

ESTRATÉGIAS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO REDUÇÃO DE CUSTOS: UM ESTUDO DE CASO

Strategies for the treatment of effluents for cost reduction: a case study

Mariane Minozzo¹; Rogério Marcos Dallago²; Juliana Steffens³;
Luciana Dornelles Venquiaruto⁴; João Carlos Krause⁵; Fernando Nonnemacher⁶.

¹ Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim. E-mail: mariane_min@hotmail.com

² Doutor em Química (UFRGS), professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim. E-mail: dallago@uricer.edu.br

³ Doutora em Engenharia Química (UFSCAR), professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim. E-mail: julisteffens@uricer.edu.br

⁴ Doutora em Educação em Ciências (UFRGS), professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim. E-mail: venquiaruto@uri.com.br

⁵ Doutorado em Física Experimental (UFRGS), professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Santo Ângelo. E-mail: krause@santoangelo.uri.br

⁶ Licenciado e Química (UNIJUÍ), Mestrando em Ensino Científico e Tecnológico na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo.

Data do recebimento: 30/05/2017 - Data do aceite: 21/07/2017

Resumo: As regulamentações ambientais mais restritivas no que se refere aos padrões de lançamento, associadas às multas cada vez mais onerosas, contribuíram para as empresas a repensar suas estratégias, incorporando a seus processos sistemas de tratamentos cada vez mais eficientes. No entanto, muitas empresas, alegando aumento, consideravelmente, em seus custos, fazem este tratamento de forma parcial ou incompleta, comprometendo a qualidade de seu efluente. No que se refere aos custos, os mesmos são, muitas vezes, superestimados pelos gestores, os quais desconhecem que atitudes simples como segregação, alteração das características de periculosidade, redução de volume e alteração do estado físico de um efluente são procedimentos que podem ser facilmente adotados, com ganhos significativos, tanto no âmbito econômico quanto no ambiental e no social. Neste trabalho, através de um estudo de caso, foi possível demonstrar, através do emprego de políticas simples, como a segregação e a mudança de estado físico de um efluente podem

trazer benefícios econômicos para uma empresa. Somente com a segregação reduziu-se em 85% o volume de efluente perigoso (classe I) gerado pela empresa, passando de 140,9 L/mês para 18,2 L/mês, o qual mediante a agregação de terra ao efluente líquido, gerando um resíduo semi-sólido, apesar de um aumento de volume (3x), proporciona uma redução de 92,5% de seus custos com seu descarte em um aterro industrial devidamente licenciado.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos. Efluentes. Segregação. Alteração de estado físico.

Abstract: The most restrictive environmental regulations regarding effluent discharging standards, associated with increasingly costly fines, have helped companies rethink their strategies, incorporating increasingly efficient treatment systems into their processes. However, a lot of companies, claiming a considerable increase in their costs, do this treatment partially or incompletely, affecting the quality of their effluent. In terms of costs, they are often overestimated by managers, who are unaware that simple attitudes such as segregation, alteration of hazard characteristics, reduction of volume and alteration of the physical state of an effluent are procedures that can be easily adopted, with significant gains in the economic, environmental and social spheres. It was possible to demonstrate, through a case study, how the use of simple policies such as segregation and physical state change of an effluent can bring economic benefits to a company. Only with segregation the volume of hazard effluent (class I) generated by the company was reduced to 85%, from 140.9 L / month to 18.2 L / month, which through the aggregation of soil to the liquid effluent, generating a semi-solid residue, despite a volume increase (3x), provides a 92.5% reduction of its disposal costs in a duly licensed industrial landfill.

Keywords: Management of waste. Effluents. Segregation. Change of physical state.

Introdução

A crescente urbanização e industrialização para atender a demanda populacional aumentaram, consideravelmente, a poluição das águas e, associado a redução dos suprimentos de recursos naturais, fizeram deste uma limitação para o crescimento de muitas indústrias. No âmbito legal, as agências de proteção ambiental, como CONAMA (BRASIL, 2011) e CONSEMA (BRASIL, 2006) impuseram proibições e regulamen-

tações, como forma de proteger o ambiente e manter os recursos hídricos, obrigando as empresas a repensar suas estratégias, as quais resumiam-se a questões econômicas, incorporando as mesmas questões ambientais em seus modelos de gerenciamento. (SANCHES, 2000; CORAZZA, 2003; MACHADO et al., 2015).

Em relação as regulamentações ambientais, resumidamente, as mesmas exigem que os efluentes sejam, obrigatoriamente, tratados antes de serem lançados ao seu destino final. (BRASIL, 2006 e 2011). No entanto,

muitas empresas, alegando aumento consideravelmente em seus custos, fazem este tratamento de forma parcial (incompleta) ou, em alguns casos, não o fazem, comprometendo além dos recursos naturais, a imagem da empresa perante o mercado e seu consumidor final. (DIAS, 2009; ARAUJO; BUENO, 2008; CARNEIRO et al., 2003).

No que se refere aos custos, os mesmos são, muitas vezes, superestimados pelos empreendedores. Contribui para isso a falta de planejamento, o imediatismo e a desinformação dos mesmos sobre os sistemas de tratamento disponíveis e mais adequados para seu efluente, fazendo com que adotem tecnologias caras e, muitas vezes, pouco eficientes, a contratação de serviços terceirizados ou de profissionais sem formação e, principalmente, a via mais fácil, como o descarte em aterros licenciados, o qual normalmente é a forma mais onerosa economicamente de tratar um efluente.

No que tange o tratamento de efluentes, muitas empresas, na figura de seus gestores, esquecem ou desconhecem que a segregação, alteração das características de periculosidade, redução de volume e alteração do estado físico de um efluente são procedimentos simples que podem ser facilmente adotados, com ganhos significativos, tanto no âmbito econômico quanto no ambiental e no social. (LABUSCHANGE et al., 2005; GONÇALVES, 2011; LIMA; FERREIRA, 2007).

Dentro deste contexto, o presente trabalho, através de um estudo de caso, busca demonstrar como é possível mediante o emprego de políticas simples como a segregação e a mudança de estado físico de um efluente podem trazer benefícios econômicos para uma empresa.

O referido estudo foi realizado em uma unidade de recebimento de leite da cidade de Erechim, RS, cuja função é o recebimento, resfriamento e encaminhamento do leite para

a indústria. Os efluentes gerados na referida unidade estão vinculados às análises físico-químicas a que o leite é submetido para avaliar sua qualidade e as atividades como lavagem de caminhões, pisos e equipamentos.

Material e Métodos

O presente estudo avaliou as condições de tratamento e gerenciamento de resíduos de uma unidade de recebimento de leite na região de Erechim/RS.

O estudo foi vinculado aos resíduos gerados nas análises laboratoriais de caracterização da qualidade do leite, os quais são encaminhados para descarte externo ou armazenados na empresa, gerando um passivo ambiental.

Resíduos Laboratoriais

Inicialmente foi realizado um levantamento de dados com o intuito de caracterizar os resíduos gerados para posterior definição de estratégias de tratamento, visando redução de custos, considerando as normas ambientais.

A coleta de informações considerou os seguintes aspectos:

- a) Estado físico (sólido/líquido);
- b) Quantidade de resíduos gerados;
- c) Se há ou não classificação dos mesmos quanto a periculosidade (Classe I ou Classe II);
- d) Destino.

Classificação dos Resíduos

Classificação dos resíduos gerados na etapa de análise da qualidade do leite foi conduzida de acordo com a NBR 10004:2004, considerando a composição química dos mesmos.

A partir da análise de cada metodologia, mais especificamente pelos reagentes, foi possível definir quais resíduos necessitariam ser encaminhados para tratamento externo (descarte em aterros licenciados) e quais poderiam ser encaminhados para tratamento junto com os demais efluentes gerados pela empresa (águas de limpeza de caminhões, pisos e equipamentos), ao sistema que a empresa adota atualmente, reduzindo, assim, o custo relacionado à destinação do tratamento externo, o qual é, atualmente, utilizado para todos os produtos químicos utilizados no laboratório.

Ensaio de Solidificação

Para o ensaio de solidificação, empregou-se 500 mL de efluente referente às análises laboratoriais. O ensaio consiste na adição de terra e homogeneização com bastão de vidro até observar uma consistência pastosa. Neste momento mede-se o volume gerado e faz-se o comparativo com volume de efluente líquido empregado no ensaio. A terra adicionada (não caracterizada) foi coletada nas dependências da URI-Campus Erechim, três dias após um período de chuvas.

Resultados e Discussões

Conhecer as características de seus efluentes é o ponto de partida para o cumprimento da legislação, pois auxilia no próprio manejo e planejamento das ações de coleta, tratamento e disposição final. (CAMPOS, 2012; KARAK et al., 2012).

A empresa apresentava duas linhas distintas de efluentes: uma vinculada às análises laboratoriais, gerando um passivo ambiental de 140 litros e outra vinculada à limpeza de caminhões, equipamentos e pisos com um volume mensal de 600.000 litros de efluente. Este último possui um sistema de tratamento

convencional, o qual emprega um processo físico associado a um biológico.

Efluente Vinculado às Análises Laboratoriais

Praticamente todo experimento de laboratório emprega reagentes químicos e gera algum tipo de resíduo como, por exemplo, materiais de filtração, soluções ácidas e alcalinas, solventes orgânicos e substâncias químicas perigosas (como metais pesados). Além disso, a manipulação de diferentes tipos de resíduos acarreta elevadas concentrações de matéria orgânica e íons inorgânicos nos efluentes dos laboratórios. Como consequência, tais efluentes possuem características bastante agressivas, como pH extremamente baixo, altos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e metais pesados. (ALVES et al., 2005).

Atualmente, os resíduos gerados nas análises laboratoriais a que o leite é submetido para avaliar sua qualidade são todos armazenados em uma mesma bombona na própria unidade, gerando a cada ano um passivo ambiental.

A segregação dos resíduos gerados na etapa referente à caracterização do leite, quando o mesmo chega à unidade de resfriamento, baseou-se na avaliação das metodologias empregadas para caracterizar a qualidade do leite e identificação de fraudes (teste do alizarol, acidez, teor de lipídeos, redutase, mastite, cloretos, álcool etílico, amido, sacarose, cloro e hipoclorito, neutralizantes, peróxido de hidrogênio, formol e soro), mais especificamente nos reagentes empregados para cada análise.

Os resultados referentes à composição, mais especificamente aos reagentes empregados em cada análise, bem como o volume gerado no laboratório de análises da unidade são apresentados na Tabela 1.

Os reagentes citados na Tabela 1 foram classificados de acordo com a *National Fire*

Protection Association – NFPA 704-m/USA, extraídos do Manual de Informações sobre o descarte de produtos químicos em laboratórios, redigido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). (PIMENTA; PACHECO, 2017).

Dentre os resíduos gerados, os referentes às análises de cloretos e de álcool etílico, em função dos reagentes utilizados (nitrato de prata, cromato de potássio, dicromato de potássio), são os que apresentam elevado risco quando descartados, juntamente com os demais efluentes, no tratamento de efluentes da unidade de recebimento de leite em estudo.

A presença em elevadas concentrações dos metais pesados cromo e prata em suas composições tornam estes resíduos Classe I, ou seja, perigoso. (ABNT 10.004). Caso estes resíduos sejam agregados a outros resíduos, independentemente de suas classificações, estes automaticamente passarão a ser classificados como Classe I, implicando em outro tipo de descarte para os mesmos, normalmente muito mais oneroso economicamente. Esta contaminação é conhecida como cruzada.

Além da toxicidade, se esses metais foram lançados no sistema de tratamento de efluentes da empresa, podem interferir nos microorganismos presente no processo biológico que a empresa adota (lagoa aeróbica) atualmente, pois embora os microrganismos possam tolerar a presença de algumas substâncias ou elementos tóxicos presentes em efluentes, os mesmos podem apresentar sensibilidade a determinados compostos químicos, comprometendo o tratamento final do efluente. (ALVES; CAMMAROTA, 2005).

A contaminação cruzada, proporcionada pela agregação/mistura de resíduos, pode ser evitada mediante o emprego de uma etapa de segregação, onde os resíduos de diferentes fontes, após classificação correta, podem ser descartados adequadamente.

No caso específico, após uma análise dos reagentes empregados nas diferentes análises, onde desconsiderou-se os ácidos e bases, os quais podem ser facilmente neutralizados, constatamos que somente os resíduos das análises de cloretos e álcool etílico (devido a presença de Cr e Ag) não poderiam ser agregados aos demais efluentes gerados na unidade, os quais referem-se às etapas de lavagem de caminhões, equipamentos, pisos e são submetidos a um processo de tratamento convencional (físico seguido de biológico).

Cabe destacar que ao fazer a segregação destes dois resíduos Classe I (os quais representam juntos 18,2 L/mês) em relação aos demais (122,7 L/mês), os quais em função de suas características podem ser incorporados ao restante dos efluentes e tratados de modo convencional, a unidade estará reduzindo em aproximadamente 85% os custos com descarte, o qual é direcionado, atualmente, para a empresa Central de Tratamento de Resíduos – CETRIC, de Chapecó – SC, a um custo de aproximadamente R\$ 20,00/L (www.cetric.com.br).

Considerando os custos, a transformação química do resíduo, mais especificamente em seu estado físico, também poderia estar contribuindo com a redução, uma vez que a empresa responsável pelo aterro industrial consultada cobra, atualmente, para resíduos sólidos ou pastos (classe I) R\$ 500,00/m³, ou seja, aproximadamente R\$ 0,50/Litro, o qual corresponde a 2,5% do valor cobrado pelo efluente perigoso no estado líquido.

Ensaio com 500 mL do efluente contendo os resíduos segregados, mediante adição de solo, geraram aproximadamente 1,5 L de um resíduo pastoso (Figura 1), ou seja, 3 vezes mais volume, no entanto a um custo de R\$ 0,75, o qual é correspondente a 7,5% dos R\$ 10,00 que seriam gastos para descartar os 500 mL do resíduo classe I em sua forma líquida.

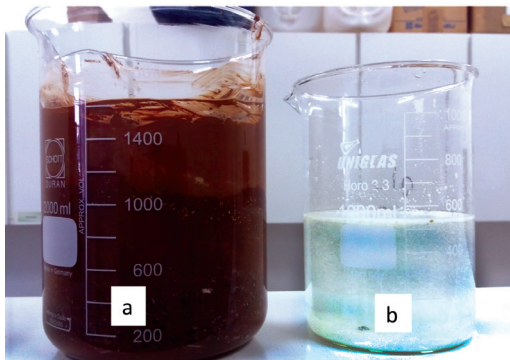
Tabela 1 - Tipo de análise, reagentes empregados e volumes aproximados dos resíduos gerados durante as análises.

Análise	Reagente	Ação	Quantidade mês (L)*
Alizarol	Alizarol	Indicador de acidez e estabilidade térmica do leite	≅ 8,0
Acidez	Hidróxido de Sódio	Base forte	≅ 19,0
	Fenolftaleína	Indicador ácido-base	
Lipídios	Álcool Isoamílico	Líquido Inflamável biodegradável	≅ 1,5
	Ácido Sulfúrico	Ácido forte e agente oxidante	
Redutase	Azul de Metileno	Indicador de oxidação/redução	≅ 11,0
CMT California Mastit Test	Púrpura de bromocresol	Indicador de mastite	≅ 2,0
Cloretos	Nitrato de Prata	Forte agente oxidante	≅ 16,0
	Cromato de Potássio	Agente oxidante	
Álcool etílico	Antifoan	Surfactante	≅ 2,0
	Ácido Sulfúrico	Ácido forte e agente oxidante	
Amido	Dicromato de Potássio	Forte agente oxidante	≅ 11,0
	Lugol	Indicador	
Sacarose	Ácido Sulfúrico	Ácido forte e agente oxidante	≅ 8,0
	Resorcina	Composto fenólico indicador	
Neutralizantes	Álcool Etilico	Líquido Inflamável biodegradável	≅ 16,0
	Ácido Rosólico	Indicador de pH	
Peróxido de hidrogênio	Guaiacol	Composto orgânico	≅ 15,0
	Ácido Clorídrico	Ácido forte facilmente ionizável	
	Cloreto Férrico	Sal	
Formol	Ácido Sulfúrico	Ácido forte e agente oxidante	≅ 6,0
	Ácido Cromotrópico	Ácido Sulfônico	
	Ácido Fosfórico	Ácido semi-forte	
	Ácido Clorídrico	Ácido redutor, reagente precipitante	
	Ácido Tricloroacético 24%	Agente oxidante, reagente precipitante	
CMP Caseinomacropéptideo	Ácido Fosfotúngstico	Catalisador de alta acidez e estabilidade térmica	≅ 14,0
	Álcool Etilico 95%	Utilizado como solvente	
	Acido Acético Glacial	Ácido fraco utilizado como solvente	
	Ninidrina Ácida	Forte agente oxidante	
Cloro	Iodeto de potássio	Redutor	≅ 10,0
	Ácido acético	Ácido fraco utilizado como solvente	
CIP	Hidróxido De Sódio	Base forte	
Clean in place	Ácido Sulfúrico	Ácido forte e agente oxidante	≅ 1,0
	Fenolftaleína	Indicador ácido-base	

Efluente Total: ≅ 140,5 L

*Considerando o volume do reagente e da amostra a ser analisada. Volume informado pela empresa.

Figura 1- Volume de efluente pastoso gerado após adição de solo (a) a 500 mL de efluente líquido (b)



Cabe destacar que o solo adicionado encontrava-se parcialmente umedecido, pois o mesmo foi coletado após 2 dias de ter ocorrido precipitação na cidade, ou seja, caso empregássemos um solo seco o volume gerado poderia ser menor.

Em termos de valores, o custo mensal em 2017, com o descarte dos resíduos gerados no laboratório, somente adotando a segregação, passaria de R\$ 2.818,00 (referente aos 140,9 L) para R\$ 364,00 (referente aos

18,2 L), correspondendo a uma economia de R\$ 2.454,00, a qual representa em um ano o equivalente a R\$ 29.448,00, capital este que poderia ser reinvestido na empresa, na própria unidade de tratamento de efluentes.

Além da redução de custos, a implementação da segregação de resíduos contribui para a qualidade do efluente final, uma vez que o conhecimento das características qualitativas e quantitativas dos efluentes são essenciais para o planejamento e definição do sistema de tratamento de efluente mais adequado para ser implementado na indústria

Conclusão

Os resultados demonstram importância da gestão no tratamento de resíduos de uma empresa e como, mediante o emprego de intervenções simples, é possível proporcionar uma economia financeira significativa, recursos este que podem ser revertidos para a melhoria das condições de trabalho da própria unidade industrial.

AGRADECIMENTOS

URI-Campus Erechim, FAPERGS, CAPES e CNPq

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Disponível em: <http://analiticaqmc.paginas.ufsc.br/files/2013/07/residuos-nbr10004.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016

ALVES, L. C.; CAMMAROTA, M.C.; FRANÇA, F.P. Inibição de Lodo Biológico Anaeróbico por Constituintes de Efluente de Laboratório de Controle de Poluição. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.10, n.3, p.236-242, 2005.

ARAÚJO, G. C., & BUENO, M. P. Um estudo sobre a sustentabilidade empresarial na agroindústria frigorífica. **Revistas Gerenciais**, v.7, p.147-154, 2008.

BRASIL. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Resolução nº 128, de 07 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial da União. **Diário Oficial da União**. 07 dez. 2006. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/30155644-resolucao-128-06-efluentes.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**. 16 mai. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>. Acesso em 15 dez. 2016.

CAMPOS, H. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, n.2, p.171–180, 2012.

CORAZZA, R. I., Gestão Ambiental e Mudanças da Estrutura Organizacional, **RAE-eletrônica**, v. 2, n. 2, p.1-11, 2003.

CARNEIRO, J.M.T.; DA SILVA, J.F.; CAVALCANTI, M.A.D.F., Impactos da privatização sobre as estratégias competitivas de empresas de petróleo: um estudo de casos, **RAE Eletrônica**, v.2, n.2, p.1-21, 2003.

DIAS, R. **Marketing Ambiental**: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios. São Paulo: Altas, 2009.

GONÇALVES, E.M.N.; SANTOS, C.B.; BADARÓ, M.L.S.; FARIA, V.A.; RODRIGUES, E.; MENDES, M.E., SUMITA, N.M., Modelo de implantação de plano de gerenciamento de resíduos no laboratório clínico, **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v.47, n.3, p.249-255, 2011.

KARAK, T.; BHAGAT, R. M.; BHATTACHARYYA, P. Municipal solid waste generation, composition, and management: The world scenario. Critical Reviews, **Environmental Science and Technology**, v.42, n.15, p.1509–1630, 2012.

LIMA, R. G. C.; FERREIRA, O. M. **Resíduos Industriais** – Métodos de Tratamento e Análise de Custos. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle>. Acesso em: 02 mar. 2017.

MACHADO, E, L, MORAES, J. A. R., SILVA, A. L. E. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa, **Engenharia Sanitária e Ambientetal**, v. 20, p.29-37, 2015.

PIMENTA, P. R. & PACHECO, E. V., Manual de informações sobre segurança, recolhimento e descarte de resíduos químicos nos laboratórios de pesquisas. Programa de Coleta de Resíduos de Laboratório do IMA – UFRJ, <http://www.ima.ufjf.br/coleta/downloads/manualdeseguranca2.pdf>, acesso em: abr. 2017.

SANCHES, C.S. Gestão Ambiental Proativa. **Revista de Administração de Empresas**, v.40, n.1, p.76-87. 2000.