

II-580 - REDUÇÃO DE TOXICIDADE DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Camila D' Bastiani⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Mestranda em Engenharia e Ciências Ambientais na UCS.

Lademir Luiz Beal

Engenheiro Químico Universidade Federal do Rio Grande (UFRS). Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRS. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRS. Professo adjunto II da Universidade de Caxias do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Sala U-208E - Petrópolis – Caxias do Sul - RS - CEP: 95070-560 - Brasil - Tel: (54) 3218-2791 - e-mail: camiladbastiani@gmail.com

RESUMO

Ao passo que as exigências dos órgãos ambientais aumentam em relação à qualidade dos efluentes descartados pelas empresas, se faz necessário que as empresas se adaptem às novas legislações. Em 2006 no estado do Rio Grande do Sul foi criada a Resolução CONSEMA 129/2006, a qual dispõe sobre a definição de Critérios e Padrões de Emissão para Toxicidade de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul.

Tendo em vista a necessidade criada por esta legislação, o presente trabalho apresenta um estudo de caso onde foram aplicadas diferentes abordagens buscando a redução da toxicidade de efluente industrial de uma empresa do ramo metalmeccânico localizada na cidade de Caxias do Sul, a qual apresenta vazão de efluente média de 15 m³/semana, proveniente de uma linha de banhos de fosfatização. O estudo buscou inicialmente a determinação dos principais compostos utilizados pela empresa responsáveis pela toxicidade, partindo então para a proposição de estratégias visando a redução da toxicidade.

Duas estratégias foram adotadas para redução da toxicidade: melhorias na planta industrial, com a alteração do *lay-out* da linha de banhos de fosfatização e melhorias no processo de tratamento de efluentes com a instalação de uma coluna de carvão ativado e de uma coluna de zeólitas na saída do efluente.

Foi possível perceber a necessidade de uma avaliação global do processo na busca pela redução de toxicidade, visando reduzir a carga poluidora do efluente, só após esta análise, torna-se viável estudar formas de aumentar a eficiência do tratamento do efluente.

Os estudos demonstraram que a utilização de lavagens em cascata e correntes diminui o nível de contaminantes presentes no efluente e a utilização de colunas de carvão ativado e zeólitas reduz o acúmulo de determinados contaminantes além da DQO e DBO₅, aumentando a eficiência do tratamento de efluentes. No entanto estas colunas não apresentam impacto sobre a concentração de íons capazes de formar componentes tóxicos presentes no efluente. Após a análise toxicológica foi possível observar que na ausência da corrente rica em nitritos, além da ausência dos compostos presentes no refinador foi possível a redução da toxicidade no efluente, uma vez que os resultados obtidos para FT foram de no máximo 4.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade em Efluentes, Tratamento de efluentes, Fosfatização, Legislação ambiental.

INTRODUÇÃO

Em um ambiente tecnologicamente cada vez mais avançado, a quantidade de indústrias de todos os segmentos tende a crescer de forma significativa, em especial nos países emergentes, como é o caso do Brasil. Se este crescimento econômico não for acompanhado de políticas ambientais que promovam a consciência e o cuidado ambiental, a degradação do meio ambiente será irreversível. Com este intuito, a legislação ambiental no Brasil vem se tornando mais rigorosa ano a ano.

As análises físico-químicas, usualmente utilizadas como parâmetros de qualidade da água, não são o bastante para analisar os efeitos dos efluentes sobre os organismos vivos. Neste sentido, os ensaios de toxicidade tem se tornado uma ferramenta de proteção aos ambientes terrestres e aquáticos, uma vez que são capazes de detectar se determinado componente é ou não nocivo a diferentes níveis tróficos de organismos aquáticos.

No entanto, as empresas ainda estão tendo dificuldades para se adaptar aos níveis de toxicidade exigidos pela legislação ambiental. Além disso, as bases de dados disponíveis sobre o assunto ainda são insuficientes e de circulação ainda restrita aos meios acadêmicos, o que dificulta o acesso a estas informações pelas empresas, de um modo geral.

Nesta situação se encontra a empresa objeto de estudo, a qual possui efluentes provenientes de uma linha de fosfatização, e precisa se adaptar à legislação quanto aos parâmetros de toxicidade. No decorrer deste trabalho serão estudadas e aplicadas diferentes técnicas, visando a adequação dos padrões de lançamento de efluentes da empresa à legislação vigente garantindo assim a redução do potencial poluidor desta empresa.

Avaliando o papel dos profissionais responsáveis por projetar Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), cabe salientar que com as mudanças na legislação, as considerações de projeto precisam ser revistas e readaptadas conforme as novas necessidades. Neste sentido, com a definição em legislação dos parâmetros de toxicidade, existe a necessidade de mudanças nos projetos básicos de ETE's desenvolvidos posteriormente a esta, e cabe aos profissionais desta área conhecerem técnicas adequadas para o atingimento destes parâmetros. Este trabalho poderá ser usado como ferramenta de pesquisa e auxílio na busca por métodos de atingimento destes parâmetros.

Este trabalho tem como objetivo geral a redução dos níveis de ecotoxicidade dos efluentes da empresa em estudo, utilizando diferentes abordagens. Como objetivos específicos o trabalho se propõe a determinar os principais compostos utilizados pela empresa responsáveis pela toxicidade, propor estratégias e avaliar métodos de tratamento de efluentes para redução da toxicidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os efluentes gerados pela empresa analisada são provenientes de uma linha de fosfatização utilizada como pré tratamento para o processo de pintura a pó. A abordagem foi dividida em três etapas: caracterização do efluente, propostas de melhoria na linha e propostas de melhoria na estação de tratamento.

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Com o intuito de conhecer o efluente estudado, o trabalho foi iniciado pela caracterização físico-química e toxicológica do mesmo através das seguintes etapas:

- Consulta às Fichas de Informação de Segurança de produtos (FISPQ's) para conhecer as composições quali e quantitativas dos insumos, bem como seu potencial toxicológico com o auxílio da literatura. Foram solicitadas ao fornecedor todas as FISPQ's dos insumos utilizados nos processos de fosfatização e tratamento de efluentes da empresa. A partir destes documentos foram retiradas informações acerca da composição principal de cada um destes insumos, com o intuito de conhecer a composição dos efluentes gerados. Também foram buscadas informações sobre seus efeitos toxicológicos, quando disponíveis;
- Caracterização físico-química dos efluentes bruto e tratados bem como de pontos de geração específicos. A partir da análise das FISPQ's do fornecedor foram elencados alguns parâmetros físico-químicos a serem analisados. Para as análises iniciais foram elencados oito pontos de coleta no processo (um ponto de coleta em cada banho da linha de banhos, efluente bruto e efluente tratado), com o intuito de conhecer a composição real em cada um destes. O conhecimento desta composição auxilia na definição de estratégias de redução de toxicidade, além de facilitar o conhecimento acerca da composição do efluente;
- Avaliação toxicológica do efluente tratado. Para conhecer os níveis de toxicidade dos efluentes foram realizadas análises de toxicidade conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as Normas Brasileiras de Referência. Os ensaios foram realizados em três diferentes níveis tróficos: algas, microcrustáceos e peixes. Nestas análises os organismos testes utilizados foram respectivamente: *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Daphnia magna* e *Danio rerio*.

De posse dessas informações foi então dado seguimento a segunda etapa.

SEGUNDA ETAPA: PROPOSTAS DE MELHORIA NO PROCESSO

A segunda parte do trabalho consistiu na avaliação do processo de banhos e as possíveis melhorias neste. Foi concluído que existia a possibilidade de melhorar a qualidade do efluente sem o aumento no consumo de água com a implementação do método de lavagens em cascata na linha de banhos de fosfatização. Inicialmente foi avaliada a configuração inicial dos banhos de fosfatização. O diagnóstico revelou que os banhos eram operados conforme Figura 1, e com os banhos estanques com descarte semanal ou quinzenal.

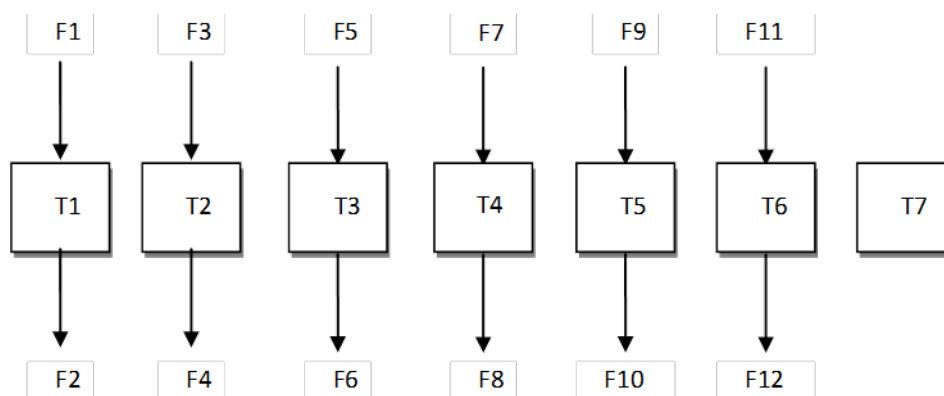


Figura 1: Representação esquemática da linha de banhos antes das alterações

A linha de fosfatização é composta por: tanque do banho de desengraxe (T1), tanque de Lavagem 1 (T2), tanque do banho refinador (T3), tanque do banho de fosfato (T4), tanque do banho de lavagem 2 (T5), tanque do banho passivador (T6) e estufa de secagem (T7). Foi constatado que este sistema de banhos acarretou em um consumo semanal de água de aproximadamente 18.450L e uma geração de 18.000L de efluente por semana, desconsiderando a reposição mensal de água no fosfatizante e a troca semestral do desengraxe.

TERCEIRA ETAPA: PROPOSTAS DE MELHORIA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Em seguida foi realizada a análise de possibilidade de melhoria no sistema de tratamento dos efluentes, e após estudos foram definidas duas melhorias fundamentais, com o intuito de reduzir os níveis dos parâmetros como surfactantes, DQO, DBO5, fósforo total entre outros:

- Instalação de uma coluna de carvão ativado na saída do efluente, visando a remoção de compostos causadores de toxicidade;
- Instalação de uma coluna de zeólitas, com o intuito de prover a remoção de poluentes através da troca iônica. Após o tratamento convencional foi definido que o efluente passaria pelo filtro de carvão ativado e em seguida passado por um filtro de zeólitas, visando a remoção de surfactantes e metais presentes no efluente. A Figura 2 mostra os dois filtros implantados na ETE, sendo que o superior é o filtro de carvão ativado e o inferior é o filtro de zeólitas.

Na implantação do filtro, foi definido trabalhar com o leito inundado, a uma vazão de 720L/h, visando evitar que o efluente criasse caminhos preferenciais dentro dos filtros, e aumentando a área de contato entre o fluido e o meio filtrante.



Figura 2: Filtros implantados na ETE

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Após etapa de consulta à documentação dos produtos tratados, foi gerada a tabela abaixo, que contém todos os produtos utilizados na linha de fosfatização e na ETE com suas respectivas composições e potencial e toxicidade para um dos níveis tróficos, de acordo com o pesquisado em literatura.

Tabela 1: Composições e potencial de toxidade dos produtos utilizados nos banhos e na ETE.

Produto Comercial	Componente	Concentração %	Toxicidade para Daphnia magna mg/L	Método de análise da Toxicidade
Saloclean 611	Hidróxido de Sódio	25 a 44	156	CE50; 48hs
	Lauril Éter Sulfato de Sódio	0,5 a 2,5	18	CE50; 48hs
	Metassilicato de Sódio	17 a 27	33	CE50; 48hs
Salocoloid 507	Carbonato de Sódio	62 a 75	2.380	CL 50; 24hs
	Tripolifosfato de Sódio	10 a 15	50	CE50; 48hs
	Dióxido de Titânio	5 a 10	1.000	CE50; 48hs
Salofos 723	Ácido Fosfórico	14 a 25	4,6	CE50; 12hs
	Óxido de Zinco	8 a 14	33	CE50; 48hs
Salofos 903	Nitrito de Sódio	80 a 90	12,5 a 100	CE50; 48hs
	Carbonato de Sódio	15 a 20	2.380	CL 50; 24hs
Salomix 301	Nitrito de Sódio	55 a 75	12,5 a 100	CE50; 48hs
	Carbonato de Sódio	25 a 45	2.380	CL 50; 24hs
Aquafil FCF	Cloreto férrico	95	76	CL 50; 48hs
Aquafil HCPE	Hidróxido de sódio	30	156	CE50; 48hs
	Sulfato de Alumínio	10	5,6	CL 50; 48hs
Aquafil 60AP	Poliacrilamida aniônica	10	> 100	CE50; 48hs
Anti Espumante Salo 50	Óleo Vegetal	15	0,9 a 2,1	CE 50; 24hs
	Lauril Éter diglicol Sulfato de Sódio	0,80	18	CE50; 48hs

Sabendo quais possíveis compostos poderiam ser encontrados no efluente, foram realizados ensaios físico-químicos de todos os pontos pré-definidos na seção de metodologia (passivador, lavagem II, fosfato, refinador, lavagem I, desengraxante, efluente bruto e efluente tratado), com o intuito de conhecer as composições reais das correntes estudadas. Os resultados dos ensaios iniciais encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Composições e potencial de toxicidade dos produtos utilizados nos banhos e na ETE.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
pH	10,26	3,68	2,74	10,92	10,76	11,53	9,49	8,10
Condutividade (uS/cm)	1618	1322	2764	3208	1230	2260	2250	3960
Cloretos (mg Cl/L)	2,40	1,44	2,40	74,51	24,03	2691,93	91,33	865,26
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1092	888	4016	3114	726	1250	2416	2368
Óleos e Graxas Totais (mg OG/L)	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	145,58	28,72	< 10,0
DQO (mg O ₂ /L)	270	67	300	210	247	25845	471	321
DBO (mg O ₂ /L)	145	41	106	96	96	11177	179	133
Surfactantes (mg MBAS/L)	0,048	0,655	14,776	12,313	22,632	3086,960	24,630	13,870
Fósforo Total (mg P/L)	5,84	87,18	705,95	249,53	17,06	971,27	289,01	1,14
Sulfato (mg SO ₄ /L)	6	9	13	116	23	3078	7	2
Nitrato (mg NO ₃ /L)	10,04	42,30	853,00	3,56	3,95	30,57	53,1	35,85
Nitrito (mg NO ₂ /L)	17420,0	12588,0	35,68	1878,00	699,30	52,00	38,11	39,80
Alumínio total (mg Al/L)	1,05	1,44	7,63	0,73	0,96	0,59	1,42	1,05
Ferro (mg Fe/L)	0,66	4,76	21,1	0,53	0,34	0,51	163,4	0,77
Zinco (mg Zn/L)	2,85	224,75	6800	1,03	0,65	17,7	136,5	0,74
Sódio (mg Na/L)	376,85	79,72	2507,39	927,61	242,77	9490,00	648,59	862,39

De posse dos dados das análises físico químicas e buscando informações sobre quais compostos poderiam ter maior influência sobre a toxicidade dos efluentes, foram realizados cálculos buscando obter as concentrações dos insumos utilizados ao longo do processo e no tratamento dos efluentes no efluente tratado. Como base para os cálculos, foram utilizados os valores encontrados na Tabela 2 para o efluente tratado (ponto 8). Estes cálculos foram realizados desconsiderando um possível efeito sinérgico entre os íons presentes, por não haver informações sobre este tipo de efeito na toxicidade dos organismos estudados, e encontram-se sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3: Avaliação de possíveis componentes geradores de toxicidade.

Componente	Concentração potencial no efluente (calculada) mg/L	Concentração tóxica segundo literatura mg/L	Método de análise da Toxicidade	Resultado
Carbonato de sódio	1.987,24	2.380	CL 50;24h	Não Tóxico
Tripolifosfato de sódio	4,51	50	CE50;48h	Não tóxico
Dióxido de titânio	60	1.000	CE50;48h	Não Tóxico
Ácido fosfórico	3,60	4,6	CE50;12h	Não Tóxico
Cloreto férrico	2,23	76	CL50;48h	Não Tóxico
Hidróxido de sódio	1.499,81	156	CE50;48h	Tóxico
Sulfato de Alumínio	2,37	5,6	CL50;48h	Não Tóxico
Óxido de zinco	0,92	33	CE50;48h	Não Tóxico
Metassilicato de sódio	2.287	33	CE50;48h	Tóxico
Nitrito de Sódio	59,70	12,5 a 100	CE50;48h	Tóxico
Surfactantes	13,87	18	CE50;48hs	Não Tóxico
Poliacrilamida aniônica	20	>100	CE50;48h	Não Tóxico
Zinco	0,74	2.909	CE50;48h	Não Tóxico

Verifica-se que três dos componentes utilizados nos processos de fosfatização e tratamento têm alto potencial de causar toxicidade ao efluente. De posse destes dados foi então realizada a análise de toxicidade do efluente conforme os parâmetros citados na CONSEMA 129/2006 e foram obtidos os resultados da Tabela 4.

Tabela 4: Resultados da análise de toxicidade para o efluente antes das alterações.

Nível trófico	FT	Conclusão
Algas	> 32	Extremamente tóxico
Microcrustáceos	> 32	Extremamente tóxico
Peixes	1	Não Tóxico

Conclui-se então que de fato o efluente antes das alterações apresentava características de toxicidade devido aos insumos dos processos, apresentado alta toxicidade para dois níveis tróficos.

RESULTADOS DA SEGUNDA E TERCEIRA ETAPAS: MELHORIAS NO PROCESSO E ETE

Com o intuito de reduzir a concentração de poluentes no efluente, foi realizada uma alteração na linha de fosfatização, tornando as lavagens correntes e em cascata.. Visando outros reaproveitamentos internos de água e a redução da quantidade de efluente gerado pela empresa e a carga poluidora destes efluentes, foram propostas as seguintes ações: as reposições de água no desengraxe devem ser realizadas com água proveniente da lavagem 1, as reposições no banho de fosfato devem ser realizadas utilizando água da lavagem 2, a reposição da lavagem 2 na ocasião de troca, deve ser feita com a água do passivador.

O cálculo da vazão de água limpa (QA) utilizada na lavagem corrente foi realizando adotando-se um critério de lavagem igual a 2.000 (CL). O volume de arraste (A) foi medido experimentalmente, obtendo-se um valor de 3,41L/h. O número de estágios de lavagem na linha de banhos e que fazem parte da cascata desenvolvida é de 2 (n=2). Foi utilizada a Equação 1 para realização do cálculo de QA, tendo como parâmetros:

$$CL = [(Q_A + A)/A]^n \quad \text{equação (1)}$$

Realizando-se o cálculo foi encontrado o valor de 149 L/h, porém para facilitar a implantação, foi adotada a vazão de 150L/h de água limpa. Tendo estes parâmetros, foi proposto um novo fluxo de processo para a água na linha de fosfatização, conforme Figura 3.

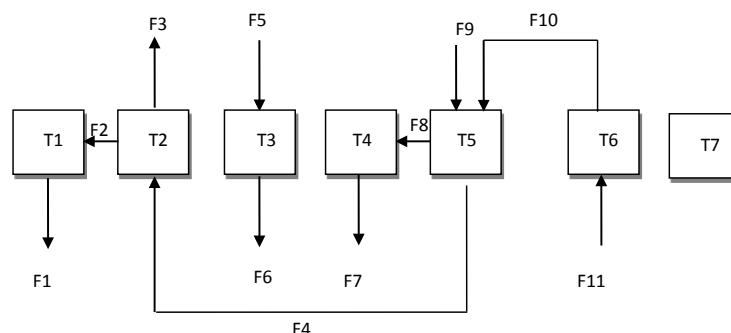


Figura 3 : Representação esquemática da linha de banhos após as alterações

Esta mudança acarretou em um consumo semanal de água de aproximadamente 15.600L e uma geração de 15.600L de efluente por semana (desconsiderando a reposição mensal de água no fosfatizante e a troca semestral do desengraxe). Sendo assim, houve uma redução de 15,44% no consumo de água semanal, ou seja, em um ano a empresa terá economizado 136.800L de água tratada. A redução de efluente gerado também foi significativa, reduzindo em 13,33%, ou seja, 2.400L/semana de efluente a menos serão gerados. A redução de efluente gerado impacta em redução com os produtos utilizados no tratamento destes. A partir dos custos dos produtos utilizados pela empresa em 20/09/2011, foi calculado que a redução de efluente gerou uma economia de R\$ 141,38 por semana, em um ano a economia em produtos será de R\$6.786,00. No entanto, a economia será maior ainda, pois foi observada uma redução na quantidade de produtos utilizados por batelada, uma vez que o efluente chega a ETE com menor acúmulo de contaminantes, em função das lavagens correntes, o que demanda menor quantidade de coagulantes. A menor utilização de coagulantes poderá também ter impacto sobre a ecotoxicidade do efluente após o tratamento, pois está sendo reduzida a quantidade de produtos que podem gerar efeito tóxico no efluente.

Após a implantação das alterações foram realizadas análises físico-químicas em 4 diferentes pontos: efluente bruto (EB), efluente tratado após modificações sem filtração (ET1), Efluente tratado e passado pelo filtro de carvão ativado (ET2), efluente tratado e passado pelo filtro de zeólitas (ET3). A Tabela 5 sumariza estes resultados.

Tabela 5: Resumo das análises Físico Químicas após as alterações

	EB	ET1	ET2	ET3
pH	9,92	8,19	8,32	7,69
Condutividade (mmho/cm)	2,6	5,6	5,6	5,9
Cloretos (mg Cl/L)	480,4	1478	1461	1488
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1092	888	4016	3114
Óleos e Graxas Totais (mg OG/L)	25,7	<10	<10	<10
DQO (mg O ₂ /L)	548	115	57	62
DBO₅ (mg O ₂ /L)	281	58,5	19,8	26,1
Surfactantes (mg MBAS/L)	46,34	16,99	2,01	1,46
Fósforo Total (mg P/L)	101,55	0,21	0,26	0,11
Sulfato (mg SO ₄ /L)	23	4	21	27
Nitrato (mg NO ₃ /L)	24,62	12,9	5,90	6,06
Nitrito (mg NO ₂ /L)	13,71	13,91	19,36	19,45
Alumínio total (mg Al/L)	0,89	0,15	0,55	0,48
Ferro (mg Fe/L)	101,55	0,21	0,26	0,11
Zinco (mg Zn/L)	145,20	0,22	0,14	0,20
Sódio (mg Na/L)	1019,1	1076,3	1019,1	1190,3

Com relação ao efluente bruto, é possível observar o aumento em alguns parâmetros como cloretos, DQO, DBO₅, surfactantes, sulfatos, zinco e sódio. No entanto observa-se a redução de sólidos dissolvidos, óleos e

graxas, fósforo total, nitrato, nitrito, alumínio e ferro. O resultado mais significativo é a redução de nitrito, por este ter relação direta com a toxicidade do efluente

As alterações ocorridas na composição do efluente bruto podem ter relação com diversas questões, entre as principais podemos citar: as mudanças realizadas no processo dos banhos (implantação de lavagens correntes e em cascata); diferenças na procedência de efluente na batelada de tratamento (predominância de determinado banho em detrimento de outro); número de horas trabalhadas durante a semana na linha de produção (influenciando no aumento ou redução do arraste entre os banhos).

Comparando-se a qualidade do efluente tratado antes das modificações com o efluente tratado após as modificações sem filtração na Tabela 5 é possível observar um aumento significativo apenas na concentração de cloretos e de sódio, as demais análises apresentaram redução nos parâmetros analisados.

Acerca dos resultados antes e após o filtro de carvão ativado, é possível observar na Tabela 5 que após a passagem pelo carvão ativado temos uma redução significativa nos níveis dos parâmetros de DQO, DBO₅, nitratos, surfactantes, fósforo total e zinco, devido a capacidade de adsorção da matéria orgânica no carvão ativado. Ao mesmo tempo, constatou-se um aumento pouco significativo na quantidade de nitritos, sulfatos e alumínio presentes no efluente.

Com a implementação do filtro de zeólitas, nota-se que os impactos mais significativos são a redução de surfactantes, de alumínio e de ferro, em contra partida, percebe-se um aumento na quantidade de zinco e um leve aumento na DBO₅, que pode ser proveniente de variações na análise. As zeólitas naturais possuem alta seletividade por metais em solução, o que explica a redução nos níveis de alumínio e ferro, os quais provavelmente foram imobilizados através de dois mecanismos; adsorção química e principalmente troca iônica.

Comparando os resultados obtidos para o efluente tratado antes e após as modificações (após passagem pelos filtros), observamos um aumento na concentração de cloretos, sólidos dissolvidos, sulfato e sódio. No entanto observa-se uma redução nos demais parâmetros, inclusive nitritos.

Sabendo-se das diminuições de poluentes alcançadas com a implantação dos filtros é possível avaliar que as reduções alcançadas foram significativas, tanta na qualidade físico-química do efluente, como na redução de toxicidade, uma vez que obtivemos diminuição significativa na carga orgânica do efluente, demonstrada pela redução de parâmetros como DQO e DBO₅ e na quantidade de nitritos presentes no mesmo. No entanto, somente as análises físico-químicas de substâncias não possuem capacidade de distinguir entre as substâncias que afetam os sistemas biológicos e as que são inertes no ambiente e, por este motivo, não são eficazes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes, em especial pois podem existir interações sinérgicas, antagônicas, de potenciação e de adição de contaminantes orgânicos e inorgânicos sobre os organismos.

Em etapa seguinte, foram refeitos os cálculos para avaliação de toxicidade potencial dos compostos que possibilitam maior efeito tóxico, considerando o efluente tratado após passagem pelos filtros de carvão e de zeólitas, com o intuito de verificar quais parâmetros deixaram de ser tóxicos ou não. Novamente os cálculos foram realizados desconsiderando um possível efeito sinérgico entre os íons presentes, por não haver informações sobre este tipo de efeito na toxicidade dos organismos estudados. Os resultados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6: Avaliação de possíveis componetes geradores de toxicidade após as alterações.

Componente	Concentração potencial no efluente (calculada) mg/L	Concentração tóxica segundo literatura mg/L	Método de análise da Toxicidade	Resultado
Carbonato de sódio	2.742,86	2.380	CL 50;24h	Tóxico
Tripolifosfato de sódio	0,435	50	CE50;48h	Não tóxico
Dióxido de titânio	60	1.000	CE50;48h	Não Tóxico
Ácido fosfórico	0,316	4,6	CE50;12h	Não Tóxico
Cloreto férrico	0,319	76	CL50;48h	Não Tóxico
Hidróxido de sódio	2.070	156	CE50;48h	Tóxico
Sulfato de Alumínio	3,04	5,6	CL50;48h	Não Tóxico
Óxido de zinco	0,249	33	CE50;48h	Não Tóxico
Metassilicato de sódio	3.156,88	33	CE50;48h	Tóxico
Nitrito de Sódio	29,17	12,5 a 100	CE50;48h	Tóxico
Surfactantes	1,46	18	CE50;48hs	Não Tóxico
Poliacrilamida aniônica	20	>100	CE50;48h	Não Tóxico
Zinco	0,20	2.909	CE50;48h	Não Tóxico

Nota-se que grande parte dos compostos diminuíram a concentração no efluente tratado após as alterações, exceto os derivados de sódio, no entanto vale lembrar que todos foram calculados considerando que todo o sódio encontrado fosse convertido no composto em questão, no entanto como temos 5 compostos derivados de sódio, é evidente que a quantidade total de sódio se divide entre estes.

Acredita-se que o maior responsável pela toxicidade do efluente seja o nitrito de sódio, uma vez que a toxicidade do hidróxido de sódio está relacionada ao aumento do pH provocado pelas hidroxilas liberadas quando este está em solução e a toxicidade do metassilicato de sódio está principalmente relacionada também ao seu pH na faixa de 14.

Apesar da redução de nitritos no efluente, o nitrito de sódio continua acima do limite considerado tóxico para o efluente, porém com um valor menor se comparado com a toxicidade antes das modificações. Observou-se uma redução significativa na quantidade de surfactantes, que na primeira avaliação encontravam-se próximo a faixa de toxicidade, após as modificações este parâmetro ficou muito aquém do considerado tóxico.

No entanto, pré testes de toxicidade cujos resultados não foram apresentados ao longo deste trabalho, demonstraram que mesmo após estas modificações a toxicidade não atingiu os parâmetros definidos na legislação, quando o efluente possui em sua composição os efluentes provenientes do refinador, passivador e as águas de lavagem, um vez que o nitrito presente no efluente é proveniente em sua maior parte do banho passivador, sendo este o componente predominante deste banho. Com a presença deste no efluente final, fica evidente que o maior responsável pela toxicidade do efluente é a presença do banho passivador no efluente.

Para verificar esta questão, foi realizado o teste de toxicidade com efluente proveniente de águas de lavagem corrente e da troca semanal dos enxágues. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados de ecotoxicidade após as modificações

Nível trófico	FT após as modificações
Algas	1
Microcrustáceos	4
Peixes	1

Avaliando os resultados de toxicidade encontrados, para o efluente sem a presença dos banhos passivador e refinador, é possível verificar que existe uma relação direta entre estes e a toxicidade do efluente. Ou seja, sem a presença da corrente rica em nitritos, o passivador, a característica tóxica do efluente foi reduzida a níveis aceitáveis pela legislação.

Desta forma, pode-se perceber que a presença do metassilicato de sódio e do hidróxido de sódio, ambos presentes apenas no desengraxante e por isso provenientes da lavagem I não foram tão significativas para a toxicidade do efluente, uma vez que o efluente que atingiu $FT < 4$ em todas as análises tinha em sua composição as duas lavagens.

CONCLUSÕES

Na realização deste trabalho foi possível perceber que para reduzir os níveis de toxicidade dos efluentes é necessária uma análise global dos processos geradores destes, buscando melhorias nestes e pontos de minimização de efluentes e da carga poluidora dos mesmos. Só após esta análise, torna-se viável estudar formas de aumentar a eficiência do tratamento do efluente.

Foi possível concluir que a utilização de lavagens em cascata e correntes diminui o nível de contaminantes presentes no efluente e a utilização de filtros de carvão ativado e zeólitas reduz o acúmulo de determinados contaminantes além da DQO e DBO_5 , aumentando assim a eficiência do tratamento de efluentes. No entanto estes filtros não apresentam nenhum impacto sobre a concentração de íons capazes de formar componentes tóxicos presentes no efluente.

Ficou evidente que a implantação do método de lavagem em cascata possibilita a redução de efluentes, gerando desta forma redução de custos, tanto com a redução no consumo de água, quanto com o tratamento de efluentes.

Após a análise ecotoxicológica foi possível observar que na ausência da corrente rica em nitritos (no caso estudado o banho passivador), além da ausência dos compostos presentes no refinador foi possível a redução da ecotoxicidade no efluente, uma vez que os resultados obtidos para FT foram de no máximo 4.

Com este estudo percebe-se que, para se obterem resultados positivos na redução da ecotoxicidade dos efluentes, é necessário o conhecimento das composições de todas as correntes que compõem o efluente, tendo em vista avaliar quais os principais geradores de toxicidade e desta forma focar o trabalho na redução destes compostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, M. Tratamento de Efluentes e Destinação dos Resíduos de Ensaio por Líquidos Penetrantes. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. Anais Eletrônicos... Salvador: ABENDE, 2002.
2. ALVES, A. C. M. Avaliação do tratamento de Efluentes Líquidos Contendo Cobre e Chumbo por Adsorção em Carvão Ativado. 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
3. AMADO, F. D. R.. Produção e Aplicação de Membranas com Polímeros Convencionais e Polianilina para Uso em Eletrodialise no Tratamento de Efluentes Industriais. 2006. 143 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
4. AQUINO, S. F. ; BLUNDI, C. E. A importância do uso do carvão ativado como pré-tratamento de água residuária industrial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais Eletrônicos... Rio de Janeiro: ABES, 1999.
5. BANDEIRANTE BRAZMO. FISPQ nº 0072: tripolifosfato de sódio, Barra Funda, 2008. 5p.
6. _____. FISPQ nº 0056: nitrito de sódio, Barra Funda, 2008. 6p
7. BARROS, J. G. C. Origem, distribuição e preservação da água no planeta terra. Revista das águas. [S.l.], n. 6, jun. 2008.
8. BAYER CROP SCIENCE. FISPQ: genapol, Canaxide, 2007, 7p.
9. BEM, P. P. T. Minimização do efluente gerado em pré-tratamento de pintura automotiva: um caso industrial. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
10. BOSSARDI, K. Nanotecnologia aplicada a tratamentos superficiais para o aço-carbono 1020 como alternativa ao fosfato de zinco. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

11. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.
12. _____. _____. _____. 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, 2011b
13. CAPRONI, J. M et al. Avaliação da Aplicação da Extração Líquido-líquido na Remoção de Metais Pesados de Águas Residuárias. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 6., 2005, Campinas. Anais Eletrônicos... Campinas: FEQ, 2005.
14. CAVALCANTE, V. A. Avaliação de toxicidade de sedimentos e água contaminados com azocorantes têxteis utilizando *Chironomusxatus* e *Daphniasimilis*. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.
15. CESAR, A. et al. Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição. Santos: Universidade de Santa Cecília, 1997. 37 f.
16. CHISSINI, C. R. C.; ANDRADE, M. Z. Seleção de polieletrólitos para tratamento de efluentes líquidos industriais no processo de floculação. 1997. 34 f. Monografia (Especialização) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 1997 .
17. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Atribuições do CONAMA. [S.l.], 2011
18. COSTA, C. R.; OLIVI P. Aplicação de testes de toxicidade na tratabilidade de efluentes de pesticida. Química Nova. São Paulo, v.31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.
19. DIAS, A. M. P. et al. Avaliação da toxicidade aguda de fluidos de corte utilizados em processos de usinagem usando como organismos-teste *Poeciliareticulata* e *Daphnia magna*. Revista Biotemas, Florianópolis, n. 19, p. 7-13, 2005.
20. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2005. 2 v
21. ENGLERT, A. H. Flotação por Ar Dissolvido (FAD) de Micropartículas, Caracterização de Microbolhas e Medidas de Força de Interação Bolha-Partícula. 2008. 161 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
22. GNECCO, C. et al. Tratamento de Superfícies e Pintura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2003. 96 p.
23. GRAFFITI SOLUTIONS.FISPQ: cleansweep one, Franktown, 2010. 8 p
24. IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: E. Blücher, 1986. 301 p
25. INFOPÉDIA. Carbonato de sódio. Porto: Porto Editora, 2011.
26. KLINTEX INSUMOS INDUSTRIAIS LTDA. FISPQ nº 0042: Saloclean 611, Cachoeirinha, 2010. 5 p.
27. _____. FISPQ nº 0044: Salocoloid 507, Cachoeirinha, 2010. 5 p.
28. _____. FISPQ nº 0041:Salofos 723, Cachoeirinha, 2010. 5 p
29. _____. FISPQ nº 0045:Salotex 903, Cachoeirinha, 2010. 5 p.
30. _____. FISPQ nº 0043:Salomix 301, Cachoeirinha, 2010. 5 p.
31. LIMA, P. Efeitos do tratamento combinado de lodo Ativado e ozonização sobre efluente sanitário. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2007.
32. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2005. 444 p.
33. MARTINS, D. V. R. Avaliação ecotoxicológica de efluentes de celulose branqueada de eucalipto ao longo do tratamento biológico. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.
34. NETO, A. P. et al. Alternativas Para o Tratamento de Efluentes da Indústria Galvânica. Engenharia Sanitária e Ambiental. Minas Gerais, v.13, n. 3, p. 263-270, jul./set. 2008.
35. PEDROSO, W. M. Otimização de uma Estação de Tratamento de Esgoto Industrial de uma Indústria Metalúrgica – Estudo de Caso na Volkswagen – São Bernardo do Campo – SP. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul, 2009.
36. PESTICIDE ACTION NETWORK. In: AquaticEcotoxicity. Base de dados Pesticide. [19--].
37. PONTE, H. A. Tratamento de efluente líquidos de galvanoplastia. Curitiba [20--]. 85 p.
38. REIS, S. M. et al. Investigação dos íons nitrato e nitrito nas águas de abastecimento do campus central e epílogo de campus - UERN no município de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 49., 2009, Porto Alegre. Anais Eletrônicos... Porto Alegre: ABQ, 2009.

39. RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria do meio ambiente. Conselho estadual do meio ambiente. Resolução n ° 01/95, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre o regimento Interno do Conselho Estadual de Meio Ambiente. Porto Alegre, RS, 2006.
40. _____. _____. _____. RESOLUÇÃO CONSEMA N ° 128/2006, de 24 de novembro 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, 2006.
41. _____. _____. _____. RESOLUÇÃO CONSEMA N ° 129/2006, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a definição de Critérios e Padrões de Emissão para Toxicidade de Efluentes Líquidos lançados em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul.. Porto Alegre, 2006.
42. S.A.E.Q.S.A. FISPQ: polielectolito DK-floc, Alfajarin, [20—], 4 p
43. SANTOS, K. C. R. Aplicação de resinas comerciais na remoção do cobre presente em lodos galvânicos. 2006. 127 f
44. SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Atribuições da SEMMA. Caxias do Sul. 2011.
45. SHINZATO, M. C. Remoção de metais pesados em solução por zeólitas naturais: revisão crítica. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, n. 27, p. 65-78, 2007
46. SOUZA, B. M. A. H. Avaliação de processos oxidativos avançados acoplados com carvão ativado granulado com biofilme para reúso de efluentes de refinaria de petróleo. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
47. ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. Ecotoxicidade aquática: Princípios e aplicações. São Carlos: RiMa, 2008. 486 p.