

MELHORIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE GALVANOPLASTIA ¹

Ana Raquel da Cunha Ferreira ²

Érica Leite Moutinho ²

Geraldo Luiz Marinho Júnior ²

Amarildo de Oliveira Ferraz ³

Antônio de Pádua S. Leal ⁴

Anderson Gomes ⁴

Eber Lopes de Moraes ⁵

Alexandre Fernandes Habibe ⁶

Resumo

Este trabalho visa a apresentar soluções de engenharia para o sistema de tratamento de efluente industrial de uma empresa de Galvanoplastia, atendendo a legislação do Estado do Rio de Janeiro. Para o tratamento dos efluentes industriais, foram executados ensaios de precipitação química e oxidação. Os resultados foram monitorados para avaliação das eficiências do processo. Concluiu-se que, com os processos de tratamento adotados, todos os parâmetros poluentes analisados apresentaram resultados que atendem ao disposto na legislação ambiental vigente no estado do Rio de Janeiro. Com os dados obtidos nos estudos, foram projetadas as melhorias de processo para o sistema de tratamento e as novas dosagens de produtos químicos necessárias. A lama gerada foi desaguada em leito de secagem piloto e estudada sua fixação em argila, na confecção de tijolos, sendo este inviável pelos resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização do tijolo contendo a lama. Assim sendo, a destinação deste resíduo necessariamente seria envio para aterro industrial.

Palavras-chave: Tratamento de chorume; Processos avançados; Processos oxidativos.

REVAMPING OF METAL PLATE LINE OF EFFLUENT TREATMENT STATION

Abstract

The work presents engineering solutions to revamp metal plate effluent treatment station to attend local legislation of Rio de Janeiro City. To treat industrial effluent, lab running tests was executed with chemical precipitation and oxi-reduction. The results were analyzed to verify the process efficiency. The adopted treatment process was tested in lab scale and shows to attend the environmental legislation and I these way was projected the new design of tanks and chemical additions. The sludge generated was drayed using drying beds in pilot scale and verified the lixiviation and solubilization of pure and fixed in clay used to make bricks. The lixiviation and solubilization tests shown is not possible to fix the sludge in bricks used in constructions, but must be sent to a toxic residues landfill.

Key words: Effluent treatment; Advanced process; Oxidative process.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Acadêmico de Engenharia Ambiental – UniFOA.*

³ *Professor M.S. Orientador de Projeto Final – UniFOA.*

⁴ *Professor Especialista. Co-Orientador de Projeto Final – UniFOA.*

⁵ *Professor D. Sc. Co-Orientador de Projeto Final – UniFOA.*

⁶ *Professor M. Sc. Pro Reitor de Pesquisa e Pós Graduação do UniFOA.*

1 INTRODUÇÃO

A empresa de Galvanoplastia, localizada na região do Sul Fluminense, possui um processo produtivo de zincagem, cobreagem, niquelagem e cromagem, sendo que atualmente processa seus produtos e descarrega o efluente na bacia do rio Paraíba do Sul. A empresa em questão possui seis funcionários, com um processo todo em bateladas, na geração de efluentes, sendo que estes efluentes mostravam alguma não conformidade quanto ao parâmetro zinco, após dez anos de operação, sendo esta não conformidade devido ao aumento de produção e alterações nos processos produtivos. Em um acordo com o Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA a adequação em questão foi tema de Projeto de Final de curso, sendo executado por um grupo de alunos do curso de Engenharia Ambiental com a orientação de processo e projeto realizada por professores do curso de Engenharia Ambiental. O projeto objetivou melhorias no sistema de tratamento, para adequação à nova condição, com a realização de estudos em bancada com uso de Teste de Jarros (Jartest) e outros aparatos. O zinco é bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. A presença de zinco é comum nas águas naturais, e é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. Não existem muitas referências bibliográficas quanto à toxicidade deste metal,^(1,2) todavia, assim como para outros íons metálicos, é possível mencionar que, em soluções diluídas, estes elementos podem precipitar com a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes. Concentrações de 1,0 mg/L desse complexo já são tóxicas aos organismos de água doce, sendo, portanto, este o padrão adotado para seu descarte no corpo receptor. Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de 0,001 mg/L a 0,10 mg/L. O zinco é largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas.⁽³⁾

2 PROCESSO PRODUTIVO E GERAÇÃO DE EFLUENTES

A empresa de Galvanoplastia em questão tem em sua unidade de produção processo de revestimento eletroquímico de peças metálicas, descrita a seguir:

Linha de cobreagem, niquelagem e cromagem – Esta linha de produção inicia-se com uma limpeza com solvente inorgânico, o hidróxido de sódio – NaOH, para a remoção de tinta e/ou verniz da peça que, em seguida, passa por uma dupla lavagem. A peça segue então para decapagem com ácido clorídrico (HCl) e novamente passa pela dupla lavagem, visando a diluição do ácido. Ela segue então, para o processo de esmerilhagem, podendo ainda passar por um polimento, dependendo da necessidade. O material a ser revestido é então encaminhado para o tanque de desengraxante e em seguida é lavado duas vezes, para que haja a remoção de substâncias que possam contaminar os banhos por onde passará na seqüência de peças. Após o desengraxe,

inicia-se o processo de revestimento eletrolítico propriamente dito, através da cobreagem do material. Após tal banho, a peça passa por uma dupla lavagem e segue para a niquelagem. Na seqüência a ela, é duplamente lavada e encaminhada para o último banho químico para cromagem, seguido de duas lavagens para a remoção dos produtos químicos utilizados. Deve-se observar que, após cada fase do processo descrito, a peça passa por duas lavagens. A primeira lavagem é realizada em tanques e a solução gerada nesta lavagem não é descartada, sendo utilizada para completar o volume dos seus respectivos banhos. Apenas a solução gerada na segunda lavagem segue para o sistema de tratamento de efluentes, mostrando um alto nível de reuso de águas no processo produtivo.

Linha de zincagem – Nesta linha a peça passa pela fase de limpeza química com hidróxido de sódio - NaOH, e a dupla lavagem. Segue então para a limpeza física (esmerilhagem e polimento), e em seguida para a decapagem com ácido clorídrico – HCl, sendo novamente duplamente lavada. O material é então encaminhado para o banho de zinco, onde será revestido através de processo eletrolítico. Após este banho a peça passa por duas lavagens e segue para a passivação, processo que ajuda a evitar a corrosão do revestimento. Após passar pelo banho de passivante, a peça é duplamente lavada e segue para área de expedição. Assim como na linha de produção anteriormente descrita, a solução gerada pela primeira lavagem da peça é utilizada para completar o volume dos banhos, e apenas a solução da segunda lavagem segue para o tratamento de efluente.

3 ESTUDOS REALIZADOS PARA SOLUÇÃO DA NÃO CONFORMIDADE

Características do Efluente

Quando observadas as características das atividades realizadas pela empresa em questão e avaliados os resultados das análises realizadas com o seu efluente industrial (Tabela 1), verifica-se a não conformidade relativa ao Zinco, sendo que foi necessário o desenvolvimento de soluções tecnológicas para atendimento à legislação ambiental vigente e que, ao mesmo tempo, fossem compatíveis com o porte, localização, condições econômicas e operacionais da empresa.

Tabela 1. Resultados das análises do tratamento atual

PARÂMETRO	UNIDADE	L.Q.*	V.M.P. **	MÉDIA
<i>pH</i>	-	0,5	5,0 – 9,0	6,75
<i>Temperatura</i>	°C	1,0	40,0	27,0
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	0,1	1,0	0,1
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	5,0	20	<5,0
<i>Cádmio</i>	mg/L	0,05	0,1	<0,05
<i>Chumbo</i>	mg/L	0,20	0,5	<0,20
<i>Cianeto</i>	mg/L	0,1	0,2	<0,1
<i>Cobre</i>	mg/L	0,05	0,5	<0,05
<i>Cromo Total</i>	mg/L	0,20	0,5	<0,20
<i>Mercúrio</i>	mg/L	0,001	0,01	<0,001
<i>Níquel</i>	mg/L	0,20	1,0	<0,20
<i>Zinco</i>	mg/L	0,05	1,0	4,49
<i>DBO</i>	mg/L	5,0	-	20,0
<i>DQO</i>	mg/L	10,0	250	60,0

*L.Q. – Limite de Quantificação / ** VMP – Valor Máximo Permitido na NT 202 R 10⁽⁴⁾.

3.2 Descrição e Resultado dos Ensaios de Tratabilidade do Efluente

3.2.1 Dados gerais

a) Amostras utilizadas:

- Amostra 1 – Amostra do tanque 1 – principais contaminantes: Cobre e Cromo;
- Amostra 2 – Amostra do tanque 2 – principais contaminantes: Cianeto, Níquel, Zinco e Ferro;
- Amostra 3 – Amostra do tanque 1 (50%) + Amostra do tanque 2 (50%).

b) Soluções utilizadas: Polímero Catiônico 0,15%; Cloreto Férrico 5%; Metabissulfito de Sódio 10%; Hipoclorito de Sódio 20%; Hidróxido de Cálcio 10%; Ácido Clorídrico técnico 20%.

c) Quantidade de testes realizados: três ensaios com a amostra 1; três ensaios com a amostra 2 e três ensaio com a amostra 3, totalizando nove ensaios.

3.2.2 Descrição dos testes de jarros e resultados obtidos

Os testes foram executados com a rotina a seguir descrita:

- a) Adicionou-se 500mL de amostra a temperatura ambiente em um Becker e iniciou-se a agitação e adicionou-se a solução de hidróxido de cálcio a 10% até atingir pH na faixa de 8,5;
- b) Adicionou-se a solução de hipoclorito de sódio 20% e esperou-se 20 minutos para oxidar o cianeto presente. Para verificar se a quantidade de hipoclorito de sódio 20% adicionada foi suficiente, coletou-se uma alíquota e verificou-se se havia um excesso de Cl₂ utilizando uma solução de orto-tolidina que até desenvolver a cor amarela;

- c) Após o tempo de espera, adicionou-se ácido clorídrico até obter-se pH na faixa 2,5 (pH ótimo para a redução do Cr^{6+} para Cr^{3+} na presença de metabissulfito). Esperou-se a completa homogeneização. Adicionou-se a solução de metabissulfito de sódio 10%. Manteve-se a agitação por 5 minutos. Para se verificar a eficiência do tratamento. Utilizou-se em uma alíquota algumas gotas de difenilcarbazida e não houve desenvolvimento de cor;
- d) Aumentou-se o pH até a faixa de 8,5 (pH ótimo para a precipitação do cobre e do cromo) com a solução de hidróxido de cálcio a 10%. Manteve-se a agitação por 5 minutos. Adicionou-se hidróxido de cálcio a 10% até obter pH para a faixa de 10,0 (pH ótimo para a precipitação do cádmio, níquel e zinco). Manteve-se a agitação por mais 5 minutos;
- e) Adicionou-se cloreto férrico a 5% para ajudar na coagulação e adicionou-se ácido clorídrico até obter pH na faixa de 8,5 (pH para descarte de 5,00 a 9,00) e em seguida adicionou-se de a solução de polímero catiônico a 0,15%. Manteve-se a agitação por mais 3 minutos;
- f) Desligou-se o sistema de agitação e aguardou-se a sedimentação dos flocos. Com a lama realizaram-se ensaios de sedimentação, com o sobrenadante realizaram-se as análises químicas (Tabela 2 a 4) e com a lama determinou-se ainda a densidade, umidade e realizou-se o ensaio de simulação de leito de secagem. Para determinar a melhor dosagem de produtos químicos, foi necessário variar as suas dosagens e acompanhar os resultados das análises.

3.2.2.1 Amostra do tanque 1 - principais contaminantes: cobre e cromo

- a) Teste1: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:
- Hidróxido de cálcio 10% - 90mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 30 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 2mL.
- b) Teste 2: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:
- Hidróxido de cálcio 10% - 55mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 32 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 1mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL.
- c) Teste 3: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:
- Hidróxido de cálcio 10% - 75mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 23 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 0,5mL; Polímero Catiônico 0,15% - 0,5mL.

Tabela 2. Resultados preliminares dos ensaios realizados com a amostra do tanque 1

	Cu	% Rem	Cr	% Rem	Fe	% Rem	Pb	% Rem	Zn	% Rem	Turbidez	% Rem
<i>Teste 1</i>	<0,01	100	0,01	99,7	<0,01	100	<0,01	100	0,07	95,3	0,45	93,2
<i>Teste2</i>	0,02	80	0,01	99,7	<0,01	100	<0,01	100	0,08	94,7	0,56	91,5
<i>Teste3</i>	0,02	80	0,03	99,2	0,03	85	0,03	94	0,05	96,7	0,72	89,1
<i>Bruta</i>	0,1	-	3,6	-	0,2	-	0,5	-	1,5	-	6,62	-

3.2.2.2 Amostra do tanque 2 - principais contaminantes: cianeto, níquel, zinco e ferro

a) Teste1: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 32mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 36 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 2mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL.

b) Teste 2: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 38mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 35 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 1mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL.

c) Teste 3: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 36mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 40 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 0,5mL; Polímero Catiônico 0,15% - 0,5mL.

•

Tabela 3. Resultados preliminares dos ensaios realizados com a amostra do tanque 2

	Cu	% Rem	Fe	% Rem	Ni	% Rem	Pb	% Rem	Zn	% Rem	Turbidez	% Rem
<i>Teste 1</i>	0,05	100	2,9	100	<0,01	100	<0,01	100	<0,01	100,0	6,82	98,6
<i>Teste2</i>	0,07	98	3	100	0,04	60,0	0,02	96,0	<0,01	100,0	9,53	98,0
<i>Teste3</i>	0,06	98	2,5	100	0,07	30,0	0,05	90	<0,01	100,0	36,8	92,4
<i>Bruta</i>	3,2	-	3320	-	0,1	-	0,5	-	4,7	-	487	-

3.2.2.3 Amostra composta por 50% de cada tanque - principais contaminantes: Cobre, Cromo, Cianeto, Níquel, Zinco e Ferro.

a) Teste1: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 75mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 30 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 2mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL.

Teste 2: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 68mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 36 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 1mL; Polímero Catiônico 0,15% - 1mL.

Teste 3: Neste teste foram utilizadas as dosagens de produtos químicos conforme abaixo, para cada 500mL de amostra:

- Hidróxido de cálcio 10% - 75mL; Hipoclorito de Sódio 20% - 6 mL; Ácido clorídrico técnico 20% - 41 mL; Metabissulfito de Sódio 10% - 2mL; Cloreto Férrico 5% - 0,5mL; Polímero Catiônico 0,15% - 0,5mL.

Tabela 4. Resultados preliminares dos ensaios realizados com a amostra composta

	Cu	% Rem	Cr	% Rem	Fe	% Rem	Ni	% Rem	Pb	% Rem	Zn	% Rem	Turb.	% Rem
Teste 1	<0,01	100	<0,01	100	3,6	99,8	<0,01	100	<0,01	100	0,2	94,7	4,56	98,4
Teste2	0,02	99	<0,01	100	4,2	100	0,03	70	0,02	96	0,2	94,7	6,4	97,8
Teste3	0,03	98	0,02	99,1	3,9	100	0,05	50	0,02	96	0,4	89,5	21,2	92,7
Bruta	1,9	-	2,3	-	2008	-	0,1	-	0,5	-	3,8	-	291	-

3.2.3 Análise de caracterização do efluente após o tratamento

Os resultados preliminares foram analisados, e executada caracterização completa das amostras que apresentaram os melhores resultados. Os dados de caracterização dessas amostras são mostrados nas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5. Resultados analítico completo do efluente tratado do tanque 1 – Efluente com cobre e cromo

PARÂMETRO	UNIDADE	L.Q.*	V.M.P.*	RESULTADO
pH	-	0,01	5,0-9,0	8,52
Temperatura	°C	0,1	40,0	22,9
Turbidez	NTU	0,01	-	0,45
Sólidos sedimentáveis	mL/L	0,1	1,0	<0,1
RNFT	mg/L	0,001	-	0,071
Óleos e Graxas	mg/L	0,001	20	0,044
DQO	mg/L	0,1	-	42
Cádmio	mg/L	0,01	0,1	<0,01
Chumbo	mg/L	0,01	0,5	<0,01
Cianeto	mg/L	0,001	0,2	0,002
Cobre	mg/L	0,01	0,5	<0,01
Cromo	mg/L	0,01	0,5	0,01
Ferro	mg/L	0,01	15,0	<0,01
Níquel	mg/L	0,01	1,0	<0,01
Zinco	mg/L	0,01	1,0	0,07
Sulfeto	mg/L	0,1	1,0	0,6
Cloro	mg/L	0,1	5	1,0

*L.Q. – Limite de Quantificação / ** VMP – Valor Máximo Permitido na NT 202 Rev.10

Tabela 6. Resultados analítico completo do efluente tratado do tanque 2 – Efluente com níquel, zinco, ferro e cianeto

PARÂMETRO	UNIDADE	L.Q.*	V.M.P.*	RESULTADO
<i>pH</i>	-	0,01	5,0-9,0	8,53
<i>Temperatura</i>	°C	0,1	40,0	23,0
<i>Turbidez</i>	NTU	0,01	-	6,82
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	0,1	1,0	<0,1
<i>RNFT</i>	mg/L	0,001	-	0,208
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	0,001	20	0,63
<i>DQO</i>	mg/L	0,1	-	53
<i>Cádmio</i>	mg/L	0,01	0,1	<0,01
<i>Chumbo</i>	mg/L	0,01	0,5	<0,01
<i>Cianeto</i>	mg/L	0,001	0,2	0,027
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	0,5	0,05
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	0,5	<0,01
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	15,0	2,9
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	1,0	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	1,0	<0,01
<i>Sulfeto</i>	mg/L	0,1	1,0	0,7
<i>Cloro</i>	mg/L	0,1	5	1,5

*L.Q. – Limite de Quantificação / ** VMP – Valor Máximo Permitido na NT 202 Rev.10

Tabela 7. Resultados analítico completo do efluente tratado, composto por 50% de amostra do tanque 1 e 50% de amostra do tanque 1

PARÂMETRO	UNIDADE	L.Q.*	V.M.P.*	RESULTADO
<i>pH</i>	-	0,01	5,0-9,0	8,58
<i>Temperatura</i>	°C	0,1	40,0	23,2
<i>Turbidez</i>	NTU	0,01	-	4,56
<i>Sólidos Sedimentáveis</i>	mL/L	0,1	1,0	<0,1
<i>RNFT</i>	mg/L	0,001	-	0,103
<i>Óleos e Graxas</i>	mg/L	0,001	20	0,360
<i>DQO</i>	mg/L	0,1	-	46
<i>Cádmio</i>	mg/L	0,01	0,1	<0,01
<i>Chumbo</i>	mg/L	0,01	0,5	<0,01
<i>Cianeto</i>	mg/L	0,001	0,2	0,017
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	0,5	<0,01
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	0,5	<0,01
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	15,0	3,6
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	1,0	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	1,0	0,2
<i>Sulfeto</i>	mg/L	0,1	1,0	0,5
<i>Cloro</i>	mg/L	0,1	5	1,0

*L.Q. – Limite de Quantificação / ** VMP – Valor Máximo Permitido na NT 202 Rev.10

3.2.4 Ensaio da Sedimentação da Lama

Foram realizados testes de sedimentação com as amostras do tanque 1, do tanque 2 e com a amostra composta. Os resultados obtidos podem ser observados nos gráficos de sedimentação das Figuras 1, 2 e 3.

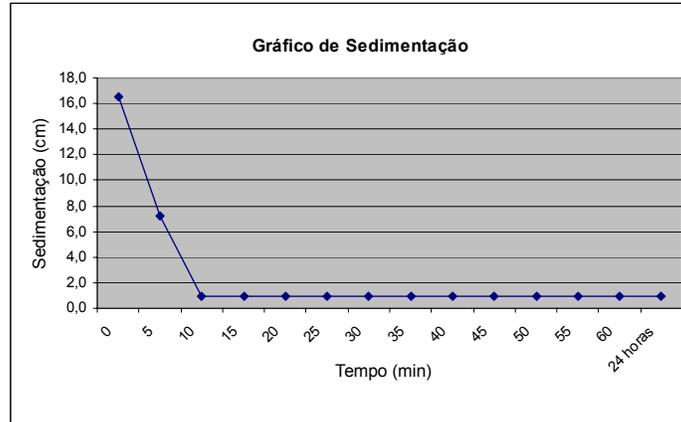


Figura 1. Gráfico de sedimentação da amostra do tanque 1

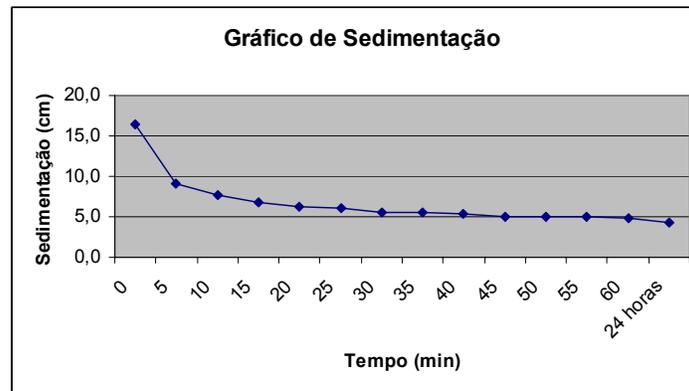


Figura 2. Gráfico de sedimentação da amostra do tanque 2

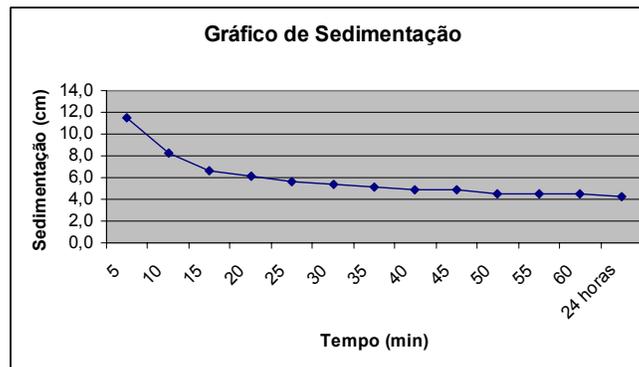


Figura 3. Gráfico de sedimentação da amostra composta

3.2.5 Ensaio para Determinação do Tempo de Secagem da Lama e seus resultados

3.2.5.1 Procedimento do teste de Bancada

A Simulação do leito de secagem teve a seguinte seqüência:

Determinava-se a umidade da amostra da lama, iniciava-se a secagem, sendo recolhido o líquido referente e determinar a quantidade que foi drenada. A cada dia media-se a umidade, se acompanhado a secagem até chegar a 14 dias.

3.2.6.2 Acompanhamento do teor de umidade da lama

O teor de umidade da lama foi acompanhado diariamente durante uma semana, e uma nova medição foi realizada após 14 dias, sendo que os resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8. Tabela de acompanhamento do teor de umidade da lama

Dias	% Sólidos	% Umidade
1° dia	7,67	92,33
2° dia	20,95	79,05
3° dia	25,17	74,83
4° dia	28,40	71,60
5° dia	29,51	70,49
6° dia	30,27	69,73
8° dia	31,22	68,78
14° dia	45,48	54,52

Observa-se na Tabela acima que a lama necessita de um tempo de permanência de aproximadamente 7 dias para obter um teor de umidade inferior a 70%. Sendo assim, passa a atender ao critério estabelecido no item 10.2 da DZ.1311.R-4 – Diretriz de destinação de resíduos da FEEMA ⁽⁵⁾, podendo então ser destinado a aterros industriais.

3.2.6 Ensaio de Lixiviação e seus resultados

A lama seca foi fixada em tijolos de uma olaria da região, de forma experimental, sendo estes curados. Os ensaios de lixiviação dos tijolos com a lama contendo teores de 50% e 20% de lama em peso em relação ao peso total do tijolo, foram realizados conforme o determinado na NBR 10.006 - Procedimento para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos [9], e os resultados comparados com o estabelecido na NBR 10004 – Classificação, Anexo F ⁽⁷⁾, que ser observados nas Tabelas 9, 10 e 114.

3.2.6.1 Resultados das análises dos extratos lixiviados

Tabela 9. Resultados da análise do extrato lixiviado da lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
Ferro	mg/L	0,01	-	1,37
Cromo	mg/L	0,01	5,0	4,6
Cobre	mg/L	0,01	-	<0,01
Níquel	mg/L	0,01	-	<0,01
Zinco	mg/L	0,01	-	8,2
Chumbo	mg/L	0,01	-	<0,05

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido (NBR 10004, Anexo F)

Tabela 10. Resultado da análise do extrato lixiviado do tijolo com 50% de lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	-	0,5
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	5,0	<0,01
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	-	3,1
<i>Chumbo</i>	mg/L	0,01	-	<0,05

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido (NBR 10004, Anexo F)

Tabela 11. Resultado da análise do extrato lixiviado do tijolo com 20% da lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	-	0,7
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	5,0	0,1
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	-	4,3
<i>Chumbo</i>	mg/L	0,01	-	<0,05

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido (NBR 10004, Anexo F)

As tabelas anteriores indicam que a lama e os tijolos não apresentam características de resíduos perigosos (classe I) nos parâmetros analisados; sendo assim, é necessário realizar um ensaio de solubilização dos mesmos para defini-los como resíduos não perigosos não inerte (classe II A) ou como resíduos não perigosos inertes (classe II B).

3.2.8 Ensaio de solubilização e seus resultados

Os ensaios de solubilização do tijolo com lama com 50% de lama em peso e do tijolo com 20% de lama em peso, foram realizados conforme NBR 10.005 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos ⁽⁸⁾, e os resultados comparados com os parâmetros estabelecidos na NBR 10004, 31 maio de 2004 - Resíduos sólidos – Classificação, Anexo G ⁽⁹⁾, como pode ser observado nas Tabelas 12,13 e 14.

3.2.8.1 Resultados das análises dos extratos solubilizados

Tabela 12. Resultado da análise do extrato solubilizado da lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	0,05	0,8
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	2,0	0,2
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	0,3	0,3
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	-	1,5
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	5,0	1,1

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido(NBR 10004, Anexo G)

Tabela 13. Resultado da análise do extrato solubilizado do tijolo com 50% de lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	0,05	0,8
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	2,0	<0,01
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	0,3	0,2
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	5,0	0,2

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido(NBR 10004, Anexo G)

Tabela 14. Resultados da análise do extrato solubilizado do tijolo com 20% de lama

Parâmetro	Unidade	L.Q.*	V.M.P.*	Resultado
<i>Cromo</i>	mg/L	0,01	0,05	<0,01
<i>Cobre</i>	mg/L	0,01	2,0	<0,01
<i>Ferro</i>	mg/L	0,01	0,3	0,4
<i>Níquel</i>	mg/L	0,01	-	<0,01
<i>Zinco</i>	mg/L	0,01	5,0	0,3

*L.Q.–Limite de Quantificação/** VMP–Valor Máximo Permitido(NBR 10004, Anexo G)

As tabelas acima indicam que a lama e os tijolos apresentam características de resíduos não perigosos e não inertes (classe II A); sendo assim, não se recomenda a utilização deste resíduo em olarias, e também não pode ser disposto em aterros sanitários, tendo sim a destinação de aterro industrial.

4 MELHORIAS SUGERIDAS NO SISTEMA EXISTENTE

Além do projeto de um novo sistema de tratamento de esgotos sanitários, foram ainda sugeridas melhorias no sistema de tratamento industrial.

O tratamento do despejo industrial deve ser realizado em um único processo em batelada, conforme mostrado na Figura 4, iniciando o tratamento pela oxidação do cianeto, redução do cromo VI para cromo III, precipitação de metais com pH ótimo de precipitação em torno de 10,0 e por último a precipitação de metais com pH ótimo de precipitação em torno de 8,5. Uma das possíveis soluções para o resíduo (lama), gerado no tratamento dos efluentes industriais, foi a fabricação de tijolos, que apresenta um custo muito reduzido quando comparado com o envio deste material para um aterro industrial. Para avaliar o destino correto para a lama, foram confeccionados em uma olaria de Arrozal, dois tijolos com concentrações, em peso, de 20% e 50% de lama, e foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização do tijolo com lama, para determinar a classe do resíduo gerado, e dos tijolos com resíduos, para verificar a viabilidade do envio da lama para a fabricação de tijolos. Como os resultados não foram satisfatórios, a solução para disposição deve ser encaminhada para um aterro industrial compatível com suas características. Com a implantação das melhorias de processo sugeridas anteriormente, pode-se obter um enquadramento completo do despejo de Galvanoplastia em questão.

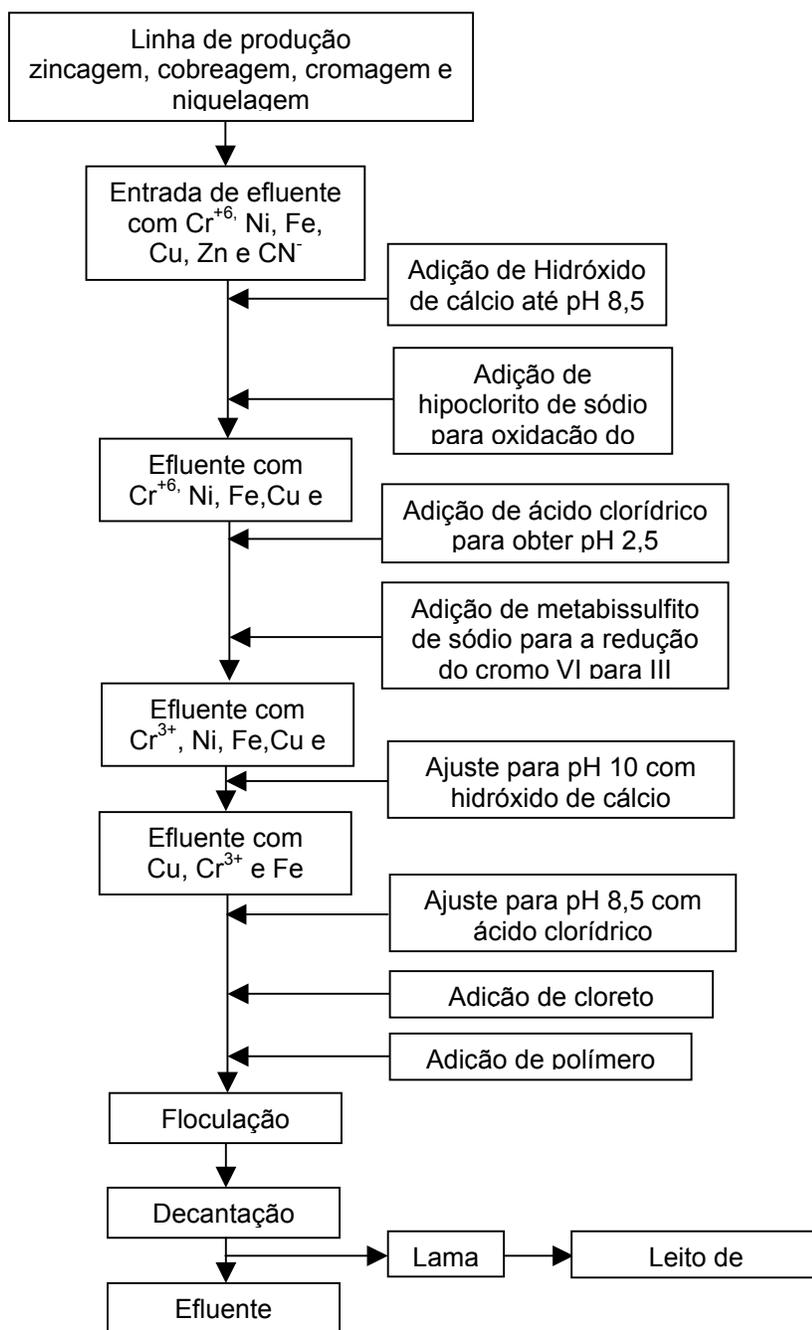


Figura 4. Diagrama de blocos do sistema de tratamento proposto

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Foi possível atingir os objetivos traçados no início do projeto, uma vez que foram definidas soluções para os problemas identificados na planta, atendendo às regulamentações vigentes, considerando o porte e as condições econômicas da empresa. Para o sistema de tratamento de efluentes sanitários, foi desenvolvido um

sistema de tanque séptico e filtro anaeróbio, que irá promover uma redução de DBO mínima de 70%. Foi desenvolvido ainda, um procedimento de operação para esse sistema que, uma vez seguido, garantirá um bom funcionamento do mesmo. Para o sistema de efluentes industriais foram feitos ensaios de processo para tratamento do efluente e dimensionados novos tanques e novas dosagens de produtos químicos, que resultarão em uma ótima remoção de metais, e enquadramento do teor do zinco dentro do padrão definido na NT 202-R.10 ⁽⁴⁾ da FEEMA. Foi desenvolvido também, um procedimento de operação para esse sistema. Para a lama gerada no sistema de tratamento de efluentes industriais, definiu-se que o seu envio para olarias não seria viável. Com os resultados concluiu-se que no momento, a melhor destinação seria o seu envio da lama para um aterro classe II A, que receba resíduos com cromo. Como sugestão pode ser estudada alternativa posteriormente, como a utilização dessa lama em sinterizações ou em sistemas de pelotização.

REFERÊNCIAS

- 1 ECKENFELDER, W. WESLEY JR. **Water Quality Engineering for Practicing Engineer** - Ed. Bames & Noble, Inc. New York, 1970.
- 2 BRAILE, P.M. e CAVALCANT, J.E.W.A – **Manual de tratamento de águas residuárias** - Ed. CETESB – 1979.
- 3 site <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#ferro> - acesso em 14/05/07
- 4 Diretriz FEEMA, **NT 202 R.10**, RIO DE JANEIRO, 12 de dezembro de 1986 – Descarte de efluentes no corpo receptor.
- 5 Diretriz FEEMA, **DZ-1311 R.4**, de 29 de novembro de 1994 - Diretriz de destinação de resíduos.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos – 1993.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação – 2004.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos – 2004.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006**: Procedimento para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos – 2004.
- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos - 1987
- 11 IMHOFF, KARL E KLAUS R. – **Manual de Tratamento de Águas Residuárias** – 26ª edição, Editora Edgard Blücher, 2003.
- 12 CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – MMA/BRASIL, Legislação **CONAMA 357**, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre padrões de lançamento de efluentes.
- 13 Diretriz FEEMA, **DZ-215**, de 26 de abril de 1994 - Estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução de carga orgânica biodegradável de origem não industrial.