



APROVEITAMENTO DO LODO GALVÂNICO COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A FABRICAÇÃO DE TINTAS E AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL COMO CARGA OU PIGMENTO

Emanuelle G. Petry¹ ; Giovana P. Alberti¹; Sandro Marmitt¹; Schana A. da Silva¹

*1 Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha
23000066@liberato.com.br*

Palavras-Chave: Galvanoplastia, Tinta acrílica, Economia circular

Introdução

De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2018), galvanoplastia é um processo eletroquímico amplamente utilizado para o revestimento de superfícies metálicas, no qual ocorre a deposição de um metal sobre outro por meio de reações de oxidação e redução em solução eletrolítica. Esse processo tem como principal objetivo melhorar propriedades como resistência à corrosão, durabilidade e acabamento estético dos materiais. Entretanto, durante esse processo, há a geração de resíduos industriais, destacando-se o lodo galvânico (LG), que contém elevadas concentrações de metais pesados e apresenta potencial poluidor significativo.

Segundo Franklin Monteiro Brasil (2024), são gerados 1,6 milhão de toneladas de LG por ano no Brasil. Segundo a norma NBR 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2024), esse resíduo é classificado como Classe 1- Resíduos Perigosos. Como forma de minimizar os impactos gerados pelos metais presentes no LG, têm sido estudadas alternativas para a recuperação e o tratamento desses resíduos. Nesse contexto, Ana Paula Polzin de Melo (2016), analisou a eficácia da planta *pereskia aculeata* na coagulação das impurezas em suspensão no LG. Fábio Augusto Dornelles do Amaral (2011), propôs a recuperação de alguns metais presentes no LG a partir da sulfatação seletiva e lixiviação com tiosulfato de sódio e amônio. Felipe Moreira Pinto (2012), utilizou a eletrogalvanização e galvanização por imersão para a recuperação de metais.

Apesar de haver inúmeros métodos para reintegração do LG, nenhum deles é aplicado em larga escala na indústria, geralmente por seu alto custo e sua baixa eficiência no que se propõe. Diante disso, os rejeitos são comumente encaminhados para um aterro industrial onde ainda podem contaminar águas superficiais e lençóis freáticos. Diante desse cenário torna-se relevante estudar a utilização do LG como pigmento, uma vez que o processo não necessita de um tratamento de alta complexidade e busca aplicar um resíduo gerado pela indústria, contribuindo para a economia circular. É válido também o estudo da aplicação do lodo como carga da tinta, uma vez que essa tem como objetivo o aumento do poder de cobertura, reforço da película seca e redução do custo (TINTAS E PINTURA, [s.d.]).

Dado o exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento do lodo galvânico como matéria-prima para a produção de um pigmento de baixo custo destinado à fabricação de tinta acrílica para a construção civil. Esta pesquisa também estuda a aplicação do lodo como uma carga na produção das tintas.



A pesquisa apresenta como hipóteses: o lodo galvânico, devido à sua composição rica em óxidos e compostos metálicos, pode ser reaproveitado como matéria-prima na produção de pigmentos inorgânicos de baixo custo, apresentando desempenho funcional adequado, ao mesmo tempo em que contribui para a redução do impacto ambiental causado pelo seu descarte inadequado. Quanto maior a quantidade de lodo utilizado, maior será o poder de cobertura da tinta. O lodo galvânico tem efeito positivo como carga da tinta.

Material e Métodos

O projeto teve início com a caracterização do lodo, que foi feita com raio-x e absorção atômica, disponibilizadas pela empresa parceira. Depois de obtermos esses resultados, a coleta do lodo foi realizada, para em seguida secar a água presente em estufa a 105°C por 24 horas. Então, o lodo passou por um moinho de bancada e logo após por peneiras 0,25mm; 0,15mm; 0,074mm e por fim 0,062mm. Com o resíduo preparado as primeiras formulações foram feitas, substituindo a carga padrão (carbonato de cálcio- CaCO_3), para poder analisar o desempenho de seu poder de cobertura.

A formulação de tinta é constituída em: resina acrílica base água, carga, água, pigmento (dióxido de titânio- TiO_2) e aditivos (espessante, dispersante, plastificante, antiespumante e biocida). Foram preparadas três formulações (A, B e C) com diferentes proporções de CaCO_3 e lodo: 1:0, 1:1 e 0:1 em massa, 300g de cada tinta, utilizando o agitador de Cowles.

Depois foram realizados os testes de percentual de sólidos, pesando amostras, secando toda a água na estufa a 105°C por 3 horas, deixando esfriar em um dessecador e pesando em balança analítica novamente. Fizemos também a determinação da viscosidade, usando o viscosímetro de Krebs-Stormer e da densidade, utilizando um picnômetro. O ensaio do poder de cobertura foi realizado com um criptômetro Pfund, com a placa superior de valor 2K.

Os próximos passos envolvem a continuação dos testes, com o ensaio de lixiviação, para observar se ocorre a solubilização dos metais presentes no filme aplicado da tinta. Será feito também o teste de aderência ao substrato. Depois realizaremos a produção das tintas substituindo o TiO_2 pelo lodo galvânico, e os mesmos testes serão realizados.

Resultados e Discussão

A caracterização do lodo revelou o zinco como principal metal presente, indicando potencial para sua utilização em formulações de tintas. Inicialmente, parte da carga foi substituída pelo lodo para avaliar seus efeitos. Durante o preparo, observou-se aumento da viscosidade com a incorporação do resíduo, dificultando a formação do vórtex e exigindo maior adição de água para uma dispersão adequada. Após a dispersão, foi realizado o ensaio de finura de moagem, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado da finura de moagem

Formulação	Finura de moagem (H)
A	5,5
B	4,5
C	5,0

Fonte: autoras da pesquisa (2026)



A finura de moagem é um indicador da eficiência da dispersão dos pigmentos e cargas na tinta. Segundo Fazenda (2009), a presença de aglomerados pode prejudicar propriedades como acabamento, brilho e poder de cobertura. Os resultados indicam dispersão satisfatória em todas as formulações, embora tenha ocorrido redução da finura com o aumento do lodo, possivelmente devido ao aumento da viscosidade do sistema e à necessidade de maior adição de água.

Como o pigmento utilizado foi o TiO_2 houve uma perceptível mudança visual na coloração das tintas conforme as proporções de lodo aumentavam. Constatou-se que a formulação C apresentou um cinza levemente mais escuro que a B, característica que pode favorecer sua aplicação residencial, uma vez que essa cor é amplamente utilizada comercialmente.

O ensaio de pH foi realizado para avaliar a influência do lodo na alcalinidade das formulações. Em tintas acrílicas à base de água, o pH é mantido geralmente em faixa alcalina (8 a 10), sendo importante para a estabilidade da tinta (FAZENDA, 2009). Como o lodo é proveniente de banhos galvânicos de zinco e níquel, esperava-se que sua incorporação não reduzisse o pH das formulações.

Tabela 2: Resultado do pH

Formulação	pH
A	7,6
B	8,2
C	8,3

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

Os resultados da Tabela 2 mostram que as formulações contendo lodo apresentaram pH de 8,2 e 8,3, valores compatíveis com a faixa normalmente observada para tintas acrílicas. A formulação padrão apresentou menor alcalinidade (pH 7,6), indicando que a incorporação do resíduo contribuiu para o aumento do pH, mantendo as formulações na faixa adequada para esse tipo de tinta. Em seguida foi medido o teor de sólidos das três formulações para que fossem posteriormente ajustados, possibilitando a execução dos ensaios subsequentes em condições equivalentes.

Tabela 3: Teor de sólidos antes do ajuste

Formulação	Teor de sólidos (%)
A	$53,13 \pm 0,13$
B	$48,52 \pm 0,23$
C	$45,11 \pm 0,23$
Resina	$49,78 \pm 0,03$

Fonte: autoras da pesquisa (2026)



Como foi acrescentada mais água nas formulações B e C, era esperado que o teor de sólidos fosse menor em ambas. O teor de sólidos da resina acrílica também foi determinado, uma vez que esse parâmetro é necessário para calcular a contribuição da resina para o teor de sólidos total da tinta, permitindo estimar a fração correspondente às cargas e aos pigmentos. O ajuste foi realizado por meio da adição de água às formulações B e C. Posteriormente, o teor de sólidos foi novamente determinado para verificar a eficiência do ajuste.

Tabela 4: Teor de sólidos após o ajuste

Formulação	Teor de sólidos (%)
A	45,04 ± 0,16
B	44,13 ± 0,04

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

A tabela 4 evidencia que, após os ajustes, os teores de sólidos ficaram bastante próximos. Portanto, para os próximos ensaios, será possível analisar o real efeito do lodo nas formulações sem grandes divergências. O teor de sólidos está diretamente relacionado com seu rendimento teórico, além de influenciar em outras propriedades, tornando-se um parâmetro fundamental a ser analisado (FAZENDA,2009).

Em sequência foi determinada a viscosidade, no viscosímetro de Krebs Stormer. As medições foram feitas antes e depois do ajuste de teor de sólidos. Posteriormente as formulações A e B foram ajustadas gradualmente com adição de espessante até que apresentassem escoamento semelhante à formulação C.

Tabela 5: Viscosidade antes do ajuste do teor de sólidos

Formulação	Viscosidade (KU)
A	90
B	73
C	71

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

Em primeiro momento a formulação A apresentou maior viscosidade por ter em sua composição menor quantidade de água (solvente). De forma similar, a que apresentou menor viscosidade foi a C, pois esta possui a maior quantidade de água em sua formulação. Depois do ajuste de sólidos a viscosidade foi determinada novamente, com os seguintes resultados.

Tabela 6: Viscosidade após o ajuste do teor de sólidos

Formulação	Viscosidade (KU)
A	57
B	54

Fonte: autoras da pesquisa (2026)



As tintas que sofreram o ajuste resultaram em viscosidades muito parecidas entre si. Porém esses valores se tornam muito discrepantes quando comparados a viscosidade da formulação C. Portanto a viscosidade foi novamente ajustada para que atingisse valores próximos, tendo em vista que essa característica interfere diretamente na aplicabilidade da tinta e consequentemente nas propriedades de formação do filme (FAZENDA, 2009).

Tabela 7: Viscosidade após ajuste da viscosidade

Formulação	Viscosidade (KU)
A	81
B	68

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

Concluídos todos os ajustes necessários, foi realizado o ensaio do poder de cobertura. Essa propriedade está diretamente ligada ao rendimento da tinta, uma vez que determina capacidade da tinta de encobrir visualmente o substrato à qual está sendo aplicada com o menor número de camadas possível. Um maior poder de cobertura permite que menor quantidade de produto seja necessária para cobrir perfeitamente a superfície, reduzindo o consumo de produto e evitando desperdícios (FAZENDA, 2009).

Tabela 8: Resultado do poder de cobertura

Formulação	Poder de cobertura (KCI)
A	14,00 ± 1,00
B	12,00 ± 1,00
C	12,67 ± 0,58

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

Analisando os resultados apresentados na Tabela 7, observa-se que as três formulações apresentaram valores próximos de poder de cobertura. Apesar das pequenas diferenças, os resultados indicam que a substituição da carga convencional pelo lodo não comprometeu significativamente essa propriedade, demonstrando que as formulações contendo o resíduo mantiveram capacidade de cobertura semelhante à da formulação padrão. O próximo ensaio foi o de densidade.

Tabela 9: Resultado da densidade

Formulação	Densidade (g/cm ³)
A	1,21
B	1,17
C	1,19

Fonte: autoras da pesquisa (2026)



Os resultados demonstram que as formulações apresentaram valores de densidade próximos entre si, indicando que a incorporação do lodo não promoveu alterações significativas nessa propriedade. Segundo Fazenda (2009), a densidade é um parâmetro importante para o controle de qualidade das tintas, influenciando aspectos relacionados ao rendimento volumétrico e ao controle da formulação. Dessa forma, a proximidade entre os valores obtidos sugere que a substituição parcial da carga pelo lodo não comprometeu essa característica das formulações. Finalizamos com o teste de secagem ao toque, cujos resultados estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 10: Resultado de secagem ao toque

Formulação	Secagem ao toque (min)
A	45
B	42
C	51

Fonte: autoras da pesquisa (2026)

O tempo de secagem ao toque monitora a evaporação da água e indica o momento seguro para aplicar a próxima demão. A diferença de apenas 5 minutos encontrada entre as formulações prova que as suas taxas de evaporação são praticamente equivalentes. Com isso, conclui-se que as mudanças na composição não alteraram a velocidade inicial de formação da película.

O lodo galvânico é um resíduo perigoso que exige ensaios de lixiviação para avaliar a liberação de metais. Como a superfície lisa do vidro pode prejudicar a fixação de revestimentos acrílicos (LAOUAMRI et al., 2016), realizou-se um teste prévio de aderência. As placas de vidro pintadas foram imersas em água por duas semanas e não apresentaram desprendimento do filme de tinta, comprovando o potencial desse substrato para o ensaio de lixiviação.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos e na literatura, conclui-se que o lodo galvânico se comporta de forma satisfatória no lugar de uma carga padrão (CaCO_3). Isso se prova por meio dos testes realizados, uma vez que os resultados foram positivos e indicaram que a substituição não comprometeu as características avaliadas do produto final. Na verdade, a incorporação do resíduo manteve o equilíbrio volumétrico e a massa específica da tinta estáveis, atendendo diretamente aos requisitos de uniformidade exigidos pelo controle de qualidade industrial. Conforme apontam os conceitos de dispersão na literatura de Jorge M. R. Fazenda, a manutenção dessas propriedades físicas garante que a tinta preserve seu rendimento volumétrico e sua estabilidade durante o armazenamento. Dessa forma, além de se mostrar tecnicamente viável para a substituição do carbonato de cálcio, o uso do lodo galvânico surge como uma alternativa sustentável promissora, agregando valor ecológico ao processo por meio da reciclagem de um passivo industrial. Diante da viabilidade comprovada do lodo galvânico como substituto do carbonato de cálcio, a continuidade deste projeto prevê a investigação do potencial desse resíduo para atuar diretamente como pigmento, e não apenas como carga.



Agradecimentos

A realização do projeto foi possível com a colaboração da Fundação Liberato e de empresas parceiras que cederam os insumos. Agradecemos aos orientadores pelo suporte e conhecimento compartilhado.

Referências

- AMARAL, F. A. D. do. Extração de metais de lodos galvânicos através do processo de sulfatação e lixiviação com tiosulfato. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/127696>. Acesso em: 5 mar. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004:2004. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- BRASIL, F. M. Preparação e caracterização de cerâmicas a partir do lodo galvânico do Polo Industrial de Manaus. 2024. 131 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/92974820-64d0-4e18-a8a5-3259e87826c6/download>. Acesso em: 3 mar. 2026.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Galvanoplastia. 2. ed. Rio de Janeiro: INEA, 2018. Disponível em: <https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/6-Galvanoplastia-2%C2%AA-ed..pdf>. Acesso em: 15 abr. 2026.
- LAOUAMRI, H.; GILJEAN, S.; ARNOLD, G.; KOLLI, M.; BOUAOUADJA, N.; TUILIER, M. H. Roughness influence on the optical properties and scratch behavior of acrylic coating deposited on sandblasted glass. *Progress in Organic Coatings*, v. 101, p. 400-406, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.09.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300944016302016>. Acesso em: 22 jul. 2026.
- MELO, A. P. P. de. Tratamento de efluente de indústria galvânica utilizando a planta Pereskia aculeata Miller no processo de coagulação/floculação. 2016. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15334/4/PB_DAQUI_2016_2_16.pdf. Acesso em: 12 mar. 2026.
- PINTO, F. M. Resíduo de lodo galvânico: caracterização, tratamento, recuperação e reuso. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/server/api/core/bitstreams/bb865c1a-63ba-44f1-92e5-cb9428455e1/content>. Acesso em: 7 mar. 2026.
- TINTAS E PINTURA. Cargas. Glossário Técnico, [s.d.]. Disponível em: tintasepintura.pt. Acesso em: 21 jul. 2026.