

**VI-011 - GESTÃO DE RISCOS EM UMA EMPRESA DE GALVANOPLASTIA
COM PROCESSO DE OXIDAÇÃO NEGRA A FRIO DO VALE DO
RIO PARDO-RS-BRASIL**

André Luiz Emmel Silva ⁽¹⁾

Engenheiro de Produção. Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC. Professor do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias - UNISC.

Luiz Fernando Dullius Schaefer

Engenheiro de Produção. Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC. Professor do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias - UNISC.

Jorge André Ribas Moraes

Engenheiro Mecânico. Doutor em Engenharia da Produção pela UFSC. Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC

Ana Lúcia Becker Rohlfs

Doutorado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria, Brasil. Professor Adjunto da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Tônia Magali Moraes Brum

Doutorado em Nuevas Tendencias en Dirección de Empresas pelo Universidad de León, Espanha. Prof. Adj. do Depto. de Educ. Agr. Ext. Rural da Universidade Federal de Santa Maria.

Endereço⁽¹⁾: Av. Independência, 2293 - Bairro: Universitário - Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7300 - e-mail: andresilva@unisc.br

RESUMO

A presente pesquisa analisou uma empresa de galvanoplastia da região do Vale do Rio Pardo-RS-Brasil, que realiza o processo de oxidação negra a frio. Analisaram-se as etapas do processo produtivo, quanto às atividades e efluentes gerados, com o objetivo de identificar os riscos e perigos relacionados no processo e os níveis de poluição que a empresa poderia estar gerando por meio de seus efluentes. Levantaram-se parâmetros para análise dos efluentes, sendo quantificados os metais pesados: alumínio, cobre, ferro e níquel, bem como a Demanda Química de Oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal e pH, onde todos os parâmetros avaliados pelos efluentes gerados estavam de acordo com os limites permissíveis pela legislação ambiental. Os riscos ambientais e ocupacionais foram avaliados a partir da proposição de uma nova ferramenta de gestão de riscos, desenvolvida por meio da união das ferramentas Análise Preliminar de Riscos (APR) e Hazard Rating Number (HRN). A aplicação da nova ferramenta mostrou resultados satisfatórios de análise e quantificação dos riscos do processo, possibilitando a priorização das atividades mais críticas e a realização de análises detalhadas nas causas e recomendações das medidas mitigadoras para estes riscos, além dos custos relacionados às adequações sugeridas.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de riscos, Galvanoplastia, Oxidação negra a frio.

INTRODUÇÃO

Indústrias de galvanoplastia, metalúrgicas, curtumes, produção de cerâmicas ou vidros, liberam quantidades elevadas de metais pesados no meio ambiente (OVES; KHAN; ZAIDI, 2013). Os metais e compostos químicos utilizados em processos como matéria prima no tratamento de superfícies nestas indústrias são fontes de emissão de efluentes líquidos e resíduos diversos, contendo metais em proporções variadas (MUXEL et. al, 2007).

A poluição ambiental devido a evolução da indústria é um dos problemas mais significativos deste século. Muitos efluentes residuais industriais contêm metais pesados, questão de grande preocupação ambiental e devem ser removidos e tratados antes do descarte ou reciclagem do efluente, devido a sua toxicidade aos seres humanos e outros organismos vivos (GHAZY; RAGAB, 2011).

Uma das principais atividades geradoras de efluentes contaminados com metais pesados é a galvanoplastia, em seu processo de recobrimento e acabamento de superfícies. As indústrias de galvanoplastia, principalmente as de pequeno porte, “[...] são responsáveis por uma parcela considerável de contaminação de águas por lançamento de efluentes em sua maioria sem tratamento” (RIANI, 2008, p. 18).

A galvanoplastia “[...] é um processo eletroquímico de deposição de uma fina camada metálica sobre uma superfície, da ordem de micrômetros, para proporcionar proteção contra a corrosão e melhorar o aspecto estético” (MATTOS, 2011, p. 16).

Conforme Carvalho, Bosco e Jimenez, (2004) os corpos aquáticos estão sendo contaminados por concentrações de íons metálicos gerados pela atividade industrial, a qual está em crescimento. Tais íons podem atingir lençóis freáticos, rios e reservatórios de água, sendo disseminados via cadeia alimentar podendo causar muitas doenças e problemas fisiológicos por serem acumulativos no corpo humano. Segundo Pedro (2010), a elevada toxicidade destes produtos e substâncias químicas exige um rígido controle ambiental, através do tratamento de efluentes que atenda os requisitos e parâmetros das legislações ambientais, minimizando os impactos no meio ambiente.

Os processos de galvanoplastia “incluem riscos a saúde daqueles que manipulam o processo ou está presente nos ambientes onde estes acontecem” (SILVA, 2009, p. 1). Quando há um bom nível de controle da exposição aos riscos no ambiente de trabalho a contaminação pode ser controlada e minimizada. A avaliação dos riscos e a elaboração de estratégias de controle da exposição auxiliam na adoção de boas práticas e implementação de soluções de controle de baixo custo (KEEN et. al, 2013).

Por exigências de legislações ambientais é necessário o gerenciamento adequado dos processos e tratamento dos efluentes residuais de processos galvânicos, afim de que as concentrações liberadas ao meio ambiente estejam enquadradas nos limites permissíveis (COSTA et. al, 2002). Portanto é imprescindível um correto gerenciamento dos processos e riscos encontrados em empresas de galvanoplastia, com o objetivo de evitar acidentes de trabalho e doenças ocupacionais e também evitar a degradação e contaminação do meio ambiente, onde as empresas estarão desta maneira, adequadas conforme as legislações trabalhistas e ambientais.

O propósito desta pesquisa foi avaliar o nível de poluição dos efluentes em uma empresa que emprega o processo de oxidação negra a frio, do município de Santa Cruz do Sul-RS-Brasil, localizada no Vale do Rio Pardo/RS, verificando a situação da empresa referente às legislações ambientais. O processo produtivo da indústria investigada foi avaliado propondo medidas corretivas e mitigadoras. Uma nova ferramenta de gestão de riscos foi desenvolvida e aplicada nos processos produtivos classificados como os mais críticos em termos de gestão ambiental e de segurança ocupacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada nesta investigação foi constituída por diversas etapas, onde primeiramente foi realizada uma pesquisa com o objetivo de rastrear e selecionar empresas do ramo de galvanoplastia na região do Vale do Rio Pardo/RS. Para isso, foi feito contato com o setor de cadastro ou setor de alvarás das prefeituras de todos os municípios do Vale do Rio Pardo/RS, que contemplou 24 municípios.

Após a identificação da empresa selecionada, a qual empregava a oxidação negra a frio, foram analisados dados e informações sobre o processo produtivo e documentos técnicos, como Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) dos produtos utilizados, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Avaliou-se a sua Licença Ambiental, onde estão definidas as regras, condições, restrições e medidas de controle ambiental a serem seguidas, em que a empresa assumiu compromisso para manutenção da qualidade ambiental no local onde ela está instalada.

Na etapa seguinte foram realizadas análises do ambiente de trabalho e das etapas do processo de oxidação negra a frio, e também foram coletados e analisados os efluentes gerados no processo. Quanto à gestão de riscos, foram aplicadas as ferramentas APR e HRN, as quais foram utilizadas para identificar os riscos nas etapas do processo de oxidação negra a frio e assim sugerir pontos de melhorias a serem implementados. A

partir dessas duas ferramentas desenvolveu-se uma nova ferramenta para a gestão de riscos, a qual pode ser vista no Quadro 1. A APR e HRN foram utilizadas por sua facilidade de aplicação para os colaboradores das empresas e por fornecerem informações detalhadas sobre os riscos, além de possibilitar a sua quantificação, o que auxilia na priorização para eliminação ou minimização dos riscos.

Quadro 1: Ferramenta para análise de riscos APR–HRN.

| APR - HRN | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|
| Nº da APR-HRN: | | Data: | | Foto do perigo/risco | |
| Local/Setor: | | | | | |
| Descrição do perigo: | | | | | |
| Descrição do risco: | | | | | |
| Função/cargo afetado: | | | | | |
| Medidas de segurança existentes: | | | | | |
| Causa do risco | | Efeito do risco | | Recomendações | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Análise da CATEGORIA DO RISCO | | | | | |
| CATEGORIA | TIPO | CARACTERÍSTICAS | | | |
| | | | | | |
| Análise pelo método HRN (situação atual) | | | | | |
| PROBABILIDADE DE EXPOSIÇÃO (PE) | FREQÜÊNCIA DE EXPOSIÇÃO (FE) | PROBABILIDADE MÁXIMA DE PERDA (PML) | NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (NP) | NÍVEL/CLASSIFICAÇÃO DO RISCO (PE X FE X MPL X NP) | TEMPO DE AÇÃO RECOMENDADO |
| | | | | | |
| Análise pelo método HRN (caso as recomendações fossem adotadas) | | | | | |
| PROBABILIDADE DE EXPOSIÇÃO (PE) | FREQÜÊNCIA DE EXPOSIÇÃO (FE) | PROBABILIDADE MÁXIMA DE PERDA (PML) | NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (NP) | NÍVEL/CLASSIFICAÇÃO DO RISCO (PE X FE X MPL X NP) | TEMPO DE AÇÃO RECOMENDADO |
| | | | | | |
| Observações: | | | | | |

A primeira parte é composta por campos típicos da ferramenta APR, que são dados gerais que definem o perigo e o risco da atividade ou acontecimento a ser analisado, detalhando suas causas, efeitos e recomendações para minimizar ou eliminar os riscos. Acrescentou-se um campo na ferramenta desenvolvida para inserção do registro fotográfico do perigo/risco, visando auxiliar e facilitar o reconhecimento do local ou atividade analisada. A segunda parte é a quantificação do risco, através da seleção da categoria do risco e aplicação da ferramenta HRN, que fornece um nível e classificação para o risco, sugerindo o tempo de ação para eliminá-lo ou minimizá-lo. Na sequência sugeriu-se uma nova análise utilizando-se novamente a ferramenta HRN, levando em conta a aplicação das recomendações. Isso permite uma rápida visualização da diferença de valores do nível e classificação do risco comparando-se a situação atual com uma situação posterior a aplicação das recomendações.

Avaliaram-se os efluentes gerados nos processos produtivos por meio de análises físico-químicas realizadas pela Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. A amostragem foi realizada seguindo instruções de coleta fornecidas pelos técnicos da UNISC, que posteriormente realizaram as análises, empregando o método de Espectrometria de Absorção Atômica para avaliação do alumínio (Al), ferro (Fe), cobre (Cu) e níquel (Ni), método de dicromatometria para avaliação da Demanda Química de Oxigênio (DQO), método de Nessler para avaliação do nitrogênio amoniacal (NH₄) e método de potenciometria para avaliação do pH, seguindo metodologias descritas por Rice et. al, (2012).

Por fim, analisou-se a aplicação de legislações referentes à localização geográfica da empresa, ao ambiente de trabalho e aos efluentes e resíduos gerados durante o processo, sugerindo-se melhorias e adequações nos processos produtivos, além dos custos que a empresa deveria investir para estas adequações.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A galvanoplastia é um processo ou técnica aplicada em metais ou plásticos a fim de recobrir estes materiais com uma camada metálica, através de eletrodeposição de metais em áreas preparadas por processos

eletrolíticos ou químicos, para adquirir resistência à corrosão, proteção contra oxidação, maior durabilidade, melhoramento de propriedades superficiais (resistência, espessura, condutividade, lubrificação), preparação para operações de soldagem, isolamento elétrico e melhor acabamento estético (PUGAS, 2007).

Além das substâncias utilizadas no processo da galvanoplastia, durante as sucessivas etapas, as peças que estão sendo tratadas são lavadas em água, o que gera uma grande quantidade de efluentes líquidos contaminados. Portanto os efluentes gerados em um processo de galvanoplastia, muitas vezes, possuem componentes com altos potenciais toxicológicos, provenientes da composição e das reações ocorridas nos banhos (SILVA, 2009).

Os resíduos sólidos provenientes de processos de galvanoplastia devem ser tratados ou ter o destino correto pelo seu alto potencial de contaminação e risco ambiental, agressivos ao meio ambiente e ao ser humano. Estes resíduos devem ser corretamente classificados em função de suas propriedades físico químicas e com base na presença e quantidade limite de contaminantes em sua massa.

Em termos de segurança do trabalho e saúde ocupacional, o processo galvânico apresenta muitos riscos aos trabalhadores, entre eles: os riscos químicos como névoas ácidas, alcalinas, vapores e névoas contendo contaminantes metálicos e cianetos; riscos físicos como umidade e temperatura do ambiente elevada e riscos de acidentes como choques elétricos e queimaduras (SILVA, 2010).

A oxidação negra consiste em produzir um filme de óxido preto uniforme e aderente, o qual apresenta uma proteção média contra corrosão (BALLES, 2004). Além da proteção contra corrosão uma grande vantagem é que este processo não altera as dimensões e propriedades físicas ou mecânicas da peça tratada. Este processo é utilizado onde não é aceitável a aplicação de camadas de acabamento e recobrimento metálico ou alteração das dimensões em peças. É usado também como acabamento estético ou decorativo e para redução de brilho em peças.

Conforme Goueffon et. al, (2009) a oxidação negra propicia às peças tratadas resistência ao desgaste corrosivo durante o armazenamento, bem como um baixo risco de contaminação.

O processo de oxidação negra é utilizado em peças para armas de fogo, ferramentas de corte, componentes e blocos de máquinas hidráulicas, correntes, engrenagens, parafusos, ferramentas manuais, corpos de válvulas, componentes automotivos, entre outros (ZEMPULSKI; ZEMPULSKI, 2008).

A oxidação negra pode ser obtida através de processos térmicos ou químicos. Nos processos térmicos, o revestimento é obtido através do aquecimento da peça em torno de 480°C, fazendo com que a superfície da peça reaja com o ar atmosférico até a formação do óxido preto (magnetita). A peça é resfriada ao ar ambiente e oleada. O aquecimento das peças geralmente é realizado em fornos. Nos processos químicos as peças são mergulhadas em diversos banhos químicos que produzem um filme de óxido. A oxidação negra através de processo químico pode ser realizada a quente ou a frio. O processo a quente utiliza soluções cáusticas misturadas com água, e sob a ação de temperaturas entre 135°C e 140°C formam uma camada preta de óxido ferroso na superfície das peças. Este processo é utilizado para peças de aço com teor de cromo inferior a 12%. A oxidação negra a frio é realizada em temperatura ambiente, obtida através de banhos em soluções alcalinas líquidas diluídas em água, onde reações químicas produzem um filme preto uniforme nas peças mergulhadas nos banhos. Este processo é utilizado para peças de aço e ferro fundido com teor de cromo inferior a 12% (ZEMPULSKI; ZEMPULSKI, 2008).

O processo químico é mais prático, rápido e eficiente do que o processo térmico, porém pode produzir efluentes com diversas substâncias tóxicas.

O processo de oxidação a quente é realizado através de banhos de nitratos e cromatos aquecidos a uma temperatura de ebulição. Este processo é muito eficaz, fornecendo uma maior resistência à corrosão e boa estética, comparando ao processo realizado a frio.

O processo a frio é basicamente composto pelas seguintes etapas: limpeza da peça, aplicação da solução oxidante, secagem e oleamento. Todas as etapas são feitas à temperatura ambiente.

De acordo com Ruhland (2010) na oxidação negra a frio o processo de escurecimento das peças é realizado a temperatura ambiente, sem calor, formando o revestimento entre 02 a 05 minutos. O processo a frio pode substituir o processo a quente, mas o revestimento não é tão durável e a coloração preta não é tão intensa. Os dois processos fornecem uniformidade e estabilidade dimensional, onde a espessura de óxido negro formada fica em torno de 0,000020 polegadas, tornando estes acabamentos ideais para componentes que necessitam de precisão, que não podem possuir uma espessura variável, o que acontece em revestimentos de galvanoplastia tradicionais.

Comparando os dois processos, o a quente além de demorar de 15 a 30 minutos, necessita o aquecimento dos banhos, e, portanto, praticamente não é utilizado, enquanto que o processo a frio leva em torno de 02 minutos e é realizado totalmente em temperatura ambiente (ZEMPULSKI; ZEMPULSKI, 2008). O acabamento final das peças a serem processadas depende de vários fatores, entre eles a limpeza inicial das peças, desengraxe, banhos ácidos ou alcalinos e oleamento, sendo estas etapas intercaladas por banhos em água corrente com pH controlado. O controle destas etapas irá determinar a qualidade da oxidação negra ao final.

As empresas devem adotar meios de gerenciar seus riscos, com o objetivo de controlá-los e evitá-los, mantendo os riscos abaixo dos valores tolerados. Para isso deve-se realizar um levantamento e análise geral das atividades e riscos nos ambientes de trabalho, utilizando ferramentas de análise de risco para identificar os riscos existentes e elaborar estratégias para controle e acompanhamento de medidas mitigadoras adotadas.

Conforme Korre e Durucan (2009) o processo de gestão de riscos envolve a comunicação e consulta com as partes interessadas, definindo e identificando os riscos, e em seguida analisar, avaliar, tratar e monitorar os riscos. O objetivo do processo da gestão de riscos é repetir os critérios de avaliação, adaptando-os e modificando-os, levando a um processo de melhoria contínua.

A norma ISO (*International Organization for Standardization*) 31000 afirma que todas as atividades de uma organização envolvem riscos, onde estas devem gerenciá-los através da identificação, análise e avaliação dos riscos para que possam monitorar e controlar estes riscos. A norma ainda conceitua a gestão de riscos como atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização, no que se refere a riscos, onde a análise de riscos é o processo de compreender a natureza do risco, determinando seu nível de risco (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005).

De acordo com Cicco (2003), as normas internacionais de segurança e saúde no trabalho, como a OSHAS (*Occupational Health and Safety Assessment Services*) 18002 e BS (*British Standards*) 8800, descrevem que uma avaliação de riscos é um processo global, que estima a magnitude dos riscos, a fim de decidir se estes são ou não são toleráveis. Para o risco ser tolerável, ele deve ser reduzido a um nível que pode ser suportado pela organização, levando em conta suas obrigações legais e sua política de segurança e saúde no trabalho.

Uma gestão de riscos deve abranger além dos riscos isolados, uma visão geral do processo, e também envolver as pessoas neste processo, avaliando seu grau de comprometimento e treinamento para realizar as tarefas.

Em um processo de gestão de riscos devem ser definidas ferramentas para monitoramento, como indicadores de segurança, os quais podem ser acompanhados e auditados, e a partir daí obter um diagnóstico de segurança (CARDELLA, 2008). O objetivo da avaliação de riscos é comparar o nível de risco encontrado durante o processo de análise, com base em critérios previamente estabelecidos, para determinar se uma atividade deve prosseguir ou estancar; se é necessário um tratamento de risco, e priorizar estes riscos para o tratamento (KORRE, DURUCAN, 2009).

Cardella (2008, p. 133) define a Análise Preliminar de Riscos (APR) como “uma técnica de identificação de perigos e análise de riscos que consiste em identificar eventos perigosos, causas e consequências e estabelecer medidas de controle.” É preliminar porque é utilizada como primeira abordagem do objeto de estudo, mas em um grande número de casos é suficiente para estabelecer medidas de controle de riscos.

A APR é utilizada para uma análise inicial qualitativa. Apesar das características básicas de análise inicial, é muito útil como uma ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais. A priorização das ações é determinada pela caracterização dos riscos, ou seja, quanto mais prejudicial ou maior for o risco, mais rapidamente deve ser preservada.

Alberton (1996) descreve que os princípios e metodologias da APR consistem em uma revisão geral de aspectos de segurança, descrevendo todos os riscos e adotando categorias conforme sua gravidade. Após o reconhecimento e a descrição dos riscos são identificadas as suas causas e efeitos, o que permitirá a elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas. As categorias variam de I à IV, segundo Alberton (1996) adaptado de Cicco e Fantazzini (1993), onde I é considerado um risco desprezível para sistemas, processos e recursos humanos; II é considerado marginal ou limítrofe onde ocorre uma degradação moderada, não chega a causar lesões, sendo compensável ou controlável; III é considerado um risco críticos, causando uma degradação crítica, com lesões aos seres humanos danos substanciais, colocando o sistema em risco e IV um risco catastrófico, ou seja, causa uma séria degradação dos sistemas e processos, levando a lesões ou mortes.

No método *Hazard Rating Number* (HRN), que significa número de classificação de riscos, cada perigo é avaliado de forma individual, primeiramente sem as medidas de segurança e posteriormente, aplicando-se uma nova análise dos riscos, com as medidas implantadas. Conforme Silva e Souza (2011) este método é considerado quantitativo onde valores numéricos são atribuídos aos riscos, através da análise de alguns fatores onde se chega a um nível de risco. Todos estes fatores recebem valores que aumentam conforme maior for o risco. Os fatores adotados no método HRN são “Probabilidade de ocorrência ou exposição (PE)”, que consiste em verificar o grau de exposição que uma pessoa pode ter com a área de perigo; “Frequência de exposição ao perigo (FE)”, que elenca a frequência em que a pessoa está exposta ao perigo; “Probabilidade máxima de perda (MPL)”, onde deve-se levar em conta o grau máximo de dano que pode causar e “Número de pessoas expostas ao risco (NP)”, que quantifica as pessoas que estão expostas ao perigo.

Diante dos levantamentos dos fatores PE, FE, MPL e NP pode-se chegar ao seguinte cálculo para analisar o nível de risco, através da fórmula:

$$\text{Nível de risco} = \text{PE} \times \text{FE} \times \text{MPL} \times \text{NP} \quad \text{equação (1)}$$

O nível de risco aplicado na Tabela 1 fornece a classificação do risco, bem como seu tempo de ação recomendado para minimizá-lo ou eliminá-lo.

Tabela 1: Classificação de Riscos (HRN).

| | | |
|--------------|----------|----------------------------------------------|
| Aceitável | 0-1 | Risco aceitável – considerar possíveis ações |
| Muito baixo | 1-5 | Até 1 ano |
| Baixo | 5-10 | Até 3 meses |
| Significante | 10-50 | Até 1 mês |
| Alto | 50-100 | Até 1 semana |
| Muito Alto | 100-500 | Até 1 dia |
| Extremo | 500-1000 | Ação imediata |
| Inaceitável | >1000 | Parar atividade |

Fonte: The safety & Health Practitioner, 1990 apud Corrêa, 2011, p. 35

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da pesquisa nas prefeituras da região do Vale do Rio Pardo/RS, foram rastreadas e selecionadas as empresas do ramo de galvanoplastia. Santa Cruz do Sul foi o único município a apresentar empresas no ramo de Galvanoplastia, e o único a possuir uma empresa que realiza o processo de oxidação negra a frio. A pesquisa então ficou limitada aos estudos de oxidação negra a frio que ocorrem nesta única empresa identificada.

Para diagnosticar a empresa selecionada, primeiramente fez-se a observação e análise no processo produtivo da oxidação negra a frio, e após analisou-se as documentações fornecidas pela empresa, como FISPQ dos produtos químicos, Licença Ambiental, PPRA e PCMSO.

Segundo o proprietário da empresa avaliada a oxidação negra é realizada em média duas vezes por semana, variando a quantidade de peças e o peso das peças. As peças são recebidas e armazenadas até que atinjam uma

quantidade mínima para serem processadas. Quando não há uma quantidade suficiente, o processo é realizado apenas uma vez por semana. Esta atividade é realizada como prestação de serviços para outras empresas.

A pesquisa foi realizada em um lote de 05 peças de aço, num total de 12 quilos. Segundo informações fornecidas pela empresa essa é a quantidade ou peso das peças que passam pelo processo de oxidação negra a frio semanalmente, sendo considerado então como corriqueiro.

Todas as etapas do processo produtivo da empresa selecionada são realizadas em temperatura ambiente. As soluções utilizadas nos tanques (condicionante e oxidante) e óleo protetivo não são aquecidas. A temperatura registrada no setor da oxidação negra foi de 27,2°C, medida com aparelho Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro, modelo THDL-400, marca Instrutherm, sendo a medição realizada pelos pesquisadores.

Todo o processo produtivo da empresa selecionada é realizado por um único colaborador, onde se notou que este não realiza a troca das luvas entre as diversas etapas, o que pode ocasionar contaminação nas soluções.

A Figura 1 demonstra as etapas do processo de oxidação negra a frio realizada na empresa objeto dessa pesquisa. O Efluente 1 e Efluente 2, que são produtos das lavagens, representam as amostragens analisadas nesta pesquisa. Além das observações e análises realizadas no setor de oxidação negra e as atividades realizadas pelos trabalhadores neste setor, foram analisados o PPRA e o PCMSO da empresa, os quais foram elaborados por uma empresa de consultoria em segurança e saúde do trabalho, estando o mesmo assinado e com data do ano de 2012, o que demonstra o interesse da empresa com a questão da segurança dos seus colaboradores.

Foram avaliados os efluentes dos dois recipientes com a água utilizada para a lavagem das peças, os quais são despejados na rede de esgotos. O objetivo foi quantificar e identificar as concentrações de substâncias químicas que estes efluentes apresentavam principalmente os metais pesados que pudessem estar presentes nos resíduos líquidos. Dessa forma, foram analisadas duas amostras, denominados Efluente 1 e Efluente 2, conforme Figura 1. Nas duas amostras foram analisados os seguintes parâmetros: Efluente 1: pH, NH₄, DQO, Fe e Al; Efluente 2: pH, NH₄, DQO, Fe, Cu, Ni.

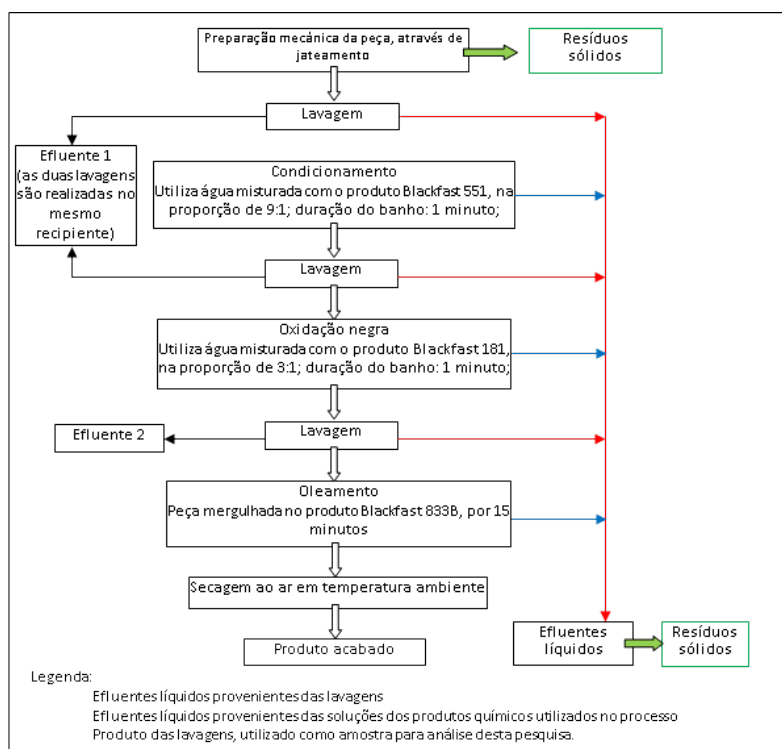


Figura 1: Processo de oxidação negra a frio realizado na empresa avaliada.

A Tabela 2 compara os resultados das amostras com a legislação ambiental. Verifica-se que todos os parâmetros analisados estão de acordo ou abaixo dos limites máximos de emissão de efluentes fixados pela legislação. A seleção dos metais analisados nos Efluentes 1 e 2 correspondem a descrição do fabricante nas FISPQ dos produtos químicos. O parâmetro Alumínio foi selecionado em razão da utilização de pó de alumínio no jateamento das peças. O parâmetro Ferro foi selecionado em razão do material das peças processadas.

Tabela 2: Comparação de parâmetros das amostras com a legislação ambiental.

| Parâmetros | Efluente 1 | Efluente 2 | CONAMA nº 430/2011 | CONSEMA nº 128/2006 |
|----------------------------------------------|------------|------------|-----------------------|------------------------|
| Alumínio (mg L ⁻¹) | 0,37 | NA | N/A | 10,0 |
| Cobre (mg L ⁻¹) | NA | 0,23 | 1,0 | 0,5 |
| DQO (mg L ⁻¹) | <2,0 | 18,5 | N/A | 400 |
| Ferro (mg L ⁻¹) | 0,53 | 0,82 | 15,0 | 10,0 |
| Níquel (mg L ⁻¹) | NA | <0,001 | 2,0 | 1,0 |
| Nitrogênio amoniaco (mg L ⁻¹) | <0,5 | <0,5 | 20,0 | 20 |
| pH | 5,9 | 6,0 | Entre 5 e 9 | Entre 6 e 9 |

NA – Não avaliado

N/A – Não fornecido pela legislação

Apesar dos efluentes do processo de oxidação negra a frio conterem metais pesados, a empresa investigada emite, nas condições atuais de produção e conforme a quantidade e peso das peças processadas no dia da amostragem desta pesquisa, níveis menos impactantes comparados a empresas de galvanoplastia que realizam processos convencionais e com produção em maior escala. Conforme a Licença de Operação da empresa estudada, emitida pela SEMMAS (Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade) do município de Santa Cruz do Sul-RS-Brasil, a empresa não pode lançar nenhum tipo de efluente gerado na atividade em corpo hídrico, solo ou pluvial sem o devido tratamento. A empresa deve manter um monitoramento periódico de seus efluentes, onde mudanças na quantidade ou peso de peças processadas deverá alterar os resultados das análises comparadas às realizadas nesta pesquisa, verificando a necessidade de tratamento dos efluentes antes do descarte.

Para a gestão de riscos criou-se uma nova ferramenta, baseada nas ferramentas APR e HRN, onde foram levantados todos os perigos e riscos ambientais e ocupacionais relacionados às atividades e etapas do processo produtivo da oxidação negra a frio da empresa pesquisada. A ferramenta desenvolvida e denominada APR–HRN, se encontra no Quadro 1. Foram identificados seis perigos/riscos, descritos na Tabela 3, onde a ferramenta APR–HRN foi aplicada.

Tabela 3: Perigos/riscos observados.

| Nº da APR-HRN | Descrição do perigo/risco |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Manuseio de peças oxidadas e com impurezas/Intoxicação ou contaminação do colaborador. |
| 2 | Contato com poeiras nocivas/Contaminação por aspiração ou contato com a pele com poeiras nocivas. |
| 3 | Postura incorreta/Dores, lesões, distúrbios ou doenças osteomusculares. |
| 4 | Manuseio e operação com produtos químicos/Contaminação ou intoxicação durante as operações e manuseio de produtos químicos. |
| 5 | Derramamento de produtos químicos/Contaminação do solo, intoxicação dos colaboradores. |
| 6 | Derramamento de produtos químicos na rede de esgotos/Contaminação da água da rede de esgotos. |

Para a aplicação da ferramenta desenvolvida, os seis perigos/riscos da Tabela 3 foram detalhadamente analisados qualitativamente, através do método APR, registros fotográficos e também identificada a categoria conforme a gravidade dos perigos/riscos. O detalhamento da realização das atividades quantitativamente foi realizado com o enquadramento dos perigos/riscos conforme os fatores de avaliação da ferramenta HRN, com

o objetivo de classificar o nível de cada perigo/risco. A classificação da categoria e valores atribuídos para o nível de risco estão descritos na Tabela 4.

Após a aplicação da nova ferramenta, organizaram-se as APR–HRN por categoria e nível de risco conseguindo-se priorizar os riscos a serem investigados, com o objetivo de minimizá-los ou eliminá-los (Tabela 5).

Tabela 4: Categoria e nível de risco das APR–HRN.

| Nº da APR-HRN | Categoria de risco | HRN | | | | |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| | | PE | FE | PML | NP | Nível de risco (PExFExPMLxNP) |
| 1 | III | 15 (Certo) | 1,5 (Semanalmente) | 1 (Enfermidade leve/temporária) | 2 (3 - 7 pessoas) | 45 (Significante) |
| 2 | III | 15 (Certo) | 1,5 (Semanalmente) | 1 (Enfermidade leve/temporária) | 2 (3 - 7 pessoas) | 45 (Significante) |
| 3 | III | 10 (Muito provável) | 1,5 (Semanalmente) | 2 (Enfermidade grave/permanente) | 2 (3 - 7 pessoas) | 60 (Alto) |
| 4 | III | 8 (Provável) | 1,5 (Semanalmente) | 2 (Enfermidade grave/permanente) | 2 (3 - 7 pessoas) | 48 (Significante) |
| 5 | III | 5 (Alguma chance) | 1,5 (Semanalmente) | 1 (Enfermidade leve/temporária) | 2 (3 - 7 pessoas) | 15 (Significante) |
| 6 | III | 15 (Certo) | 1,5 (Semanalmente) | 2 (Enfermidade grave/permanente) | N/A | 45 (Significante) |

Como as APR – HRN nº 1, 2 e 6 obtiveram a mesma classificação quanto a categoria e nível de risco, analisou-se outras informações das ferramentas, onde priorizou-se a APR–HRN nº 6 pela probabilidade de causar enfermidade grave (permanente) e por não possuir atualmente nenhuma medida de segurança referente ao risco. A próxima APR–HRN selecionada foi a nº 1 por possuir apenas uma medida de segurança já existente na empresa referente ao risco, enquanto que a APR–HRN nº 2 possui três medidas de segurança já existentes.

Tabela 5: Priorização dos riscos conforme nível e categoria.

| Nível de risco (HRN) | Categoria de risco | Nº da APR-HRN | Descrição do perigo/risco |
|----------------------|--------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 60 | III | 3 | Postura incorreta/Dores, lesões, distúrbios ou doenças osteomusculares. |
| 48 | III | 4 | Manuseio e operação com produtos químicos/Contaminação ou intoxicação durante as operações e manuseio de produtos químicos. |
| 45 | III | 6 | Derramamento de produtos químicos na rede de esgotos/Contaminação da água da rede de esgotos. |
| 45 | III | 1 | Manuseio de peças oxidadas e com impurezas/Intoxicação ou contaminação do colaborador. |
| 45 | III | 2 | Contato com poeiras nocivas/Contaminação por aspiração ou contato com a pele com poeiras nocivas. |
| 15 | III | 5 | Derramamento de produtos químicos/Contaminação do solo, intoxicação dos funcionários. |

As principais causas dos riscos elencados na ferramenta desenvolvida e denominada APR–HRN estão elencadas na Tabela 6.

Tabela 6: Causas dos riscos conforme APR–HRN.

| Causa do risco | APR–HRN | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Uso incorreto dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI). | X | X | | X | X | |
| Fornecimento de EPI incorretos. | X | X | | X | X | |
| Falta de treinamento ou informações. | X | X | | X | X | |
| Poeira de óxido de alumínio, ferro, e impurezas das peças que são jateadas, no momento de colocar e retirar as peças do interior da máquina, e no momento da limpeza do filtro da máquina. | | X | | | | |
| Posturas incorretas na realização das atividades. | | | X | | | |
| Falta de organização no leiaute no setor de oxidação negra. | | | X | | X | |
| Respingos de produtos químicos durante as atividades das etapas do processo e no momento do manuseio destes produtos. | | | | X | | |
| Falta de identificação nas embalagens ou recipientes de produtos químicos. | | | | X | | |
| Falta de adequação do local prevendo este risco, quanto às adequações físicas e proteção dos colaboradores. | | | | | X | |
| Falta de pré-tratamento dos resíduos antes do descarte. | | | | | | X |

Observou-se que as causas “Uso incorreto Equipamentos de Proteção Individual (EPI)”, “Fornecimento de EPI incorretos” e “Falta de treinamento ou informação” estão relacionadas a quatro APR–HRN. Esta informação indica que trabalhando-se, por exemplo, na causa “Uso incorreto Equipamentos de Proteção Individual (EPI)”, ela seria eliminada em quatro APR–HRN.

Na Tabela 7 relacionou-se todas as recomendações colocadas nas APR–HRN, onde verificou-se que a maioria das recomendações não agrega custo para a empresa, podendo ser absorvido pela empresa e pelos próprios colaboradores. As recomendações de 1 à 8 da Tabela 7 são sugeridas em quatro APR–HRN. Esta informação indica que, por exemplo, adequando-se os itens 1 à 8 os riscos serão minimizados ou eliminados, sem custo para a empresa. A tabela 7 também mostra as APR–HRN nº 1, 2 e 4 não agregam custo referente às adequações, enquanto que as APR–HRN nº 3, 5 e 6 agregam custo em apenas uma das recomendações de cada APR–HRN, podendo ser facilmente visualizado na própria Tabela 7.

Tabela 7: Recomendações e investimentos para adequação dos riscos conforme APR-HRN.

| Recomendações | APR-HRN | | | | | | Investimento (R\$) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1 - Treinar os colaboradores quanto a correta utilização dos EPIs. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 2 - Analisar os riscos presentes nesta atividade. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 3 - Verificar se os EPIs fornecem real proteção contra os agentes agressores. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 4 - Verificar indicação de EPIs no PPRA. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 5 - Adquirir EPIs corretos para os riscos, com Certificado de Aprovação (CA). | X | X | | X | X | | - (Observação 2) |
| 6 - Treinar os colaboradores quanto a correta realização das atividades. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 7 - Registrar o treinamento através de Ordem de Serviço. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 8 - Informar os colaboradores a respeito dos riscos que estão expostos. | X | X | | X | X | | - (Observação 1) |
| 9 - Criar procedimentos contemplando a segurança para estas atividades. | | X | | X | X | | - (Observação 3) |
| 10 - Realizar análise ergonômica para as atividades realizadas. | | | X | | | | 1.200,00 (Observação 4) |
| 11 - Adequar máquina e bancada de trabalho. | | | X | | X | | - (Observação 5) |
| 12 - Realizar pausas para descanso e alongamentos ou ginástica laboral para os colaboradores da empresa. | | | X | | | | - (Observação 1) |
| 13 - Organizar leiaute. | | | X | | X | | - (Observação 3) |
| 14 - Acompanhar e controlar a saúde ocupacional dos colaboradores através de exames médicos contemplados no PCMSO. | | | | X | | | - (Observação 1) |
| 15 - Identificar corretamente todas as embalagens, tanques e recipientes de produtos químicos utilizados no setor. | | | | X | | | - (Observação 3) |
| 16 - Disponibilizar as FISPQ dos produtos químicos aos colaboradores. | | | | X | X | | - (Observação 3) |
| 17 - Adequar as instalações físicas para evitar que o líquido se espalhe (sistemas de contenção, piso impermeável, etc). | | | | | X | | - (Observação 6) |
| 18 - Formação de Brigada de Emergência na empresa. | | | | | X | | 600,00 (Observação 7) |
| 19 - Monitorar periodicamente o efluente gerado. | | | | | | X | 411,50 (Observação 8) |

Observação 1: A empresa estudada já possui serviço de assessoria terceirizado referente a segurança e medicina do trabalho;

Observação 2: A empresa já fornece EPI com Certificado de Aprovação (CA) para os colaboradores;

Observação 3: Custo pode ser absorvido pela empresa, através da mão de obra dos próprios colaboradores;

Observação 4: Custo médio de mercado para realização de laudos de análise ergonômica das atividades do processo (consultou-se profissional experiente da área de ergonomia);

Observação 5: As adequações de bancadas e máquinas devem ser feitas somente após a análise ergonômica dos postos de trabalho, para que as adequações sejam realmente eficientes; a empresa pode, no caso da bancada onde estão os tanques do processo de oxidação negra, retirar um dos tanques que não é utilizado, e colocar os recipientes de lavagem (retirando-os do chão);

Observação 6: O piso atual é impermeável (concreto polido), e a empresa pode adotar medidas de contenção para vazamentos, como disponibilizar no setor de oxidação negra materiais absorventes, como por exemplo serragem ou estopas;

Observação 7: Custo médio de mercado para realização de treinamento (consultou-se empresa especializada em treinamentos de segurança);

Observação 8: Custo das análises conforme realizadas nesta pesquisa (consultou-se empresa especializada).

CONCLUSÕES

As amostras de efluentes gerados nas lavagens de peças do processo analisado (oxidação negra a frio) apresentaram resultados abaixo dos limites permissíveis pelas legislações ambientais para efluentes industriais, principalmente metais pesados.

Analisando-se a localização geográfica da empresa no município de Santa Cruz do Sul-RS-Brasil, conforme o mapa de zoneamento de usos do Plano Diretor do município, a empresa está situada em zona residencial, o que demonstra que podem existir riscos na área em torno à empresa, conforme informações da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), as atividades realizadas por estas organizações são de alto potencial poluidor.

Observou-se que o PPRA da empresa contempla apenas os produtos químicos *Blackfast 181* e *Blackfast 833B* do processo de oxidação negra a frio, e não se refere ao condicionante *Blackfast 551*. Portanto há necessidade de revisão e atualização do programa, pois se o produto não está contemplado ou reconhecido neste documento, demonstra que os riscos não foram analisados; não há medidas de prevenção ou proteção para os trabalhadores. Como o PCMSO é baseado no PPRA, exames médicos para monitoramento e acompanhamento da saúde dos colaboradores que mantêm exposição ao *Blackfast 551* não foram realizados, o que demonstra uma falha no registro pela empresa que elaborou o documento.

A ferramenta desenvolvida para gestão de riscos APR–HRN foi utilizada nas atividades do processo, para detalhamento dos perigos e riscos e quantificação do nível de risco de cada atividade. Com isso os riscos foram organizados de forma a priorizar ações de minimização, eliminação e adequação das atividades mais críticas.

A análise das causas dos riscos foi realizada onde se verificou que as mesmas causas se repetem em diversas APR–HRN, mostrando que a eliminação de uma causa pode tornar mais segura várias atividades.

O levantamento dos custos e investimentos foi realizado levando em conta as recomendações relacionadas nas APR–HRN, onde se concluiu que a maioria das adequações sugeridas não agregarão custos para a empresa.

A união de duas ferramentas de análise de riscos já existentes transformada em uma nova ferramenta se mostrou eficiente com resultados satisfatórios para o controle dos riscos na empresa estudada. Enquanto que a ferramenta APR é utilizada para uma avaliação qualitativa, a HRN realiza uma avaliação quantitativa. A nova ferramenta APR–HRN apresenta diversas informações sobre detalhes dos riscos, que são muito valiosas para a organização e a priorização das ações referentes à eliminação ou minimização dos riscos.

A APR–HRN não se limita a ser utilizada em um processo produtivo específico, podendo ser utilizada em qualquer sistema ou processo já existente, onde seja necessária a análise de riscos.

A nova ferramenta desenvolvida pode ser utilizada como uma das estratégias de gestão de riscos, pois ela irá analisar os riscos isoladamente, mas também mostrar uma visão global do processo, envolvendo também pessoas, que devem estar comprometidas e capacitadas para que a gestão seja eficiente e contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTON, A. *Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança*. 1996. 179 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 1996.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 31000: gestão de riscos – princípios e diretrizes*. Rio de Janeiro, 2005.
3. BALLES, A. C. *Nitretação a plasma como meio alternativo ou complementar à oxidação negra na proteção à corrosão do aço de baixo teor de carbono*. 2004. 78 f. Dissertação (Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia – Mestrado) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2004.
4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*. Brasília, DF, 2011.
5. CARDELLA, B. *Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística*. São Paulo: Atlas, 1999. 254 p.
6. CARVALHO, W. A.; BOSCO, S. M. D.; JIMENEZ, R. S. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela Zeólita Natural Escolécita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. *Química Nova*, vol. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.
7. CICCIO, F. de. *OSHAS 18002 – Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho – Diretrizes para a implementação da OHSAS 18001*. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003. 96 p.
8. CORRÊA, M. U. *Sistematização e aplicações da NR-12 na segurança em máquinas e equipamentos*. 2011. 111 f. Monografia (Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Ijuí, 2011.
9. COSTA, R. F. D., et al. Evaluation of the Electrodialysis Process for the Treatment of Metal Finishing Wastewater. *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 13, n. 4, p. 540-547, 2002.
10. GHAZY, S. E.; RAGAB, A. H. Removal of zinc ions from aqueous solutions by sorptive-flotation using limestone as a lowcost sorbent and oleic acid as a surfactant. *Latin American Applied Research*, n. 41, p. 99-104, 2011.
11. GOUÉFFON, Y., et al. Black anodic coatings for space applications: study of the process parameters, characteristics and mechanical properties. *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, n. 11, p. 5145-5151, 2009.
12. KEEN, C., et al. *Exposure to hexavalent chromium, nickel and cadmium compounds in the electroplating industry*. Londres: Health and Safety Executive (HSE), 2013. 46 p.
13. KORRE A.; DURUCAN, S. *A review of the international state of the art in risk assessment guidelines and proposed terminology for use in CO2 geological storage*. Londres: Imperial College; report describes research sponsored by the IEA Environmental Projects Ltd. (IEA GreenhouseGas R&D Programme), 2009. 83 p.
14. MATTOS, C. S. *Geração de resíduos sólidos de galvanoplastia em regiões densamente povoadas – Avaliação, inertização e destinação*. 2011. 134 f. Dissertação (Área de Tecnologia Nuclear – Materiais – Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Autarquia associada à Universidade de São Paulo) – São Paulo, 2011.
15. MUXEL, A. A., et al. Silsesquioxane 3-n-Propylpyridinium Chloride: a New Polymer for the Potentiometric Analysis of Cr(VI) in Electroplating and Leather Industry Wastes. *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 18, n. 3, p. 572-576, 2007.
16. OVES, M.; KHAN, M. S.; ZAIDI, A. Biosorption of heavy metals by *Bacillus thuringiensis* strain OSM29 originating from industrial effluent contaminated north Indian soil. *Saudi Journal of Biological Sciences*, n. 20, p. 121-129, 2013.
17. PEDRO, J. P. B. *Medidas de proteção mais limpa e otimização de tratamento de efluentes líquidos em indústrias galvânicas da região metropolitana de Florianópolis*. 2010. 138 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2010.

18. PUGAS, M. S. *Íons de metais pesados Ni, Cu e Cr em área impactada por resíduo de galvanoplastia na região metropolitana de São Paulo – SP*. 2007. 95 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2007.
19. RIANI, J. C. *Utilização de resinas de troca-iônica em efluentes de galvanoplastia*. 2008. 117 f. Tese (Área de concentração: Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo, 2008.
20. RICE, E. W., et al. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2012. 1000 p.
21. RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução nº 128, de 07 de dezembro de 2006. *Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS, 2006.
22. RUHLAND, M. *Black oxide finishing for gears*. Gears Solutions, march, 2010. Disponível em: <http://www.gearsolutions.com/media/uploads/assets/PDF/Articles/March_10/0310_Birchwood.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2013.
23. SILVA, C. S. *Um estudo crítico sobre a saúde dos trabalhadores de galvânicas, por meio das relações entre as avaliações ambientais, biológicas e otorrinolaringológicas*. São Paulo: FUNDACENTRO, 2010.
24. SILVA, I. B. R.; SOUZA, B. S. Proteção de Máquinas: A Melhor Alternativa. *Revista Proteção*, Novo Hamburgo, n. 239, p. 76-81, nov. 2011.
25. SILVA, L. F. *Dimensionamento de um sistema de dutos para um sistema de ventilação local exaustora em galvanoplastia*. 2009. 24 f. Monografia (Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2009.
26. ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. S. *Dossiê Técnico – Oxidação Negra*. Paraná: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2008.