

OTIMIZAÇÃO DO ESTÁGIO DE ENXÁGUE EM PROCESSOS DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE ¹

Fernando Morais dos Reis ²
João Carlos Grecco ²

Resumo

Processos industriais, tais como tratamento de superfície, usados para manufatura de diversos itens para uso industrial e comercial, requerem grande quantidade de água usada nestes processos, e a qualidade da água utilizada é identificada como um dos pontos chave para a qualidade final dos bens tratados. A otimização destes processos industriais pode contribuir para melhoria da qualidade final e também reduzir o consumo de água do processo.

Palavras-Chave: Tratamento Superficial, Otimização de processos, Consumo de água.

¹ 60º Congresso Internacional da ABM / Gestão em Meio Ambiente

² Chemetall do Brasil Ltda, (fernando_morais@chemetall.com.br)

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acarreta entre outras conseqüências o maior consumo de bens e de recursos naturais necessários à manutenção das condições impostas pela vida moderna. Entre 1990 e 1995 houve um aumento em cerca de 85 milhões de habitantes mundialmente por ano, sendo previsto para 2050 um aumento de 50% a 65% do número de habitantes de nosso planeta comparado com a quantidade atual. Só na América do Sul estima-se que chegaremos a aproximadamente 0,5 bilhão de habitantes ^[1]. Se o crescimento do número de habitantes por um lado traz novas perspectivas de negócios, principalmente de bens de consumo, por outro lado o uso dos recursos naturais deve ser gerenciado de forma correta para evitarmos possíveis falta destes recursos. Entre os recursos naturais, o futuro da disponibilidade de água tem sido estudo de diversos autores ^[2 - 8]. A disponibilidade de água é, usualmente, classificada como escassa, normal ou abundante quando as fontes naturais são inferiores à $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, até $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e acima de $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, respectivamente ^[1]. Segundo reportado em estudos sobre disponibilidade de recursos naturais e crescimento populacional ^[9 - 10], algumas regiões mudarão sua classificação em relação a disponibilidade de água fresca até 2050, como por exemplo Sudeste Africano e Oeste Asiático modificando as suas classificações de disponibilidade normal para escassa, e, regiões centrais da Ásia passando de abundante para normal. Para a América do Sul é estimada redução na disponibilidade de água, mesmo mantendo-se ainda classificado como disponibilidade abundante, entre 1995 e 2050 em aproximadamente 39% ^[1]. Medidas de prevenção ao uso de água de forma inadequada, evitando-se desta forma a futura posição em níveis de água disponível escassa, necessitam ser implantadas, pois a menor disponibilidade de água afetará o setor industrial devido ao possível aumento do custo para este recurso natural.

Entre os diversos setores industriais, a indústria de tratamento de superfície apresenta contribuição significativa para estas medidas de contenção, uma vez que devido a exigências técnicas do processo são utilizadas grandes quantidades de água em todo o processo de camada de conversão. Tratamento de superfície é o preparo superficial de dado substrato a aplicação final específica, seja ela eletrodeposição de metais, tais como niquelação, zincagem e outros, ou fosfatização como preparo superficial para posterior aplicação de tintas ou lubrificantes ^[11 - 13]. Um típico processo de tratamento de superfície, concebido para fosfatização, é composto por um ou dois estágios de desengraxantes, com a finalidade de remoção de sujidades oleosas, um ou dois estágios de enxágües, um estágio de ativador, seguidos por fosfatização, um ou dois estágios de enxágües, e finalmente um tratamento final, podendo ser acrescido do uso de passivadores quando o substrato for submetido à pintura, ou sabões reativos quando o substrato for destinado a operações de conformação mecânica. Nesta descrição é comum o uso de soluções ácidas entre os enxágües pós desengraxes e prévio ao ativador quando as peças possuem oxidações, devendo neste caso ser adicionado o estágio de decapagem e dois enxágües em seqüência ^[11 - 13]. A Figura 1 mostra as entradas e saídas de produtos e resíduos para o processo de fosfatização, sendo observado como entrada: fontes de energia, produtos químicos e água, e, como saída: resíduos perigosos, resíduos sólidos, o produto final e descartes para ETE. Para minimizarmos o uso de matéria-prima e recursos naturais, tais como água, por exemplo, podem ser agregados ao processo insumos reciclados.

Devido à composição dos estágios de fosfatização, metais são os principais componentes dos resíduos perigosos podendo estar presentes íons metálicos de zinco, níquel, manganês e cromo [11 - 13]. Estes resíduos perigosos estão presentes tanto nos resíduos sólidos (pela formação de lama do processo de fosfatização) como nas águas de enxágües descartada para a ETE. Devido à toxicidade destes íons metálicos [14 - 36] o tratamento das águas de enxágües acarretam altos custos ao processo de tratamento de superfície.

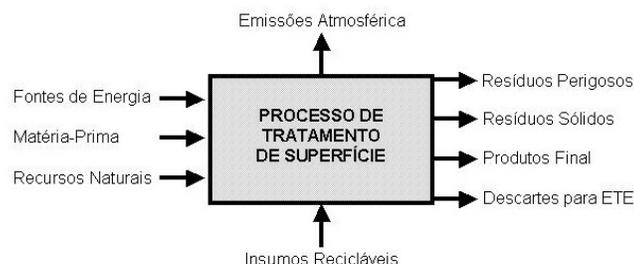


Figura 1. Ciclo esquematizado do processo de tratamento de superfície metálica.

Estudo realizado com 27 empresas norte-americanas de tratamento de superfície visando a redução de resíduos industriais apresentou 11 projetos para redução do volume de água e 3 projetos para otimização dos estágios de desengraxe dentre os 47 projetos totais deste estudo [37]. Dos projetos de redução do consumo de água obteve-se resultados de 25% à 75% em redução do volume de água e até 50% do custo referente ao tratamento de efluentes dos resíduos provenientes da unidade de tratamento de superfície. Estes projetos foram baseados em alterações de engenharia para os estágios de enxágües, instalação de unidades para reciclagem da água e dimensionamento adequado do volume de água necessária nestes estágios. Medidas simples como as descritas foram possíveis com baixos investimentos, tendo o retorno deste em no máximo 3 anos [37]. Os projetos referentes à otimização do estágio de desengraxe apresentaram como resultados redução de até 40% do consumo mensal de produtos químicos e redução de até 80% do volume de desengraxante descartado, obtendo-se neste caso retorno do investimento entre 1 e 2 anos [37]. Em indústrias de tratamento de superfície a substituição de processos por outros não poluentes e o estudo das formas de redução prolongando a vida dos banhos são pontos importantes para prevenção a poluição, entretanto a redução do volume de água utilizada nos estágios de enxágües é essencial para a conservação da água [38].

O objetivo deste trabalho é mostrar as vantagens de diversos tipos de enxágües e as modificações possíveis, no processo, obtendo-se em primeiro plano a redução de volume de água utilizada nos processos de tratamento de superfície e conseqüentemente a redução de custos baseados na redução de consumo de produtos químicos utilizados no processo de fosfatização e no tratamento de efluentes.

2 ESTÁGIOS DE ENXÁGÜES

O estágio de enxágüe é descrito em maior detalhamento na Figura 2, observa-se que independente do sistema de enxágüe adotado temos a entrada de resíduos do estágio anterior, e o arraste do estágio em questão para o estágio seguinte. A concentração do estágio de enxágüe será mantida pela relação entre volume de

arraste de entrada, volume de arraste para o próximo estágio, transbordo do volume do tanque e entrada de água fresca para renovação da solução.

O volume do arraste, tanto o de entrada como o de saída, varia de acordo com a geometria e posicionamento da peça, não sendo possível utilizar uma constante em cálculos, entretanto, o arraste de solução, na entrada e na saída, pode ser estimado em média 100 mL/m^2 . Convém citar que vários fatores podem alterar este valor, tais como: geometria da peça, temperatura da solução, disposição da peça e rugosidade da superfície ^[39, 40]. Estes podem ser calculados em função da concentração do estágio anterior e do estágio estudado pela unidade de área tratada, obtendo-se um valor de arraste estimado para o processo em estudo. Outro ponto importante, será o “fator de enxágüe”, relação entre a concentração do constituinte do banho no estágio de enxágüe e a concentração no estágio precedente, adotado. Na literatura ^[39] encontra-se que um estágio de enxágüe deve apresentar no máximo 3% da concentração do estágio anterior, preferencialmente sugere-se adotar como máximo 1% de contaminação. Deste modo, para um estágio de desengraxante que trabalha a 50 g.L^{-1} , podemos ter uma contaminação máxima de $1,5 \text{ g.L}^{-1}$ de produto ou uma relação de fator de enxágüe de 1:34 se considerarmos 3 % como máximo de contaminação. Se adotarmos máximo de 1%, teremos contaminação máxima de $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ de produto e relação de 1:100.

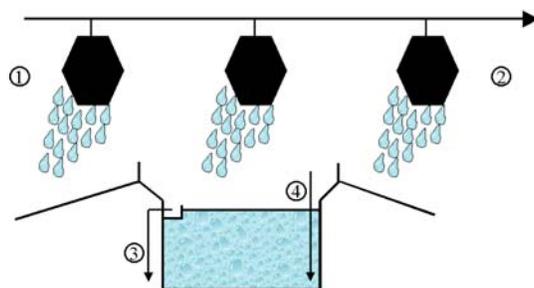


Figura 2. Estágio de enxágüe e suas variáveis, onde: (1) entrada da peça / arraste de solução do estágio anterior, (2) saída da peça / arraste para o estágio posterior, (3) transbordo do volume excedente do tanque, e (4) entrada de água fresca ao processo.

O estágio de enxágüe pode ser concebido por diversos modelos, a saber:

- (a) enxágüe sem transbordo, neste sistema não se tem renovação da solução inicial, resultando em um enriquecimento de contaminantes na solução de enxágüe pelo arraste do estágio prévio;
- (b) enxágüe com transbordo, neste sistema ocorre reposição de água de forma contínua ou descontínua, sendo a concentração mantida estável;
- (c) enxágüe em multi-estágios, similar ao (b), entretanto com dois ou mais estágios de enxágües visando redução do consumo de água por área tratada, e,
- (d) enxágüe em cascata, utilizado quando em um sistema de enxágüe o transbordo do estágio subsequente é utilizado como reposição no estágio em questão ^[39; 40].

O enxágüe sem transbordo é utilizado principalmente posterior a processos de desengraxantes que operam em alta temperatura, pois com o enriquecimento da solução de enxágüe esta é utilizada para reposição do volume de desengraxe perdido por evaporação, gerando redução no consumo de produto químico. Entretanto, alta contaminação do estágio subsequente é esperada, podendo gerar contaminações prejudiciais aos mesmos ^[39; 40].

O enxágüe com transbordo, modelo mais utilizado, possui alta eficiência para eliminação de resíduos e o consumo de água pode ser reduzido em aproximadamente 90% com o uso de dois ou mais estágios de enxágües em sistema de cascata, conforme demonstra a Tabela 1 ^[40].

3 MÉTODOS AUXILIARES AO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água em um processo de tratamento de superfície pode ser reduzido pela reutilização das águas de enxágüe no próprio processo, e com o uso de algumas técnicas podemos diminuir o arraste de um estágio para o outro.

A Figura 3 demonstra métodos comumente utilizados para minimizar o arraste de solução do estágio prévio para o estágio de enxágüe, sendo o processo “A” referente a um sistema por aspersão, “B” um processo por imersão e “C” um processo contínuo de chapas, por exemplo uma linha de “coil-coating” ^[39; 41]. Observa-se que a água evaporada no estágio de desengraxe é repostada por um anel com alguns bicos de aspersão com baixa vazão alimentado por água proveniente do transbordo do estágio seguinte e que do estágio 2 para o 1 existe uma saída de água, sendo esta controlada pelo nível do estágio 1. Com este método é possível minimizar o arraste do estágio 1 para o 2 e gerar um menor consumo de produto, pois parte da solução de arraste contém uma determinada porcentagem de produto sendo devolvida ao seu estágio de origem. A reposição da água perdida por evaporação pode ser feita por tubulação ou como descrito na Figura 3, exibindo maior eficiência, pois minimiza o arraste de sais do tanque 1 para o 2.

Tabela 1. Comparação entre estágios de enxágüe simples e duplo ^[40].

Desengraxante	Concentração		Consumo de água
	Número de enxágüe	Último estágio de enxágüe	
5 %	1	0,025 %	20 L.m ⁻²
5 %	2	0,025 %	2,8 L.m ⁻²
5 %	2*	0,025 %	1,4 Lm ⁻²

– sistema de cascata

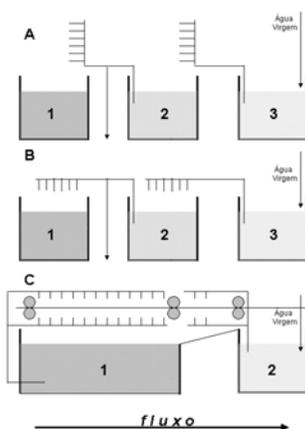


Figura 3. Exemplo esquematizado sobre métodos de reposição do volume do estágio de desengraxante, sendo (A) processo por aspersão, (B) processo por imersão, (C) processo em linha contínua, (1) estágio de desengraxe, (2) estágio do primeiro enxágüe, e, (3) estágio do segundo enxágüe.

3.1 Técnicas Especiais de Enxágüe para Sistemas de Aspersão

Além do método de reposição do volume de água evaporado conforme demonstrado na Figura 3, o prolongamento de bandejas entre os estágios contribui para redução do arraste de sais de um estágio para outro, conforme descrito na Figura 4 de forma simplificada esta metodologia. O projeto de construção de um processo de fosfatização por aspersão geralmente estabelece na saída de cada estágio a proporção de $\frac{3}{4}$, responsável pelo retorno do gotejamento ao tanque anterior, e, $\frac{1}{4}$, responsável pelo arraste do gotejamento para o tanque posterior, conforme demonstrado na Figura 4. Na parte destacada (círculo amarelo da Figura 4) a primeira zona de gotejamento, responsável pelo retorno de solução para o estágio 1, pode ser aumentada e conseqüentemente diminuída zona de escoamento responsável pelo arraste para o estágio 2. Desta forma a relação de $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{4}$, projetada inicialmente, passaria a possuir o valor de $(\frac{3}{4} + x)$ e $(\frac{1}{4} - x)$, sendo "x" um valor variável de projeto para projeto de linha. É importante notar que para projetos onde temos um espaço pequeno do tanque 1 para o 2 existe limitações físicas. Convém citar que o prolongamento excessivo pode gerar arraste inverso, onde a solução do estágio 2 é transferida para o estágio 1 causando diluição e transbordo do banho, conhecido como transbordo por calha, devido a água de enxágüe pulverizada atingir a primeira zona de escoamento $(\frac{3}{4} + x)$ e desta forma ser transferida continuamente para o estágio 1.

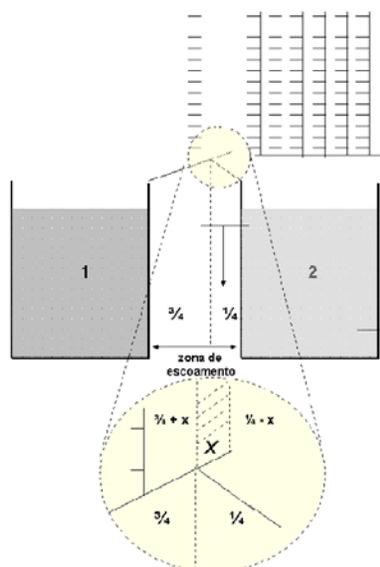
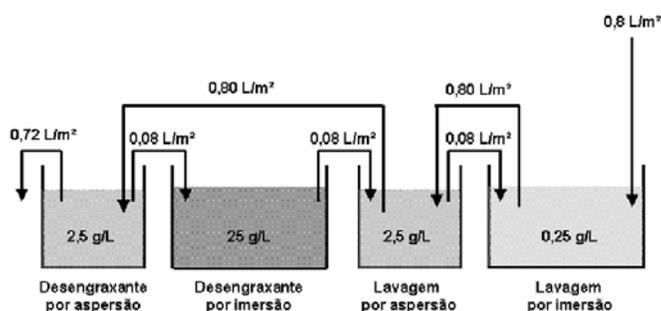


Figura 4. Exemplo esquematizado sobre prolongamento de bandejas em processo de aspersão visando reduzir o arraste entre estágios ^[41].

A água de enxágüe pode ser reutilizada no sistema para repor perdas de volume por arraste ou evaporação do estágio anterior. Com isto se obtém reduções no consumo de água e otimização no tratamento de efluentes, devido ao menor volume de água enviado para a estação de tratamento de efluentes.

Para linhas de fosfatização por aspersão e imersão, o modelo de cascata e reposição de água exibido na Figura 5 demonstra ótimo desempenho na reposição de água para os estágios de desengraxe. Neste caso, temos no primeiro estágio um desengraxe por aspersão que trabalha com concentração baixa e renovação

constante, garantindo desta forma que o banho mantenha-se novo. A finalidade deste primeiro estágio seria remoção da sujidade em excesso. Desta maneira o segundo estágio (desengraxante por imersão) se conserva com baixa contaminação de sujidades, o que garante um estágio com melhor efeito de desengraxe e vida útil mais longa. O primeiro estágio de enxágüe (enxágüe por aspersão), devido o arraste da solução do estágio anterior, adquire concentração de produto equivalente ao estágio de desengraxe por aspersão, tendo-se então, um estágio extra de desengraxe. Com o uso deste processo podemos notar uma alta economia de água bem como uma alta eficiência de poder desengraxante. Notamos também uma redução no consumo de produto desengraxante, uma vez que o desengraxante por aspersão e o enxágüe por aspersão são repostos com o arraste do desengraxante por imersão. Isto significa gastos para montagem do 1º e 2º estágio, porém para reposição temos apenas adição de produto ao 2º estágio.



Valores estimados desconsiderando perdas por evaporação e os seguintes valores:
Arraste: 0,08 L/m²; Fator de lavagem: 1:100

Figura 5. Esquema de sistema de desengraxante aspersão / imersão seguido por enxágüe em sistema de cascata.

4 SISTEMAS FECHADOS DE ENXÁGÜE

Teoricamente é possível trabalharmos em um regime de reposição de água fechado, não havendo deste modo descartes. Entretanto, corremos o risco de acumular nos estágios sais que podem ser prejudiciais ao processo de fosfatização. Deste modo, mesmo que tenhamos um processo capaz de fornecer água para reposição, sem o seu descarte, é recomendado que pelo menos parte da água seja descartada e repostada com água fresca. É usual se recomendar que de 10% à 30% da água repostada seja virgem. Entretanto em alguns sistemas, como o deionizador, este número pode ser drasticamente reduzido. A água para reutilização no processo pode ser tratada por cinco métodos, a saber: (a) precipitação, (b) ultrafiltração, (c) osmose reversa, (d) trocador iônico e (e) evaporação. Na Figura 6 temos a relação entre o tamanho relativo da partícula e o método utilizado para tratamento ^[42]. Entretanto, independente do método utilizado para recuperação da água de enxágüe transbordada sugere-se, conforme demonstrado na Tabela 2, que a água a ser reutilizada tenha teores baixos de íons tais como cloretos, sulfatos e minerais. Apesar do impacto inicial, devido ao custo de aquisição dos equipamentos necessários estudos anteriores ^[43, 44] propõem que além da redução de custo geral, temos um aumento na qualidade da água utilizada, uma vez que a água utilizada do afluente possui um teor de cálcio e ferro alto comparado com a água deionizada.

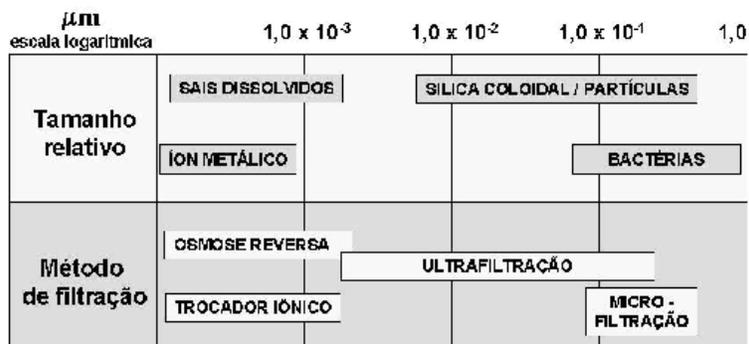


Figura 6. Sistemas de filtração para reutilização do resíduo proveniente do estágio de enxágüe e tamanhos de partículas a serem tratadas ^[42].

Tabela 2. Qualidade da água reciclada para reutilização no processo

Parâmetro	Especificação
Cloretos	máximo 25 ppm
Sulfatos	máximo 25 ppm
Sólidos totais dissolvidos	máximo 300 ppm
pH	6 – 8

5 CONCLUSÕES

É conhecido que um estágio de enxágüe com baixa eficiência pode gerar problemas frente à resistência à corrosão, prejuízo da aderência entre o substrato e a camada orgânica, contaminação do estágio subsequente. Entretanto, o correto dimensionamento do estágio de enxágüe com dimensões e volumes de renovação adequados proporcionam melhor desempenho do estágio de enxágüe e comumente redução de custos com consumo de água e tratamento de efluentes. Exemplo da influência do desempenho do estágio de enxágüe é visualizado para processo de fosfatização destinados à deformação a frio, pois a água de enxágüe posterior ao estágio de decapagem possui extrema importância frente à vida útil do banho fosfatizante (evitando a contaminação em excesso com cloretos, provenientes do estágio de decapagem clorídricas), do sabão reativo, e até mesmo à perda de aderência da camada de fosfato de zinco ao substrato.

Além de influenciar a qualidade do pré-tratamento, o bom funcionamento deste estágio promove a possibilidade de redução de custos do processo a saber: (a) custos de reposição (volume de água) para os estágios, (b) custo do tratamento de efluente frente ao grande volume de água gerado em um estágio de enxágüe mal dimensionado, e, (c) menor impacto a recursos naturais devido ao possível uso de sistemas fechados, sendo possível redução de até 90% do volume de reposição do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fischer, G., Heilig, G. K. – Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (1997) 352, 869 - 889
- [2] Baumgartner, A., Reichel, E. – The world water balance – Viena, Austria: R. Oldenburg Verlag (1975)
- [3] L'vovich, M.I. – World water resources and their future – Washington, DC: American Geophysical Union (1979)
- [4] Shiklomanov, I., Markove, O.L. – Water availability and streamflow transfer problems over the world – St Petersburg: Gidrometeoizdat (1987)
- [5] Falkenmark, M – Water scarcity and food production in Africa. Nova Iorque: Academic Press (1989)
- [6] Shiklomanov, I – Nature and Resources (1990) 26, 3, 34 – 43
- [7] Gleick, P – Water in crisis: a guide to the world's freshwater resources. Oxford University Press (1993)
- [8] Kulshreshtha, S.N. – World water resources and regional vulnerability: impact of future changes. Research Report RR-93-10. Laxenburg: International Institute for Applied System Analysis (1993).
- [9] WRI – World resources 1996-97. A guide to the global environment. – The World Resources Institute and Oxford University Press (1996)
- [10] United Nations – World population prospects. The 1996 revision. Nova Iorque e Washington: UN Population Division (1997)
- [11] Reis, F.M.; Barits, R. – A fosfatização, Chemetall do Brasil Ltda, 2000
- [12] Rausch, W.; The phosphating of metals, Finishing Publications LTD., cap. 4, pg. 173 – 176, 1990
- [13] Lorin, G.; Phosphating of metals, Finishing Publications LTD., cap. 5, pg. 79 – 86, 1974
- [14] Mertz, W. E. Chromium occurrence and function in biological systems – Physiology Reviews, Baltimore, v. 49, 163 – 239 (1969)
- [15] Warner, J. S. -Nickel carbonyl. Prenatal exposure, Science 203: 1194–1195 (1979)
- [16] Sunderman, F. W., Jr., Dingle, B., Hopfer, S. M., Swift, T., - Acute nickel toxicity in electroplating workers who accidentally ingested a solution of nickel sulfate and nickel chloride, Am. J. Indust. Med. 14: 257–266 (1988)
- [17] Daldrup, T., Haarhoff, K., Szathmary, S. C. - Toedliche nickel sulfate-intoxikation, Berichte zur Gerichtlichen Medizin 41:141–144 (1983).
- [18] Alloway, B.J. – Heavy metals in soils, John Wiley and Sons, Inc. New York, ISBN 0470215984 (1990)
- [19] Richard, F.C., Bourg, A.C.M. – Wat. Res. 25, pag 807 – 816 (1991)
- [20] UNEP – Tanneries and the environment. A technical guide to reducing the environmental impact of tannery operations. Technical report series, número 4, United Nations Environment Programme Industry and Environment Office, 1991
- [21] Wennberg, A., Iregren, A., Struwe, G., Cizinsky, G., Hamgman, M., Johanson, L. –Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 17, pag 255 – 262 (1991)
- [22] Bryan, G.W., Langston, W.J. – Environmental Pollution 76, pag 89 – 131 (1992)
- [23] Outridge, P.M., Schuehammer, A.M. – Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 130, pag 31 – 77, (1993)
- [24] UNEP – Preliminary assessment of the state of pollution of the mediterranean sea by zinc, copper and their compounds and proposed measures. Mediterranean Action Plan UNEP (OCA)/MED/WG.66/Inf.3, Atenas 3 a 7 de maio de 1993.
- [25] Rendall, R. E. G., Phillips, J. I., Renton, K. A. - Death following exposure to fine particulate nickel from a metal arc process, Ann. Occup. Hyg. 38: 921–930 (1994)
- [26] Chashschin, V. P., Artunina, P. A., Norseth, T. - Science Total Environ. 148: 287–291 (1994)
- [27] Aggett, P.J., Comerford, J.G. – Zinc and human health. Nutrition Reviews 53, 9, pag S16 – S22 (1995)
- [28] Goyer, R.A. – Toxic effects of metals. In Casarett & Doull's Toxicology. The basic science of poisons, quinta edição, Klaassen, C.D. (ed) McGraw-Hill Health Profession Division, ISBN 0071054766, 1996
- [29] Abernathy, C.O., Poirier, K.A. – Uncertainties in the risk assessment of essential trace elements: the case of zinc. Human and Ecological Risk Assessment 3, 4, pag 627-633 (1997)
- [30] USPHS – Toxicological profile for chromium on CD-ROM. Agency for toxic substances and disease registry. U. S. Public Health Service (1997)
- [31] USPHS – Toxicological profile for zinc on CD-ROM. Agency for toxic substances and disease registry. U. S. Public Health Service (1997)

- [32] ATSDR – Toxicological Profile for nickel, ATSDR/US Public Health Service, ATSDR/TP-88/19 (1998)
- [33] Mukherjee, A.B. – Chromium in the environment of Filand. The science of the total environment 217, pag 9-19, (1998)
- [34] IARC (International Agency for Research of Cancer) – Chromium and certain chromium compounds, IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Chemicals, industrial processes and industries associated with câncer in humans. IARC monographs, Vol. 1 ao 29 (1998)
- [35] Verriopoulos, G., Hardouvelis, D. – Marine Pollution Bulltin 19, pag 162 – 166 (1998).
- [36] Kimbrough, D.E., Cohen, Y., Winer, A. M. Creelman, L. Mabuni, C., - Critical Reviews in Environmental Science and Technology 29, pag 1 – 46 (1999)
- [37] Eighth Progress report – From the task force of the Metal Finishing Industry Pollution Prevation Project – USA (2001)
- [38] Theodore, L., McGuin, Y.C. – Pollution Prevention – Van Nostrand Reinhold, Nova Iorque – EUA (1992)
- [39] Rinsing Methods, Chemetall GmbH
- [40] REIS, F.M., Tratamento 1de Superfície – ano XXIII, nº 116 (nov/dez 2002)
- [41] REIS, F.M., Tratamento de Superfície – ano XXIV, nº 118 (mar/abr 2003)
- [42] Oakite Phosphate Manual, 31-05-1996
- [43] MASON, S., “Recycling Rinsewater Saves Money and Reduces Hazardous Wastes”, Metal Finishing, Setembro / 1998.
- [44] “The advantages of using treated make-up water for metal finishing applications”, Kinetico – Technical Sales Support Technical Paper, Metal Finishing, Abril / 1998.

RINSE STAGES OPTIMIZATION USED ON SURFACE TREATMENT PROCESS ¹

Fernando Moraes dos Reis ²
João Carlos Grecco ²

Abstract

Industrial process, such as surface treatment, used to manufacture a broad range of industrial and commercial duty, requires a larger quantity of water used on its process and the water quality used is associated as one of the key parts for the process final quality. The optimization of these industrial process could improve the final quality as well reduce the water demands.

Key-words: Surface Treatment, Process Optimization, Water Demand.

5