Revista de Extensão e Iniciação Científica UNISOCIESC - REIS:
ARTIGO

CLORETO FÉRRICO E SULFATO DE ALUMÍNIO: IMPORTÂNCIA DOS COAGULANTES/FLOCULANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES GALVÂNICOS

Eduarda Weihermann[1], Emily Vigolo[2], Karoline Atne dos Santos Húngaro Praxedes de Oliveira[3], Jorge Ititaro Yoshino[4], Ana Carolina de Moraes[5]

Resumo: *Os efluentes dos processos de galvanização geram graves problemas de poluição nos ecossistemas aquáticos devido ao fato que seus despejos conterem metais pesados, que acima de determinadas concentrações podem ser tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano. A coagulação e a floculação têm por finalidade transformar essas impurezas que se encontram em solução, em partículas maiores, para a remoção por sedimentação, filtração ou flotação. O objetivo deste trabalho é demonstrar o tratamento de um efluente artificial, simulando um efluente de uma indústria de galvanoplastia e, utilizando cloreto férrico ou sulfato de alumínio para o tratamento, para então determinar o coagulante/floculante mais eficaz na remoção dos íons* Zn^{+2} *presentes na solução. Os melhores resultados obtidos foram a partir do coagulante cloreto férrico, por diminuir a concentração de íons zinco de 20 mg/L para 3,2 mg/L, e por adequar-se aos padrões de pH e temperatura estabelecidos pela legislação ambiental.*

Palavras-chave: *Galvanização. Tratamento de efluente. Agente floculante. Zinco.*

1 INTRODUÇÃO

Este artigo é o resultado da disciplina de Projeto Integrador I. Realizou-se alguns estudos sobre as etapas de processos físico-químicos de floculação e de coagulação de um efluente de uma galvanizadora. A partir de um problema, foram analisados os conhecimentos pré-existentes da equipe, hipóteses foram formuladas, planejaram-se as questões de aprendizagem e foram definidas as etapas do projeto. A metodologia aplicada foi a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL – *Problem Based Learning*).

Segundo Costa (1998) *apud* Vaz (2009, p. 5), a galvanoplastia é um processo químico que consiste no depósito de finas camadas de um metal sobre superfícies de corpos metálicos, por meios químicos ou eletroquímicos, a partir de soluções aquosas que contêm metais tais como o cromo, o níquel, o cobre, o zinco, o cádmio, entre outros, seguidos de enxágues com água para limpeza. Para Pasqualini (2004) *apud* Vaz (2009, p. 5), as indústrias de galvanoplastia dedicam-se ao tratamento de superfícies metálicas ou

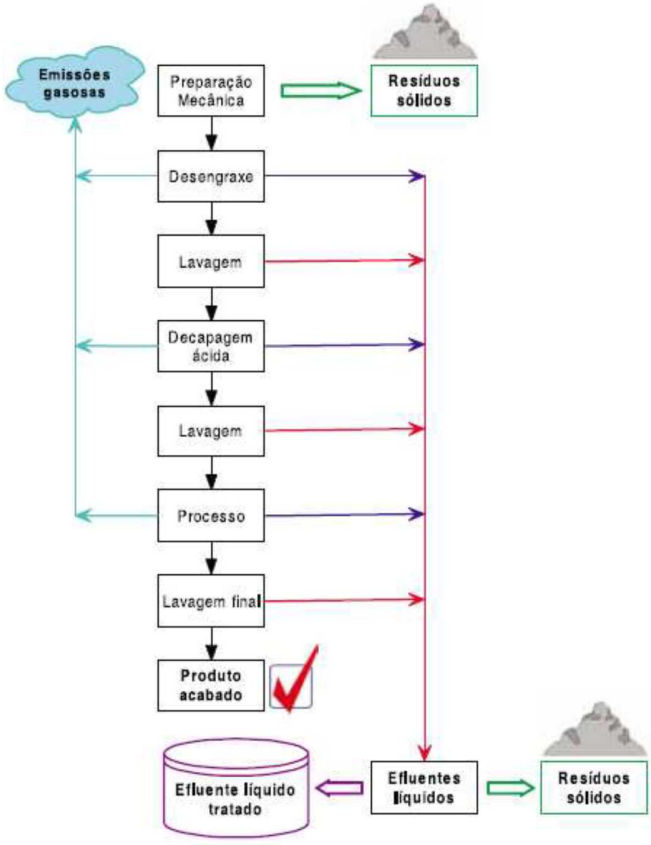
[1] Centro Universitário SOCIESC – UNISOCIESC. E-mail: eduarda.weihermann@gmail.com
[2] Centro Universitário SOCIESC – UNISOCIESC. E-mail: emilyvigolo@hotmail.com
[3] Centro Universitário SOCIESC – UNISOCIESC. E-mail: karoline_atne@hotmail.com
[4] Centro Universitário SOCIESC – UNISOCIESC. E-mail: jorgeyoshino@hotmail.com
5 Centro Universitário SOCIESC – UNISOCIESC. E-mail: ana.moraes@sociesc.org.br

plásticas, como materiais diversos, tais como: cádmio, cobre, níquel, estanho, ouro, prata, cromo ou zinco, mediante processos químicos ou eletrolíticos, permitindo assim, principalmente, um aumento na resistência da corrosão da peça (VAZ, 2009, p.5).

A galvanoplastia tem aplicações nos seguintes ramos de atividades: indústria automotiva, indústria de bijuterias, construção civil, indústria de utensílios domésticos, indústria de informática, indústria de telefonia e recuperação de objetos decorativos (SESI *et al*, 2007, *apud* PEREIRA 2008, p.8).

O processo de galvanização, basicamente envolve uma sequência de banhos consistindo de etapas de pré-tratamento, de revestimento e de conversão de superfície. Entre estas etapas, a peça sofre um processo de lavagem. Desta forma, são originados efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos que necessitam de tratamento específico (CPRH, 2001, *apud* VAZ 2009, p.5). Os pontos de geração de poluentes, tais como emissões gasosas, resíduos sólidos e efluentes líquidos estão no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma Processo de Galvanização



Fonte: CPRH (2001, *apud* VAZ, 2009, p.6)

1.1 TRATAMENTO DO EFLUENTE GALVÂNICO

A indústria de galvanoplastia apresenta-se como uma fonte geradora de efluentes contendo metais pesados (cromo, cobre, zinco, níquel, cádmio, chumbo), uma vez que emprega em seus processos de eletrodeposição uma variedade de soluções metálicas (BRAILE & CAVALCANTI, 1993, *apud* VAZ, 2009, p. 2).

Os efluentes líquidos gerados na indústria galvânica provêm das operações de limpeza de peças brutas, das soluções perdidas ou arrastadas durante o processo, do eventual descarte dos banhos, das águas de lavagem do piso e, principalmente, do descarte das águas de enxágue das peças retiradas dos banhos eletroquímicos. A elevada carga tóxica dos efluentes líquidos gerados no processo é composta, principalmente, por sais de cianeto e metais pesados como cobre, zinco, níquel e cromo, entre outros, que podem estar presentes nas formas solúveis e insolúveis (BERNARDES *et al*, 2000: PACHECO, 2002, *apud* VAZ 2009, p. 18).

Vaz (2009, p. 19) descreve que "o tratamento de efluentes de galvanoplastia vem sendo estudado por alguns autores, os quais propõem diferentes processos para o tratamento de efluentes do processo de galvanização". O autor cita os processos de: precipitação química utilizado por Simas (2007), processo de absorção por materiais adsorventes não convencionais trabalhado por Pereira (2008) e Santos (2008) e absorventes convencionais descrito por Santos (2007). Ainda segundo Vaz (2009),

> Os efluentes dos processos de galvanização geram graves problemas de poluição nos ecossistemas aquáticos devido aos seus despejos conterem metais pesados, que acima de determinadas concentrações podem ser tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano, e apresentam ainda grande quantidade de materiais dissolvidos se suspensos ocasionando altos valores de cor e turbidez. Portanto se faz necessário seu tratamento prévio antes do descarte em corpos receptores a níveis aceitáveis (VAZ 2009, p.19).

Conforme Imhoff (1966, p.14), "estão envolvidos processos físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos são gradeamento a filtração, a sedimentação, flutuação e a flotação". Este aspecto também é comentado por Pavanelli (2001, p. 4) "tais impurezas em geral são retiradas no processo de coagulação seguido pelas operações de floculação, sedimentação (ou flotação) e filtração".

1.2 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

A coagulação corresponde à desestabilização da dispersão coloidal, obtida por redução das forças de repulsão entre as partículas com cargas negativas, por meio da adição de produto químico apropriado, habitualmente com sais de alumínio, ferro ou de polímeros sintéticos, seguidos por agitação rápida, como o intuito de homogeneizar a mistura (PAVANELLI, 2001, p. 13).

Como salienta Leme (2010, p. 233), "floculação é, a partir de material finamente dividido, formar flocos que, ao se agregarem pelo processo da agitação, ficam mais pesados e sedimentam-se, facilitando

a separação desses materiais do meio líquido", considerando-se que um dos melhores agentes de floculação para os esgotos urbanos é o cloreto férrico (IMHOOF, 1966, p. 56).

Os coagulantes precipitam os sólidos em suspensão não sedimentáveis e parte dos coloides sob a forma de flocos, provocando assim sua sedimentação (IMHOFF, 1966, p.56). A coagulação e a floculação têm por finalidade transformar as impurezas que se encontram em suspensão, estado coloidal ou em solução em partículas maiores, para a remoção por sedimentação, filtração, flotação (CAMPOS & POVINELLI, 1976, *apud* SILVA, 2009, p.35). Libânio, *et al*, (1997) descreve intervenientes fatores no processo de coagulação,

> Dentre os principais fatores intervenientes destacam-se o pH e a alcalinidade da água bruta. Quando a coagulação se efetua com sair de ferro ou de alumínio, independente do mecanismo predominante, o pH assume importante papel na prevalência das espécies hidrolisadas do coagulante (LIBÂNIO, *et al*, 1997, p. 1367).

Segundo Vaz (2009, p. 22) o processo de coagulação/floculação com posterior sedimentação proporciona a remoção de cor e turbidez de efluente a ser tratado. A coagulação e a floculação podem ser verificadas em escalas de bancadas através da realização de ensaios "Jar-test" (teste de jarros), que são utilizados para a determinação da dosagem ótima de aplicação de coagulantes em águas brutas ou residuárias (SILVA, 2009, p. 50).

1.2.1 Definição do Coagulante

Ao longo das últimas décadas diversos sais têm sido utilizados como coagulantes, basicamente sais de ferro e alumínio, e, mais raramente, os polímeros orgânicos são também empregados como coagulantes primários (DEMPSEY, 1984, *apud* LIBÂNIO *et al*., 1997, p. 1368).

A definição do tipo de coagulante segundo Libânio, *et al*, (1997),

> A comparação entre a eficiência dos coagulantes mais usuais, sulfato de alumínio e cloreto férrico, alicerça-se, para as estações convencionais, na dosagem, na amplitude do pH para a formação do precipitado. Águas turvas e de baixa alcalinidade via de regra vão de coagular melhor com cloreto férrico, pois o precipitado pode se formar mesmo com baixo pH. Contudo, a adição de cal e, se possível, o emprego de polímeros como auxiliares de coagulação podem tornar o sulfato de alumínio passível de ser empregado com sucesso. Desta forma, a definição do tipo de coagulante deve basear-se na eficiência de cada coagulante, no custo global dos produtos químicos envolvidos na coagulação e, em alguns casos, no volume de lodo gerado (LIBÂNIO, *et al*, 1997, p.1368).

O mecanismo de coagulação/floculação é sensível a diversos fatores, a citar: tipo e dosagem de coagulantes, pH do efluente, natureza das substâncias produtoras de cor e turbidez, entre outros. O tipo e a dosagem ideal da quantidade de coagulantes são definidos em função principalmente de viabilidade econômica e características do efluente. Por esse motivo, testes de coagulação são extensivamente usados para determinar as dosagens químicas ótimas no tratamento. (VAZ, 2009, p. 24).

1.2.2 Sulfato de Alumínio

Conforme Pavanelli (2001, p.30) “a espécie sulfato de alumínio tem por fórmula química $Al_2(SO_4)_3.nH_2O$, em que "n" representa aproximadamente 14 a 18 moléculas de água de cristalização”. Caracterizado pela cor branca-acinzentada, o sulfato de alumínio, é o coagulante mais utilizado nas Estações de Tratamento de Águas Brasileiras, devido ao seu baixo custo e eficiência que pode proporcionar. Sua síntese pode ser obtida pela dissolução de hidróxido de alumínio, $Al(OH)_3$, em ácido sulfúrico, H_2SO_4, conforme a reação representada: (FRANCO, 2009, p.22)

$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 + 3H_2O \rightarrow Al_2(SO_4)_3.6H_2O$$

Encontrado em forma de pedra, pó e em soluções concentradas e contendo aproximadamente 17% de Al_2O_3, solúvel em água, o sulfato de alumínio é capaz de promover coagulação efetiva em faixas de pH que vão de 5,5 a 8,0 (FRANCO, 2009, p.22).

1.2.3 Cloreto Férrico

A reação a quente do ácido clorídrico, concentrado com o minério de ferro (hematita-Fe_2O_3), seguido de resfriamento e filtração, propõe a produção de cloreto férrico com elevado índice de pureza. A concentração final do produto resulta da combinação entre variáveis do processo produtivo e a temperatura ambiente mínima das regiões de aplicação (PAVANELLI, 2001, p.34). Segundo Franco (2009),

> Pode ser encontrado na forma líquida e sólida. Quando adicionado à água a ser tratada ocorre a hidrólise do cloreto férrico, logo os complexos de ferro formados adquirem cargas positivas. A agregação das partículas presentes na água tratada que resultam na floculação é resultante da neutralização das cargas negativas dos sólidos da água pelos complexos dotados de carga positiva (FRANCO, 2009, p.24).

O cloreto férrico produz bons flocos na faixa de pH entre 5,0 a 11,0 (SPINELLI, 2001, *apud* VAZ 2009, p.25).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

O trabalho foi conduzido nos laboratórios do curso de Bacharelado em Engenharia Química, do Centro Universitário Tupy, Sociedade Educacional de Santa Catarina, em Joinville – SC. O experimento ocorreu em diversas etapas, divididas pela equipe.

A primeira etapa foi a divisão dos materiais e reagentes que foram utilizados no decorrer do processo, representados na “Tabela 1” a seguir.

Tabela 1 – Materiais e reagentes utilizados

MATERIAIS	REAGENTES
4 Copos de Béquer 250 mL	Ácido Nítrico
2 Copo de Béquer 2 litros	Ácido Clorídrico
2 Pisete	Bicarbonato de Sódio
1 Recipiente de plástico de 5 litros	Cloreto Férrico
2 Tripé	Corante Têxtil Azul Remazol
1 pHmetro	Água
1 Agitador magnético	Nitrato de Zinco
4 Funil de vidro	Hidróxido de Sódio
1 Espectrofotometria	Sulfato de Alumínio
4 Papel filtro de faixa preta	Oxido de Cálcio
Luvas	
4 Peras	
4 Pipeta	
Balança Analítica	
3 Espátulas	
3 Vidros de Relógio	

Fonte: Dos autores (2014)

2.2 PREPARAÇÃO DO EFLUENTE

O efluente elaborado artificial foi preparado com concentrações de 100mg/L de corante têxtil, 100mg/L de íons zinco, com pH 1, conforme problema inicialmente proposto.

Foram preparados 4 litros de efluente, utilizando-se nitrato de zinco para a liberação de íons zinco, corante têxtil azul turquesa remazol, e ácido clorídrico para reduzir o pH. Utilizou-se aproximadamente 80,5 ml de HCl (ácido clorídrico a 10%), diminuindo a concentração de íons zinco para aproximadamente 92,55 mg/L. O pH do efluente inicial era 4,5, e após a adição do HCl o pH final ficou 1,03. O método de ajuste de pH, foi verificado por pHmetro, com auxílio do agitador magnético, para a agitação lenta do efluente. O processo de medição do pH é representado na “Figura 2”, a seguir.

Figura 2 – Ajuste de pH do efluente.

Fonte: Dos autores (2014)

Após o efluente pronto, iniciaram-se os procedimentos para o tratamento do efluente. Para elevação do pH, foram utilizados 10 ml hidróxido de sódio e 10 ml bicarbonato de sódio e obtendo uma nova concentração de íons zinco de 90,49 mg/L. O ajuste foi feito com o auxílio do pHmetro, para a correção do pH e do agitador magnético, para uma agitação lenta e de maneira controlada.

2.3 COAGULAÇÕES COM CLORETO FÉRRICO

Para a inicialização dos testes com o coagulante Cloreto Férrico, foi feita uma solução a 10 mols/L. Os testes serão representados na “Tabela 2” abaixo.

Tabela 2 – Característica das Amostras Utilizando Cloreto Férrico

Amostras	pH amostra	Elevador de pH/ Correção pH	Agente Coagulante	Quant. Agente Coagulante g/L	pH depois da adição do Coagulante	Correção do pH com CaO 1M
Efluente Bruto I	1,03	--	--	--	--	--
1	1,03	Hidróxido de Sódio-8,0	Cloreto Férrico	3,2438	2,1	8,5
2	1,03	Hidróxido de Sódio e Bicarbonato de Sódio-8,5	Cloreto Férrico	3,2	8,5	--

Fonte: Dos autores (2014)

Com a correção ou não do pH dos efluentes de cada amostra, adicionou-se na amostra 1, as quantidades citadas na “Tabela 2”, contendo uma concentração de 10 mols/L do agente coagulante cloreto férrico. Na adição deste coagulante, o pH abaixou, pois utilizou-se uma solução muito concentrada de cloreto férrico, que possui pH baixo. Então com o auxílio do pHmetro para análise do pH e com agitação lenta, utilizou-se cal (óxido de cálcio) para elevar o pH para melhor faixa de operação. A coagulação aconteceu após o pH ser elevado, em seguida sedimentação dos flóculos. Já na amostra 2, para elevar o pH do efluente bruto inicial utilizou-se hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio e seu pH elevou-se para 8,5 e, quando adicionado o floculante, em poucos minutos ocorreu a coagulação e floculação, mas não abaixou o pH da amostra. As amostras foram deixadas no processo de sedimentação para então serem filtradas, no papel filtro de faixa preta, representadas na “Figura 3”.

2.4 COAGULAÇÕES COM SULFATO DE ALUMÍNIO

Para a inicialização dos testes com o floculante Sulfato de Alumínio, foi feito uma solução a 10 mols/L.

Os testes serão representados na “Tabela 3” a seguir.

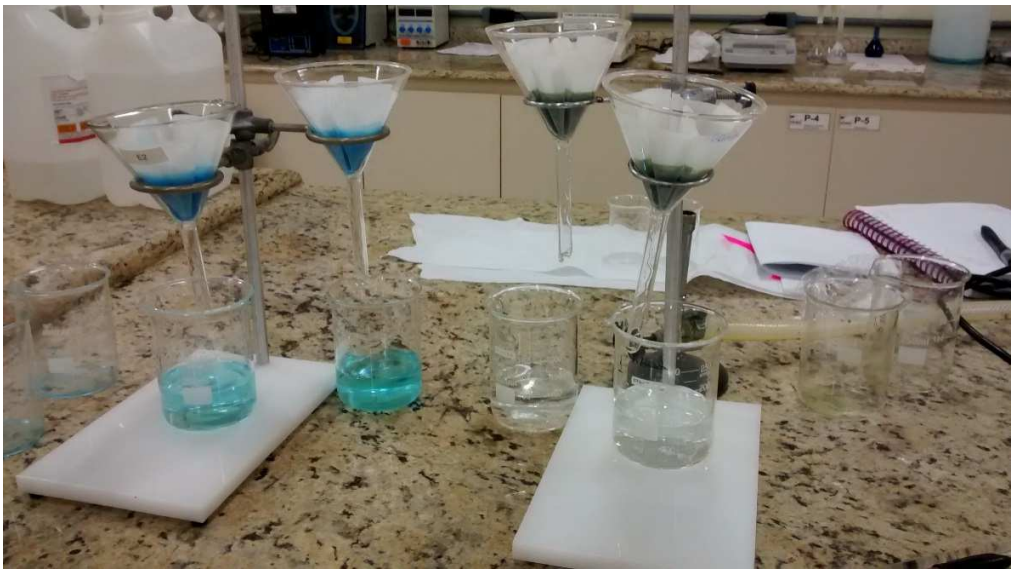
Tabela 3 – Característica das Amostras Utilizando Sulfato de Alumínio

Amostras	pH amostra	Elevador de pH/ Correção pH	Agente Floculante	Quant. Agente Floculante g/L	pH depois da adição do Floculante	Correção do pH com CaO 1M
Efluente Bruto I	1,03	--	--	--	--	--
1	1,03	Hidróxido de Sódio- 8,0	Sulfato de Alumínio	6,8	2,75	8,5
2	1,03	Hidróxido de Sódio e Bicarbonato de Sódio- 8,5	Sulfato de Alumínio	6,8	8,5	--

Fonte: Dos autores (2014)

Com a correção ou não do pH dos efluentes de cada amostra, adicionou-se nas amostras 1, as quantias citadas na “Tabela 3”, contendo uma concentração de 10 mols/L do agente floculante sulfato de alumínio. Na adição deste floculante, o pH abaixou, pois se utilizou uma solução muito concentrada. Então com o auxílio do pHmetro para análise do pH e com agitação lenta utilizou-se cal (óxido de cálcio) para elevar o pH. A floculação aconteceu após a elevação do pH da amostra e, em seguida, a sedimentação dos flóculos. Já nas amostras 2, para elevar o pH do efluente bruto inicial, utilizou-se hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio e seu pH elevou-se para 8,5. Na adição do coagulante, ocorreu em alguns minutos a floculação, mas não abaixou o pH da amostra. As amostras foram deixadas no processo de sedimentação para então serem filtradas, no papel filtro de faixa preta, representadas na “Figura 3”.

Figura 3: Filtração das amostras 1,2 de Cloreto Férrico e 1,2 (Cor Verde) e Sulfato de Alumínio (Cor Azul)



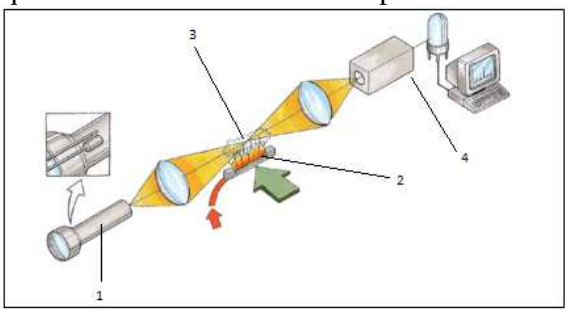
Fonte: Dos Autores (2014)

3 ANÁLISES POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Para as análises de Zn, conforme proposto inicialmente, foram separados 100 mL de cada amostra e adicionou-se em cada uma delas 0,5 ml de ácido nítrico e 0,5 ml de ácido clorídrico. Em seguida, colocou-se na chapa de aquecimento para a perda de 50% do seu volume. E então por fim, completaram-se com água os 50% de volume perdido. Este processo é chamado de acidificação da amostra, para ser utilizado na análise por espectroscopia de absorção atômica. Este procedimento foi utilizado para melhor precisão dos resultados.

A espectrofotometria de absorção atômica em chama é uma técnica utilizada para a análise de íons metálicos presentes em determinadas soluções por absorção de luz em certos comprimentos de onda, sendo que esta absorção ocorre em um comprimento de onda específico para cada elemento. Esta é uma análise que só é possível ser realizada em meio gasoso, então é necessário gaseificar a amostra. (BORGES, *et al*, 2005). Abaixo segue esquema do funcionamento do espectrofotômetro de absorção atômica:

Figura 4 - Esquema do funcionamento do aparelho de absorção atômica



Fonte: BORGES, *et al*, 2005

A “Figura 4” demonstra as principais partes de um equipamento de espectrofotometria de absorção atômica em chama. O ponto número 1 representa a lâmpada de cátodo oco, que é responsável por enviar ondas no comprimento de onda específico para excitar somente o metal de interesse. Então, para cada metal a ser analisado, deve-se colocar a lâmpada específica para aquele metal.

O ponto número 2 é onde fica situada a chama, responsável por nebulizar a amostra, ou seja, deixar a solução como uma névoa extremamente fina. A solução é colocada no interior da chama por um tubo capilar polimérico ligado a um sistema de sucção, jogando assim quantidades extremamente pequenas da solução analisada no interior do aparelho. Isto mostra a grande capacidade de detecção deste sistema, pois com pequenas amostras são possíveis encontrar dados confiáveis.

A amostra nebulizada é representada no ponto 3. Após nebulizada, a amostra é transpassada pelas ondas eletromagnéticas enviadas pela lâmpada de cátodo oco, sendo que ela irá absorver mais ou menos energia enviada de acordo com a concentração do íon metálico analisado.

Os detectores estão representados no ponto 4. Eles analisam a quantidade de energia enviada e a quantidade de energia absorvida pela amostra. Por curvas de calibração geradas pelo analista no início do ensaio, com padrões de concentrações conhecidas do metal analisado, o aparelho consegue determinar em qual ponto desta curva está a amostra analisada. Então, para realizar o ensaio deve-se ter um conhecimento prévio da amostra para que o resultado esteja dentro da faixa de calibração executada, caso contrário, o ensaio se torna não confiável (VARIAN TECHTRON PTY. LIMITED, 1977).

4 RESULTADOS FINAIS

A Tabela 4 apresenta os valores de concentração de Zn^{+2}, coloração e pH finais na amostra correspondente ao uso do cloreto férrico, após análise de espectroscopia de absorção atômica.

Tabela 4 – Resultados finais correspondentes ao agente coagulante cloreto férrico

Amostras	pH final	Coloração Final	Concentração de Zinco Final
Efluente Bruto I	1,03	Azul	20 mg/L
1	8,5	Incolor	0 mg/L
2	8,5	Azul claro	3,2 mg/L

Fonte: Dos autores (2014)

A Tabela 5 apresenta os valores de concentração de Zn^{+2}, coloração e pH finais na amostra correspondente ao uso do sulfato de alumínio, após análise de espectroscopia de absorção atômica.

Tabela 5 – Resultados finais correspondentes ao agente floculante sulfato de alumínio

Amostras	pH final	Coloração Final	Concentração de Zinco Final
Efluente Bruto I	1,03	Azul	20 mg/L
1	8,5	Azul	0 mg/L
2	8,5	Azul	4,5 mg/L

Fonte: Dos autores (2014)

4.1 REFERENTE AO PH FINAL

Conforme a resolução do CONAMA n° 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução e em outras normas aplicáveis. O pH final para o descarte nos corpos receptores deve estar entre 5 e 9. Todas as amostras tiveram o pH final nessa faixa, permitindo o descarte com relação a esse fator.

4.2 REFERENTE À COLORAÇÃO FINAL

Conforme a “Tabela 4”, as amostras 1 e 2 tiveram remoção total ou quase total da cor inicial. Dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA n° 430/2011 estas amostras poderiam ser descartadas no corpo receptor.

Já as amostras da “Tabela 5” não tiveram remoção total da coloração, não obedecendo ao critério exigido pelo órgão responsável.

4.3 REFERENTE À CONCENTRAÇÃO DE ZINCO

Segundo a resolução do CONAMA, n° 430/2011, a concentração total de zinco em mg/L que pode ser descartada em corpos receptores é de no máximo 5mg/L.

Conforme a resolução, todas as amostras, exceto o efluente bruto, poderiam ser descartadas, pois apresentam a concentração de zinco abaixo de 5 mg/L.

As amostras que tiveram melhor desempenho na remoção de íons zinco foram as de número 1, listadas nas Tabelas 4 e 5.

5 CONCLUSÃO

O processo de galvanoplastia corresponde ao tratamento superficial de uma peça, por meio de deposição de finas camadas de um ou mais metais sobre a mesma a fim de aumentar sua resistência à corrosão, principalmente. O efluente gerado na indústria galvânica e seu respectivo tratamento foi o objeto de estudo do trabalho. O efluente de uma galvanizadora possui elevada toxicidade e por isso deve ser feito seu tratamento antes de ser descartado, a fim de adequar-se ao limite máximo imposto pela legislação do CONAMA. Para tal tratamento, foram utilizados processos físico-químicos, a coagulação e a floculação.

Dos resultados obtidos, concluiu-se que a amostra 1, com adição de cloreto férrico e óxido de cálcio, removeu totalmente sua coloração. Sua concentração de zinco final e seu pH ficou em conformidade com os parâmetros exigidos pelo CONAMA. A amostra 2, com adição de cloreto férrico não obteve sua coloração completamente removida. As amostras com adição de sulfato de alumínio também removeram totalmente o Zn^{+2} e seu pH ficou aceitável, porém não obtiveram sua coloração totalmente removida.

Em vista dos resultados obtidos, ambos os coagulantes podem ser viáveis em tratar efluentes oriundos de processos de galvanoplastia para remoção de Zn^{+2}. Porém, a adição do agente coagulante cloreto férrico representou a melhor forma de tratamento, visto que removeu melhor a concentração de zinco e, aliado ao óxido de cálcio, sua coloração, podendo ser descartado, seguindo os parâmetros do órgão responsável CONAMA, estando em conformidade com os critérios de concentração de zinco, cor e faixa de pH.

REFERÊNCIAS

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 430, de 13 de maio 2011.

FRANCO, E. S. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo e estações de tratamento de Água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Ouro Preto – Ouro Preto-MG, 2009.

LIBÂNIO, M. *et al*. **Avaliação do emprego de sulfato de alumínio e do cloreto férrico na coagulação de águas naturais de turbidez média e cor elevada.** 19° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

PAVANELLI, G**. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada. São Carlos**. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – SP, 2001.

PENETRA, R., SOBRINHO, P. A., FLORENCIO, L., PENALVA, M. A., JURGENSEN, D., AISSE, M .M. **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Sistemas de Flotação.** Disponível em: < http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-6.pdf > Acesso em 11 nov. 2014.

PEREIRA, F. V. **Remoção de Íons de Zinco (II) de Efluentes Derivados de Processos de Galvanoplastia Utilizando Rejeitos de Fibras Vegetais Modificadas Quimicamente.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2008.

SILVA, C. V. A. **Remoção de Fósforo em Estação Compacta de Tratamento de Esgoto Sanitário Através de Precipitação Química.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória-ES, 2009.

FERRIC CHLORIDE AND ALUMINIUM SULFATE: THE IMPORTANCE OF COAGULANTS / FLOCCULANTS IN WASTEWATER TREATMENT GALVANISING

***Abstract**: The effluents from galvanizing processes generate serious pollution in aquatic ecosystems due to the fact that their dumps contain heavy metals that above certain concentrations can be toxic to the environment and to humans. The coagulation and flocculation are intended to transform these impurities found in suspension colloidal state or larger particles solution for removal by sedimentation, filtration or flotation. The objective of this study was to determinate what is the most effective flocculant agent for the treatment of wastewater and the removal of zinc using physical chemical processes. The objective of this study is intended to treat an artificial effluent, prepared in the laboratory according to the previous orientation, simulating an effluent of an electroplating industry and using ferric chloride or aluminum sulfate for treatment, and then determinate the coagulant/flocculant more effective to remove the* Zn^{+2} *ions presents in solution. The best results were obtained from ferric chloride coagulant, by reducing the zinc concentration that was 20mg/L to 3,2 mg/L, and is adequate for the pH and temperature standards set by environmental legislation.*

***Key words**: Galzanization. Effluent treatment. Flocculant agent. Zinc.*