

## GERENCIAMENTO AMBIENTAL EM GALVÂNICA A FOGO: ESTUDO DE CASO

Marta Regina Lopes Tocchetto (Universidade Federal de Santa Maria – Brasil)\*

Lauro Charlet Pereira (Embrapa Meio Ambiente – Brasil)

André Lopes Tocchetto (Universidade do Vale dos Sinos– Brasil)

### Resumo

Na galvanização a fogo, a peça é recoberta com zinco promovendo desta forma, maior resistência à abrasão e dureza. As condições enérgicas do processo oferecem riscos aos operadores. Este contexto determinou o objetivo do trabalho, que foi analisar o gerenciamento ambiental em uma grande empresa do Rio Grande do Sul, com galvanização a fogo. O trabalho foi desenvolvido na forma de estudo de caso. Para tanto, realizaram-se visitas *in loco* e, entrevistas com as gerências de meio ambiente e da galvânica. Os resultados permitiram identificar os principais aspectos e impactos ambientais da atividade desenvolvida. Concluiu-se que, apesar da construção da galvânica ter sido concebida a partir de princípios de proteção ambiental, algumas situações necessitam de melhorias.

**Palavras-chave:** zincagem, cromatização e estratégias ambientais.

### Abstract

In hot galvanization, the piece is re-covered with zinc increasing its resistance to abrasion and hardness. The energetic conditions of the process offer risks to the operators. This context determined the objective of the work, which was to analyze the environmental management in a big company of the Rio Grande do Sul State, with hot galvanization. The work was developed in the form of case study. For this, visits had been done *in loco* and environmental and galvanic managers had been interviewed. The results had allowed identifying the main aspects and environmental impacts of the developed activity. It was concluded that, despite of the building of the galvanic have been conceived from principles of environmental protection, some situations need improvements.

**Key words:** zincation, chromatization and environmental strategies.

---

\* Marta Regina Lopes Tocchetto (Universidade Federal de Santa Maria – RS, Brasil)

End.: Rua Eng. Rogério Tocchetto 180 – Bairro Nossa Senhora de Lurdes – 97060-250 – Santa Maria – RS

e-mail: marta@tocchetto.com

Home page: [www.marta.tocchetto.com](http://www.marta.tocchetto.com)

## 1. Introdução

Os prejuízos mundiais ocasionados pela corrosão em superfícies metálicas representam bilhões de dólares anuais. A proteção de superfícies representa também economia de matérias-primas e recursos naturais [1, 2]. O processo de galvanização consiste na deposição de uma camada de zinco sobre uma superfície, a fim de conferir maior proteção superficial [3, 4, 1]. A peça é toda recoberta, inclusive as partes ocas, proporcionando maior dureza e excelente resistência à abrasão. As peças de ferro ou aço são imersas em zinco fundido para aumentar a proteção à oxidação. O menor custo de mão-de-obra torna o processo uma alternativa mais econômica que a pintura [5].

As condições enérgicas do processo oferecem riscos aos operadores, caso medidas de segurança não sejam tomadas como: dispor orifícios de drenagem e ventilação nas peças ocas, conhecer detalhes do formato das peças e reconhecer o perigo de explosões na cuba de galvanização. Uma boa ventilação na unidade de galvanização reduz os riscos de inalação dos fumos de óxido de zinco pelos operários, pois o zinco vaporiza a 907°C [5]. Exaustores e lavadores de gases complementam as medidas para o controle das emissões gasosas [6]. A limpeza das peças deve ser rigorosa, mediante desengraxante e decapagem. O desengraxante é realizado com desengraxante alcalino, a fim de remover óleos e graxas da superfície da peça. Ainda, como preparação para o recobrimento é feita a decapagem com ácido clorídrico ou sulfúrico a quente, com objetivo de remover os óxidos de ferro. Ácidos esgotados se constituem em um grave problema a ser gerenciado, considerando as grandes unidades de galvanização.

O banho de fluxagem proporciona a formação de uma camada de recristalização de cloreto de zinco, a fim de impedir a reoxidação na cuba de zinco fundido. As indústrias que realizam recobrimento metálico consomem grandes quantidades de água, especialmente nos procedimentos de lavagem. Assim, o reaproveitamento e reuso destas águas pode ser uma oportunidade para combinar redução de custos, melhoria do gerenciamento e uso racional dos recursos naturais [7]. O modelo tecnológico baseado na exploração indiscriminada dos recursos naturais está esgotado, assim como a idéia, que ainda prevalece em alguns setores com relação à água, de que ela é infinitamente abundante e sua renovação é natural [8]. Por este motivo, a partir da década de 90, o setor passou a realizar esforços para reduzir o consumo de água [2].

A lavagem tem como objetivo minimizar a contaminação entre as diversas etapas do processo, assegurando que as peças estejam em condições de serem recobertas, com a qualidade exigida para o produto final [1]. Há tempos atrás, o processo era considerado adequado quando utilizava grandes volumes de água, como processos de uma ou duas lavagens em água corrente [3]. Hoje se sabe que a condução, desta forma, não é econômica e gera quantidades muito grandes de efluentes líquidos. A eficiência do processo é maior quanto maior for o grau de diluição da película líquida que recobre a peça. A melhoria da lavagem aumenta também a vida útil dos banhos de limpeza e de recobrimento. As técnicas em contracorrente e etapas múltiplas podem reduzir o consumo de água em até 90% [9,2]. A melhoria do processo representa o primeiro passo para habilitar a empresa a implementar um programa progressivo de prevenção da poluição [2]. Dentro desta visão, as estratégias de reuso e reciclagem em indústrias de alto impacto ambiental permitem conciliar o desenvolvimento da atividade produtiva, dentro dos princípios de sustentabilidade [10].

O potencial de redução de consumo de água, através de medidas de recirculação e reutilização, é variável devido à multiplicidade de soluções que podem ser implementadas. Depende também do volume gerado no processo e do respectivo grau de contaminação, pois a qualidade física, química e biológica deve ser compatível com a requerida para os novos fins, a que a água tratada se destina. A implantação de estratégias de reuso requer informações precisas sobre as vazões e características dos pontos de entrada e saída de água e das diferentes correntes geradoras [11] (Quadro 1).

Quadro 1. Medidas para Fechamento de Ciclos de Água

MEDIDAS	CONTROLES IMPORTANTES
DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE ENTRADA D'ÁGUA	Vazões e características de qualidade
DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE DESCARTE	Vazões e características físico-químicas
SEGREGAÇÃO DAS CORRENTES DE EFLUENTES E ÁGUAS	Vazões e características de qualidade

Fonte: [11].

As duas primeiras ações apresentam grande dificuldade de implementação, porque a maioria das indústrias não possui controle de vazão nos pontos de entrada e saída de água [11]. Os autores complementam que a terceira etapa é fundamental nas mudanças de processo, pois a segregação das correntes evita a interferência dos subprodutos do tratamento na qualidade do produto final. Geralmente a implantação de estratégias de reuso é motivada pelos altos custos de tratamento e pela escassez de recursos naturais. Diferentes tecnologias têm sido aplicadas para reuso de água e produtos químicos em processos galvânicos. As tecnologias de membranas têm se destacado para recuperação de águas e metais provenientes do processo galvânico e como tratamento alternativo para efluentes líquidos. Em especial, os processos de osmose reversa, eletrodialise e microfiltração [12, 13, 14]. A recuperação de metais por troca iônica também é bastante aplicada, eficiente e flexível.

A camada de zinco depositada na peça recoberta é brilhante e, com o passar do tempo e com o contato com o ar úmido, torna-se cinza fosca, devido à formação de hidróxidos e carbonatos de zinco. Esta camada é conhecida como camada de passivação [15]. A atividade do zinco nas superfícies galvanizadas é reduzida com a aplicação de uma camada de Cr VI, denominada de camada de conversão ou processo de cromatização.

O lodo galvânico, gerado após o tratamento dos efluentes líquidos, é considerado perigoso, por isso deve ser gerenciado no sentido de oferecer segurança. Para tanto, deve ser disposto em aterros próprios para este tipo de resíduo, pois a disposição inadequada, devido à alta concentração de metais pesados, representa riscos de contaminação do solo, lençol freático e águas superficiais. O local de armazenagem temporária também deve oferecer condições para o confinamento seguro, até que seja feito o encaminhamento ao tratamento e/ou à disposição final.

O co-processamento em fornos de cimento, como alternativa de tratamento, não é permitida no Estado do Rio Grande do Sul, devido ao poder calorífico que é inferior a 2750 Kcal, condição para um resíduo ser liberado para a queima e também por não atender à Resolução 264 [16]. A referida resolução trata do licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer, para a fabricação de cimento, e define que os resíduos, para serem co-processados [16]. O lodo galvânico não possui similaridade com o clínquer tampouco, poder calorífico para ser usado como combustível, portanto conforme a referida norma, sua utilização é proibida. Apesar da restrição, algumas cimenteiras, como no Estado do Paraná, co-processam o lodo galvânico em fornos de cimento. O contexto apresentado determinou o objetivo do trabalho que foi analisar o gerenciamento ambiental em uma grande empresa do Rio Grande do Sul, com galvanização a fogo.

## 2. Material e Método

Escolheu-se para realização da pesquisa uma empresa de grande porte, com responsável técnico pelo setor ambiental, sistema de gestão ambiental implantado e que demonstrasse interesse em participar do estudo. A metodologia adotada foi investigativa, a partir de estudo de caso, que constou de visitas *in loco*, durante as quais foram feitas entrevistas com o responsável pela gestão

ambiental e pela unidade de galvanização. Estabeleceu-se algumas questões-chaves para conduzir, objetivamente, as entrevistas, tais como:

**Qual** a estrutura do sistema de gestão ambiental implantado?

**Quais** os principais processos executados?

**Quais** as medidas ambientais implantadas para reduzir o impacto ambiental da atividade galvânica?

**Qual** o estágio das técnicas implantadas frente as Melhores Técnicas Disponíveis – BAT [17]?

Outras fontes informativas e documentais foram utilizadas para buscar mais subsídios para a pesquisa, como, por exemplo, Internet, palestras promovidas pela própria empresa, *folders* institucionais, jornais, revistas técnicas e artigos.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados apresentados referem-se ao período da realização da pesquisa, ou seja, abril a setembro 2003. A empresa possui uma área construída de 51.331,00 m<sup>2</sup>, emprega 1.700 funcionários. O quadro funcional da galvânica, no período de realização da pesquisa, era composto por 75 operários. Todas as linhas de produção foram certificadas pelas normas ISO 9001, versão 2000. A primeira certificação ocorreu em 1997. Verificou-se que devido ao grande tamanho das peças, o processo de revestimento é realizado em gancheira. A linha de galvanização é semiautomática, sendo operada em três turnos. O pré-tratamento das peças constitui-se em decapagem ácida, com HCl 40% e desengraxe alcalino. Todos os tanques de processo possuíam sistema de exaustão para reduzir a emissão de gases para o ambiente da galvânica.

Outros processos de tratamento de superfície foram verificados, como pintura, fosfatização, cromatização, e fluxagem. Antes do recobrimento com zinco, a peça é encaminhada ao banho de fluxagem, composto por cloreto de zinco e cloreto de amônio a 50%. O aquecimento do forno da cuba de zinco e dos banhos de desengraxe e fluxagem é feito com gás GLP, cujo consumo verificado foi de 30 a 35 ton/mês de gás. Algumas etapas utilizavam energia elétrica, cuja potência instalada correspondia 500 KVA. Entre as etapas, as peças vão sendo lavadas para retirada das impurezas que podem comprometer a qualidade do revestimento. No período de realização da pesquisa, o sistema de lavagem estava sendo modificado para triplice em cascata. O consumo de água identificado na galvânica foi de 50 m<sup>3</sup>/mês. Segundo o entrevistado, os principais aspectos ambientais do processo constituem-se em: “vapores ácidos alcalinos, fumaça, águas ácidas, águas alcalinas, banhos esgotados, por exemplo, de cromatização, desengraxe e decapagem. Ainda são geradas cinzas e borra de zinco”. A cinza e a borra do tanque de zinco eram encaminhadas para a Companhia Mineira de Metais, a fim de promover a extração do ZnO. Posteriormente, este era reencaminhado à empresa, sob a forma de lingotes de zinco.

Comprovou-se que o recobrimento com zinco a fogo é um processo bastante violento (T = 450° C). A imersão das peças na cuba ocasiona respingos de zinco fundido ao redor do tanque, atingindo uma distância considerável, como foi observado. No caso em particular, foram colocados anteparos, na proximidade da cuba, para que os operários se protegessem. O processo gera cinza de zinco, que sobrenada na cuba. Observou-se que a operação de retirada da cinza era feita manualmente, oferecendo risco de acidentes aos trabalhadores. Verificou-se também que a cuba de zinco não possuía sistema de exaustão. A fumaça gerada é dispersa através de ventilação natural, um cuidado no projeto de construção do pavilhão que abriga a galvânica. Ao final do processo, a peça é cromatizada com Cr VI, por fim içada sobre o tanque, para que o excesso de solução de cromo escorra. A peça, depois de seca, é encaminhada para lixamento manual, para retirada das pequenas irregularidades superficiais, provenientes do escorrimento irregular do zinco fundido. Observou-se que esta operação resulta em perda de material de

revestimento (cromo), além de reduzir a proteção da superfície passivada, pois o lixamento era executado posteriormente à passivação.

As águas ácidas e alcalinas geradas sofrem tratamento em estação destinada para tal (ETE). A operação da ETE estava sendo feita em dois turnos, em fluxo contínuo e em batelada. A vazão de efluentes líquidos tratada, no período do estudo foi de 100 m<sup>3</sup>/dia. Verificou-se que havia dificuldades para o cumprimento do parâmetro de zinco, exigido pela legislação do estado do RS. O volume de lodo correspondia a 17 m<sup>3</sup>/mês. A redução de umidade era realizada em filtro prensa. Constatou-se a não existência de área para armazenagem temporária. O lodo gerado estava sendo recolhido em sacos de rafia. O período de transferência de lodo, à área coberta era para ser semanal, porém verificou-se que este tempo era maior. Os sacos com lodo permaneciam sobre um estrado de madeira, ao ar livre. O entrevistado reconheceu a necessidade de um gerenciamento melhor do lodo e dos resíduos sólidos, em geral. A maior geração de lodo advinha do tratamento do efluente ácido do tanque de retrabalho. A empresa aguardava, no período da pesquisa, o resultado de análises químicas para o encaminhamento do lodo à co-processamento para fabricação de cimento, no Estado do Paraná.

A empresa, futuramente, pretende buscar a certificação pelas normas ISO 14001, por este motivo optou por implantar o sistema de gestão ambiental baseado nestas normas. A área ambiental é ligada à engenharia industrial, cuja coordenação é feita pelo supervisor da Unidade de Galvanização. O grupo responsável pelo sistema de gestão ambiental foi composto por um técnico de tratamento de resíduos, um técnico químico e dois operadores da ETE. As principais razões que levaram à implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) foram

- pressão da legislação vigente;
- exigências dos clientes;
- pressão de mercado internacional;
- exigências do mercado financeiro;
- pressão dos acionistas.

Os ganhos financeiros com a adoção de medidas ambientais não foram contabilizados. O benefício obtido, de acordo com o entrevistado, foi com relação à melhoria da imagem perante os *stakeholders*, pois a empresa estava sendo reconhecida, por diferentes setores, pela preocupação ambiental. Identificou-se que os planos de investimento, a curto prazo, relacionavam-se com a substituição da linha de pintura por tinta a base de água e, a longo prazo, com a substituição da linha de cromatização e decapagem ácida. O grande volume de ácido empregado na decapagem, distribuído em seis tanques, totalizando 270.000 L, verificou-se ser uma das grandes preocupações ambientais. O setor de compras não foi integrado à área ambiental. O setor apenas busca os fornecedores dentro das exigências do setor técnico e da diretoria. Os resultados das análises efetuadas na ETE são utilizados como indicadores para a avaliação de desempenho ambiental, por exemplo, o planejamento para usar quelantes no tratamento do zinco, buscando o cumprimento dos padrões de lançamento. Verificou-se que a diretoria possui o entendimento que medidas de prevenção reduzem custos e geram vantagens, tanto que os objetivos e metas ambientais foram definidos como parte do processo decisório da empresa, reforçou o entrevistado.

#### 4. Conclusões

O estudo de caso permitiu concluir que a preocupação ambiental desejada pela Diretoria, não foi concretizada com a mesma intensidade, tanto na construção como no gerenciamento da unidade de galvanização. As remodelações que estavam sendo feitas demonstraram que a execução do projeto apresentou falhas.

O uso dos resultados das análises realizadas na ETE, como indicadores ambientais, nem sempre possibilita a implantação de ações adequadas para a solução dos problemas. O uso de quelante (EDTA) para resolver o problema do alto teor de zinco no efluente tratado é um exemplo de decisão baseada nas tecnologias convencionais, fim de tubo, desconsiderando medidas pró-ativas, como as Melhores Técnicas Disponíveis (BAT). Um melhor desempenho ambiental pode ser atingido com a implantação de tecnologias de membrana ou troca iônica e estratégias de recuperação e reuso [17].

A possibilidade de encaminhamento do lodo ao co-processamento, também demonstra que não estão sendo buscadas as melhores alternativas. A busca deveria ser no sentido de reduzir o retrabalho, para que um menor volume de efluente líquido fosse encaminhado a ETE, reduzindo, assim o volume de lodo galvânico gerado.

Conclui-se que há um nítido conflito entre a percepção e a implantação de medidas ambientais, contribuindo, desta forma para a empresa apresentar-se ora pró-ativa e ora reativa, como por exemplo, na manutenção do tratamento físico-químico dos efluentes, em vez de buscar alternativas que possibilitem a recuperação de metais e reuso de água.

## 5. Referências Bibliográficas

- [1] BSTSA (2004) British Surface Treatment Suppliers Association. Disponível: <http://www.bstsa.org.uk/> Acesso: 10/02/04.
- [2] NCDENR (2004) North Carolina Department of Environment and Natural Recourse. Disponível: <http://www.enr.state.nc.us/>. Acesso: 01/02/04
- [3] Bernardes, A. M. *et al* (2000). Manual de orientações básicas para a minimização de efluentes e resíduos na indústria galvânica (Senai). 1ª Edição, 2000.
- [4] Schlesinger, M.; Paunovic M. (2000). Modern Electroplating. New York: Wiley Interscience, 2000. 866p.
- [5] EGGA (2003). European General Galvanizers Association. Disponível em: <http://www.egga.com/>. Acesso em: 21/03/2003.
- [6] Macintyre, A. J. (1998). Ventilação industrial e controle da poluição. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 403 p.
- [7] Centi, G.; Perathoner, S. (1999) Recycle rinse water: problems and opportunities. *Catalysis Today*, v.53, p.11-21, 1999.
- [8] Paz, V. P. da S. *et al* (2004). Água – um recurso limitado. Disponível em: [http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/AGUA-UM\\_RECURSO\\_LIMITADO-vpspaz.php](http://www.pivotvalley.com.br/valley/mestre/AGUA-UM_RECURSO_LIMITADO-vpspaz.php). Acesso em: 12/06/2004.
- [9] Kindschy, J.; Ringwald, D. (1991). Los Procedimientos de Evaluacion de La Minimizacion de Desperdicios – tercer modulo. California: Shelley Hall, Publications Departament, 1991.
- [10] Tocchetto, M. R. L., 2004. Implantação de Gestão Ambiental em Grandes Empresas com Atividade Galvânica no Rio Grande do Sul. 2004. 176 p. Doutorado em Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Engenharia Metalúrgica, dos Materiais e de Minas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [11] Costanzi, R. C.; Daniel L. (2002). Metodologia para implantação de programas de fechamento de circuito de água no processo industrial. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 3, 2002, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre, 2002. 1 CD-ROM.

- [12] Foldes, A. (1995). Apostila do Curso de Galvanoplastia (ABTS – Associação Brasileira de Tratamento de Superfície). Ed. 9ª Cap 6, 1995.
- [13] Glayman, J.; Farkas, G. (1980). Galvanotecnia: Técnica y Procedimientos. Euroles, Editeur, Paris. 2ª edição, 1980.
- [14] Metcalf e Eddy (1991) Wastewater Engineering. New York: Ed. McGraw Hill, 1991, 1334p., 3 ed.
- [15] Almeida E. *et al* (1998). Oxidising alternatives species to chromium VI in zinc galvanised steel surface treatment. Part 1- A morphological and chemical study. Surface and Coatings Technology 106 (1998) 8-17.
- [16] CONAMA (1999). Resolução N° 264 de 26 de Agosto de 1999. Licenciamento Ambiental para o Co-processamento de Resíduos em Fornos Rotativos de Clínquer, para a fabricação de Cimento. Brasília: 1999.
- [17] IPPC (2004). Integrated Pollution Prevention and Control -.Draft Reference Document on the Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. 487p. European Commission, 2004.