

**COMPOSTO DE LODO DE CURTUME EM APLICAÇÃO AGRÍCOLA: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Jéssica Taeko Sanches Kohara de Angeli *, Joel Barbujianni Sígolo

* Instituto de Energia e Ambiente. Programa de pós-graduação (Mestrado) em Ciência Ambiental (PROCAM) - Universidade de São Paulo (USP). E-mail: jessica.taeko@usp.br

RESUMO

Os resíduos gerados no processo de curtimento podem ser considerados potenciais fontes de poluições por conter metais tóxicos, compostos orgânicos entre outros elementos que em concentrações elevadas podem causar danos ambientais. Um dos maiores problemas dos curtumes é a disposição do lodo de curtume. A técnica de compostagem do lodo de curtume tem sido estudada para a aplicação na agricultura e apresentou no solo um aumento na quantidade de matéria orgânica e na concentração de nutrientes para as plantas, no entanto os estudos também constataram o acúmulo de crômio e outros compostos que podem promover a degradação desse solo. Este trabalho possui o objetivo de estudar a interação do composto de lodo de curtume com o solo em uma área de cultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens*), localizada no centro oeste do estado de São Paulo, visando a possibilidade de contaminação e degradação. Para a análise granulométrica das amostras de solos foi utilizada a técnica de granulometria a laser e a caracterização química foi realizada pela técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Analisando os resultados observa-se que os pontos P1, P3 e P4 apresentam uma fração maior de areia, seguido pela fração de silte e uma quantidade inferior de argila. Os pontos P2 e PB possuem a fração de silte superior a fração de areia, seguido pela fração de argila. Apenas para os elementos como Cd, Cr, Cu, Se, Zn foi possível realizar uma análise comparativa com a legislação vigente. As concentrações de cádmio, crômio e selênio em alguns pontos, suas concentrações excedem ou se aproximam dos valores limites presente na legislação, no entanto os valores ainda estão dentro dos padrões específicos para áreas agrícolas. As demais amostras apresentaram valores satisfatórios, quando comparadas com a Resolução nº 420 (CONAMA) e a DD 256/2016/E (CETESB).

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de curtume, Meio Ambiente, Metais, Poluição, Fertilizante.

ABSTRACT

The waste generated in the tanning process can be considered as potential sources of pollution toxic metals, organic compounds among other elements that in high concentrations can cause environmental damage. One of the biggest problems of tanneries is the layout of tannery sludge. The composting technique of tannery sludge has been studied for application in agriculture and presented in the soil an increase in the amount of organic matter and in the concentration of nutrients for the plants, however the studies also verified the accumulation of chromium and other compounds which can promote soil degradation. This work aims to study the interaction of tannery sludge with soil in *Brachiaria decumbens* (*Brachiaria decumbens*), located in the western center of the state of São Paulo, aiming at the possibility of contamination and degradation. For the granulometric analysis of the soil samples, the laser granulometry technique was used and the chemical characterization was performed by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-OES). Analyzing the results it is observed that the points P1, P3 and P4 present a larger fraction of sand, followed by the fraction of silt and a lower amount of clay. The points P2 and PB have the silt fraction higher than the sand fraction, followed by the clay fraction. Only for the elements such as Cd, Cr, Cu, Si, Zn it was possible to perform a comparative analysis with the current legislation. Concentrations of cadmium, chromium and selenium in some points, their concentrations exceed or approximate the limit values present in the legislation, however the values are still within the specific standards for agricultural areas. The other samples presented satisfactory values when compared to Resolution 420 (CONAMA) and DD 256/2016 / E (CETESB).

KEY WORDS: Sludge tannery, Environmental, Metals, Pollution, Fertilizer.

INTRODUÇÃO

Os couros e peles são produzidos nas indústrias de curtimento, popularmente conhecidos como curtumes. O Brasil possui números expressivos em relação ao setor que demanda couros e peles, o país possui 260 curtumes, cerca de 3 mil indústrias de componentes para couro e calçados e 120 fábricas de máquinas e equipamentos, gerando aproximadamente 40 mil empregos. (CICB, 2019)



O setor de comércio de couros e peles no Brasil movimenta a economia do país significativamente, com valores que facilmente ultrapassam 1 bilhão de dólares por ano. A Secretária de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) divulgou o registro referente à Dezembro de 2018, o qual as exportações de couros e peles registraram o valor de 105,9 milhões de dólares em apenas um mês. O ano de 2018 encerrou com a somatória registrada de 1,443 bilhão de dólares referentes a exportação de couros e peles. (CICB, 2019)

Os principais destinos da exportação de couros e peles do Brasil no ano de 2018 foram China, Itália, Estados Unidos e Vietnã, estão são seguidos por mais 76 países. A China em primeiro lugar no ranking de exportação entre os meses de Janeiro e Dezembro de 2018 movimentou cerca de 441 milhões dólares em importações, por exemplo. (MDIC/SECEX, 2019)

O estado brasileiro que mais exportou couros e peles no ano de 2018 foi o Rio Grande do Sul, seguido por São Paulo, Goiás e mais 19 estados. O Rio Grande do Sul, por exemplo, movimentou cerca de 352 milhões de dólares entre os meses de Janeiro e Dezembro de 2018, respectivo ao setor de exportação de couros e peles. (MDIC/SECEX, 2019)

Sendo um setor economicamente favorável para o país, a indústria de curtimento, quando relacionado ao meio ambiente não possui a mesma reputação, sendo citado como uma potencial fonte de poluição, está sujeito a fiscalização do Ministério da Agricultura (MAPA), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretária da Agricultura e Abastecimento, Vigilância Sanitária, Secretária Estadual do Meio Ambiente (SMA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), entre outros órgãos federais, estaduais ou municipais que apresentam competência nesse setor. (RABELLO, 2015)

O curtume é considerado uma potencial fonte de poluição, visto que seus processos geram quantidades consideráveis de resíduos, tanto sólidos, gasosos e principalmente líquidos. Esses resíduos gerados no processo de curtimento podem ser considerados potenciais fontes de poluições por conter, comumente, metais tóxicos, compostos orgânicos entre outros elementos que em concentrações elevadas podem ser altamente prejudiciais à saúde e bem-estar das comunidades presentes. (DIAS et al., 2015)

O resíduo que possui maior volume é o efluente, produzido durante o processo de curtimento é direcionado para uma estação de tratamento de esgoto (ETE), convenientemente instalada na planta do curtume. O tratamento físico-químico, biológico ou enzimático desse efluente gera um lodo, denominado como “lodo de curtume”. O lodo de curtume é um resíduo sólido que necessita de um gerenciamento apropriado porque contém elementos e substâncias potencialmente tóxicos. Um dos maiores problemas dos curtumes é a disposição desse lodo. (ALIBARDI; COSSU, 2016)

O lodo de curtume contém metais (crômio, cobre, cádmio, zinco, alumínio, entre outros.), também possui sódio, nitrogênio, fósforo, surfactantes e mais compostos orgânicos na sua composição. Entre esses elementos, alguns podem apresentar níveis altos de toxicidade dependendo da concentração e da forma em que se encontram. (ANGELI; BOINA; SÍGOLO, 2018)

A maioria dos compostos presentes no lodo de curtume possuem meia-vida longa e não são biodegradáveis, alguns possuem propriedades de bioacumulação nos organismos. Diferentes técnicas são utilizadas para oferecer um destino a esse resíduo, entre as opções estão os aterros industriais, incineração, aplicação na agricultura e outros menos comuns como fabricação de tijolos, por exemplo. (JUEL; AHMED, 2017)

Para a aplicação na agricultura a técnica de compostagem do lodo de curtume, tem sido estudado e apresentou no solo um aumento na quantidade de matéria orgânica e na concentração de nutrientes para as plantas, como fósforo, potássio e cálcio. Por outro lado, os estudos também constataram o acúmulo de crômio e outros compostos que podem promover a degradação desse solo. (MIRANDA et al, 2018)

O curtume gera, em média, 50m³ de lodo por dia. Este lodo é utilizado para a produção do composto orgânico a partir do método da compostagem. O lodo que é produzido no decantador primário, segue para a usina de compostagem, localizada na área do curtume. No processo de compostagem do lodo de curtume é adicionado bagaço de cana, o qual possui a finalidade de resíduo estruturante, seguindo a proporção de duas partes para uma de lodo. A compostagem foi gerida em leiras, com movimentos mecânicos semanais durante 90 dias. (KOHARA e BOINA, 2017; ARAÚJO et al., 2008)

Este composto a base de lodo de curtume e bagaço de cana-de-açúcar está sendo utilizado em uma área do centro oeste do estado de São Paulo, como fertilizante para o solo e para o cultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens*), a qual, é utilizada como fonte de alimentação para gado.

OBJETIVO

Este trabalho possui o objetivo de estudar a interação do composto de lodo de curtume com o solo na área do centro oeste paulista que está sendo empregado, visando a possibilidade de contaminação e degradação.

METODOLOGIA

A zona de estudo está localizada na cidade de Presidente Prudente, interior do Estado de São Paulo. Na área foram coletados 4 pontos de amostragens (P1, P2, P3 e P4) situados na plantação de braquiária e coletado um ponto branco (PB) localizado próximo a área de cultivo, porém não havia plantação de braquiária no local. A figura 1 indica os pontos de coletas das amostras de solo e a figura 2 mostra a plantação de braquiária que estava sendo cultivada no local.

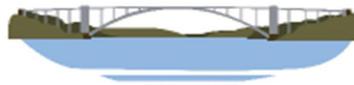


Figura 1: Pontos de coleta das amostras. Fonte: Autor do Trabalho.



Figura 2: Plantação de braquiária. Fonte: Autor do Trabalho.

O composto de lodo de curtume foi utilizado na preparação do solo para o cultivo em Outubro de 2017 e em Março de 2018 foi realizada a primeira fertilização da vegetação com o composto a base de lodo de curtume. As amostras de solo foram coletadas no mês de Outubro de 2018.

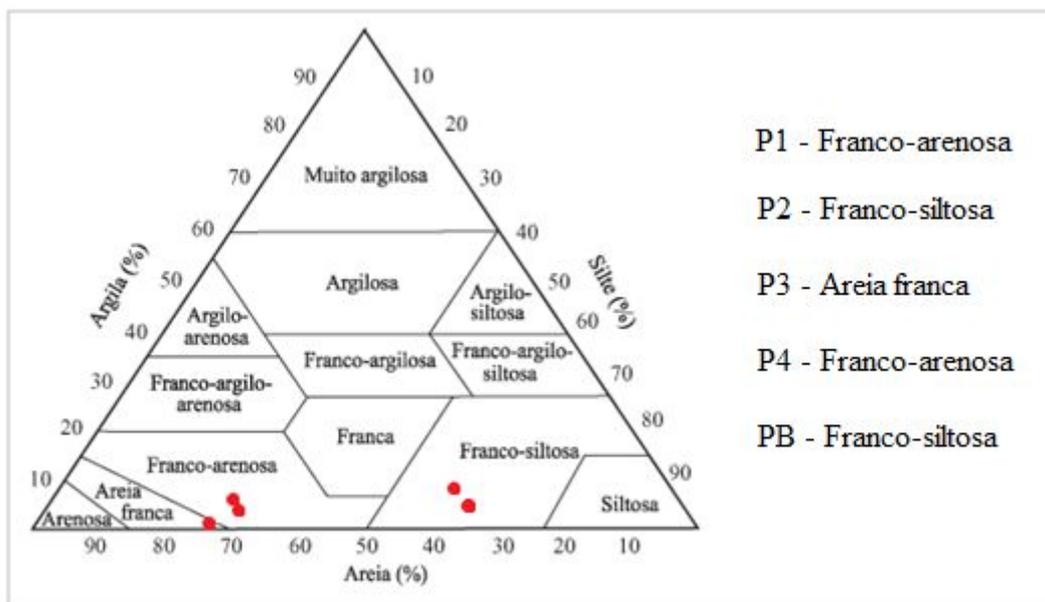
Entre os pontos de coletas, havia uma distância de 100 metros, com exceção do PB. As amostras de solos foram coletadas com o auxílio de um trado, com profundidade de 10 centímetros, segundo Berton (2000) os cátions metálicos possuem características físico-químicas que induzem a sua retenção na faixa de profundidade próxima a superfície.

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia (GSA) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, utilizou a técnica de granulometria a laser (Granulômetro Mavern Mastersizer 2000).

A caracterização química das amostras de solos foram realizadas no Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo da Escola Politécnica – USP, foi utilizada a técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), marca Horiba, modelo Ultima Expert.

RESULTADOS

Com base nas análises granulométricas foi possível definir a textura do solo, conforme descrito na figura 3.



P1 - Franco-arenosa

P2 - Franco-siltosa

P3 - Areia franca

P4 - Franco-arenosa

PB - Franco-siltosa

Figura 3: Pirâmide Textural. Fonte: Autor do Trabalho.

Analisando os resultados obtidos, observa-se que os pontos P1, P3 e P4 apresentam uma fração maior de areia, seguido pela fração de silte e uma quantidade inferior de argila. Seguindo a teoria de Plaster (2014, p. 70), esses pontos possuem um solo mais arenoso, com partículas e poros maiores, promovendo a circulação da água pelo solo – a probabilidade de acarretar processos de lixiviação não deve ser desconsiderada.

Os pontos P2 e PB possuem a fração de silte superior a fração de areia, seguido pela fração de argila. Teoricamente, esse solo possui características passíveis de processos erosivos, mas a probabilidade de ocorrência da lixiviação é menor em relação aos outros pontos de coleta. (PLASTER, 2014, p. 71)

As classes texturais arenosa, areia franca e franco-arenosa possuem uma textura mais grosseira, também conhecidas como solos arenosos, são permeáveis, leves, e possuem baixa capacidade de retenção de água. Uma de suas características é promover com mais facilidade os processos de percolação e lixiviação, estes processos influenciam diretamente no transporte de substâncias pelos horizontes do solo. (PLASTER, 2014, p. 74-75)

Conhecidos como solos francos, possuem texturas médias, são compostos pelas classes texturais franco, franco-siltosa, siltosa. Para muitas finalidades, considera-se os solos com texturas médias ideais. Possuem características que retêm água, porém não permite que o solo fique encharcado por muito tempo, não possuem alta aderência e não são difíceis de manusear. Em geral, possuem frações médias, grossas e finas em proporções favoráveis para uso variados. (PLASTER, 2014, p. 75)

A caracterização química das amostras de solos são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Resultados da caracterização química das amostras de solo.

Fonte: Autor do Trabalho

ELEMENTO	SOLOS (mg.kg ⁻¹)					
	LQ ^a	P1	P2	P3	P4	PB
Al	4	10 100	21 800	8 220	14 300	31 200
Cd	2	-	3	-	-	2
Cr	3	58	83	61	70	72
Cu	1	9	16	7	10	17
K	8	2 460	3 250	1 340	1 690	2 940
Mn	1	445	482	318	300	217
Na	5	164	211	120	120	193
P	3	430	340	220	180	200
S	7	790	730	720	670	770
Se	5	-	-	-	-	12
Zn	1	23	20	13	14	19

^aLimite de Quantificação



Apenas para os elementos como cádmio (Cd), Crômio (Cr), cobre (Cu), selênio (Se) e zinco (Zn) pode ser realizada uma análise comparativa com legislação vigente, conforme descrito na tabela 2. Utiliza-se os dados fornecidos pela CETESB (2016) e a Resolução nº 420 do CONAMA (2009).

Tabela 2. Referências fornecidas pela CETESB e CONAMA correlacionadas com os resultados das análises de caracterização química do solo.

Fonte: Autor do Trabalho

ELEMENTO	P1	P2	P3	P4	PB	CONAMA 420		CETESB		
						VP ¹	Agrícola (VI) ³	VP ¹	VRQ ²	Agrícola (VI) ³
Cd	-	3	-	-	2	1,3	3	1,3	<0,5	3,6
Cr	58	83	61	70	72	75	150	75	40	150
Cu	9	16	7	10	17	60	200	60	35	760
Se	-	-	-	-	12	5	-	1,2	0,25	24
Zn	23	20	13	14	19	300	450	86	60	1 900
¹ Valor de prevenção										
² Valor de referência Qualidade										
³ Valor de intervenção										

A tabela 2 apresenta a concentração de cádmio no ponto de coleta P2, com valor acima para os valores de prevenção e de referência de qualidade, porém abaixo do valor permitido para área agrícola. O PB e o limite de quantificação apresentaram os mesmos valores, com concentrações acima do permitido pela legislação que está sendo comparada, com exceção da referência agrícola. Nos demais pontos de coleta, P1, P3 e P4 não foi possível quantificar a concentração de cádmio porque a concentração não atingiu o valor mínimo exigido pelo aparelho analítico para realizar a leitura.

Todos os pontos apresentaram concentrações de crômio maiores que o valor de referência de qualidade da CETESB, porém quando comparado com os valores permitidos para áreas agrícolas estão dentro dos padrões.

O PB apresentou concentração de selênio acima de todas as referências do CONAMA e CETESB.

CONCLUSÕES

A partir da textura do solo, foi possível concluir que a maior parte das amostras de solo apresentaram características arenosas, com exceção dos pontos P2 e PB que exibiam características de solos com maior porcentagem de frações médias.

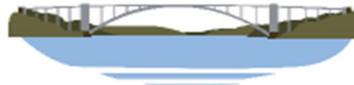
Nas análises de caracterização química das amostras de solos, elementos como o alumínio, potássio, sódio, enxofre, crômio, cobre e selênio apresentaram concentrações nos pontos P1, P3 e P4 menor dos valores encontrados na amostra PB, possivelmente tenha correlação direta com a classe do solo (solos mais arenosos tendem a padecer com processos de percolação e lixiviação) e com o fato de ter uma vegetação presente nessa área, a qual retira parte dos nutrientes/compostos do solo para favorecer o seu próprio desenvolvimento. Alguns elementos apresentaram maior concentração no ponto P2, pode estar relacionado a classe desse solo porque possui propriedades de reter mais água e elementos, como também deve ser considerado a elevação do terreno, havia uma leve depressão no ponto P2, com as precipitações pode ter ocorrido o arraste de compostos para esse ponto, tornando-o um local com valores de concentrações maiores.

As concentrações de cádmio, crômio e selênio em alguns pontos, suas concentrações excedem ou se aproximam dos valores de prevenção e referência de qualidade presentes na legislação, no entanto esses valores ainda estão dentro dos padrões específicos para áreas agrícolas. As demais amostras apresentaram valores satisfatórios, quando comparadas com a Resolução nº 420 (CONAMA) e a DD 256/2016/E (CETESB).

Não deve ser descartado os riscos da plantação de braquiária estar absorvendo compostos bioacumulativos potencialmente tóxicos, que poderão ser transportados para o organismo do gado e continuar a se bioacumular nos organismos presentes nessa cadeia alimentar (vegetação → Gado → Ser humano).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBARDI, L; COSSU, R. **Pre-treatment of tannery sludge for sustainable landfilling. Waste management.** v. 52, p. 202-211, 2016.



2. ANGELI, J. T. S. K, BOINA, W. O; SIGOLO, J. B. **Disponibilidade de cobre em lodo de curtume: Potencial contaminante químico.** Colloquium Vitae. v. especial, 2019. No prelo.
3. ARAÚJO, F F. et al. **Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 5, p. 507-512, 2008.
4. BERTON, R. S. **Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados.** *In: Impacto ambiental do uso agrícola de lodo de esgoto.* São Paulo, Embrapa Meio Ambiente. Pg 259-268., 2000.
5. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Decisão de Diretoria 256/2016/E.** Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas São Paulo. São Paulo, 2016
6. CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009.** “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.”, Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009;
7. CICB -Centro das indústrias de curtumes do Brasil. **Exportação brasileira de couros e peles.** Disponível em: <<http://www.cicb.org.br/>>. Acessado em: 20/02/2019
8. DIAS, T et al. **Análise do nível de sustentabilidade de um curtume a partir do estudo do sistema de gestão ambiental – SGA.** Revista eletrônica Sistema & Gestão. Volume 10, número 2, 2015, pp. 302-318. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V10N2A7/SGV10N2A7>>. Acessado em: 25/08/2017
9. JUEL, M. A. I; AHMED, T. **Environmental and technical aspects of recycling of tannery sludge in brick production.** 5th International Conference on Solid Waste Management in South Asian Countries. 2017.
10. KOHARA, J. T. S. K; BOINA, W. O. **Caracterização físico-química do lodo de curtume.** Trabalho de conclusão de curso – Especialização em análise ambiental laboratorial Unoeste. Presidente Prudente, 2016
11. MDIC/SECEX – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços/Secretaria de Comércio Exterior. **Exportações de couros e peles referente a 2018.** Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/noticias/2634-balanca-tem-superavit-de-us-2-2-bilhoes-na-terceira-semana-de-julho>>. Acessado em: 26/08/2019 *apud*: CICB -Centro das indústrias de curtumes do Brasil. Exportação brasileira de couros e peles – Julho 2018. Disponível em: <<http://cicb.org.br/storage/files/repositories/phpzndxH5-total-exp-jul17-vr.pdf>>. Acessado em: 25/02/2019
12. MIRANDA, A. R. L. et al. **Less abundant bacterial groups are more affected than the most abundant groups in composted tannery sludge-treated soil.** Scientific reports, v. 8, n. 1, p. 11755, 2018.
13. PLASTER J. E. **Physical properties of soil.** Soil Science & Management. 6rd ed. New York, 2014. Cap 4, p. 70-75
14. RABELO, D. **Como montar uma empresa de Curtume.** São Paulo: SEBRAE, 2015. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-empresa-de-curtume>>. Acessado em: 23/08/2018.
15. SILVA, J. D. C. *et al.* **Emergência e crescimento inicial de plântulas de pimenta ornamental e celosia em substrato à base de compostos de lodo de curtume.** Ciência Rural. Volume 41. Número 3, pp. 412-417. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.