

POTENCIALIDADE DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS PROCEDENTE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE/CE

Celme Torres Costa¹, Expedito Flávio dos Santos² & Paulo Roberto Lacerda Tavares³

Resumo – A indústria galvânica gera um efluente contaminado que pode causar danos ao meio ambiente quando descartado de forma inadequada. Na verdade, a água residual deve ser tratada, de forma a adquirir um perfil físico-químico estabelecido por órgãos ambientais que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. A grande preocupação com relação a efluentes contaminados com metais pesados advém do fato que os mesmos representam um perigo para a vida animal. A região do Cariri, no sul do Ceará, possui um pólo industrial localizado no Triângulo Crajubar, o qual engloba as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, e, conseqüentemente, sofre com a degradação ambiental gerada por este setor. Este estudo mostra o potencial de contaminação por metais pesados e cianeto proveniente da indústria de jóias folheadas no município de Juazeiro do Norte. Os resultados mostram que existe uma grande quantidade de metais pesados na água residual gerada pela indústria de galvanoplastia de Juazeiro do Norte, principalmente os metais Cobre e Zinco e menores quantidades observadas para níquel e cádmio em função da formulação de cada solução eletrolítica que compõe o conjunto de banhos do processo de galvanoplastia.

Abstract – Gem veneer industry generates a polluted effluent that can cause damages to the environment when discarded in an inadequate form. Actually, the residual water should be treated, in form to acquire an established physiochemical profile for organs adapt that it disposes about patterns and conditions for release of liquid effluents generated by pollutant sources. The great concern regarding polluted effluents with heavy metals occurs of the fact that the same ones represent a danger for the animal life. The Cariri Region, in the south of Ceará, own a located industrial pole in the Triângulo Crajubar, which includes the cities of Crato, Juazeiro of the North and Barbalha, and, consequently, it suffers with the environmental degradation generated by this sector. This study shows the potential of contamination for heavy metals and cyanide originating

¹ Professora Adjunta, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Rua Padre Nestor Sampaio, 897/202A, Juazeiro do Norte/CE, Fone/Fax (88) 3571.1579, celmetorres@ufc.br

² Professor, Universidade Regional do Cariri, URCA, Rua Cel. Antônio Luiz, 1161, Crato/CE, efs@urca.br

³ Professor Assistente, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Castelo Branco, 150, Juazeiro do Norte/CE, Fone/Fax (88) 3571.1579, prltavares@ufc.br

the Gem veneer industry browsed in the municipal district of Juazeiro of the North. The results show that a great amount of heavy metals exists in the residual water generated by the industry of galvanoplastia of Juazeiro of the North, mainly the metals Copper and Zinc and smaller amounts observed for nickel and cadmium in function of the formulation of each eletrolitic solution.

Palavras-Chave – Galvanoplastia, contaminação, metais pesados.

1. INTRODUÇÃO

As atividades industriais se inter-relacionam com o meio ambiente consumindo recursos (água, energia, matérias-primas, etc.) e gerando rejeitos (resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissões atmosféricas), o que denominamos aspectos ambientais de uma atividade. A falta de gerenciamento destes aspectos ambientais pode gerar impactos ambientais. No setor de peças brutas, por exemplo, no processo de vibroacabamento temos como aspecto da atividade o lodo resultante e ao lançar no receptor o efluente contaminado com cobre, zinco e resíduos de chips poliméricos sem qualquer tratamento, causa como impacto ambiental a sua contaminação.

Neste ramo de atividade a produção de jóias e bijuterias é feita por uma série de processos industriais em especial a fabricação de peças (denominadas de “bruto”) e o tratamento de superfícies através do banho de metais. Nesta fase podem ocorrer inúmeros problemas ambientais típicos desta atividade, decorrentes dos produtos utilizados na indústria galvânica - principalmente cobre, cianeto, níquel, ouro e prata – que são altamente tóxicos, dentre eles, à poluição atmosférica por causa dos gases emitidos no processo, os resíduos sólidos gerados a partir do lodo galvânico e os efluentes líquidos provenientes das águas de enxágüe.

Estes problemas ambientais podem gerar impactos ambientais significativos além de custos adicionais devido a perdas do produto durante o processo produtivo, a disposição final dos resíduos e gastos com saúde ocupacional. Diante disto se torna importante um trabalho de conscientização da aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição nas empresas reduzindo os riscos ambientais e benefícios econômicos e ambientais.

A emissão de resíduos líquidos, sólidos e gasosos liberados pelas indústrias é um dos maiores responsáveis pelo agravamento dos problemas ambientais, devido ao fato de que esses resíduos industriais geralmente são tratados de forma ineficiente. A maioria das empresas descarta livremente seus resíduos na atmosfera, nos mananciais superficiais, nos esgotos urbanos e nos sistemas de coleta de lixo das cidades. No Brasil, apesar de existir uma legislação e instituições destinadas a aplicar as leis de proteção ao meio ambiente, observa-se que as atividades humanas, sejam domésticas ou econômicas, continuam a provocar a degradação ambiental (Riggoto, 2002).

A região do Cariri, no sul do Ceará, possui um pólo industrial localizado no Triângulo Crajubar, o qual engloba as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, e, conseqüentemente, sofre com a degradação ambiental gerada por este setor. Este estudo mostra o potencial de contaminação por metais pesados e cianeto proveniente da industria de jóias folheadas no município de Juazeiro do Norte.

Este estudo está inserido dentro do Grupo de Pesquisa do CNPq – Tecnologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente na Região do Cariri/CE, na temática direcionada ao estudo da degradação ambiental, da qualidade da água subterrânea e da vulnerabilidade dos aquíferos na Bacia Sedimentar do Araripe/CE, desenvolvida pela Universidade Federal do Ceará – Campus Cariri.

2. HISTÓRICO DO SETOR INDUSTRIAL NA REGIÃO DO CARIRI

O processo de industrialização do Triângulo Crajubar, localizado na Região do Cariri cearense, foi iniciado no Século XVIII com a exploração agro-industrial, onde foram introduzidas culturas como criação de gado, cultivo de cana-de-açúcar e os engenhos de rapadura. Esta última se tornou a principal atividade dos colonos e ainda perdura, com bem menos intensidade, até hoje.

No século XIX, os engenhos prosperaram fazendo crescer a produção rapadureira e a fabricação de aguardente, sem esquecer da crescente importância do algodão. O século XX caracteriza-se pelo surgimento e solidificação das indústrias de bens de consumo não duráveis de consumo popular – tecidos, alimentos, etc. Nas décadas de 60 e 70, despontaram principalmente na cidade de Juazeiro do Norte empresas voltadas aos ramos de ourivesaria, artefatos de couro, confecções, móveis, e algodão, industria de bebidas e fabricação de sandálias plásticas com tecnologia importada do Sul do País, além da rapadura.

Um diagnóstico atualizado do setor industrial do Triângulo Crajubar mostra que este não mudou muito no decorrer das últimas décadas. As principais atividades industriais que caracterizam o pólo industrial do Triângulo Crajubar são as de fabricação de calçados, fabricação de jóias e folheados, confecções e couro, fabricação de artefatos de alumínio, além dos engenhos de cana que produzem rapadura. Essas empresas são, em sua maioria, estabelecimentos de micro/pequeno porte.

A fabricação de jóias e bijuterias em Juazeiro do Norte remota desde o ano de 1893. Como processo industrial, a galvanoplastia teve início na década de 60 de forma bastante empírica. Nos anos 70 houve um grande aumento na produção de jóias folheadas, isto ocasionou uma queda de qualidade dos produtos em função da escassez de tecnologia e do alto preço do ouro, o que causou a redução do teor aplicado nas peças. Isso enfraqueceu o setor, comprometendo o seu desenvolvimento em função da baixa qualidade dos artigos. Essa situação perdurou durante a

década seguinte, onde poucas ações foram efetivadas no sentido de melhorar a sistemática de produção e a qualidade das jóias folheadas. Atualmente o município é o terceiro pólo produtor de jóias no país, estando atrás apenas das cidades de Limeira/SP e Guaporé/RS (Fernandes, 2005).

Os anos 90 foram marcados por investimentos para aquisição de tecnologia, acesso facilitado à compra de matéria-prima e capacitação profissional. Estes fatores ocasionaram um novo impulso ao setor, possibilitando o aumento da produção e a expansão do mercado.

Durante todos esses anos, o setor de fabricação de jóias folheadas de Juazeiro do Norte não levou em consideração a questão ambiental que envolve a emissão de água residual contendo metais pesados e cianeto. No entanto, isto já havia chamado à atenção de vários setores da sociedade e de órgãos do governo ligados à preservação do meio ambiente.

No início desta década muitas ações foram efetivadas no sentido de enquadrar as empresas num programa de ajuste de conduta, com o objetivo de equacionar o problema da contaminação causada por esse setor. Uma dessas ações constitui na exigência da construção, por parte de empresa, de uma estação de tratamento de efluentes – ETE, a qual seria um requisito básico para a obtenção da licença de operação, fornecida pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMACE.

As jóias folheadas são produzidas essencialmente por um processo eletroquímico conhecido como galvanoplastia, que consiste em reações de transferência de elétrons entre dois pólos opostos em função da aplicação externa de uma corrente de baixa tensão (Pasqualini, 2004).

Basicamente são depositados na superfície das jóias os metais cobre, ouro e prata. O processo de folheação da jóia pode ser visto como um trabalho artístico que agrega valor comercial a peça produzida, tonando-a muito mais atraente aos olhos do consumidor.

De uma forma geral, a galvanoplastia consiste no banho de peças em soluções eletrolíticas realizado em várias etapas e em condições de pH ácido ou alcalino. Essas soluções podem conter, de acordo com seu perfil, metais pesados como Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} e Cd^{2+} além de CN^- . Cada componente do banho desenvolve uma atividade específica dentro do processo de folheação (Bosco et. al, 2003).

O cobre (Cu^{2+}) é a espécie química que está presente em maior quantidade no processo de fabricação da jóia. Como resíduo, ele pode ser originado de duas formas principais, que são, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sulfato de cobre pentahidratado, muito utilizado nas soluções como eletrólito e estabilizador eletroquímico e os eletrodos de cobre metálico de alta pureza, os quais tem a função de fornecer cobre destinado ao recobrimento da jóia. Tanto o sal quanto o eletrodo, são amplamente empregados no processo de galvanoplastia.

A indústria galvânica gera um efluente contaminado que pode causar danos ao meio ambiente quando descartado de forma inadequada. Na verdade, a água residual deve ser tratada, de forma a

adquirir um perfil físico-químico estabelecido pela Resolução N° 154/02 da SEMACE que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras.

A grande preocupação com relação a efluentes contaminados com metais pesados advém do fato que os mesmos representam um perigo para a vida animal. No momento que entram no sistema orgânico, dificilmente são eliminados, ocasionando o acúmulo em órgãos vitais como rins, fígado e pâncreas, comprometendo o funcionamento e interferindo no metabolismo enzimático ou causando alterações da fisiologia celular (Larini, 1987; Cotta et. al, 2006)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 *Caracterização do município de Juazeiro do Norte*

A região do Cariri, localizada no extremo sul do estado do Ceará, possui a maior e mais importante bacia sedimentar do Araripe, sub-bacia do Rio Salgado. Nessa região, os recursos hídricos subterrâneos representam a maior e mais importante fonte de água potável para abastecimento público e privado, bem como para as diversas áreas de atividade agrícola, indústria e lazer. O município de Juazeiro do Norte situa-se nessa região, limitando-se com os municípios de Caririáçu, Missão Velha, Barbalha e Crato e compreende uma área de 249 km², com uma população estimada em 240.638 habitantes (IBGE, 2006).

No que se refere aos aspectos fisiográficos, dados colhidos do IPECE (2007) atestam para essa região uma condição climática governada por temperaturas médias entre 24°C a 26°C podendo chegar a 32°C nos meses de setembro a março. Possui um clima tropical quente semi-árido e tropical quente semi-árido brando com precipitação pluviométrica de 925,1 mm anuais. Cálculos de balanço hídrico mostram um excesso da precipitação sobre a evapotranspiração nos meses de janeiro a abril, e déficit no restante do ano.

Quanto aos componentes ambientais, dois compartimentos morfológicos são observados na região: as formas aplainadas, pouco dissecadas da Depressão Sertaneja e a sul, mais destacado na topografia, o relevo de planalto da Chapada do Araripe. Solos aluviais e podzólicos são registrados na área, onde se podem distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares e depósitos aluvionares. A vegetação que sobre eles encontra-se desenvolvida é a de caatinga arbórea (floresta caducifólia espinhosa).

As rochas sedimentares são as mais importantes como aquífero, e caracterizam-se por possuir uma porosidade primária e, nos termos arenosos, uma elevada permeabilidade, traduzindo-se em unidades geológicas com excelentes condições de armazenamento e fornecimento de água. Na região do Cariri, o Grupo Missão Velha é considerado a unidade hidrogeológica mais importante e com a maior quantidade de perfuração de poços para abastecimento, detendo vazões que podem

alcançar até 300 m³/h. As formações Santana e Exu apresentam-se como alternativas para captação de água subterrânea. Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativamente alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

O município de Juazeiro do Norte está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Rio Salgado, e mostra como principais drenagens os riachos Macacos e Batateira, e como principal reservatório o açude Riacho dos Carneiros. Toda a população urbana do município é abastecida com água proveniente dos mananciais hídricos subterrâneos e o volume produzido é de 14.504.974 m³ (COGERH, 2005). O abastecimento da cidade de Juazeiro do Norte se baseia em um sistema de captação a partir de uma bateria de 17 poços tubulares.

O abastecimento de água é feito pela CAGECE nas cidades de Juazeiro do Norte e Barbalha, e pela Sociedade Anônima de Água e Esgoto do Crato (SAAEC) no Crato. Considerando as disponibilidades hídricas da região do Cariri, constata-se que as águas subterrâneas, captadas artificialmente (e.g. poços tubulares, cacimbas, cisternas) ou oriundas de exutórios naturais (e.g. fontes ou nascentes), têm ampla utilização e são destinadas, principalmente, ao abastecimento público e à irrigação de pequenas lavouras. Em contraposição, devido a fatores climatológicos e geológicos, as águas superficiais assumem um papel de importância secundária, haja vista a sua ocorrência restrita a pequenos açudes e a sua intermitência nos córregos e rios que cortam a região.

Dados da Secretaria do Desenvolvimento Regional e Local do Estado do Ceará sobre Arranjo Produtivo Local – APL ressalta que em Juazeiro do Norte existem aproximadamente 100 indústrias de folheados e fabricantes de jóias. Dados do SEBRAE (2007), mostram que o segmento de folheados no município congrega 40 empresas formais e cerca de 250 informais, empregando perto de 4.000 pessoas, garantindo um faturamento anual de 60 milhões de reais, na venda de 30 toneladas/mês de produtos, desde o bruto até os folheados de ouro e prata.

Considerando as graves agressões que a região vem sofrendo com a quantidade de rejeitos proveniente das atividades de galvanoplastia, através do descarte livre e inadequado dos seus efluentes, esse estudo mostra a importância de se conhecer, e delimitar a potencialidade da contaminação por metais pesados e cianeto, proveniente da indústria galvânica, sobretudo, em termos qualitativos, de forma a monitorar a qualidade da água do sistema aquífero local, uma vez que, a grande parcela das águas exploradas no município de Juazeiro do Norte é destinada ao consumo humano direto.

3.2 Procedimentos realizados

Os procedimentos neste trabalho consistiram das seguintes etapas:

1. Coleta das amostras nas indústrias de jóias folheadas. A água residual de 05 (cinco) indústrias foi coletada diretamente da caixa coletora da ETE, de acordo com a NBR 9898.
2. Caracterização da água residual para determinação do nível de poluição. As amostras foram submetidas à análise de absorção atômica em espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) modelo GBC 933 Plus. A Tabela 1 apresenta as condições de operação do equipamento de absorção atômica.
3. O teor de cianeto foi determinado por titulação volumétrica de complexação segundo método proposto por Vogel (1981).

Tabela 1. Condições operacionais das análises de absorção atômica

Elemento	λ (nm)	Faixa linear (mg/L)	Chama
Ni ²⁺	232,0	3 – 7	AA
Cd ²⁺	228,8	0,5 – 2,5	AA
Zn ²⁺	213,9	0,5 – 2,5	AA
Cu ²⁺	324,7	1 – 5	AA

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente 40 empresas fabricantes de jóias folheadas operam regularmente no município de Juazeiro do Norte. Estima-se que a quantidade de água residual gerada mensalmente por cada empresa fique em torno de 10.000 L, isso resulta em um total de 400.000 L de água residual que deve ser tratado regularmente num período de 30 dias no município.

A Tabela 2 apresenta a característica física do perfil químico da água residual não tratada das empresas que fizeram parte desse estudo. As amostras de água residual foram coletadas diretamente da caixa receptora das estações de tratamento de efluentes das indústrias e submetidas a microanálise em EAA para verificação do teor de metais pesados e cianeto.

As análises mostraram que existe uma grande quantidade de metais pesados na água residual gerada pela indústria de galvanoplastia de Juazeiro do Norte, principalmente os metais Cobre e Zinco. Os teores médios para cobre e zinco são, respectivamente, de 135 ppm e 46,6 ppm. As menores quantidades observadas para níquel e cádmio são em função da formulação de cada solução eletrolítica que compõe o conjunto de banhos do processo de galvanoplastia.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, ainda pode ser verificado que existe um valor médio total de 185,80 ppm de metais pesados na água residual das indústrias. Tomando como base 400.000 litros de água residual produzidos em um período de 30 dias, o setor apresenta um

potencial de descarte mensal de 54,20 kg de metais pesados, considerando um efluente não tratado. No caso do cianeto, o potencial de descarte mensal apresenta um valor médio de 1,35 kg.

Tabela 2. Perfil químico da água residual de indústrias fabricantes de jóias folheadas no município de Juazeiro do Norte.

Empresa	Perfil Químico da água residual						
	pH	T °C	CN ⁻	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Cd ²⁺
01	2,93	29,1	4,2	75,2	48,6	2,92	0,18
02	4,58	29,3	3,1	26,9	12,0	3,07	0,21
03	2,04	28,2	4,9	200,0	45,5	2,29	-
04	1,37	28,9	3,4	327,5	101,3	6,9	0,43
05	3,21	29,6	1,3	48,0	35,6	4,43	-

A Tabela 3 apresenta o perfil químico que a água residual tratada deve apresentar para atender as exigências ambientais da Portaria 154/02, Art. 2º da SEMACE. As Figuras de 1 a 6 mostram os valores para cada parâmetro analisado (pH, cianeto, cobre, zinco, níquel e cádmio), por indústria.

Tabela 3. Perfil físico-químico da água residual tratada conforme exigências ambientais.

Parâmetro						
pH	T °C	CN ⁻	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Cd ²⁺
6 - 10	< 40	0,20 mg/L	1,0 mg/L	5,0 mg/L	2,0 mg/L	0,2 mg/L

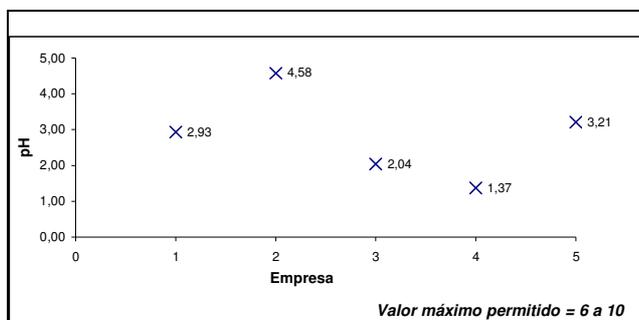


Figura 01. Valores de pH das indústrias e valor máximo permitido

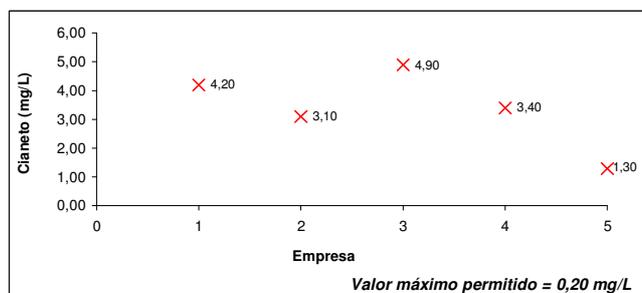


Figura 02. Valores de Cianeto das indústrias e valor máximo permitido.

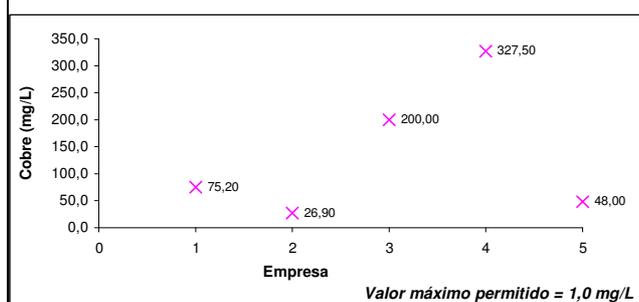


Figura 03. Valores de Cobre das indústrias e valor máximo permitido.

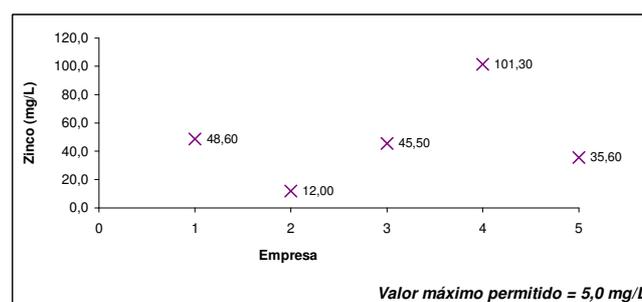
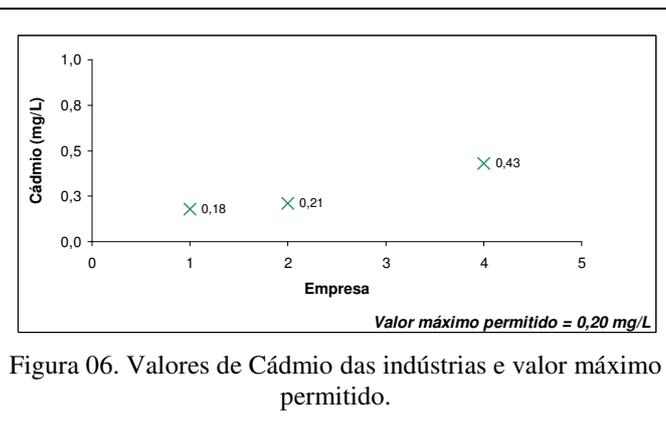
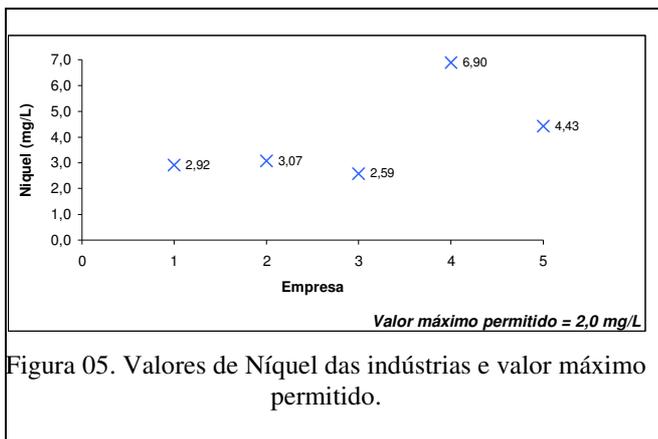


Figura 04. Valores de Zinco das indústrias e valor máximo permitido.



Como pode ser observado nos gráficos apresentados nas figuras de 1 a 6, todos os valores dos parâmetros analisados encontram-se acima do valor máximo permitido exigido pelo órgão ambiental. Sendo o cobre o caso mais grave, seguido pelo zinco e cianeto. Os parâmetros, Cobre e Zinco, apresentam valores médios de 135,5 e 9,72 vezes acima do máximo permitido, respectivamente, enquanto o valor médio do Cianeto encontra-se 20,3 vezes acima do máximo permitido.

De uma forma geral, verifica-se que todos os parâmetros devem ser corrigidos para que a água residual obedeça às normas exigidas, exceto para o caso da temperatura. Esses valores sugerem a necessidade do tratamento regular e contínuo da água residual por parte das indústrias de galvanoplastia do município de Juazeiro do Norte. No entanto, mesmo que a água residual seja tratada, o resíduo sólido gerado em função da purificação merece um gerenciamento adequado, uma vez que não pode ser descartado de forma inadequada no meio ambiente.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o que foi verificado no estudo da potencialidade da contaminação proveniente das indústrias de galvanoplastia no município de Juazeiro do Norte, chega-se as seguintes conclusões.

Grandes níveis de poluição, em decorrência da emissão de metais pesados e cianeto, são registrados no município, existindo a necessidade de programas que intensifiquem a discussão no meio empresarial sobre a utilização de tecnologias mais eficientes, no sentido de melhorar o rendimento dos processos produtivos e a preservação do meio ambiente.

Existem tecnologias alternativas disponíveis no mercado que contribuem significativamente para o setor industrial, inserindo-o nas propostas minimização de resíduos, sustentabilidade e responsabilidade sócio-ambiental, que podem proporcionar retornos financeiros, ambientais e sociais.

A continuidade deste trabalho tem o objetivo de elaborar uma proposta de ações que venham

fortalecer as iniciativas do uso de tecnologia mais limpa junto ao setor industrial de galvanoplastia no município de Juazeiro do Norte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, 1987. NBR 9898. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, RJ.

BOSCO, A.A.; CAMUSSI, J.M., SILVA, R.N.L., BARROS, R.M., CONEGLIAN, C.M.R., BRITO, N.N., SOBRINHO, G.D., 2003. Arranjo produtivo Local, Resumos do III Fórum de Estudos Contábeis, São Paulo.

COGERH, 2005. Implantação do Sistema de Monitoramento/Gestão de uma área Piloto do Aquífero Missão Velha na Bacia Sedimentar do Cariri, no Estado do Ceará. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Secretaria de Recursos Hídricos, Fortaleza, CE.

COTTA, J.A.O., REZENDE, M.O.O., PIOVANI, M.R., 2006. Química Nova, p. 26-40.

FERNANDES, L.S. C., 2005. Arranjo produtivo de jóias e folheados de Juazeiro do Norte: Uma proposta que vale ouro. Dissertação de Mestrado, UFC, p. 13-24.

IPECE, 2007. Identificação e mapeamento das aglomerações produtivas especializadas no Ceará: Pistas para identificação de arranjos produtivos locais (APL's). www.ipece.ce.gov.br

LARINI, L., 1987. Toxicologia, 2ª ed., Editora Manole, São Paulo.

PASQUALINI, A., 2004. Estudo de caso aplicado a galvanoplastia. Dissertação de Mestrado, UFSC.

RIGGOTO, R., 2002. Mecanismos regulatórios da relação indústria e meio ambiente, ABDL – Associação Brasileira para Desenvolvimento de Lideranças.

SEMACE, 2007. Portaria nº 154/02. www.semace.org.br

VOGEL, 1981. Análise inorgânica quantitativa, 4ª ed. Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ.