



Tratamento físico-químico de efluentes contendo cianeto para reuso no processo de galvanoplastia

Camila Bárbara da Silva¹, Bruna Campos de Souza², Tomás Augusto Polidoro³

¹Universidade de Caxias do Sul (barbara.camila@yahoo.com.br)

² Universidade de Caxias do Sul (bcsouza@ucs.br)

³ Universidade de Caxias do Sul (tapolido@ucs.br)

Resumo

Diante do cenário atual, no qual a escassez de água e suas demandas aumentam diariamente, técnicas de reuso de efluentes são cada vez mais estudadas, com intuito de agregar sustentabilidade aos processos industriais. Na galvanoplastia, o volume de efluentes gerados é expressivo. Estes efluentes, quando não tratados e descartados de maneira inapropriada no meio ambiente, causam diversos danos, devido às altas concentrações de contaminantes e metais pesados em sua composição. Neste contexto, este estudo propôs o tratamento físico-químico e posterior reuso de efluentes contendo cianeto, provenientes do processo de cromagem/niquelação de metais. Para acompanhamento da eficiência do tratamento, realizaram-se análises físico-químicas do efluente, antes e após cada ciclo de tratamento. Para avaliação deste efluente no processo, foram conduzidas análises visuais e testes de aderência, em peças eletro-depositadas. O 1º e 2º ciclos de tratamento mostraram-se eficazes, atingindo eficiência de 93% para remoção de cianeto no 1º ciclo e de 58,5% no 2º ciclo. As análises físico-químicas mostraram um aumento significativo em parâmetros como dureza e condutividade, que atingiram valores de 1.253,49 (mg CaCO₃/L) e 17.060 (µS/cm) ao final do 2º ciclo. Verificou-se a necessidade de aperfeiçoamento no 3º ciclo, dado que as concentrações de cianeto, cromo e ferro foram de 110,0, 1,06 e 52,17 (mg/L), respectivamente, não atingindo os padrões adequados para lançamento. Nas análises visuais e testes de aderência, todas as amostras apresentaram resultados satisfatórios, sendo classificadas como Gr₀ de acordo com a norma ABNT NBR 11003, indicando a ausência de problemas no processo de eletrodeposição.

Palavras-chave: Galvanoplastia. Impactos ambientais. Cianeto. Reuso.

Área Temática: Águas residuárias

Physico-chemical treatment of wastewater containing cyanide for reuse in the electroplating process

Abstract

In today's scenario, where water scarcity and their demands daily increase, technical reuse of wastewater are increasingly studied, aiming aggregate sustainability into industrial processes. In electroplating the volume of wastewater generated is significant. These effluents when untreated and improperly disposed of, cause several damage due to high concentrations of contaminants and heavy metals in their composition. In this context, this paper proposes the physical-chemical treatment and subsequent reuse of wastewater containing cyanide, from the process of plating/nickel plating of metals. To monitor the effectiveness of treatment were carried out physical and chemical analysis of the effluent before and after each treatment



cycle. To evaluate this effluent in the process, there were visual analysis and compliance tests on electro-deposited parts. The 1st and 2nd cycles of treatment were effective, reaching efficiency of 93% for cyanide removal in the 1st cycle and 58.5% in the 2nd cycle. The physicochemical analyzes show a significant increase in parameters such as hardness and conductivity, which reached values of 1253.49 (mg CaCO₃.L⁻¹) and 17,060 (μS/cm) at the end of the 2nd cycle. There is a need for improvement in the 3rd cycle, since the concentrations of cyanide, chrome and iron were 110.0, 52.17 and 1.06 (mg.L⁻¹), respectively, not reaching suitable for disposal standards. In the visual analysis and adherence tests, all samples showed satisfactory results, are classified as Gr0 according to ABNT NBR 11003, indicating the absence of problems in the electroplating process.

Key words: Electroplating. Environmental impacts. Cyanide. Reuse.

Theme Area: Wastewater



1 Introdução

Nos últimos anos, o crescimento industrial ocasionou um aumento na geração de efluentes líquidos. A indústria galvânica traz números expressivos, quando se trata do volume de água necessário em seus processos (BRAGA et. al., 2008; VAZ et.al., 2010).

A galvanoplastia gera efluentes com grandes concentrações de cianetos e metais pesados, como níquel, cobre, zinco, cromo, entre outros. Os impactos ambientais, relacionados a estes efluentes, aliados a falta do tratamento adequado e sua disposição de forma inapropriada no meio ambiente implicam em graves prejuízos à saúde pública e ambiental.

Além disso, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), há grande disponibilidade hídrica no país, porém, estes recursos não se encontram igualmente distribuídos, existindo regiões hidrográficas com metade da oferta de água existente em outras, ocasionando um balanço hídrico crítico quanto à disponibilidade para usos múltiplos.

Assim, órgãos federais e estaduais estabelecem padrões de qualidade para descarte destes efluentes, conforme características químicas, físicas e biológicas, e de acordo com o uso a que são destinados (BRAILE; CAVALCANTI, 1993; VAZ *et al.*, 2010), sendo que, a legislação brasileira tem como objetivo, a redução dos problemas de poluição ambiental, causados pela emissão de qualquer efluente.

Devido aos dados expostos, e diante da complexidade das atuais condições climáticas relacionadas à disponibilidade hídrica, há uma constante busca de alternativas para atender as demandas de água e os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais. Dentre estas alternativas, destaca-se o reúso de águas na indústria, tendo objetivos como economia, redução do volume de efluentes lançados ao corpo hídrico e, principalmente, a minimização de impactos ambientais.

Desta forma, por considerar-se a galvanoplastia como uma fonte poluidora em potencial, estudos de racionalização e reúso de águas, em setores tão abrangentes como a indústria galvânica, são fundamentais como um instrumento para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a possibilidade de reúso de efluentes de águas de lavagem contendo cianeto em uma empresa do segmento metal-mecânico, no ramo da cromagem e niquelação de superfícies metálicas, através de seu tratamento físico-químico em três ciclos. Este estudo contempla ainda, a avaliação da influência do efluente tratado no processo de eletrodeposição das peças, através da análise visual do depósito e testes de aderência.

2 Material e métodos

2.1 Caracterização do efluente

O efluente selecionado para tratamento, análises e testes para reúso, é gerado em uma das etapas de lavagem das peças, após o último processo de desengraxe e limpeza. A caracterização deste efluente foi feita através de análise pontual, por empresa terceirizada, e os resultados obtidos são citados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do efluente contendo cianeto.

Parâmetro	Quantidade [mg/L]
DQO	412
Cianeto	57,5
Cromo	1,599
Níquel	5,801



2.2 Projeto piloto

Com o objetivo de simular as características do efluente escolhido e caracterizado para realização deste estudo, montou-se um projeto piloto com capacidade de armazenamento de 200 litros.

O projeto consistiu de tanques de água de lavagem, nos quais, os corpos de prova oriundos de diferentes etapas do processo de galvanoplastia eram mergulhados, sendo que, para cada intervalo de ensaio, realizou-se a lavagem de 30 corpos de prova, especialmente preparados para tal propósito. As condições de operação e de tratamento do efluente do projeto piloto assemelharam-se ao método utilizado pela empresa em seu processo produtivo.

2.3 Tratamento físico-químico

O presente estudo propôs o tratamento físico-químico do efluente para testes de reúso por até duas (2) vezes e, posteriormente, realizou-se tratamento para descarte, conforme parâmetros estabelecidos na Licença de Operação – LO da empresa e legislação correlata. Os insumos químicos utilizados no processo são descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Insumos utilizados no tratamento físico-químico dos efluentes galvânicos.

Insumo	Finalidade
Ácido sulfúrico	Ajuste do pH
Carvão ativo vegetal	Redução da coloração, adsorção de matéria orgânica
Alcalinizante	Ajuste do pH
Precipitador	Precipitação completa de metais pesados
Polieletrólito aniônico	Compactação dos flocos
Bissulfito de sódio	Redução do cromo hexavalente
Peróxido de hidrogênio	Agente oxidante
Sulfato de alumínio	Agente coagulante

Fonte: Os autores (2015).

As etapas de tratamento consistiam basicamente em processos de neutralização e coagulação, floculação e sedimentação. Após a etapa de sedimentação, o lodo gerado seguia para filtro prensa.

2.4 Coleta de amostras e metodologia analítica

Amostras do efluente foram coletadas antes e após cada ciclo de tratamento. Para cada ensaio conduzido, análises físico-químicas do efluente foram realizadas no Laboratório de Análises e Pesquisas Ambientais da Universidade de Caxias do Sul (LAPAM), de acordo com a metodologia descrita em *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (2012).

Os parâmetros avaliados para reúso foram: pH, condutividade, dureza total (mg CaCO₃/L), sólidos sedimentáveis, DQO, óleos e graxas, surfactantes, cianeto total, cromo total, níquel total e zinco total. Para o descarte do efluente os parâmetros estão relacionados na Resolução CONSEMA nº 128 (RIO GRANDE DO SUL, 2006).

Para a análise da influência do efluente tratado no processo de eletrodeposição de níquel/cromo, utilizaram-se corpos de prova de material aço carbono SAE 1020, em formato plano, de dimensões: largura = 70 mm e altura = 25 mm. Os resultados para os testes de aderência foram baseados em análises visuais e testes realizados conforme a norma ABNT NBR 11003 (BRASIL, 2009).



3 Resultados e discussão

Para avaliação dos resultados do tratamento físico-químico, bem como, avaliação da potencialidade de reúso e descarte do efluente tratado, foram considerados todos os resultados obtidos para as amostras coletadas antes e depois dos ciclos de tratamento propostos. Os resultados das análises realizadas são apresentados, resumidamente, na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos nos diferentes ciclos do tratamento físico-químico.

Parâmetro	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3	
	A1	D1	A2	D2	A3	D3
Cianeto total (mg CN/L)	213,9	14,8	249,9	103,69	108,6	110,0
Cobre total (mg Cu/L)	---	---	---	---	---	ND
Cor verdadeira (uC)	---	---	---	---	---	750
Condutividade (μ S/cm)	4.210	8.100	14.950	17.060	16.450	---
Cromo total (mg/L)	1,92	0,08	5,86	0,15	5,89	1,06
DQO (mg/L)	321	200	1.034	578	687	448
Dureza total (mg CaCO_3 /L)	78,34	1090,87	346,73	1253,49	657,07	1551,70
Ferro total (mg Fe/L)	---	---	---	---	---	52,17
Fósforo total (mg P/L)	---	---	---	---	---	0,312
Níquel total (mg Ni/L)	1,497	ND	2,39	0,566	1,100	0,220
Óleos e graxas (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
pH (25°C)	12,01	9,2	12,46	9,17	9,4	8,73
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sólidos suspensos totais (mg/L)	---	---	---	---	---	40,0
Surfactantes (mg MABS/L)	ND	ND	ND	ND	0,520	0,490
Zinco total (mg Zn/L)	0,045	ND	0,078	ND	0,042	0,050

Fonte: LAPAM (2015).

LEGENDA: A1: amostra antes, ciclo 1 / D1: amostra depois, ciclo 1 / A2: amostra antes, ciclo 2 / D2: amostra depois, ciclo 2 / A3: amostra antes, ciclo 3 / D3: amostra depois, ciclo 3 / ND: não detectado / MBAS: substâncias capazes de formar complexo ou par iônico com azul de metileno / μ S: micro Siemes equivalente μ mho: micro Ohms

Com relação aos ciclos 1 e 2 de tratamento, pode-se concluir que os resultados obtidos foram satisfatórios para o reúso do efluente tratado no processo de lavagem dos corpos de prova. Isto porque, foram atingidas eficiências de remoção entre 93 e 95,8% para parâmetros como cianeto total e cromo total no ciclo 1, mantendo-se padrões semelhantes para os demais parâmetros avaliados, exceto para dureza, condutividade e DQO. Já, para o ciclo 2, foram alcançadas eficiências de 58,5% para remoção de cianeto e 97,44% para cromo. Destaca-se que não haviam sólidos sedimentáveis em nenhuma das amostras analisadas.

Os resultados para análise visual dos corpos de prova e testes de aderência foram omitidos, pois todas as amostras avaliadas ficaram isentas de manchas ou bolhas e foram classificadas como Gr₀, conforme a norma ABNT NBR 11003 (BRASIL, 2009), em que, Gr₀ demonstra que nenhuma área da película depositada é destacada.

Estes resultados confirmam a potencialidade do reúso de efluentes no processo de galvanoplastia, pois todos os corpos de prova submetidos à lavagem com o efluente tratado nos ciclos 1 e 2 e avaliados nos testes de aderência apresentaram características satisfatórias indicando que não houve prejuízo do processo de eletrodeposição.

Para as amostras A3 e D3 oriundas do 3º ciclo de tratamento, que corresponde ao tratamento voltado para o atendimento dos padrões para descarte do efluente, observou-se que a quantidade de cianeto presente na amostra D3 apresenta um valor mais elevado do que em A3. Considera-se que, possivelmente, após os três tratamentos realizados, a presença de



sulfitos e metais contaminantes, tenham interferido na leitura deste parâmetro, comprometendo a avaliação da eficiência do processo.

A elevada dureza do efluente indica que trata-se de uma água de baixa qualidade, porém, não há limite de emissão para este parâmetro na legislação consultada. Porém, de acordo com os demais parâmetros, verifica-se que não é possível descartar este efluente ao corpo receptor, devido ao elevado teor de cianeto, cromo e ferro, os quais, não atendem a legislação vigente, conforme padrões descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Padrões de emissão de efluentes líquidos no rio Grande do Sul

Parâmetro	Padrão
Cianeto total (mg CN ⁻ /L)	0,2
Cromo total (mg Cr/L)	0,5
Ferro total (mg Fe/L)	10

Fonte: Adaptado de Resolução CONSEMA nº 128 (2006)

Observou-se também, um elevado teor de cor na amostra D3, conforme análise visual do tratado, ao final do tratamento. De acordo com Richter (1991), alterações na cor podem ocorrer na presença de sólidos em suspensão ou de substâncias dissolvidas. VAZ *et al.* (2010) afirma que a presença de íons metálicos provocam cores intensas. Nesta amostra, a presença de cromo e ferro é verificada em grandes quantidades, 1,06 e 52,17, respectivamente.

4 Conclusões

Os resultados descritos, corroboram para a possibilidade do reúso de efluente tratado na indústria galvânica considerando-se um processo físico-químico de tratamento, tecnicamente simples e pouco oneroso, com o qual obteve-se resultados satisfatórios do ponto de vista dos ensaios conduzidos, apresentando-se eficiências adequadas para os dois primeiros ciclos de tratamento, evidenciadas nos resultados analíticos referentes às amostras coletadas e nos testes de aderência dos corpos de prova.

Porém, destaca-se que somente após estudo e aperfeiçoamento do último processo de tratamento, seria possível o descarte deste efluente ao corpo receptor, dado que os padrões de lançamento não foram atingidos.

Sugere-se que a adição de um processo de tratamento, após o físico-químico, tal como, processo de separação por membranas ou resinas de troca iônica, auxiliaria na remoção de contaminantes. Desta forma, a qualidade do efluente tratado seria superior ao analisado no tratamento físico-químico, sendo este, incorporado mais facilmente no processo de produção.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos**: Informe 2014. Brasília: ANA, 2015.

BRAGA, B. P. F. et al. Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 17-42, 2008.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1993

BRASIL. **ABNT NBR 11003**: Tintas – determinação de aderência. 2009.



RIO GRANDE DO SUL **Resolução CONSEMA nº. 128, 24 de nov. de 2006.** Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Secretaria da Saúde e Meio Ambiente/RS, 2006.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Blucher, 1991.

SMEWW. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

VAZ, L. G. L. et al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 07 abr. 2015./