

REDUÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS: MEDIDA DE PREVENÇÃO À POLUIÇÃO

Cláudia Araújo Amorim de Oliveira ⁽¹⁾

Luiz Antonio Daniel^(II)

Endereço

⁽¹⁾R. Silvino Chaves, 358, apto 702, Manaíra, João Pessoa - PB - Brasil - CEP: 58.042 - 320 Tel.: (083) 247 - 5407. e-mail: claolive@brasilink.com.br.

^(II)Av. Dr. Carlos Botelho, 1465. 13560-250. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Hidráulica e Saneamento. - São Carlos - SP - Brasil. Tel. (016) 274-3444 - Fax (016) 274-9212. e-mail ldaniel@sc.usp.br

Palavras chave: Pluição industrial, efluentes líquidos, prevenção.

INTRODUÇÃO

A geração de efluentes líquidos industriais é um problema bastante complexo. De acordo com MENDONÇA (1991), este tipo de efluente além de ser tóxico e não-biodegradável, pode ser constituído de substâncias depletivas de oxigênio, objetáveis, corrosivas, materiais radioativos, podendo vir a causar efeitos danosos ao meio ambiente e à saúde pública.

Até alguns anos atrás o tratamento de efluentes era considerado medida eficaz na resolução de problemas ambientais causado por sua geração e disposição. Atualmente sabe-se, no entanto, que esta medida apenas transfere resíduos de um meio para outro, ou de um local para outro, não sendo suficiente para resolver os problemas a eles relacionados.

O surgimento de uma consciência ambiental nas indústrias vem sendo percebido há algum tempo. BRINGER (1989) afirma que esta conscientização vem ocorrendo devido ao alto custo de disposição de resíduos; ao pagamento de taxas por sua geração; à competitividade de mercado; à pressões populares; à ênfase na qualidade do produto e ao reconhecimento da esgotabilidade dos recursos ambientais.

Buscando métodos mais eficazes e econômicos para combater a poluição, a indústria passa a dar grande atenção à prevenção de poluição, cuja idéia principal é a mínima geração e até mesmo a não geração de resíduos, medida mais segura para não lançá-los no meio ambiente.

A indústria de acabamento de metais é um exemplo de produção de resíduos perigosos que devem ser reduzidos, apesar de, conforme ARAGÃO (1984), não gerar grande volume de efluentes líquidos, quando comparada com outros tipos de indústria. De acordo com CAMPOS (1991), seus efluentes apresentam altas concentrações de componentes tóxicos e corrosivos, além de grande variação de pH, o que pode vir a causar sérios danos à vida aquática dos corpos d'água onde estes efluentes venham a ser dispostos sem o devido tratamento, bem como aos consumidores da água destes mananciais.

HIGGINS (1989) cita o enxágüe de peças como sendo o maior responsável pela geração de efluentes líquidos do processo de acabamento de metais de uma indústria. Sendo assim, o trabalho proposto teve como objetivo a proposição de modificações destes enxágües em uma indústria de compressores para geladeiras, visando reduzir a geração de efluentes líquidos, prevenindo a poluição industrial.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Prevenção à Poluição

A Prevenção à Poluição é um conceito que tem sido bastante difundido atualmente, por ter como objetivo a máxima redução, e até mesmo, quando possível, a não geração de resíduos, através da minimização de seu volume e de sua toxicidade. Esta prevenção surge não para substituir o controle de poluição, mas para que trabalhem em conjunto, como diz MOONEY (1992), obtendo-se assim os melhores resultados para o ambiente.

Segundo o Ato de Prevenção à Poluição passado em 1990 pelo Congresso dos Estados Unidos da América, citado por SHEN (1995), a prevenção à poluição significa redução de resíduos na fonte geradora. Quando não há viabilidade de aplicação desta alternativa, devem ser considerados e utilizados a reciclagem, o tratamento e, em último caso, a disposição final de resíduos.

No quadro 01 são apresentadas algumas definições.

Quadro 01: Hierarquia da EPA para o gerenciamento de resíduos

Redução na fonte significa a redução ou eliminação de resíduo na fonte, geralmente em um processo. As medidas incluem modificações no processo, substituição de matéria-prima, melhoramento na purificação de matéria-prima, na prática de manejo, aumento da eficiência da maquinaria, e reciclagem no processo. Reduzir na fonte é evitar resíduos.

Reciclagem é o uso ou reuso de resíduos perigosos como um substituto efetivo para um produto comercial ou como um ingrediente de matéria-prima em um processo industrial. Inclui a recuperação de frações úteis de constituintes ou a remoção de contaminantes de um resíduo para que este possa ser utilizado. Reciclagem pode ocorrer no local de geração ou fora dele.

Tratamento é qualquer método, técnica ou processo que modifique as características físicas, químicas ou biológicas de um resíduo perigoso de modo a neutralizá-lo, a recuperar energia ou recursos materiais deste resíduo, ou a devolvê-lo ao meio como resíduo não perigoso, menos perigoso, seguro para manejo, acessível para ser recuperado, armazenado ou reduzido em volume

Disposição é a descarga, deposição, injeção de resíduos perigosos dentro ou sobre qualquer terreno ou corpo d'água, de modo que o resíduo ou quaisquer dos seus constituintes possam entrar no ar ou ser descarregados em quaisquer águas, inclusive as subterrâneas.

Fonte: COMELLA e RITTMEYER (1990)

A figura 01 ilustra técnicas de prevenção à poluição.

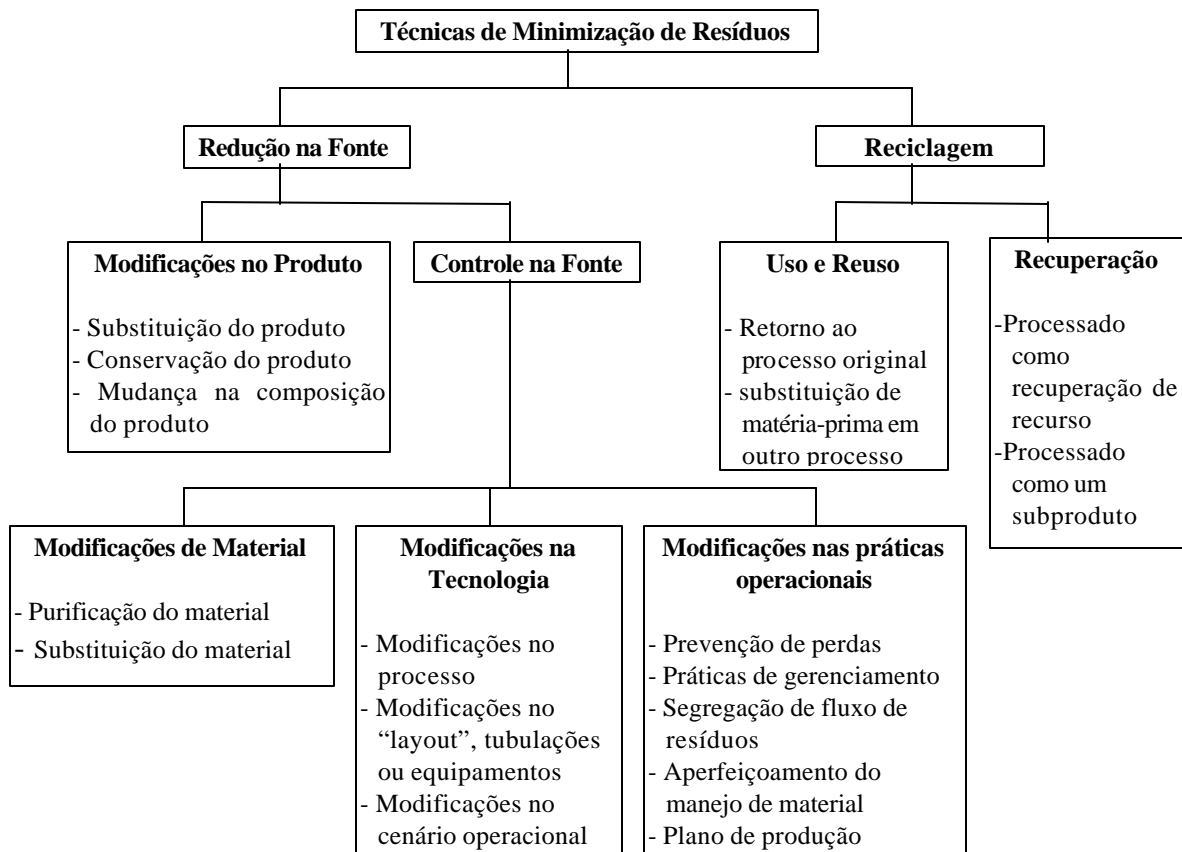


Figura 01: Técnicas de minimização de resíduos

Fonte: FREEMAN (1990)

A prevenção à poluição é um grande aliado da indústria, que há algum tempo vem buscando métodos mais eficazes e econômicos para solucionar os problemas ambientais causados pela disposição de seus resíduos

Um programa de prevenção à poluição divide-se em quatro fases ilustradas na figura 02.

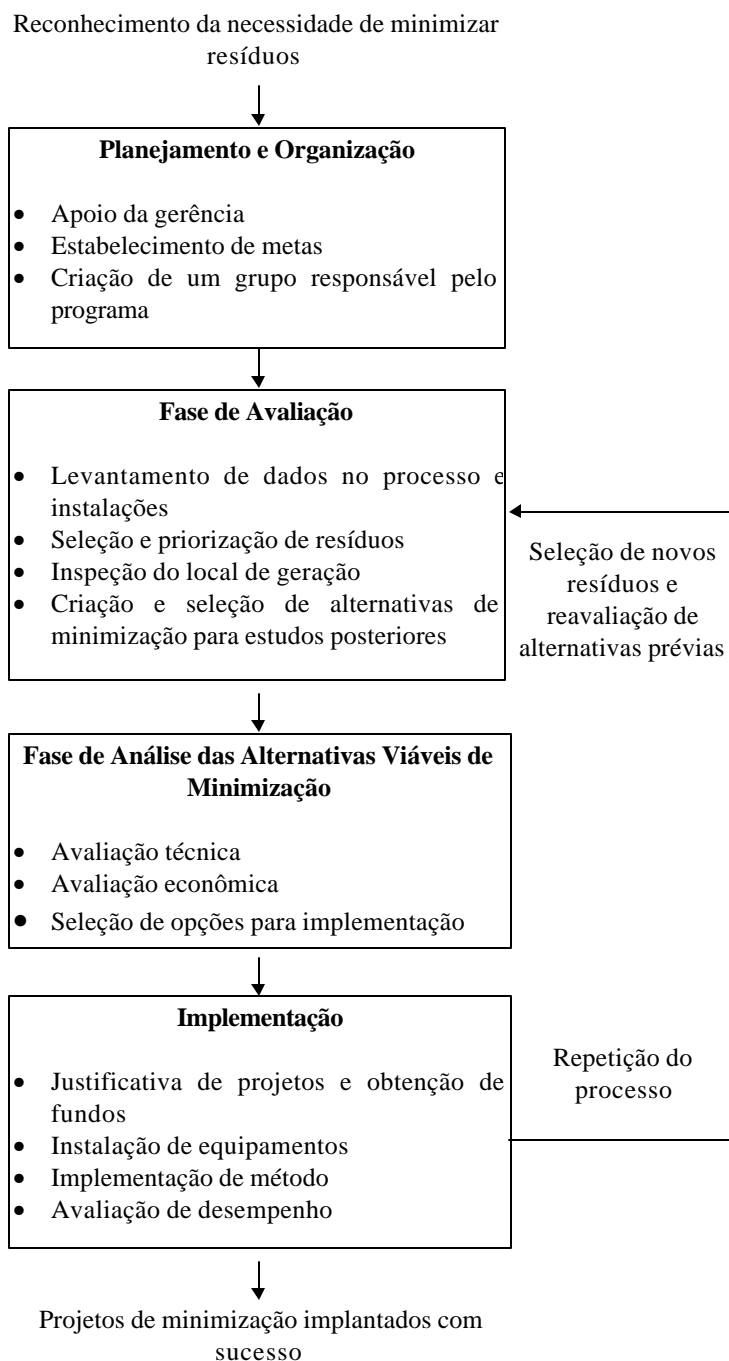


Figura 02: O processo de avaliação da minimização de resíduos.

Fonte: NEWTON (1990).

Acabamento de Metais

As indústrias de acabamento de metais, de acordo com HIGGINS (1989), têm por objetivo adicionar valor à peças, sejam elas de metal ou não, através da utilização de um revestimento funcional, protetivo (contra corrosão) ou decorativo.

Campos (1991) informa que este procedimento é denominado galvanotécnica e é dividido em galvanoplastia, que é a formação de moldes e em galvanostegia, atividades que constituem o acabamento de metais.

Uma indústria pode ter o acabamento de metais como atividade exclusiva ou este pode fazer parte, juntamente com outras atividades, do processo de produção industrial. É o que afirma ARAGÃO (1984), que cita como exemplos deste segundo tipo de indústria, as automobilísticas, aeronáuticas, elétricas pesadas, de eletrodomésticos, de tubulações hidráulicas, entre outras.

As operações utilizadas no acabamento de metais, conforme CAMPOS (1991), são a preparação prévia da superfície da peça, o desengraxe, a decapagem, a lavagem ou enxágüe, a neutralização e finalmente a eletrodeposição ou revestimento.

De acordo com CAMPOS (1991), a lavagem ou enxágüe das peças é necessária após cada processo do acabamento de metais, devido aos diferentes banhos que o constituem. Sem a lavagem, o líquido que permanece nas peças ao sair de um banho iria contaminar a próxima operação.

O enxágüe também é responsável pelo melhoramento da adesão do revestimento à superfície das peças, como comunica HIGGINS (1989). A água é o produto utilizado nesta fase do acabamento de metais, podendo ser fria ou quente, mas devendo ser bastante limpa para que os produtos químicos sejam removidos o mais rápido possível das peças. Na maioria dos enxágües a vazão de entrada da água é contínua e o fluxo é controlado manualmente. TOLLER & INNES (1982) afirmam que para que se determine o volume de água a ser utilizado em um enxágüe deve-se observar fatores como o volume e a concentração de produtos químicos dos respingos e arraste e os procedimentos do próprio enxágüe (agitação, temperatura, tempo de contato).

HIGGINS (1989) cita os enxágües como sendo os maiores responsáveis pela geração de efluentes líquidos no processo de acabamento de metais.

ARAGÃO (1984) afirma que o volume gerado destes efluentes não é grande, no entanto a concentração de substâncias tóxicas, depletoras de oxigênio (consomem oxigênio pela oxidação química), objetáveis e corrosivas é elevada e pode afetar de forma danosa a vida aquática além da saúde dos consumidores que utilizam como mananciais os corpos d'água onde estes efluentes são dispostos sem que recebam o devido tratamento.

Prevenção à Poluição no Processo de Acabamento de Metais

Segundo HIGGINS (1989), a prevenção à poluição ou minimização de resíduos no processo de acabamento de metais pode ser obtida a partir do melhoramento das práticas operacionais, da redução de respingos ou arraste, de modificações nos enxágües e da recuperação de metais das águas de enxágües, da substituição de produtos por outros menos perigosos ou até não perigosos.

Como melhoramento das práticas operacionais HIGGINS (1989) cita a observação e reparo de vazamentos e transbordamentos, instalação de alarmes nos tanques de enxágüe e revestimento para que descargas acidentais sejam evitadas, treinamento de funcionários para que assim compreendam a necessidade da prevenção à poluição e evitem contaminação dos banhos e uso excessivo de água, entre outras.

ARAGÃO (1984) informa que uma das formas de minimizar os respingos ou arraste de líquidos pela peça é deixando-a por um maior período de tempo sobre o tanque do banho para que o líquido escoe no próprio tanque. Uma boa disposição das peças, de modo que não venham a reter soluções, além de menores concentração e viscosidade dos banhos, também contribuem para a redução de arraste de líquidos. HIGGINS (1989) diz que se pode capturar os respingos e retorná-los ao banho de origem, reduzindo o gasto de produtos químicos e lavagens desnecessárias de pisos. As formas de captura são drenos, tanques e calhas de gotejamento.

Modificações nos enxágües são de grande importância na redução do consumo de água, visto que estes são as principais fontes geradoras de efluentes líquidos no acabamento de metais.

THEODORE & MCGUINN (1992) sugerem que para se alcançar esta redução a eficiência de enxágüe deve ser melhorada e a vazão de entrada do tanque, controlada. A primeira pode ser conseguida através da utilização de um tempo suficiente de contato das peças com a água de enxágüe (utilização de enxágües em série), bem como de uma boa agitação e um volume suficiente desta água. A outra, obtém-se pela utilização de controladores de vazão, medidores de condutividade e pH e válvulas de fluxo que são acionadas e permitem a entrada de mais água nos tanques quando o pH ou concentração de sais está acima dos níveis máximos aceitos pelo processo.

Conforme TOLLER & INNES (1982), fazendo-se a vazão de entrada nos tanques de enxágüe ser contracorrente, ou seja, a água que os abastece entrando no sentido contrário ao movimento das peças, e utilizando-se tanques em série, pode-se conseguir não só uma boa redução no volume de água utilizada nesta etapa do acabamento de metais, mas também o aumento da concentração de produtos químicos possibilitando que sejam recuperados.

A tabela 01 mostra a redução do volume de água requerido para o enxágüe de peças a medida que o número de tanques de enxágüe contracorrente e em série aumenta.

Tabela 01: Volume de água requerido para o enxágüe de peças

Número de enxágües contracorrente	Vazão	
	L/hr	L/ano*
1	1.893	3.786.000
2	190	380.000
3	95	190.000

* Baseado em 250 dias de operação por ano.

Fonte: TOLLER & INNES (1982)

As figuras 03, 04 e 05 ilustram quatro tipos de enxágüe em contracorrente.

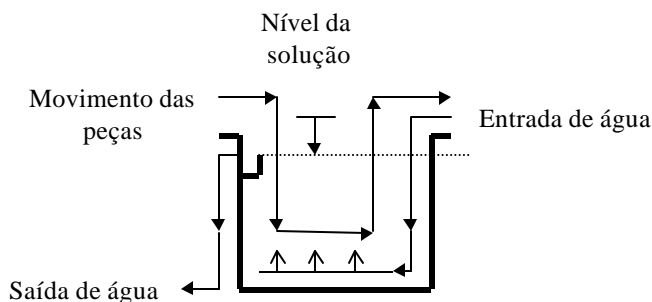


Figura 03: Enxágüe contracorrente único

Fonte: TOLLER & INNES (1982)

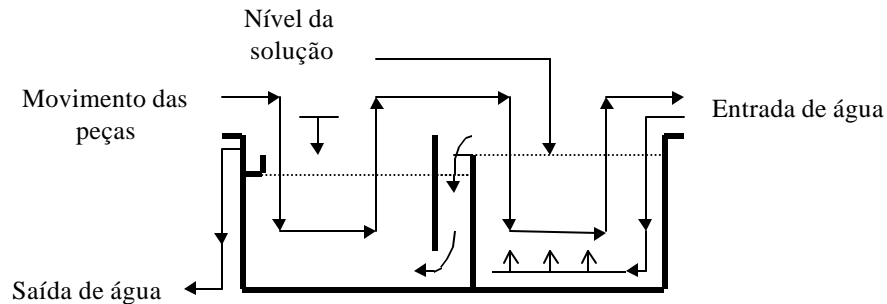


Figura 04: Enxágüe contracorrente duplo
 Fonte: TOLLER & INNES (1982)

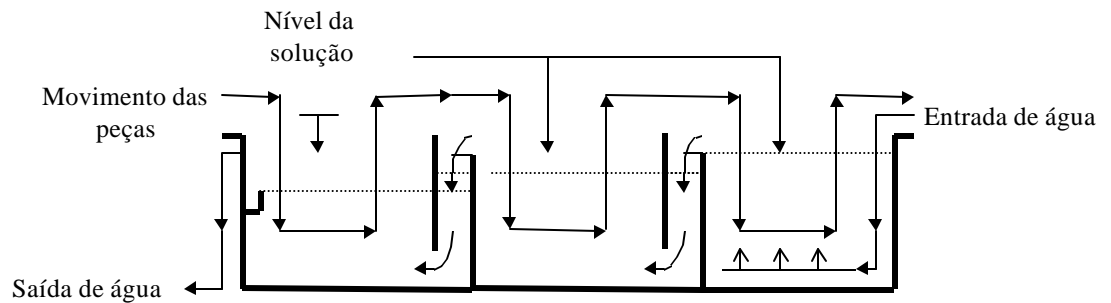


Figura 05: Enxágüe contracorrente triplo
 Fonte: TOLLER & INNES (1982)

Apesar de apresentar grandes vantagens, o enxágüe contracorrente em série muitas vezes não é utilizado nas indústrias, segundo HIGGINS (1989), devido à indisponibilidade de espaço para a instalação dos diversos tanques, ao aumento no tempo de produção, já que a peça deverá ser enxaguada mais vezes e ao aumento no custo para implementação dos tanques adicionais.

Um meio de se evitar o tratamento e a disposição final de efluentes líquidos do acabamento de metais, e também de economizar produtos químicos e água é a recuperação dos metais que se encontram nas águas de enxágüe. Esta recuperação é obtida, segundo HIGGINS (1989), através da reconcentração das soluções dos banhos de revestimento que se encontram nos enxágües devido à lavagem das peças. Os metais recuperados são retornados aos seus respectivos banhos, ou mesmo vendidos a outras indústrias e a água, retorna aos tanques de lavagem. Para que se determine a técnica de melhor aplicação para um determinado metal, HIGGINS (1989) informa que fatores como o tipo de metal utilizado no revestimento, o fluxo e concentração da água de enxágüe, necessidade de espaço e pessoal, entre outros devem ser considerados.

De acordo com HALL et al (1979) as tecnologias mais utilizadas na recuperação de metais são a evaporação, a troca iônica, a osmose reversa, a recuperação eletroquímica e a ultrafiltração, cada uma contendo suas restrições e áreas próprias de aplicação.

Na tabela 02 são apresentadas algumas aplicações das tecnologias consideradas por THEODORE & MCGUINN (1992).

Tabela 02: Aplicações de tecnologias de recuperação de metais

	Evaporação	Osmose Reversa	Troca Iônica	Eletrólise	Eletrodialise
Cromo (decorativo)	X		X		
Níquel	X	X	X		X
Cádmio	X			X	X
Zinco	X	X		X	X
Cobre	X	X		X	X
Estanho	X			X	X
Prata	X		X	X	X

Fonte: THEODORE & MCGUINN (1992)

Como formas de substituir os produtos tóxicos utilizados para o acabamento de metais HIGGINS (1989) cita banhos sem a utilização de cianetos, revestimentos de cromo trivalente, deposição de cádmio à vácuo e deposição de alumínio por vapor iônico.

THEODORE & MCGUINN (1992) dizem que a utilização de soluções alcalinas, substituindo solventes clorados ou não nos desengraxes de peças, bem como a utilização de água desionizada (sem íons na solução), que pode aumentar a eficiência dos enxágües e reduzir a frequência de reposição de banhos, e finalmente, a realização de processos sem a presença de quelatos, também são meios de se minimizar a quantidade de produtos tóxicos nos efluentes do acabamento de metais.

METODOLOGIA

Fluxograma do Processo de Acabamento de Metais

O fluxograma do processo de acabamento de metais da indústria foi cuidadosamente estudado, com o fim de se conhecer bem todos os enxágües de peças, fontes geradoras contínuas de efluente líquido.

Determinação de Vazões

Nesta etapa do trabalho, foram determinadas as vazões de todos os estágios de enxágüe de cada máquina estudada, com o objetivo de se conhecer o volume de efluentes gerado por cada fonte e enviado para tratamento na ETE.

Caracterização dos Efluentes

Cada fonte geradora teve duas amostras de seu efluente coletadas e analisadas de acordo com o STANDARD "Methods For The Examination of Water And Wastewater" (1995) em dias diferentes, para que assim pudessem ser conhecidas as características do despejo e a existência ou não de variações das mesmas.

Proposição de modificações nos enxágües

De posse dos dados obtidos a partir das caracterizações dos efluentes, foram propostas algumas modificações nos estágios de enxágüe das máquinas estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados do Estudo do Fluxograma do Processo de Acabamento de Metais

Na figura 06 pode ser visto o fluxograma geral do processo de produção industrial.

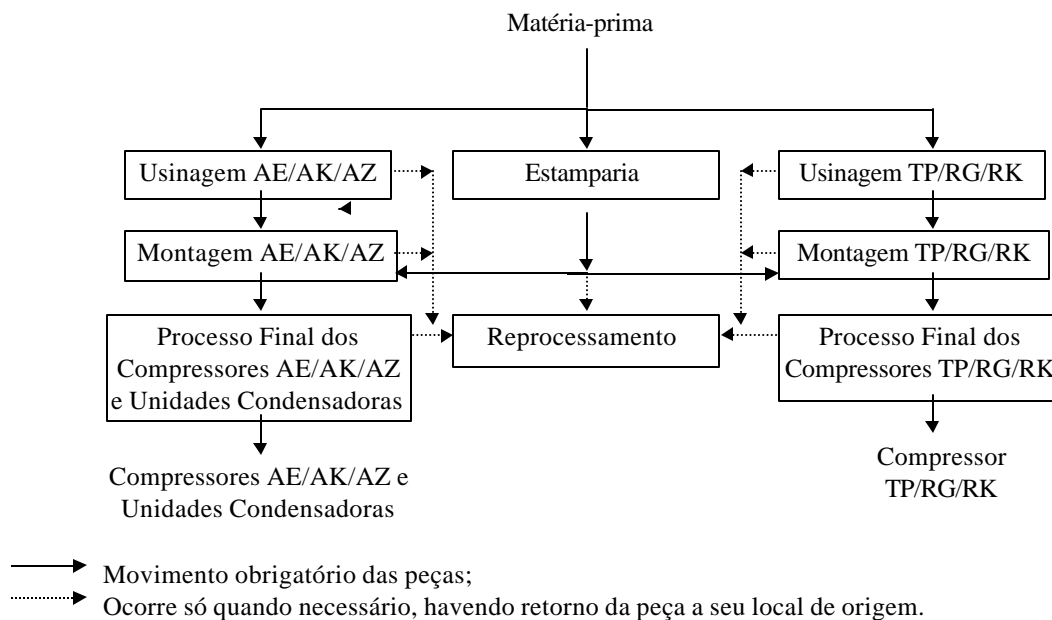


Fig. 06: Fluxograma Geral do Processo Industrial

Em toda a indústria foram identificadas 5 (cinco) máquinas contendo enxágües de peças, dispostas 1 (uma) na Usinagem AE/AK/AZ, 2 (duas) na Estamparia, e 1 (uma) em cada processo final, resultando um total de 14 (catorze) enxágües. Verificou-se que estes enxágües além de produzirem um volume contínuo de efluentes, também descartam soluções quando da lavagem de seus tanques.

Também nesta etapa do trabalho, foi possível observar as práticas operacionais dos funcionários da indústria. Verificou-se que algumas vezes o processo de operação das máquinas não foi rigidamente seguido e algumas das medidas implantadas para a redução do consumo de água, não foram adotadas pelos operários, que desconhecem a real importância da minimização de efluentes. A grande rotatividade de operários na indústria contribui, mas não justifica, a não integração entre os grupos dos diferentes turnos de trabalho, o que ocasiona uma falta de informações que também dificulta a operação das máquinas.

As vazões de todos os enxágües estudados na indústria são controladas manualmente, utilizando-se da experiência do operário ou da verificação do pH da água dos tanques, que é mantido na faixa de valor recomendado mediante o aumento ou diminuição de vazão da água de enxágües, podendo acarretar em variações no volume e nas características dos efluentes enviados à ETE.

Resultados das Medições de Vazão

Através dos dados obtidos nesta fase da pesquisa, apresentados nas tabelas de 03 a 06 foi verificada grande variação entre as vazões obtidas para um mesmo enxágüe, o que pode ter ocorrido em consequência de ineficiência na operação das máquinas, do controle manual de vazões ou devido às medições terem sido feitas em diferentes períodos de produção (hora, dia e época do ano).

Tabela 03: Vazão de efluentes dos enxágües na Lavadora da Usinagem

Ponto de Medição	Vazão (L/s)		
	Medição 1	Medição 2	Medição 3
enxágüe III	0,08	0,37	0,11

Tabela 04: Vazão de efluentes dos enxágües das máquinas na Estamparia

Máquina	Ponto de Medição	Vazão (L/s)		
		Medição 1	Medição 2	Medição 3
Lavadora SICOM ESTP	enxágüe I	1,40	3,98	0,86
	enxágüe II	0,97	0,76	0,18
Lavadora Pequenas. Peças	enxágüe	1,86	0,08	0,15

Tabela 05: Vazão de efluentes dos enxágües na Lavadora do Processo Final AE/AK/AZ

Ponto de Medição	Vazão (L/s)		
	Medição 1	Medição 2	Medição 3
enxágüe I	0,37	0,63	0,09
enxágüe II	0,83	0,68	0,42
enxágüe III	0,41	0,75	0,16

Tabela 06: Vazão de efluentes dos enxágües na Lavadora do Processo Final TP/RG/RK

Ponto de Medição	Vazão (L/s)		
	Medição 1	Medição 2	Medição 3
enxágüe I	0,20	0,49	0,07
enxágüe II	0,40	0,62	0,13
enxágüe III	0,78	0,45	0,07
enxágüe IV	0,42	0,30	0,10

Resultados das Caracterizações

Analisando-se os resultados apresentados nas tabelas 07 a , observou-se variações nas características obtidas através da primeira e segunda caracterizações dos efluentes dos enxágües, o que pode ter ocorrido devido à operação ineficiente das máquinas, ao controle manual de vazões ou mesmo devido às coletas de amostras terem sido feitas em diferentes períodos de produção (hora, dia e época do ano), assim como nas medições de vazão.

Tabela 07: Características dos efluentes da Lavadora de Pequenas Peças na Estamparia (1ª caracterização)

Parâmetro	Amostra do Enxágüe	Parâmetro	Amostra do Enxágüe
ST (mg/L)	68,00	óleos e graxas (mg/l)	N.A.
STF (mg/L)	27,00	fosfato (mg/L)	0,53
STV (mg/L)	41,00	Zn (mg/L)	0,03
SV (mg/L)	1,00	Pb (mg/L)	N.D.
SSF (mg/L)	0,20	Cd (mg/L)	N.D.
SSV (mg/L)	0,80	Ni (mg/L)	N.D.
Ssed (ml/L)	N.D.	Fe (mg/L)	N.D.
DQO (mg/L)	3,74	Mn (mg/L)	N.D.
pH	6,30	Cu (mg/L)	N.D.
		Cr (mg/L)	N.D.

N.D.: Não detectado

N.A.: Não analisado devido ao baixo valor de DQO, sendo também a concentração de óleos e graxas baixa.

Tabela 08: Características dos efluentes da Lavadora de Pequenas Peças na Estamparia (2ª caracterização)

Parâmetro	Amostra do Enxágüe	Parâmetro	Amostra do Enxágüe
ST (mg/L)	142,00	óleos e graxas (mg/l)	19,00
STF (mg/L)	65,00	fosfato (mg/L)	1,74
STV (mg/L)	77,00	Zn (mg/L)	0,05
SV (mg/L)	16,00	Pb (mg/L)	N.D.
SSF (mg/L)	6,00	Cd (mg/L)	N.D.
SSV (mg/L)	10,00	Ni (mg/L)	N.D.
Ssed (ml/L)	N.D.	Fe (mg/L)	N.D.
DQO (mg/L)	150,00	Mn (mg/L)	N.D.
pH	6,50	Cu (mg/L)	0,05
		Cr (mg/L)	N.D.

N.D.: Não detectado

Tabela 09: Características dos efluentes da Lavadora Fosfato Final no Processo Final AE/AK/AZ (1ª caracterização)

Parâmetro	Ponto de Coleta			
	Enxágüe I	Enxágüe II	Enxágüe III	Enxágüe IV
ST (mg/L)	308,00	197,00	800,00	581,00
STF (mg/L)	139,00	115,00	550,00	231,00
STV (mg/L)	169,00	82,00	250,00	350,00
SS (mg/L)	4,80	4,20	27,90	6,20
SSF (mg/L)	1,80	3,50	18,80	2,20
SSV (mg/L)	3,00	0,70	9,10	4,00
Ssed (ml/L)	0,10	N.D.	N.D.	N.D.
DQO (mg/L)	19,60	32,00	27,60	349,00
pH	8,20	6,25	4,50	6,70
óleos e graxas (mg/l)	N.A.	84,00	N.A.	107,00
fosfato (mg/L)	47,40	7,07	311,40	17,50
Zn (mg/L)	2,00	0,36	54,00	2,00
Pb (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Fe (mg/L)	2,40	14,60	15,00	25,30
Mn (mg/L)	0,06	0,19	0,50	0,88
Cu (mg/L)	0,48	0,14	0,03	0,29
Cr (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Não detectado

N.A.: Não analisado devido ao baixo valor de DQO, sendo também a concentração de óleos e graxas baixa.

Tabela 10: Características dos efluentes da Lavadora Fosfato Final no Processo Final AE/AK/AZ (2ª caracterização)

Parâmetro	Ponto de Coleta			
	Enxágüe I	Enxágüe II	Enxágüe III	Enxágüe IV
ST (mg/L)	356,00	283,00	482,00	409,00
STF (mg/L)	148,00	146,00	84,00	272,00
STV (mg/L)	208,00	137,00	398,00	137,00
SS (mg/L)	5,80	0,00	13,30	8,70
SSF (mg/L)	3,60	0,00	0,83	4,00
SSV (mg/L)	2,20	0,00	12,50	4,70
Ssed (ml/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DQO (mg/L)	46,10	30,20	30,20	82,00
pH	7,60	4,20	5,20	8,20
óleos e graxas (mg/l)	57,00	7,00	39,00	48,00
fosfato (mg/L)	17,70	17,50	254,00	18,70
Zn (mg/L)	0,24	0,70	60,00	10,00
Pb (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni (mg/L)	N.D.	N.D.	0,19	N.D.
Fe (mg/L)	1,13	20,00	6,90	20,60
Mn (mg/L)	0,09	0,10	7,80	0,75
Cu (mg/L)	0,41	2,03	0,04	0,12
Cr (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	0,02

N.D.: Não detectado

Tabela 11: Características dos efluentes da Lavadora Túnel de Fosfatização no Processo Final TP/RG/RK (1ª caracterização)

Parâmetro	Ponto de Coleta			
	Enxágüe I	Enxágüe II	Enxágüe III	Enxágüe IV
ST (mg/L)	184,00	137,00	324,00	72,00
STF (mg/L)	49,00	80,00	229,00	33,00
STV (mg/L)	135,00	57,00	95,00	39,00
SS (mg/L)	1,00	4,60	3,00	2,20
SSF (mg/L)	0,40	0,20	1,60	0,80
SSV (mg/L)	0,60	4,40	1,40	1,40
Ssed (ml/L)	N.D.	N.D.	N.D.	0,10
DQO (mg/L)	1,09	3,70	14,30	14,30
pH	7,10	6,25	3,60	5,20
óleos e graxas (mg/l)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
fosfato (mg/L)	5,50	26,80	137,90	3,00
Zn (mg/L)	1,50	1,44	13,00	0,20
Pb (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni (mg/L)	N.D.	N.D.	6,20	N.D.
Fe (mg/L)	3,85	3,00	3,20	0,34
Mn (mg/L)	N.D.	0,05	2,40	0,04
Cu (mg/L)	0,31	N.D.	0,10	0,03
Cr (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Não detectado

N.A.: Não analisado devido ao baixo valor de DQO, sendo também a concentração de óleos e graxas baixa.

Tabela 12: Características dos efluentes da Lavadora Túnel de Fosfatização no Processo Final TP/RG/RK (2ª caracterização)

Parâmetro	Ponto de Coleta			
	Enxágüe I	Enxágüe II	Enxágüe III	Enxágüe IV
ST (mg/L)	351,00	90,00	104,00	61,20
STF (mg/L)	211,00	58,00	65,00	34,40
STV (mg/L)	140,00	32,00	39,00	26,80
SS (mg/L)	2,60	0,00	1,80	1,20
SSF (mg/L)	1,00	0,00	0,60	0,40
SSV (mg/L)	1,60	0,00	1,20	0,80
Ssed (ml/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
DQO (mg/L)	36,84	9,04	11,70	99,10
pH	7,80	6,70	5,90	6,20
óleos e graxas (mg/l)	7,00	N.D.	N.D.	N.D.
fosfato (mg/L)	34,20	27,20	87,53	0,96
Zn (mg/L)	2,00	1,10	3,00	0,42
Pb (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ni (mg/L)	N.D.	N.D.	1,60	0,32
Fe (mg/L)	12,00	1,33	0,10	0,39
Mn (mg/L)	N.D.	0,05	0,39	0,09
Cu (mg/L)	0,65	0,03	0,05	0,03
Cr (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: Não detectado

Proposição de Modificações nos Enxágües

Sugere-se as máquinas sejam alteradas, através da introdução de novos tanques, para que possam ser realizados enxágües contra-corrente em múltiplos estágios e assim seja reduzido o volume de efluentes líquidos gerados por estas fontes em toda a indústria. Também são necessárias modificações no “lay-out” da mini-fábrica onde estão localizadas estas máquinas, para que haja espaço suficiente para a introdução destes novos tanques.

É também de grande importância para a minimização destes efluentes que seja feito o controle da vazão de entrada dos enxágües, pela utilização de controladores de vazão e medidores de condutividade e pH, como foi relatado por THEODORE & MACGUINN (1992).

Não sendo possível a implantação de algumas destas modificações, pode-se ainda fazer uso direto dos efluentes de baixa concentração de poluentes em sua composição, ou mesmo fazer a recuperação para posterior reutilização de soluções daqueles cuja concentração de poluentes apresentou-se elevada. A água, nos dois casos (uso direto ou recuperação) pode ser utilizada para lavagem de tanques das máquinas e do piso da indústria, para irrigação de jardins e em vasos sanitários.

O treinamento e educação dos operários é de grande importância para que estes fiquem a par dos benefícios que podem ser alcançados através da minimização de resíduos e assim se empenhem para o sucesso de um programa deste tipo, como foi citado por MATOS (1997). Uma maior eficiência na operação e limpeza das máquinas e no preparo das soluções utilizadas nos banhos do processo de acabamento de metais, pode ser conseguida através do treinamento de operários. Assim, podem ser reduzidas as variações de vazão e das características dos efluentes, bem como o consumo de água e as perdas de produtos químicos pela contaminação e erro de preparo das soluções.

Deve-se ainda procurar eliminar os transbordamentos e vazamentos existentes nos equipamentos para reduzir o volume de efluentes.

CONCLUSÕES

Dos resultados e discussões apresentados anteriormente pode-se concluir que:

- Modificações nos enxágües podem resultar em grande redução no volume de efluentes líquidos gerados no processo de acabamento de metais de uma indústria, visto que estes são as principais fontes geradoras deste tipo de efluentes.
- O treinamento de operários é de grande importância para a redução das variações de características e vazões existentes nos estágios de enxágües e para a redução na geração de efluentes.

BIBLIOGRAFIA

- ARAGÃO, J. M. S. (1984). *Estudo Sobre Remoção de Metais Pesados em Águas Residuárias de Indústrias de Acabamento de Metais*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 159p
- CAMPOS, J. R. (1991). *Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais*. in:Curso. Associação Brasileira de Engenharia Ambiental. Belo Horizonte - MG.
- COMELLA, P. A.; RITTMAYER, R. W. (1990). *Waste minimization/pollution prevention*. Pollution Engineering. ab. p. 71 - 74.
- FREEMAN, H. (1990). *Hazardous waste minimization*. Singapore, McGraw-Hill Book Co.
- HALL, E. P.; LIZDAS, D. J.; AUERBACH, E. E. (1979). Recovery techniques in electroplating. *Plating and Surface Finishing*. p. 49-53, fev.
- HIGGINS, T. E. (1989). *Hazardous Waste Minimization Handbook*. Lewis Publishers. Michigan.
- MENDONÇA, S. R. (1991). *Efeitos dos despejos líquidos industriais nos cursos de água. Autodepuração. Eutrofização*. João Pessoa, Departamento de Tecnologia da Construção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.
- MOONEY, G. A. (1992). Pollution prevention shrinking the waste stream. *Pollution Engineering*. mar, p. 37 - 41.
- NEWTON, J. (1990). *Setting Up A Waste Minimization Program*. Pollution Engineering, abr, p.75-80.
- SHEN, T. T. (1995). *Industrial pollution prevention*. Berlim, Alemanha, Springer-Verlag.
- STANDARD Methods For The Examination of Water And Wastewater. (1995). 18^a ed, Washington, DC, APHA - American Public Health Association.
- THEODORE, L. ; MCGUINN, Y. C. (1992). *Pollution Prevention*. Nova Yorque, Van Nostrand Reinhold.
- TOLLER, W. H.; INNES, W. P. (1982). Considering recovery and reuse. *Plating and Surface Finishing*. v. 69, n. 2, p. 26-27, fev.