento dos resíduos calçadistas.

3. COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo aeróbio em que microrganismos, termófilos e mesófilos, transformam a matéria orgânica e produzem um composto estabilizado e desinfetado. A sanitização de compostos geralmente está relacionada à fase termófila, quando as temperaturas chegam a 45-70 ° C. Durante a fase mesófila (maturação), os compostos orgânicos restantes, mais recalcitrantes, são degradados mais lentamente, o que acarreta o desaparecimento de fitotoxicidade residual (Bhatia *et al.*, 2013). O produto final não deve conter patogênicos ou ovos viáveis, e deve estar estável e adequado para utilização como um condicionador do solo. Fatores como: teor de oxigênio, umidade, composição, pH e temperatura, estão fortemente relacionados com as comunidades microbianas (Fornes *et al.*, 2012).

O objetivo principal do processo é a redução do volume de resíduos sob a forma de composto orgânico, o que é viável dada a sua simplicidade tecnológica e aos baixos custos de investimento. Esta tecnologia apresenta-se como alternativa para a minimização dos efeitos do resíduo sólido no meio ambiente. O pelo é um resíduo recuperado na filtração do efluente de depilação e caleiro. Uma de suas principais características é o seu elevado teor de nitrogênio (12,2%), um fator favorável para fins agrícolas. O pelo é um material orgânico biodegradável, que ao ser misturado com resíduos de pasto e poda, em determinada proporção, pode ser decomposto completamente, o que representa uma solução para o problema da gestão de resíduos, evitando seu envio a aterros. O composto orgânico à base de pelo vacuum tem um possível mercado nas granjas, viveiros, jardins e cultivos orgânicos, com certas vantagens em relação a outros fertilizantes, por sua liberação mais lenta de nitrogênio (Careri e Morra, 2010). A aplicação de enzimas (Dettmer *et al.*, 2013a) na etapa de depilação de peles bovinas (processo *hair saving*), vem sendo estudada com o objetivo de se obter pelos intactos ao final do processo. Entre as pesquisas realizadas estão a depilação co-enzimática (Souza *et al.*, 2012), a depilação enzimática (Dettmer *et al.*, 2013b), e a depilação enzimática-oxidativa (Andrioli e Gutterres, 2014). A recuperação dos pelos através destes processos, além de reduzir a carga orgânica nos

efluentes, permite com que o pelo recuperado possa ser utilizado em outros processos, inclusive na compostagem.

Os principais resíduos sólidos proteicos gerados durante a fabricação do couro são provenientes da etapa de descarte. Os estudos de Ravindran e Sekaran (2010) relatam o tratamento destes resíduos para produção de um composto orgânico e seus efeitos sobre parâmetros fisiológicos de diferentes culturas. O resíduo foi hidrolisado utilizando *Selenomonas ruminantium* HM000123 e então misturado a esterco bovino e manta de folhas, para a produção de adubo orgânico compostado. A compostagem resultou em redução significativa do pH, carbono orgânico total (COT) e razão C: N, aumento no teor de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) após 49 dias. A germinação relativa de sementes, mostrou-se ser de 94% em tomate (*Lycopersicon esculentum*), 92% na grama verde (*Vigna radiata*), 86% em porongo (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl), e 84% em pepino (*Cucumis sativus* L.). Os resultados indicam que a combinação de ambos, hidrólise e compostagem bacteriana, reduziu o tempo total necessário para a compostagem e produziu um produto composto enriquecido com nutrientes.

Vig *et al.* (2011) avaliaram o papel da minhoca na vermicompostagem do lodo de curtume. O lodo foi tóxico para as minhocas, por isso foi misturado com esterco bovino em diferentes proporções: 0:100 (T0), 10:90 (T10), 25:75 (T25), 50:50 (T50) e 75:25 (T75). A mortalidade mínima e maior acúmulo de população de minhocas foi na mistura T0. As quantidades de nitrogênio, sódio, fósforo, e o aumento do pH, foram na faixa 7,3-66,6 %, 16,90-70,58 %, 8,57-44,8 % e 2,8-13,65 %, respectivamente. Potássio, carbono orgânico e a condutividade elétrica diminuíram na faixa de 4,34-28,5 %, 7,54-22,35 % e 32,35-53,12 %, respectivamente. A relação C: N aumentou de 20,53 % para 47,36 % no produto final. Os metais de transição aumentaram significativamente a partir do valor inicial, mas dentro do limite permitido. O resultado indicou que a vermicompostagem com *Eisenia fetida* é capaz de transformar o lodo em um adubo rico em nutrientes em um curto período de tempo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho fez-se um levantamento dos estudos realizados na área de destinação e tratamento final dos resíduos sólidos gerados pela indústria coureiro-calçadista. A compostagem mostra-se como a melhor alternativa de tratamento aos resíduos orgânicos, pois através desta técnica é possível evitar o envio deste material a aterros, evitando a formação de chorume nestes locais, e ainda produzir um composto orgânico, com características adequadas para uso na agricultura. Cabe aqui ressaltar que, no caso de resíduos contendo cromo o processo de compostagem e o composto produzido devem ser devidamente controlados e avaliados com relação à oxidação do Cr^{3+} a Cr^{6+} , este último conhecido por sua toxicidade. O tratamento térmico, por sua vez, é uma alternativa aos demais resíduos. Fazendo-se uma separação prévia dos resíduos, reciclando ou reaproveitando o que for possível, o restante pode ser encaminhado para co-processamento ou gaseificação. A grande vantagem destas técnicas é o reaproveitamento energético do resíduo, evitando a queima de combustíveis fósseis, e promovendo a redução do volume de resíduo, sendo que, as cinzas geradas ainda podem ser reutilizadas para outros fins.

Fica claro, assim, que há uma preocupação com relação ao tratamento/reaproveitamento dos resíduos da indústria coureiro-calçadista. Estudos estão sendo realizados, porém há muito que se estudar e se aprofundar com relação a estes resíduos. Deve-se, primeiramente, partir dos 3Rs da sustentabilidade (reduzir na fonte, reaproveitar e reciclar), e, a partir daí, encontrar alternativas de tratamento (tratamento térmico, compostagem), que permitam o processamento de todo resíduo, de tal forma que não seja mais necessário destinar estes a aterros, evitando assim diversos passivos ambientais, mas sempre respeitando a legislação e as normas ambientais vigentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Edital Universal – MCTI/CNPq Nº14 /2013) e à FAPERGS (Edital 04/2012 - Programa PqG e Edital FAPERGS/CAPES 17/2012 – Programa de bolsas DTI, para centros e laboratórios multiusuários), pelo apoio financeiro a este projeto, e à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, C. R.; BUZIN, P. J. W. K.; HECK, N. C.; SCHNEIDER, I. A. H. Utilization of ashes obtained from leather shaving incineration as a source of chromium for the production of HC-FeCr alloy. *Mater. Eng.*, 29, p. 124–126, 2012.
- AMIR, S.; BENLBOUKHT, F.; CANCIAN, N.; WINTERTON, P.; HAFIDI, M. Physico-chemical analysis of tannery solid waste and structural characterization of its isolated humic acids after composting. *J. Hazard. Mater.*, v. 160, p. 448–455, 2008.
- ANDRIOLI e GUTTERRES. Associated Use of Enzymes and Hydrogen Peroxide for Cowhide Hair Removal. *JALCA*, v. 109, p. 41–48, 2014.
- ARENA, U. Gasification: An alternative solution for waste treatment with energy recovery. *Waste Manage.*, v. 31, p. 405–406, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação: NBR 10157:1987*. 13 pg., Rio de Janeiro, 1987.
- BASEGIO, T., HAAS, C., POKORNY, A., BERNARDES, A.M., BERGMANN, C.P. Production of materials with alumina and ashes from incineration of chromium tanned leather shavings: environmental and technical aspects. *J. Hazard. Mater.*, v. B137, p.1156–1164, 2006.
- BERTAZZO, M.; POVEDA, D.; ALBERT, A.; GARCIA-GRAS, N.; SEGARRA-ORERO, V.; MARTÍNEZ-SANCHEZ, M. A. System for biodegradability evaluation on leather used in footwear industry. *Journal of Asociación Química Española de la Industria del Cuero (AQIC)*, v. 63, p. 61–69, 2012.
- BHATIA, A.; MADAN, S.; SAHOO, J.; ALI, M.; PATHANIA, R.; KAZMI, A. A. Diversity of bacterial isolates during full scale rotary drum composting. *Waste Manage.*, 33, p. 595–1601, 2013.
- CARERI, M. J. R. e MORRA, R. A. L. Geração de composto orgânico a partir de pelo vacum. *Revista do Couro*, v. 212, p. 34–41, 2010.
- CARPIO, R.C.; JUNIOR F. S.; COELHO, L.S.; SILVA, R.J. Alternative fuels mixture in cement industry kilns employing particle swarm optimization algorithm. *J. Braz. Soc. Mech. Sci.*, vol.30, p. 335–340, 2008.
- DETTMER, A., NUNES, K.G.P., GUTTERRES, M., MARCÍLIO, N.R., 2010. Production of basic chromium sulfate by using recovered chromium from ashes of thermally treated leather. *J. Hazard.*

Mater, v. 176, p. 710–714, 2010.

DETTMER, A.; ANJOS, P. S.; GUTTERRES, M. Special Review Paper: Enzymes in the Leather Industry. *JALCA*, v. 108, p. 146-158, 2013a.

DETTMER, A.; CAVALLI, E.; AYUB, M. A. Z.; GUTTERRES, M. Environmentally friendly hide unhairing enzymatic hide processing for the replacement of sodium sulfide and deliming. *J. Clean. Prod.*, v. 47, p.11-18, 2013b.

FORNES, F.; HERNÁNDEZ, D. M.; DE LA FUENTE, R.G.; ABAD, M.; BELDA, R. M. Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes, *Bioresource Technol*, v. 118, p. 296–305, 2012.

GODINHO, M., MARCILIO, N.R., VILELA, A.C., MASOTTI, L., MARTILINS, C.B. Gasification and combustion of the footwear leather wastes. *JALCA*, v. 102, p. 182-190, 2007.

GODINHO, M.; MARCILIO, N. R.; MASOTTI, L.; MARTINS, C. B.; RITTER, D. E.; WENZEL, B. M. Formation of PCDD and PCDF in the thermal treatment of footwear leather wastes. *J. Hazard. Mater*, v. 67, p. 1100–1105, 2009.

KIPPER, E. Tratamento Enzimático e Produção de Biogás por Resíduos Sólidos de Curtume. Dissertação de Mestrado PPGEQ – UFRGS, 2013.

LAMAS, W. Q.; PALAU, J. C. F.; CAMARGO, J.R. Waste materials co-processing in cement industry: Ecological efficiency of waste reuse. *Renew Sust Energ Rev*, v. 19, p. 200–207, 2013.

POPOVICS, S. Portland cement-fly ash-silica fume systems in concrete. *Adv Cem Based Mater*, vol 1 (2), p. 83-91, 1993.

PORTARIA Nº 016/2010, DE 20 DE ABRIL DE 2010. Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM-RS.

RAVINDRAN, B. e SEKARAN, G. Bacterial composting of animal fleshing generated from tannery industries. *Waste Manage.*, v. 30, p. 2622–2630, 2010.

REICHERT, I. K. e SCHMIDT, M.R. Dossiê Técnico: Aplicação do conceito de *Ecodesign* em calçados. Centro Tecnológico do Calçado, SENAI-RS, 2006.

SÁNCHEZ, M. A. M. Ecoetiqueta é um importante apelo de venda na Europa. *Tecnicouro*, v. 28, nº2, p. 36-40, 2007.

SERRANO, C. L. R.; REICHERT, I. K.; SCHMIDT, M. Uso de tecnologia limpa na indústria de calçados. In: 1º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2007, Porto Alegre. Anais do 1º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2007.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO. Relatório Anual 2009. Disponível em www.snic.org.br/pdf/relat2009-10web.pdf (acesso em 29/03/2014).

SOUZA, F. R.; BENVENUTI, J.; SILVA, M. C.; GUTTERRES, M. Análise de Efluentes de Processos de Depilação/ Caleiro com Diferentes Formulações. XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Búzios, R.J., 2012.

TAHIRI, S. e DE LA GUARDIA, M. Treatment and valorization of leather industry solid wastes: a review. *JALCA*, v. 104, p. 52 – 67, 2009.

VIG, A. P.; SINGH, J.; WANIS, H.; DHALIWAL, S. S. Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm *Eisenia fetida* (Savigny). *Bioresource Technol*, v. 102, p. 7941–7945, 2011.

WESCHENFELDER, V. F. Consciência ecológica é o futuro da moda. *Tecnicouro*, v. 28, nº3, p. 64-65, 2007.