ReGeo ISSN: 2177-3246

TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE COURO CURTIDO AO CROMO COM USO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *PSEUDOMONAS*

TREATMENT OF CHROME-TANNED LEATHER WASTE USING BACTERIA OF THE GENUS *PSEUDOMONAS*

TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CUERO CURTIDO AL CROMO UTILIZANDO BACTERIAS DEL GÉNERO *PSEUDOMONAS*

https://doi.org/10.56238/revgeov17n8-140

Data de submissão: 13/07/2026 **Data de publicação:** 13/08/2026

Nicole Aparecida Amorim de Oliveira
Mestra
Instituição: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4686-9380
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6826980039247336

Fernando Soares de Lima
Mestre
Instituição: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0385-5958
Lattes: http://lattes.cnpq.br/6360213698489441

Maria Filomena de Andrade Rodrigues
Doutora
Instituição: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5821244391495223

RESUMO

Este estudo aborda a remoção do cromo hexavalente presente em resíduos de couro curtido com cromo, um problema ambiental relevante devido à geração de resíduos com alto teor deste metal considerado tóxico. O objetivo foi avaliar a eficiência do uso de bactérias do gênero *Pseudomonas* na redução do teor de cromo de aparas de couro. A linhagem *Pseudomonas areroginosa* foi cultivada em dois meios de cultura diferentes: ágar triptona de soja (*Triptic Soy Agar* - TSA) e ágar nutriente *(Nutriente agar* - NA). O teor inicial de cromo nas aparas de couro foi determinado segundo a norma NBR 16600:2017. Os experimentos foram conduzidos em condições controladas de incubação. As soluções contendo células foram aplicadas nas amostras de resíduos, com monitoramento do teor residual de cromo ao final do processo. Os resultados indicaram que a ação da linhagem de *Pseudomonas*, especialmente cultivada no meio de cultura TSA, promoveu uma redução de até 36% no teor de cromo enquanto o meio NA apresentou 20% de redução. A técnica mostrou potencial promissor para reutilização e tratamento sustentável de resíduos de couro, sugerindo que futuras pesquisas podem aprimorar ainda mais esse método para aplicação em processos de tratamento ambiental.

Palavras-chave: Bactérias. *Pseudomonas*. Cromo Hexavalente. Resíduos de Couro. Tratamento Sustentável.

ABSTRACT
This study addresses the removal of hexavalent chromium from chrome-tanned leather waste, a significant environmental problem due to the generation of waste with a high content of this toxic metal. The objective was to evaluate the efficiency of using bacteria of the genus Pseudomonas in reducing the chromium content of leather scraps. The *Pseudomonas aeruginosa* strain was cultivated in two different culture media: Tryptic Soy Agar (TSA) and Nutrient Agar (NA). The initial chromium content in the leather scraps was determined according to standard NBR 16600:2017. The experiments were conducted under controlled incubation conditions. The solutions containing cells were applied to the waste samples, with monitoring of the residual chromium content at the end of the process. The results indicated that the action of the Pseudomonas strain, specifically cultivated in the TSA culture medium, promoted a reduction of up to 36% in chromium content, while the NA medium showed a 20% reduction. The technique showed promising potential for the reuse and sustainable treatment of leather waste, suggesting that future research could further improve this method for application in environmental treatment processes.

Keywords: Bacteria. *Pseudomonas*. Hexavalent Chromium. Leather Waste. Sustainable Treatment.

RESUMEN
Este estudio aborda la eliminación del cromo hexavalente presente en residuos de cuero curtido al cromo, un problema ambiental relevante debido a la generación de residuos con un alto contenido de este metal, considerado tóxico. El objetivo fue evaluar la eficiencia del uso de bacterias del género Pseudomonas para reducir el contenido de cromo en retales de cuero. La cepa de Pseudomonas aeruginosa se cultivó en dos medios de cultivo diferentes: Agar Triptico de Soja (TSA) y Agar Nutritivo (NA). El contenido inicial de cromo en los retales de cuero se determinó según la norma NBR 16600:2017. Los experimentos se realizaron en condiciones de incubación controladas. Se aplicaron soluciones con células a las muestras de residuos, monitorizando el contenido de cromo residual al final del proceso. Los resultados indicaron que la acción de la cepa de Pseudomonas, especialmente cultivada en medio de cultivo TSA, promovió una reducción de hasta un 36% en el contenido de cromo, mientras que el medio NA mostró una reducción del 20%. La técnica mostró un potencial prometedor para la reutilización y el tratamiento sostenible de residuos de cuero, lo que sugiere que futuras investigaciones podrían mejorar este método para su aplicación en procesos de tratamiento ambiental.

Palabras clave: Bacterias. *Pseudomonas*. Cromo Hexavalente. Residuos de Cuero. Tratamiento Sostenible.

1 INTRODUÇÃO

O processo de curtimento do couro visa estabilizar a pele animal, impedindo sua decomposição (OLIVEIRA et al., 2008; MATOS et al., 2014; Ferrari & Pacheco, 2015). Esse processo pode ser realizado de três maneiras: mineral, vegetal e sintético. O método mais utilizado é o curtimento mineral, que utiliza cromo trivalente (Cr^{3+}), obtido de sais de sulfatos, como curtente, pois ele confere alta qualidade aos couros e possui um tempo relativamente curto de processamento (Ferrari & Pacheco, 2015). Nesse processo são gerados muitos resíduos, conforme mostra a Figura 1.

Após a pele ser submetida ao processo de curtimento e acabamento o produto obtido é denominado couro (Ferrari & Pacheco, 2015), material esse que é utilizado pelas empresas na confecção de bens de consumo.

Os resíduos gerados nesse processo representam um grave passivo ambiental, pois o cromo trivalente pode se oxidar a cromo hexavalente (Cr^{6+}), uma forma altamente tóxica, mutagênica e persistente no ambiente (Świerczek et al.,2024), (HUSSAIN et al. 2020). O setor coureiro, juntamente com as indústrias de bens de consumo que utilizam couro como matéria-prima, tem papel central na geração desse tipo de resíduo.

Em 2021, o setor coureiro brasileiro exportou mais de 170 milhões de metros quadrados de couro, já no primeiro trimestre de 2022 foram exportados mais de 37 milhões de metros quadrados (CICB, 2022). Estima-se que quase 7 bilhões de unidades de couro bovino inteiro foram curtidas no país nesse mesmo período. A figura 1 apresenta o balanço de entrada e saída do processo de curtimento, onde é possível identificar a proporção entre entrada de matéria prima e produto gerado, além dos resíduos do processo.

Figura 1: Entradas e saídas estimadas no processo de curtimento



Fonte: Ferrari & Pacheco, 2015; modificado.

A figura 1 apresenta o balanço do processo de curtimento de peles utilizando o cromo como curtente. As entradas trazem as proporções de insumos necessários para o processo de curtimento e as saídas a quantidade de produto acabado obtida e o volume de resíduos tanto sólidos, quanto líquidos gerado pelo processo.

De acordo com a CETESB (2010), para a disposição dos resíduos sólidos de couro em aterros é necessário atender ao disposto na Decisão da Diretoria da Cetesb nº 145/2010, que estabelece a apresentação de Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) individual para as empresas depositarem os resíduos no aterro do município. As aparas de couro são classificadas como resíduo classe 1 devido ao teor de cromo, sendo assim, para emissão do CADRI são necessárias análises de teor de cromo hexavalente deste tipo de resíduo.

Diante desta problemática, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas para reutilização dos resíduos do couro com vistas a diminuir os custos do processamento e minimizar o impacto ambiental associado a esse passivo. Entre as alternativas, a biorremediação apresenta-se como uma estratégia promissora e ecologicamente viável. Destaca-se o uso de bactérias capazes de reduzir o cromo hexavalente presente no couro, especialmente espécies do gênero *Pseudomonas*, conhecidas por sua versatilidade metabólica e potencial biorremediador (GONZALEZ et al., 2005, CHANG et al., 2019).

A espécie *Pseudomonas aeruginosa* destaca-se por sua ampla plasticidade genética e metabólica, que lhe confere notável capacidade de adaptação a ambientes hostis (ARAUJO et al, 2024). Essa versatilidade decorre de um conjunto de estratégias fisiológicas e moleculares que permitem à bactéria tolerar, transformar e imobilizar poluentes orgânicos e inorgânicos de forma eficiente. Um dos elementos centrais para essa adaptação é a formação de biofilmes que apresenta na sua matriz grupos funcionais aniônicos capazes de se ligar a íons metálicos (Mai et al., 1993). Essa matriz atua como um microreator natural, favorecendo a captura e concentração de cátions metálicos e criando microambientes redutores propícios a reações de detoxificação, como a conversão de Cr^{6+}em Cr^{3+}, forma menos tóxica e menos solúvel.

Além disso, a superfície celular de *P. aeruginosa* apresenta grupos funcionais como carboxilas, fosfatos e hidroxilas, fornecem sítios de ligação específicos para íons metálicos, permitindo sua imobilização antes mesmo de entrarem na célula. Esse processo contribui não apenas para reduzir a toxicidade ambiental imediata, mas também para facilitar a subsequente transformação enzimática dos metais.

Outro aspecto relevante é a notável capacidade de biorredução enzimática que catalisam a transformação de espécies metálicas mais tóxicas e solúveis em formas menos reativas. Esse mecanismo enzimático, aliado à biossorção e ao biofilme, constitui um triplo sistema de defesa e detoxificação altamente eficiente.

A robustez de *P. aeruginosa* na biorremediação também está relacionada configuração genética que permite que a bactéria atue em cenários de co-contaminação, degradando compostos orgânicos enquanto resiste à toxicidade dos metais (Nnaji,2024).

Assim, a coordenada de mecanismos fisiológicos (biossorção e biofilmes), bioquímicos (biorredução enzimática) e genéticos (plasmídeos catabólicos e sistemas de efluxo) posiciona *P. aeruginosa* como um microrganismo-chave para aplicações em biotecnologia ambiental, em especial no tratamento de efluentes industriais e na recuperação de ecossistemas contaminados por metais pesados, especialmente em contextos de poluição complexa que envolvem tanto contaminantes orgânicos quanto inorgânicos.

2 OBJETIVO

Este trabalho objetiva avaliar a remoção do cromo VI presente nos resíduos de couro utilizando a bactéria do tipo *Pseudomonas*.

3 METODOLOGIA

3.1 MICRORGANISMO

A linhagem *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC 10145 foi cultivada em dois meios de cultura diferentes sendo Ágar Triptona de soja (*Triptic Soy Agar* - TSA) e Ágar nutriente (*Nutriente agar* - NA).

3.2 AVALIAÇÃO DO TEOR INICIAL DE CROMO HEXAVALENTE DAS APARAS DE COURO

Para avaliação do teor de cromo foi utilizada a metodologia descrita na NBR 16600:2017. A extração do cromo das amostras foi realizada pela ação de uma solução de hidrogênio fosfato de sódio trihidratado ($K_2HPO_4.3H_2O$), em pH 8. A matriz de couro moído foi colocada sob agitação juntamente com a solução de extração por um período de 3h à temperatura ambiente. Após esse período o pH foi aferido e obtido o valor de 7,3. O extrato foi submetido à filtração por uma membrana de PFTE com porosidade de 0,45 μm. O filtrado foi submetido a uma segunda filtração num sistema de extração em fase sólida (SPE) em cartuchos preenchidos com materiais de fase reversa para remoção da cor. O segundo filtrado foi diluído em solução de extração na proporção de 2:5 filtrado/solução de extração.

Foram coletados 20 mL do filtrado obtido e dividido em partes iguais em 2 balões volumétricos de 25 mL. Os balões foram completados até aproximadamente ¾ da sua capacidade com solução de extração. Em um dos balões foram acrescentadas soluções 0,5 ml de ácido fosfórico e 0,5 ml de solução de difenilcarbazida e no outro apenas 0,5 ml ácido fosfórico, sendo essa última solução necessária para correção da turbidez. A solução de ácido fosfórico possui concentração de 41% v/v e a solução de difenil carbazida tem concentração de 10 g/L. Os balões foram ajustados com solução de extração e mantidos em repouso por 12 minutos, para desenvolvimento adequado da cor. As soluções foram analisadas em um UV-VIS em 540nm.

A curva de calibração foi preparada com base na solução padrão e abrangeu soluções de $2x10^{-2}$ a $6x10^{-1}$ mg/L de Cr. A cor foi desenvolvida com difenilcarbazida e solução de ácido fosfórico, sendo as medições realizadas em um equipamento de UV-Vis a 540nm, utilizando como branco uma solução de extração tratada com ácido fosfórico e difenilcarbazida.

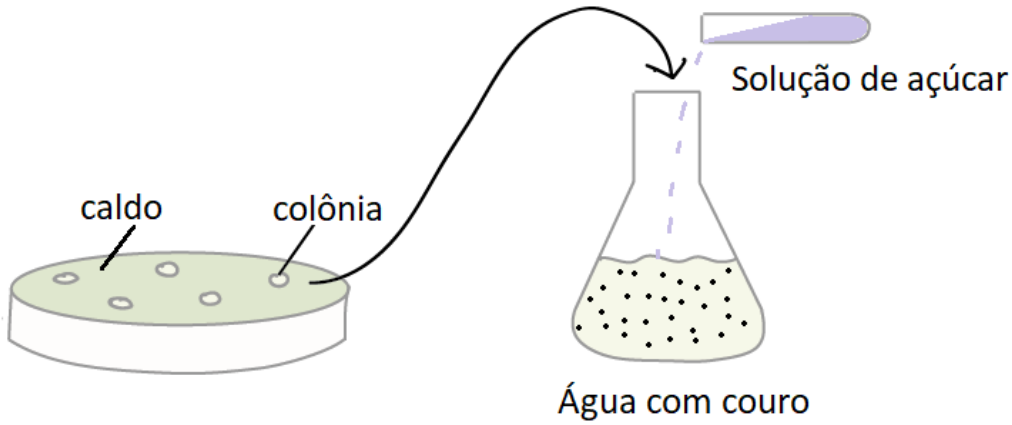
3.3 REMOÇÃO DO CROMO PELA AÇÃO DA *Pseudomonas aeruginosa*

Para o teste de remoção do cromo presente no resíduo de couro, adotou-se o método descrito proposto por Amaral (2008): o couro foi previamente moído e empregou-se a linhagem de *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC 10145.

A multiplicação bacteriana foi realizada em meio sólido ágar triptona de soja (TSA) e ágar nutriente (NA), distribuídos em Placas de Petri esterilizadas. As culturas foram incubadas em estufa a 30 °C por 48 h, temperatura escolhida dentro da faixa ótima de crescimento de *Pseudomonas* (20–45 °C). O caldo foi preparado adicionando-se 10 mL de água de osmose reversa em cada placa de Petri.

Foram preparados 3 erlenmeyers cada um contendo 2,0 g de couro moído e 100 mL de água, os erlenmeyers foram mantidos sob agitação a 100 rpm por 2 horas seguido de um repouso de 15 horas. Após esse período, cada Erlenmeyer recebeu 2 mL de caldo e 10 mL da solução de açúcar comercial na concentração de 50 g/L aos erlenmeyers como fonte extra de carbono às amostras, para aumentar a eficiência de remoção do cromo, além de facilitar o crescimento bacteriano, conforme figura 2.

Figura 2: Tratamento das amostras



Fonte: Autores.

A figura 2 ilustra o processo utilizado no tratamento proposto. Uma alíquota do caldo da placa de petri foi coletada e adicionada ao sistema água + couro juntamente com a solução de açúcar como fonte extra de carbono.

Os caldos obtidos das placas de Petri foram utilizados da seguinte forma:

Erlenmeyer 1: foram adicionados 2 mL do caldo obtido da placa de *Pseudomonas aeruginosa* com meio de cultura ágar nutriente.

Erlenmeyer 2: foram adicionados 2 mL do caldo obtido da placa de *Pseudomonas aeruginosa* com meio de cultura TSA.

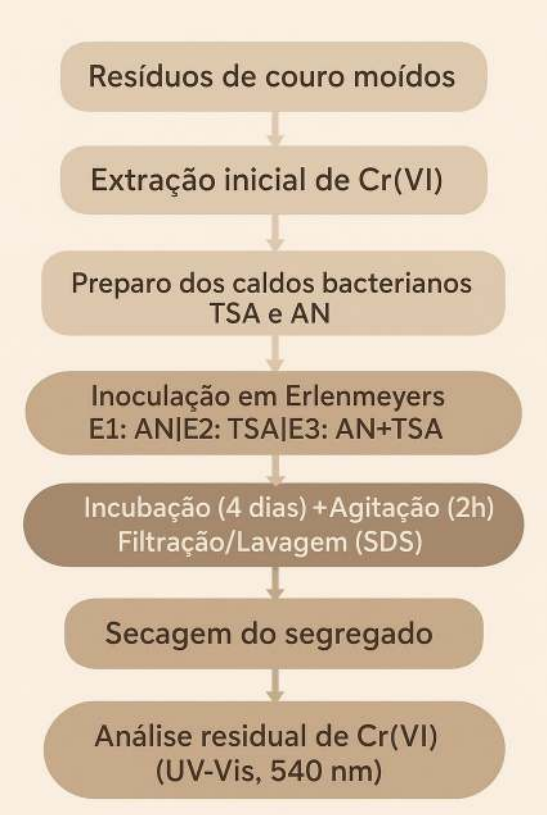
Erlenmeyer 3: foram adicionados 1 mL do caldo obtido da placa de *Pseudomonas aeruginosa* com meio de cultura agar nutriente e 1 mL do caldo obtido da placa de *Pseudomonas aeruginosa* em meio de cultura TSA.

A incubação foi realizada em capela de fluxo laminar, os erlenmeyers foram mantidos em repouso por 4 dias em temperatura ambiente. No quinto dia eles foram agitados por 2 h. Ao final de 12 dias os materiais foram filtrados. O segregado sólido foi lavado com solução de lauril sulfato de sódio para lavagem das bactérias do resíduo final, para isso o segregado ficou em contato com o sólido por 24h e sob agitação de 100 rpm. Foi realizada uma segunda filtração e o sólido retido foi testado quanto ao teor residual de cromo VI.

3.4 AVALIAÇÃO DO TEOR RESIDUAL DE CROMO

O segregado foi seco à temperatura ambiente e reavaliado quanto ao teor de cromo VI, segundo a metodologia executada em 3.1. O valor obtido foi comparado com os dados iniciais para determinação da eficiência do processo de remoção do cromo VI. O fluxo metodológico adotado é ilustrado na figura 3.

Figura 3: Fluxo da metodologia adotada nesse trabalho



Fonte: Autores.

A figura 3 demonstra todas as fases do processo desenvolvido nesse estudo, desde a moagem até a análise de cromo residual.

4 RESULTADOS

A avaliação do estado de agregação das amostras revelou que, após 24 horas de incubação, o Erlenmeyer 1, contendo couro em meio aquoso com caldo de *Pseudomonas aeruginosa* obtido da placa de ágar nutriente, apresentou completa desagregação do material, não sendo mais possível visualizar as aparas de couro, que foram reduzidas a uma forma pulverulenta. Após 48 horas, observou-se resultado semelhante no Erlenmeyer 2, contendo couro tratado com caldo oriundo de placa de TSA. Em contrapartida, o Erlenmeyer 3, que recebeu couro tratado com uma mistura em partes iguais dos caldos provenientes das placas de TSA e de ágar nutriente, não apresentou alterações significativas no estado de agregação das aparas de couro até o final do experimento.

Quanto ao teor de cromo extraído das amostras, no Erlenmeyer 1 notou-se uma redução de 20 %, no Erlenmeyer 2 observou-se a redução de 36 % e no Erlenmeyer 3 não foi observada redução significativa no teor de cromo das amostras. A tabela 1 sintetiza os dados obtidos.

Tabela 1: Resultados obtidos ao final dos testes

Condição experimental	Observação física	Redução do teor de Cr^{6+}
Erlenmeyer 1 (AN)	Rápida desagregação do couro	20%
Erlenmeyer 2 (TSA)	Degradação mais lenta	36%
Erlenmeyer 3 (AN+TSA)	Sem alteração significativa	~0%

Fonte: Autores

A tabela 1 relaciona a condição experimental avaliada com os resultados obtidos por esse meio avaliativo. Observa-se que apesar da degradação física do couro ser mais lenta a alíquota do caldo obtido do crescimento das bactérias no meio de cultura TSA apresentou uma eficiência de redução do teor de cromo VI 80% maior do que na condição experimental utilizando o caldo obtido pelo crescimento em NA. Estudos mais aprimorados devem ser realizados para avaliar a influência do meio de cultura no crescimento bacteriano e a influência do meio na avalição da biorremediação.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam o potencial de bactérias do gênero Pseudomonas na biorremediação de resíduos de couro, em especial quando cultivadas em TSA. Estudos anteriores já demonstraram que Pseudomonas sp. são capazes de reduzir Cr^{6+} tanto por mecanismos de biorredução enzimática quanto por biossorção na parede celular (Chang et al., 2019; Gupta et al., 2023).

Embora o frasco contendo o caldo obtido da placa de ágar nutriente tenha demonstrado uma degradação física do couro mais rápida, o caldo derivado do cultivo em meio TSA apresentou desempenho superior na redução do teor de cromo hexavalente. Este resultado pode estar associado à

composição nutricional mais complexa e equilibrada do TSA, que potencialmente favorece maior atividade metabólica da bactéria durante o processo de biorremediação.

Não foi realizada a quantificação da densidade celular (UFC/mL) dos caldos bacterianos antes da aplicação nas amostras, o que constitui uma limitação do estudo. Dessa forma, não é possível afirmar se a maior eficiência de remoção na condição cultivada em TSA foi decorrente de maior concentração celular ou de diferenças fisiológicas induzidas pelo meio de cultivo.

Entretanto, considerando que o volume de inóculo foi padronizado (2 mL) para todas as condições experimentais, e que o meio TSA possui composição nutricional mais complexa e balanceada que o ágar nutriente, é plausível inferir que o TSA tenha favorecido melhor desenvolvimento metabólico da bactéria que impactou na redução do teor de Cr^{6+}. A expressão de mecanismos associados à biorredução de Cr^{6+}, como produção de enzimas redutoras e formação de biofilmes deve ser investigada.

Assim, os resultados sugerem que o meio de cultivo influencia diretamente na eficiência tanto da degradação física do couro, quanto no processo de redução do teor de cromo, possivelmente por promover maior atividade metabólica específica e não apenas maior biomassa. Estudos futuros deverão incluir a determinação de UFC/mL e padronização da densidade óptica (OD_{600}) ee avaliação direta dos mecanismos envolvidos, a fim de elucidar com maior precisão os fatores responsáveis pela maior eficiência observada.

6 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a utilização de bactérias do gênero *Pseudomonas* apresenta potencial para a remoção de cromo hexavalente (Cr^{6+}) em resíduos de couro curtido. Observou-se redução de até 36% no teor de Cr^{6+} quando a linhagem foi cultivada em ágar triptona de soja (TSA) e de 20% quando cultivada em ágar nutriente (NA), indicando que o meio de cultivo influencia a eficiência do processo.

Os resultados sugerem que o substrato nutritivo pode impactar o desempenho metabólico da bactéria e, consequentemente, a taxa de remoção do metal. No entanto, como não foi realizada a quantificação da densidade celular (UFC/mL), não é possível afirmar se a diferença observada está associada à concentração bacteriana ou a alterações fisiológicas induzidas pelo meio de cultivo.

Embora preliminares e obtidos com uma única linhagem bacteriana, os dados reforçam a viabilidade da abordagem biotecnológica como alternativa ambientalmente responsável para o tratamento de resíduos do setor coureiro.

Estudos futuros deverão incluir a padronização da concentração celular, avaliação das variáveis de processo (tempo, pH, fonte de carbono e densidade bacteriana) e investigação direta dos mecanismos envolvidos, visando à otimização da técnica e sua possível aplicação em escala industrial.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Isaac Moura; LEITE, Mariana Ferreira; LEITE FILHO, Samuel Ferreira; SILVA, Francisca Daliane Severino da; MORAIS, Nathaly Mendonça de; ALVES, Daniel Sampaio; SOUSA, Ângella Eduarda da Silva; GONÇALVES, Cicera Alane Coelho; MARTINS, Anita Oliveira Brito Pereira Bezerra; MORAIS, Luís Pereira de**.** Principais mecanismos de resistência em *Pseudomonas aeruginosa*. Cap. 22, p. 355-371. 2024. DOI: 10.37885/241118127

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16600: Couro – Ensaios químicos – Determinação do teor de cromo (VI) (ISO 17075:2007, MOD). Rio de Janeiro, 2017.

CETESB. (2010). Decisão de Diretoria Nº 145/2010/P, de 11 de maio de 2010.

CHANG, J.; DENG, S.; LIANG, Y.; CHEN, J. Cr^{6+} removal performance from aqueous solution by *Pseudomonas* sp. strain DC-B3 isolated from mine soil: characterization of both Cr^{6+} bioreduction and total Cr biosorption processes. Environmental Science and Pollution Research, v. 26, p. 28135–28145, 2019. DOI: 10.1007/s11356-019-06017-w.

CICB.(2023). Exportações brasileiras de couros e peles, dezembro de 2023.

Ferrari, W. A., Pacheco, J. W. F. (2015). Guia Técnico Ambiental de Curtumes (2ª ed.). São Paulo: CETESB.

Gonzalez, C. F., Ackerley, D., Lynch, S., & Matin, A. (2005). ChrR, a soluble quinone reductase of *Pseudomonas* putida that defends against H_2O_2. Journal of Biological Chemistry, 280(23), 22590–22595. https://doi.org/10.1074/jbc.M501654200

HUSSAIN, F. et al. Solid waste-derived biodegradable keratin sponges for removal of chromium: A circular approach for waste management in leather industry. Environmental Technology and Innovation, v. 20, 2020. DOI: 10.1016/j.eti.2020.101120

MAI, G.T., MCCORMACK, J. G., SEOW, W. K., PIER, G. B., JACKSON, L. A, THONG, Y. H. Inhibition of adherence of mucoid Pseudomonas aeruginosa by alginase, specific monoclonal antibodies, and antibiotics. Infect Immun; n. 61, v.10, p 4338-43, 1993.

Matos, A. T., Martins, P. D. O., & Lo Monaco, P. A. V. (2014). Alterações químicas no solo após fertirrigação de capim mombaça com água residuária de curtume. Revista Engenharia na Agricultura, 22(2), 128–137.

Nnaji, N.D.; Anyanwu, C.U.; Miri, T.; Onyeaka, H. Mechanisms of Heavy Metal Tolerance in Bacteria: A Review. Sustainability 2024, 16, 11124. https://doi.org/10.3390/su162411124 Oliveira, D. Q. L., Carvalho, K. T. G., Bastos, A. R. R., Oliveira, L. C. A. e Marques, J. J. G. S. M. (2008). Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(1), 417–424.

ŚWIERCZEK, Lesław; HERCEL, Paulina; KONKOL, I.; KULIGOWSKI, K.; CENIAN, A. Chromium substitution extraction method for its recovery from chromium-tanned leather waste. Materials, [S.l.], v. 18, 2024. DOI: 10.3390/ma18010118.