

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

GABRIELA BIANCHINI

REMOÇÃO DE ZINCO EM EFLUENTES DE CERÂMICA BRANCA

CRICIUMA

2017

GABRIELA BIANCHINI

REMOÇÃO DE ZINCO EM EFLUENTES DE CERÂMICA BRANCA

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof^a. MSc. Nadja Zim Alexandre

CRICIUMA

2017

GABRIELA BIANCHINI

REMOÇÃO DE ZINCO EM EFLUENTES DE CERÂMICA BRANCA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em “Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental”.

Criciúma, 21 de junho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Profª MSc. Nadja Zim Alexandre – UNESC – Orientador

Prof. MSc. José Alfredo Dallarmi da Costa – UNESC

Profª MSc. Marta de Souza Hoffmann - UNESC

Dedico este trabalho aos meus pais Paulo Fernando Zanelatto Bianchini e Márcia Regina Zaccaron Bianchini, a minha irmã Paula Bianchini, que foram os alicerces para a minha formação, me apoiando e incentivando em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida. A minha família por toda dedicação e paciência, contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante estes anos.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial a minha professora e orientadora Nadja Zim Alexandre, que não mediu esforços no auxílio à realização deste.

Agradeço também a empresa Propeq Produtos Químicos Ltda pela oportunidade e a todos os funcionários da mesma, que sempre se dispuseram a ajudar. Por fim, agradeço a todos os colegas e aqueles que de forma direta e indireta fizeram parte desta trajetória, tornando-a mais agradável e alegre.

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade estudar a eficiência de remoção do zinco em efluente gerado pela produção de cerâmica branca, utilizando produtos desenvolvidos por uma indústria química. Primeiramente caracterizou-se o efluente de duas indústrias do ramo cerâmico, analisando a presença de zinco no efluente bruto e tratado das mesmas. Com a resposta positiva das análises, realizou-se ensaios de tratabilidade do efluente bruto em escala laboratorial e industrial, com adição do produto Propac Corretor/R. A eficiência foi verificada considerando a redução na concentração de zinco. A partir dos resultados obtidos, foi possível comparar o tratamento utilizando o Propac Corretor/R e o produto convencionalmente utilizado pelas empresas em estudo, sendo ele uma solução a 50% de hidróxido de sódio. Outros ensaios foram realizados, em uma terceira indústria cerâmica, para a verificação da eficiência dos outros produtos comercializados pela empresa fabricante do Propac Corretor/R. Os resultados das análises mostraram que o produto Propac Corretor/R é eficiente para a remoção de zinco em efluentes cerâmicos, apresentando outras características positivas quando em comparação com o hidróxido de sódio. Os resultados para o tratamento do efluente utilizando os produtos fabricados pela Propeq Produtos Químicos também mostraram uma melhor eficiência quando em confronto com aqueles obtidos com os produtos de outros fabricantes.

Palavras-chave: Tratamento de Efluente; Indústria Cerâmica; Metal Pesado.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama esquemático da precipitação de hidróxidos de metais.....	16
Figura 2 – Estação de tratamento de efluentes Empresa 2.....	20
Figura 3 – Local de coleta do efluente bruto da Empresa 1.	21
Figura 4 – Ponto de equalização da Empresa 2.....	22
Figura 5 - Local de coleta do efluente tratado Empresa 2.	22
Figura 6 - pHmetro utilizado para averiguação dos valores de pH.	23
Figura 7 – Teste em <i>Jar Test</i>	25
Figura 8 – Local da dosagem de Propac Corretor/R na Empresa 1.	26
Figura 9 – Fluxograma do processo de tratamento de efluentes na Empresa 1.	26
Figura 10 – Local da dosagem de Propac Corretor/R na Empresa 2.	27
Figura 11 – Fluxograma do processo de tratamento de efluentes da Empresa 2.	27
Figura 12 – Comparação visual entre os flocos formados com a adição de hidróxido de sódio (a) e com adição de Propac Corretor/R (b).	36
Figura 13 - Efluente cerâmico com adição de hidróxido de sódio e Propac Corretor/R.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores típicos de toxicidade (CE50) dos metais ao bioindicador <i>Daphnia magna</i>	14
Tabela 2 - Concentração de zinco na solução de referência com e sem tratamento.	30
Tabela 3 – Resultados obtidos para os efluentes tratados em diferentes níveis de pH, alterados com o Propac Corretor/R.	31
Tabela 4 – Resultados obtidos para efluente bruto e tratado da Empresa 1, sem adição de produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos.	31
Tabela 5 – Resultados obtidos para os testes realizados em planta industrial na Empresa 1.	32
Tabela 6 – Resultados obtidos para efluente bruto e tratado, sem adição de Propac Corretor/R na Empresa 2.....	32
Tabela 7 – Resultados dos testes realizados em planta industrial na Empresa 2.	33
Tabela 8 – Resultados obtidos para o efluente bruto e tratado com adição dos produtos utilizados pela empresa.	33
Tabela 9 – Resultados obtidos com os testes realizados com o efluente bruto da Empresa 3 com 113,33 mg/L de zinco.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA American Public Health Association

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

DCPQ Divisão de Controle de Produtos Químicos

DPF Departamento de Polícia Federal

ICP OES Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma

IPAT Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas

pH Potencial de Hidrogênio

CE50 Concentração Letal CL-50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 ECOTOXICIDADE DO ZINCO	13
2.2 CERÂMICA BRANCA	14
2.3 REMOÇÃO DO ZINCO EM EFLUENTES CERÂMICOS	15
2.4 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA	15
2.5 LEGISLAÇÃO APLICADA.....	17
3 METODOLOGIA	19
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1.1 Área de Estudo	20
3.1.2 Caracterização dos Efluentes	21
3.1.3 Ensaio de tratabilidade	23
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	30
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A água, recurso natural vital para os seres vivos, durante muito tempo foi considerada como sendo infinita devido sua capacidade de autodepuração. Porém, com o crescimento exacerbado dos centros urbanos e da industrialização, este recurso começou a sofrer uma degradação intensa, ao ponto de sua capacidade de se auto depurar ser superada pela carga poluidora lançada.

Nos dias atuais, duas fontes são consideradas como principais na contaminação das águas, uma delas são os microrganismos patogênicos e a outra são os contaminantes químicos, sendo as indústrias, grandes responsáveis pelo lançamento desta última. Este fato, ocorre principalmente pela não existência de tratamento adequado para os seus efluentes que são lançados nos corpos receptores. A indústria cerâmica, por exemplo, possui uma parcela significativa em termos de poluição das águas, havendo em seu efluente alguns contaminantes.

Com o planejamento e o gerenciamento dos sistemas de águas, que de acordo com Malheiros e Philippi Jr (2005), requer o conhecimento de características qualitativas e quantitativas dos efluentes e que juntamente com os aspectos sociais, ambientais, legais e econômicos subsidia qual sistema de tratamento de efluentes deverá ser implantado na indústria, órgãos ambientais cumprem legislações, as quais determinam os níveis de contaminantes permitidos para que os efluentes industriais sejam lançados aos corpos receptores.

Assim sendo, a redução dos níveis de contaminantes nos efluentes gerados pela indústria cerâmica, como por exemplo o zinco, são imprescindíveis para que as mesmas operem dentro das especificidades das legislações, fazendo com que autuações e/ou outros impedimentos relacionados ao não cumprimento dos parâmetros exigidos, não se tornem empecilhos para a indústria.

Com isto, o presente estudo tem como objetivo estudar processos de melhoria da eficiência de remoção da concentração de zinco em efluentes de cerâmica branca, a partir de produtos fabricados por uma indústria química. O estudo se desenvolveu por meio da caracterização do efluente gerado no processo de fabricação cerâmica, bem como a realização da tratabilidade em escala laboratorial e industrial deste efluente com os produtos propostos e os convencionais, para que assim a eficiência e o desempenho da técnica de tratamento apresentada possa ser avaliada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No mundo moderno, conforme Trigueiro (2003), assuntos como meio ambiente e sustentabilidade estão conquistando cada vez mais espaço e prestígio, passando a ser o centro de importantes discussões globais.

Para Silva (2010) a questão da preservação do meio ambiente por empreendimentos industriais começou principalmente pela geração de efluentes líquidos, sendo estes inicialmente lançados em rios e cursos d'água sem muita preocupação com o tratamento adequado para a redução de sua carga poluidora. Assim, com a crescente do índice de industrialização e também com a expansão populacional dos grandes centros urbanos, o nível de diversos poluentes nos corpos hídricos obteve uma ascensão.

Ainda de acordo com Silva (2010), dentre os poluentes lançados nos recursos hídricos, os metais pesados têm gerado uma grande preocupação, pois, apesar de alguns serem biogénicos, ou seja, presença essencial ao funcionamento de algumas rotas metabólicas, muitos acima de determinadas concentrações, tornam-se extremamente perigosos ao serem introduzidos na cadeia alimentar, contaminando organismos consumidos pelo homem.

Metal pesado é o termo aplicado aos átomos que apresentam densidade atômica superior a 6g/cm^3 e ocupam as colunas centrais da Tabela Periódica. Apesar da grande abrangência, este termo é usualmente aplicado a elementos como Cadmio, Crômio, Cobre, Mercúrio, Níquel, Chumbo, Zinco, cuja presença está normalmente associada a problemas relacionados com poluição e toxicidade (SILVA, 2010, p.8).

Os metais pesados representam um grande problema quando presentes em efluentes e a necessidade de descontaminação resulta da natureza tóxica e não biodegradável destas espécies metálicas, as quais, quando dispostas mesmo em pequenas concentrações podem alterar as características físico-químicas da água, reduzir a biodiversidade e contaminar os organismos vivos (AMORIM, 2000; SILVA, 2010).

Para Aguiar et al. (2002) estes organismos vivos, muitas vezes são os responsáveis pela regeneração das águas através da decomposição dos metais nela lançados, o que evita o processo de eutrofização, porém os metais pesados exercem uma ação tóxica nestes organismos, reduzindo a capacidade autodepurativa das águas.

Segundo Amorim (2000) os metais pesados podem se acumular no leito dos sedimentos, no meio aquático podendo apresentar-se na forma dissolvida (íons simples ou complexos, quelatos organometálicos não ionizados ou complexados, entre outros), ou ainda, como partículas em suspensão (hidróxidos, óxidos, silicatos e outros), podendo alcançar elevadas concentrações, particularmente nos locais próximos ao ponto de descartes dos efluentes.

Quando a concentração dos metais pesados lançados no meio ambiente por inúmeros processos industriais é maior que os níveis determinados pelos órgãos competentes, todas as consequências oriundas da presença destas substâncias metálicas nos efluentes começam a ocorrer, iniciando-se um processo de degradação, tendo por consequência sérios prejuízos ao bem-estar dos seres vivos em geral e à saúde humana (HAYASHI, 2000 apud SILVA, 2010)

Deste modo, o tratamento de efluentes contendo tais espécies poluidoras tornou-se indispensável e com isso, de acordo com Moura (2001), o desenvolvimento tecnológico e industrial fez com que a comunidade científica buscasse novas técnicas de prevenção e controle da poluição, tentando oferecer ao homem a possibilidade da continuidade de uso de muitos recursos naturais.

Dentre os metais considerados pesados encontra-se o zinco, o qual existe na natureza podendo ser encontrado no ar, solo e na água nas formas de óxidos, carbonatos, sulfatos e outros (NUNES, 2005).

Apesar de estar presente em diversos biomas, para Silva (2002), o zinco pode ser considerado um metal raro na natureza, pois não é de conhecimento a existência de demasiados depósitos naturais deste elemento, como o cobre, por exemplo. Ainda de acordo com Silva (2002) o zinco é obtido a partir de uma série de minerais extraídos sob as mais diferentes formas e atualmente é comercializado sob a forma de carbonatos e sulfetos.

Lenzi et.al (2011), dizem que para as plantas, o zinco pode atrofiar o crescimento das mesmas bem como diminuir a produtividade dos frutos. Considerando o ambiente aquático, de acordo com Nunes (2005), o zinco aparece principalmente depositado nos sedimentos, porém é comum encontra-lo em quantidades menores dissolvido ou em suspensão na água, podendo, em função da concentração, originar uma cor esbranquiçada na mesma. Segundo Azevedo (2003) citado por Nunes (2005, p.39), o nível de zinco dissolvido na água pode aumentar à medida que a acidez da

água aumenta, e alguns peixes e crustáceos podem bioacumulá-lo, passando assim para a cadeia alimentar, atingindo outros animais.

Para o ser humano, o excesso de zinco pode acarretar outros sintomas, como um sabor metálico na boca, dores de cabeça, vômitos e diarreia. Níveis elevados de zinco podem também reduzir a eficácia de antibióticos e de outros medicamentos (MILNER, 2015).

Silva (2010), afirma que o zinco é utilizado em diversos ramos da indústria, sendo sua principal consumidora a área de galvanoplastia, isso devido suas propriedades químicas e metalúrgicas, o que acarreta a geração de resíduos sólidos e líquidos.

O tratamento químico mais utilizado atualmente para a remoção deste metal pesado em efluentes é a precipitação e este se mostra eficiente, pois consegue um efluente final contendo valores inferiores aos limites máximos exigidos pela legislação brasileira vigente (SILVA, 2010, p.13).

A Legislação Brasileira através da Resolução CONAMA n° 430 de 13 de maio de 2011 estabelece como limite máximo para emissão de zinco em lançamento de efluentes o valor de 5,0 mg/L (BRASIL, 2011, p.5), valendo ressaltar que no Estado de Santa Catarina por meio da Lei 14.675 de 13 de abril de 2009 este limite é reduzido à 1,0mg/L (SANTA CATARINA, 2009, p.62).

2.1 ECOTOXICIDADE DO ZINCO

Para Knie e Lopes (2004) os testes ecotoxicológicos começaram a ser utilizados em meados do século XIX na Europa e nos Estados Unidos, com a finalidade de prever os impactos ambientais causados pelos produtos químicos despejados nos ecossistemas aquáticos.

A escolha do organismo *Daphnia magna* para a realização de ensaios de ecotoxicidade é devido a sua boa capacidade de detectar agentes químicos e biológicos, como metais pesados e xenobióticos (KNIE; LOPES, 2004)

Os resultados destes ensaios de ecotoxicidade conforme Knie e Lopes (2004), são determinados pela observação da motilidade dos bioindicadores expostos a diferentes diluições-teste ou pela concentração efetiva mediana (CE50) e percentual de mortandade (%). A CE50 é definida como a concentração do composto que causa a mortandade de 50% dos organismos durante o período de exposição.

Na tabela 1 são apresentadas as concentrações normalmente encontradas de CE50 para o bioindicador *Daphnia magna*, reportadas na literatura. Os valores de CE50 são descritos para os metais zinco, boro, chumbo, cromo, manganês e o alumínio que de acordo com Nunes (2005) são elementos utilizados na composição dos revestimentos cerâmicos e comumente estão presentes em efluentes deste tipo de empreendimento.

Tabela 1- Valores típicos de toxicidade (CE50) dos metais ao bioindicador *Daphnia magna*.

Metal	CE50 (mg/l)	Referências
Zinco	0,068 - 2,8	Mount,D.I.; Norberg, T.J. (1984) e Bowmer, C.T. et al. (1998).
Chumbo	3,6 - 5,3	Mount,D.I.; Norberg, T.J. (1984).
Cromo	0,019 - 0,341	Dorn, P.B. et al. (1993).
Alumínio	3,9 - 59,6	Biesinger & Christensen (1972) e Khangarot & Ray (1989).
Sulfato de Alumínio	38,2	Kimball, G. (1978)
Boro	<52 - 226	Anderson (1946).; NAPM (1974) e Lewis & Valentine (1981).
Manganês	40	Bowmer, C.T. et al (1998).
Ferro	2,23 - 3,42	Khangagarot & Ray (1989).
Sulfato de Manganês	15,2 - 42,2	Cabejszek, I.; Stasiak, M. (1960) e Kimball, G. (1978).

Fonte: Pesticideinfo, Inchem, 2005 apud Nunes, 2005, p.41.

2.2 CERÂMICA BRANCA

Os pavimentos ou revestimentos cerâmicos conhecidos são peças constituídas por um suporte de natureza argilosa e porosidade variável, podendo ter ou não cobertura vítrea (MODESTO; MENEGALLI, 2000).

De acordo com Modesto e Menegali (2000), a fabricação dos pavimentos e revestimentos cerâmicos tem passado por variações consideráveis e contínuas durante os últimos anos, o que tem repercutido na maior automatização do processo e numa melhoria da qualidade do produto.

Segundo Nunes (2005), os processos de fabricação de cerâmica branca tradicionais, possuem as seguintes fases: moagem da matéria prima, atomização, conformação da peça, secagem, esmaltação e queima, sendo que efluentes são gerados nas fases de preparação de massa e esmaltação.

Os efluentes do processo de produção de pisos cerâmicos contêm grande concentração de material suspenso provenientes da argila, matéria orgânica e metais, provenientes dos insumos utilizados no processo de esmaltação e dos corantes. Os constituintes e concentrações variam de acordo com a matéria-prima empregada e com o segmento do setor cerâmico, tornando necessária a avaliação de cada caso em particular. (MORUZZI; SANTOS; GENISELLI, 2009, p.1)

2.3 REMOÇÃO DO ZINCO EM EFLUENTES CERÂMICOS

Para minimizar o efeito no meio ambiente dos metais pesados advindos do descarte de efluentes industriais contaminados, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas em busca de novos métodos e tecnologias de baixo custo e de maior eficiência para removê-los, sendo que estas mudam consideravelmente devido, principalmente, as regulamentações ambientais (AGUIAR et al., 2002; SILVA, 2010).

As formas em que os metais se encontram em solução, determinam o tratamento específico a ser escolhido ou a adaptação de um tratamento convencional. A remoção dos metais pesados presentes em efluentes industriais pode ser feita por meio de diversos processos, tais como precipitação por via química, osmose reversa, adsorção em carvão ativado ou alumina e oxi-redução, (AGUIAR et al., 2002, p.1146).

De acordo com Peters (1985) citado por Costa (2007, p.1) dos diversos tipos de processos para tratar efluentes líquidos contendo metais pesados, o mais utilizado é a precipitação química de hidróxidos, carbonatos, sulfetos e óxidos, que obtém, geralmente, alta eficiência de remoção destes metais em águas industriais.

O método de precipitação química pode ser utilizado para a remoção de zinco em efluentes cerâmicos, pois de acordo com Azevedo (2003) citado por Nunes (2005), a precipitação dos compostos solúveis deste metal será significativa quando o efluente se encontrar muito poluído.

Isto ocorre, porque quando em águas com valores baixos de pH e não contaminadas, o zinco permanece como íon livre e tende a ser adsorvido e transportado por sólidos suspensos. Em águas contaminadas onde a concentração de zinco é alta, a remoção deste metal é possível por meio da precipitação química, particularmente quando o pH é maior que 8,0 (AZEVEDO, 2003 apud NUNES, 2005, p.43).

2.4 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA

De acordo com Bella (2013), a precipitação química é um método deveras utilizado em escala industrial por ser relativamente simples e ter um custo operacional baixo.

O método de precipitação é utilizado em efluentes inorgânicos, onde, com a adição de um produto alcalino, há a reação entre este e os íons metálicos dissolvidos,

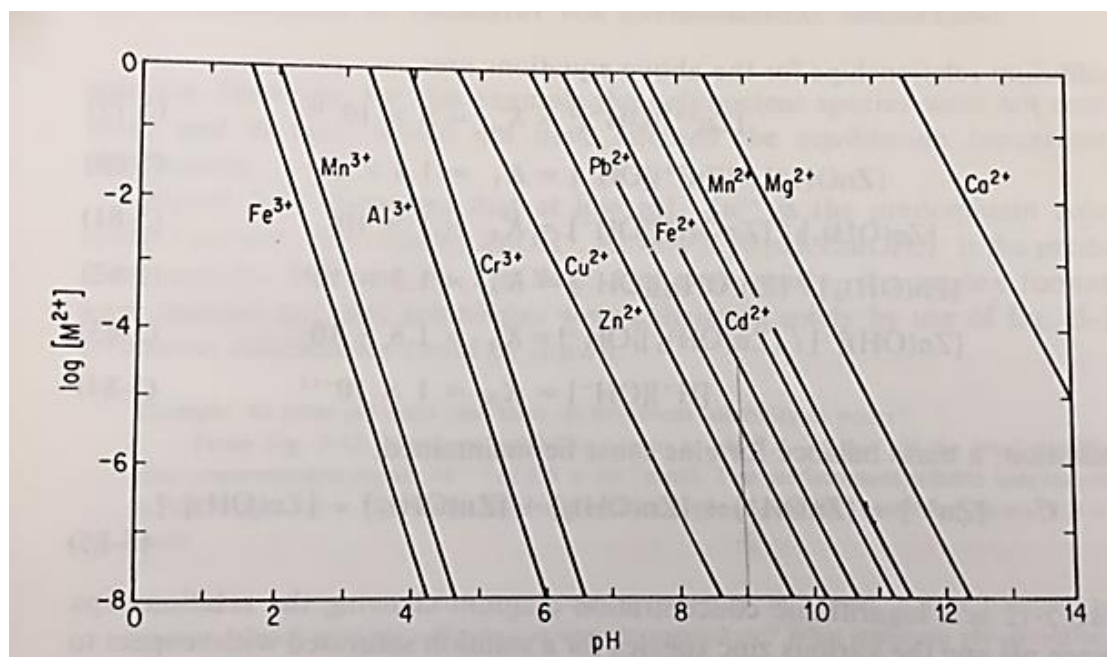
convertendo-os a um precipitado insolúvel, podendo este ser removido por sedimentação ou filtração. Geralmente, os metais se precipitam em forma de hidróxidos (BELLA, 2013).

Todo método possui suas desvantagens. A precipitação química, por exemplo, pode apresentar reações paralelas, devido à composição química do efluente. Também é necessário estabelecer a dosagem correta do agente precipitante para que não se tenha uma redução na eficiência do tratamento, e acabe formando hidrocomplexos solúveis (FRANCO et.al, 2015).

Para que este processo ocorra de maneira apropriada, no que se refere aos metais, deve-se determinar a sua espécie química destes, como também sua solubilidade ou precipitação, onde as mesmas dependem de fatores físicos e químicos, como pH e potencial redox (Eh) (SALOMONS et al., 1995).

Heck (2007) afirma que a ampla faixa de pH sobre a qual os metais se precipitam como hidróxidos (figura 1), permite que com controle adequado nos valores de pH se separe os diferentes cátions de uma solução. Assim, pode-se precipitar tanto a impureza indesejada, quanto o metal de valor.

Figura 1 – Diagrama esquemático da precipitação de hidróxidos de metais.



Fonte: Sawyer e McCarty, 1978, p.195.

2.5 LEGISLAÇÃO APLICADA

No que diz respeito aos efluentes industriais, o Ministério do Meio Ambiente no dia 13 de maio de 2011, decretou a Resolução nº 430 do CONAMA que de acordo com seu Art. 1º dispõe sobre condições, parâmetros e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2011).

Ainda de acordo com a Resolução nº 430 do CONAMA, seu Art. 3º determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na mesma e em outras normas aplicáveis (BRASIL, 2011, p.1).

Os padrões exigidos pela Resolução nº430 do CONAMA, estão no Art. 16º, onde para o presente estudo são utilizados aqueles referentes ao pH e zinco, sendo determinado para o pH valores entre 5 e 9 e para zinco concentrações máxima de 5mg/L (BRASIL, 2011, p.4).

Referindo-se ainda aos efluentes gerados industrialmente, de acordo com a Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009 a qual institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina e ressalva a competência da União e dos Municípios e estabelece normas aplicáveis ao Estado de Santa Catarina, visando à proteção e à melhoria da qualidade ambiental de seu território, em seu Art. 177º dispõe que os efluentes somente poderão ser lançados direta ou indiretamente nos corpos receptores quando obedecerem às condições previstas nas normas federais e as previstas na própria Lei. Os valores atribuídos para pH e zinco pela Lei Estadual, são entre 6 e 9 para pH e no máximo de 1mg/L para o zinco (SANTA CATARINA, 2009).

Além das legislações aplicáveis aos efluentes gerados, existem aquelas que são praticadas para o consumo de alguns agentes químicos utilizados no tratamento destes, como alguns alcalinizantes citados pela Portaria nº 1.274 de 25 de agosto de 2003 em seu anexo I, podendo ser eles o hidróxido de sódio e o carbonato de sódio, por exemplo (BRASIL, 2003, p.2).

A Polícia Federal com o auxílio da Divisão de Controle e Fiscalização de Produtos Químicos (DCPQ), controla e fiscaliza todo o processo desde a fabricação até a utilização de produtos químicos que possam ser utilizados como insumo na elaboração de drogas ilícitas, os quais estes alcalinizantes utilizados no tratamento de

efluentes podem ser enquadrados, cumprindo a Lei Federal nº 10.357 de 2001 (BRASIL, 2001).

A fiscalização prevista pela Lei Federal nº 10.357 é realizada de maneira em que pessoa física ou jurídica, que irá fazer uso de um dos produtos listados na Portaria nº1.274, deverá se cadastrar e requerer licença de funcionamento ao Departamento de Polícia Federal (DPF) (BRASIL, 2001).

Conforme descrito pela Portaria nº1.274, para a obtenção da licença pelo DPF, a pessoa física ou jurídica, deverá levar alguns documentos listados por aquela, bem com apresentar o comprovante do recolhimento da taxa de controle e fiscalização de produtos químicos, a qual possui valor tabelado, sendo eximidos alguns casos previstos por esta mesma Portaria (BRASIL, 2003).

3 METODOLOGIA

O presente estudo faz parte da linha de pesquisa e extensão “Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental” do Curso de Engenharia Ambiental.

No que diz respeito a classificação, a presente pesquisa se enquadra como explicativa, que de acordo com Gil (2002) preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, sendo que o tipo de procedimento da pesquisa em questão é o experimental.

Para Gil (2002) a pesquisa experimental busca determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo e definir formas de controle e observação dos efeitos causados neste objeto.

Com este ideal, a natureza da pesquisa fica alocada dentro dos conceitos de pesquisa aplicada, que de acordo com Gerhardt e Silveira (2009) tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. A problemática aqui descrita, será abordada de forma qualitativa

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros, (FONSECA, 2002 apud GERHARDT, SILVEIRA, 2009, p.33).

Uma pesquisa de cunho experimental como a presente, segue um planejamento rigoroso e suas etapas, que segundo Trivinos (1987), iniciam-se pela formulação exata do problema e das hipóteses, que delimitam as variáveis precisas e controladas que atuam no fenômeno a ser estudado.

Sendo assim, para Fonseca (2002) citado por Gerhardt e Silveira (2009) este tipo de pesquisa seleciona grupos de assuntos que se coincidem e realiza diferentes tratamentos, analisando as variáveis estranhas e verificando as diferenças observadas, para determinar se as mesmas são significantes.

A pesquisa experimental pode ser desenvolvida em laboratório (onde o meio ambiente criado é artificial) ou no campo (onde são criadas as condições de manipulação dos sujeitos nas próprias organizações, comunidades ou grupos) (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.1 Área de Estudo

O trabalho iniciou-se com a realização de levantamento de informações em indústrias cerâmicas localizadas no Sul de Santa Catarina, visando à obtenção de dados relacionados à dificuldade de remoção do componente zinco de seus efluentes.

Foram selecionadas duas das empresas visitadas, sendo estas, aquelas que mais apresentaram problemas com relação ao atendimento do padrão fixado na legislação ambiental para o parâmetro de interesse.

A dificuldade de remoção do zinco do efluente de cada uma das duas empresas, as quais para este estudo, serão identificadas como Empresa 1 e Empresa 2 (figura 2), foi detectada observando-se as análises históricas do efluente bruto e tratado, bem como em conversa com os responsáveis pelas estações de tratamento de efluentes.

Figura 2 – Estação de tratamento de efluentes Empresa 2.



Fonte: Da autora, 2017.

3.1.2 Caracterização dos Efluentes

A coleta do efluente bruto na Empresa 1, ocorreu na calha do ponto de equalização do efluente gerado pela esmaltação e preparação de esmalte conforme figura 3, isso porque o zinco advém principalmente dos esmaltes, engobes e fritas cerâmicas usadas durante o processo. Vale salientar que esta empresa possui três pontos de equalização, o que não permite que todo o efluente gerado seja analisado de maneira conjunta.

Figura 3 – Local de coleta do efluente bruto da Empresa 1.



Fonte: Da autora, 2017.

Na Empresa 2, a coleta da amostra do efluente bruto foi realizada na calha Parshall a montante do sistema de tratamento dos efluentes líquidos gerados no processo de esmaltação e preparação de esmalte, já havendo uma equalização deste efluente anteriormente, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Ponto de equalização da Empresa 2.



Fonte: Da autora, 2017.

Amostras do efluente tratado em ambas as empresas também foram coletadas, sendo o local da Empresa 1 antes do filtro prensa e na Empresa 2 a saída do tanque de retenção do efluente tratado, como observa-se na figura 5.

Figura 5 - Local de coleta do efluente tratado Empresa 2.



Fonte: Da autora, 2017.

As quatro amostras foram encaminhadas ao Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) para realização da análise de concentração de zinco conforme a metodologia de espectrometria de emissão óptica com plasma (ICP – OES), através do método 3120 B, preconizado pela APHA (2012).

Valores de pH foram aferidos no laboratório industrial da empresa Propeq Produtos Químicos, utilizando-se pHmetro digital (figura 6) devidamente calibrado conforme manual de instrução do equipamento.

Figura 6 - pHmetro utilizado para averiguação dos valores de pH.



Fonte: Da autora, 2017.

3.1.3 Ensaio de tratabilidade

3.1.3.1 Escala laboratorial

O produto Propac Corretor/R, desenvolvido pela empresa Propeq Produtos Químicos é um produto inorgânico a base de aluminato de sódio, criado para auxiliar na remoção das concentrações de ferro e manganês em efluentes advindos da drenagem ácida de mina.

Havendo resultados positivos para a finalidade inicial, por meio de testes já realizados pela empresa, se propôs a utilização do Propac Corretor/R na tratabilidade de efluentes contendo zinco, sabendo que ambos elementos, ferro, manganês e o zinco possuem a mesma família química, ou seja, os metais pesados.

Em laboratório, buscou-se averiguar a eficiência do produto na remoção das concentrações de zinco, adicionando-se uma quantidade aleatória de óxido de zinco em água potável, dividindo esta solução em dois recipientes.

O primeiro foi reservado e o segundo recebeu dosagem do produto em avaliação Propac Corretor/R, coagulante a base de sulfato de alumínio e floculante, ambos também produzidos pela empresa Propeq, para auxílio da sedimentação dos flocos formados. As duas amostras foram levadas imediatamente ao laboratório do IPAT, para a determinação das concentrações de zinco e posterior avaliação.

Após obter resultados com o Propac Corretor/R, coletou-se amostras do efluente da Empresa 1 em bombonas plásticas de 5 litros, para a realização da tratabilidade deste efluente, a fim de determinar qual concentração de Propac Corretor/R necessária para a obtenção de determinada faixa de pH e também averiguar a eficiência na remoção da concentração de zinco nos diferentes pH obtidos. Ensaios foram realizados em *Jar Test*, contendo três reatores com capacidade de dois litros cada um, conforme figura 7.

A amostra do efluente foi inserida em cada um dos reatores, realizando-se diferentes dosagens do produto em análise. Vale salientar, que os outros reagentes químicos, coagulante e floculante utilizados para os testes, são os fabricados e comercializados pela empresa Propeq Produtos Químicos e suas dosagens mantiveram-se iguais em todas as provas realizadas.

Após a dosagem dos produtos, aguardou-se a sedimentação dos flocos. O efluente clarificado, ou seja, o sobrenadante, foi encaminhado no mesmo dia ao laboratório do IPAT para a determinação da concentração de zinco. Com isto, selecionou-se a dosagem ideal de Propac Corretor/R para a obtenção de determinadas faixas de pH.

Figura 7 – Teste em *Jar Test*.



Fonte: Da autora, 2017.

3.1.3.2 Escala Industrial

Após a obtenção de resultados laboratoriais, foi realizado o tratamento dos efluentes nas empresas 1 e 2, aplicando-se as dosagens determinadas no ensaio laboratorial, conforme a faixa de pH final desejada.

É importante salientar que a adição do Propac Corretor/R, não exime o tratamento completo do efluente, ou seja, ainda é necessária a realização de dosagem de coagulante e floculante.

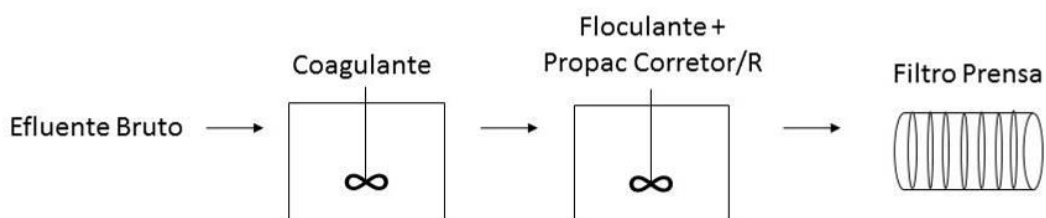
A dosagem do Propac Corretor/R na Empresa 1 foi realizada no tanque de retenção do efluente já tratado (figura 8), sendo a mesma realizada de maneira semi-contínua, ou seja, acontece quando a bomba de alimentação do tanque é acionada. A dosagem antecipada ocorreu, devido ao fato do coagulante possui um teor ácido, o que acarreta a redução do pH. Portanto, o produto Propac Corretor/R foi adicionado juntamente com a do floculante, fazendo também o ajuste de pH. A figura 9 apresenta um fluxograma da sequência das etapas do tratamento de efluentes da Empresa 1.

Figura 8 – Local da dosagem de Propac Corretor/R na Empresa 1.



Fonte: Da autora, 2017.

Figura 9 – Fluxograma do processo de tratamento de efluentes na Empresa 1.



Fonte: Da autora, 2017.

Na Empresa 2 a dosagem aconteceu da mesma maneira, porém anteriormente a adição dos outros reagentes químicos (figura 10), ou seja, o efluente bruto recebe diretamente a dosagem do produto Propac Corretor/R. Isto ocorre, pois o efluente bruto nesta empresa é mais acidificado e a adição de coagulante acarretaria na diminuição de pH, gerando um maior consumo de Propac Corretor/R para a alteração deste.

Com o efluente bruto possuindo um menor pH, o mesmo é alterado com a dosagem de Propac Corretor/R e posteriormente regulado com a adição do

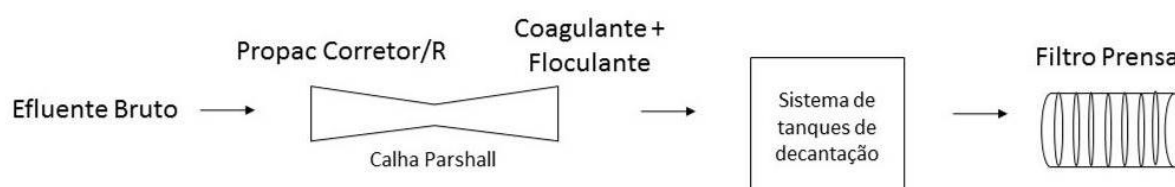
coagulante, o qual tem teor ácido e diminui os valores de pH. A figura 11 apresenta o fluxograma do processo de tratamento de efluentes da Empresa 2.

Figura 10 – Local da dosagem de Propac Corretor/R na Empresa 2.



Fonte: Da autora, 2017.

Figura 11 – Fluxograma do processo de tratamento de efluentes da Empresa 2.



Fonte: Da autora, 2017.

Em ambas as empresas deixaram-se o produto Propac Corretor/ R dosando por oito dias. Primeiramente, determinou-se uma dosagem, a qual ocorreu durante os quatro primeiros dias, até que a estação se estabilizasse e amostra do efluente tratado pudesse ser coletada. Após a coleta da amostra, a dosagem de Propac Corretor/R foi elevada, para que assim pudesse se avaliar o comportamento do produto na remoção de zinco em efluente com pH mais elevado. Da mesma maneira que a dosagem anterior, esta ficou trabalhando durante quatro dias, sendo então coletada amostra do efluente tratado.

Ressalta-se que juntamente com a coleta do efluente tratado, coletou-se também amostra do efluente bruto, sendo estas encaminhadas no mesmo instante para o laboratório do IPAT.

3.1.3.3 Ensaio Complementares

No decorrer do desenvolvimento deste estudo, uma terceira empresa procurou auxílio para a realização de uma avaliação do seu efluente, devido à dificuldade para obtenção dos valores permitidos pela legislação vigente para concentrações de zinco.

Primeiramente coletou-se amostra do efluente bruto desta empresa, a qual denominou-se de Empresa 3. Este efluente, advém dos setores de preparação de esmalte e da limpeza das linhas de esmaltação das fábricas, isso porque esta empresa possui três unidades e todo o efluente gerado pelas mesmas é mandado para uma única estação de tratamento.

A coleta do efluente bruto foi feita na entrada do tanque de equalização. O efluente tratado, com adição de coagulante, floculante e alcalinizante foi coletado na canalização de entrada do filtro prensa. Ambas as amostras foram levadas de imediato ao laboratório do IPAT para a determinação da concentração de zinco.

Após a obtenção dos resultados analíticos do efluente bruto e tratado, coletou-se em bombonas plásticas de 5L amostras do efluente bruto da Empresa 3, para a realização de testes laboratoriais.

A empresa em questão disponibilizou amostras dos produtos utilizados pela mesma até o devido momento, sendo eles: coagulante, floculante e alcalinizante, para que ensaios de comparação entre estes produtos e os produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos, alvo do presente estudo, fossem desenvolvidos.

Em laboratório, com o auxílio de um *Jar Test*, realizaram-se três diferentes ensaios com a amostra do efluente bruto coletado. O primeiro deles ocorreu de maneira a tratar o efluente com a adição dos produtos disponibilizados pela Empresa 3.

No segundo ensaio, realizou-se a troca do alcalinizante utilizado na Empresa 3 pelo produto Propac Corretor/R e o terceiro teste utilizou apenas os produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos.

Amostras tratadas obtidas nos três testes foram encaminhadas ao IPAT para determinação da concentração de zinco, sendo registrado também os valores de pH.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Para averiguar a eficiência do produto Propac Corretor/R na remoção de zinco, realizou-se teste em escala laboratorial, utilizando como referência uma solução preparada a partir da adição aleatória de óxido de zinco em água potável. Esta solução foi tratada por processo físico-químico ou clarificação química, utilizando Propac Corretor/R seguido da adição de coagulante e floculante comercializados pela Propeq Produtos Químicos.

O uso do Propac Corretor/R teve por objetivo elevar o pH de 7,0 para 9,0. Após a decantação foi determinada a concentração de zinco. Os resultados da solução sem e com o tratamento se encontram na tabela 2.

Tabela 2 - Concentração de zinco na solução de referência com e sem tratamento.

Solução de Referência	pH	Concentração de Zinco (mg/L)
Sem tratamento	7,0	860,98
Com tratamento	9,0	2,12

Fonte: Da autora, 2017.

Os resultados obtidos com a solução de referência propiciaram a continuidade do estudo, realizando-se os testes com efluente cerâmico em escala laboratorial e posteriormente em escala industrial. Neste caso, utilizou-se como referência as dosagens e os produtos químicos utilizados regularmente pelas empresas selecionadas.

Na tabela 3, são apresentados os resultados dos ensaios de tratabilidade em escala laboratorial do efluente coletado na Empresa 1. A variação de pH foi obtida com a diferenciação na dosagem do Propac Corretor/R.

Tabela 3 – Resultados obtidos para os efluentes tratados em diferentes níveis de pH, alterados com o Propac Corretor/R.

Efluente	pH	Propac Corretor/R (mg/L)	Concentração de Zinco (mg/L)
Bruto	7,0	-	28,70
Tratado 01	8,0	0,10	0,14
Tratado 02	8,5	0,20	0,05
Tratado 03	9,0	0,30	<0,01

Fonte: Da autora, 2017.

É possível perceber que com o acréscimo do pH e também da dosagem realizada, a concentração de zinco diminui, havendo quase um valor zero em pH 9,0, o qual é o limite máximo permitido para a legislação do estado de Santa Catarina (Lei 14.675/09).

Para avaliar a eficácia do tratamento proposto, realizou-se o ensaio com os produtos e dosagens praticados na Empresa 1, cujos resultados podem ser verificados na tabela 4. Neste caso, o pH foi elevado até 9,5 utilizando como alcalinizante solução de hidróxido de sódio a 50%, conforme procedimento adotado na empresa em questão.

Tabela 4 – Resultados obtidos para efluente bruto e tratado da Empresa 1, sem adição de produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos.

Efluente	pH	VMP	Concentração de Zinco (mg/L)	VMP (mg/L)
Bruto	7,0	6,0 a 9,0	83,00	1,00
Tratado	9,5	6,0 a 9,0	1,58	1,00

Fonte: Da autora, 2017.

Nota: VMP - Lei nº14.765 de 13 de abril de 2009 (Código Estadual do Meio Ambiente)

Com estes resultados e considerando que tanto a concentração de zinco, quanto o valor de pH do efluente tratado se encontravam acima dos padrões fixados pela legislação do Estado de Santa Catarina (Lei nº 14675/2009), foi sugerido a troca de todos os produtos químicos utilizados no tratamento de efluentes, começando assim a se fazer uso dos produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos.

Após a autorização da direção da Empresa 1 e com base nos resultados apresentados na tabela 03, a adição do Propac Corretor/R, do coagulante e do floculante foram ajustados em planta industrial. O coagulante e floculante foram

dosados de maneira a atingir um resultado satisfatório para as condições do efluente bruto e para o Propac Corretor/R, levou-se em consideração as dosagens dos primeiros testes realizados em escala laboratorial, para que assim, a alteração do pH não se desse de forma demasiada e conseqüentemente o consumo do produto não ocorresse de maneira desnecessária.

Deixou-se o produto Propac Corretor/R sendo dosado durante 8 dias, sendo que nos 4 primeiros dias, a dosagem foi regulada de maneira a manter o pH do efluente em 7,5. Nos outros 4 dias, a dosagem foi aumentada de forma e se obter pH 8,5. Foram obtidas amostras do efluente bruto e tratado nas duas condições de pH. Os resultados se encontram na tabela 5.

Tabela 5 – Resultados obtidos para os testes realizados em planta industrial na Empresa 1.

Efluente	pH	Propac Corretor/R (mg/L)	Concentração de Zinco (mg/L)
Bruto (4º dia)	7,0	-	72,00
Tratado	8,0	0,10	4,00
Bruto (8º dia)	7,5	-	96,00
Tratado	8,5	0,20	0,26

Fonte: Da autora, 2017.

Pode-se constatar que os resultados obtidos com o valor de pH 8,5, foram satisfatórios quando se referindo a legislação vigente.

Os testes na Empresa 2 ocorreram da mesma maneira que os realizados na Empresa 1, onde primeiramente obteve-se valores para o efluente bruto e tratado sem a adição do produto Propac Corretor/R, porém já utilizando o coagulante e floculante comercializados pela Propeq Produtos Químicos (tabela 6).

Tabela 6 – Resultados obtidos para efluente bruto e tratado, sem adição de Propac Corretor/R na Empresa 2.

Efluente	pH	Concentração de Zinco (mg/L)
Bruto	7,5	24,60
Tratado s/ adição	7,0	7,57

Fonte: Da autora, 2017.

Posteriormente, adicionou-se ao sistema de tratamento de efluentes da Empresa 2 a dosagem do Propac Corretor/R, realizando-a no intervalo de tempo de 8 dias, com diferentes dosagens para a obtenção de pH distintos (tabela 7).

Tabela 7 – Resultados dos testes realizados em planta industrial na Empresa 2.

Efluente	pH	Propac Corretor/R (mg/L)	Concentração de Zinco (mg/L)
Bruto (4º dia)	6,0	-	58,55
Tratado	7,5	0,3	1,16
Bruto (8º dia)	7,0	-	17,1
Tratado	8,0	0,2	0,46

Fonte: Da autora, 2017.

Observa-se nos valores que constam na tabela 7 que os resultados alcançados foram satisfatórios na redução das concentrações de zinco, sendo que mantendo o pH em 8,0 o efluente atende seguramente o valor estabelecido pela Lei Estadual nº 14.675/2009.

Para efeito de comparação foram realizados testes em escala laboratorial no efluente de uma terceira empresa (Empresa 3). A tabela 8 mostra os resultados obtidos no ensaio com os produtos que vinham sendo utilizados regularmente pela empresa em sua planta de tratamento.

Primeiramente, realizou-se um levantamento dos produtos utilizados até o período em questão pela Empresa 3, obtendo-se resultados para o efluente bruto e tratado com adição destes produtos, sendo eles coagulante, floculante e hidróxido de sódio em solução de 50%, nesta sequência.

Vale salientar que as amostras foram coletadas diretamente do sistema de tratamento industrial.

Tabela 8 – Resultados obtidos para o efluente bruto e tratado com adição dos produtos utilizados pela empresa.

Efluente	pH	Concentração de Zinco (mg/L)
Bruto	7,0	98,76
Tratado	8,0	5,84

Fonte: Da autora, 2017.

Com as análises realizadas, submeteu-se o efluente bruto da Empresa 3, o qual apresentou valores para concentração de zinco de 113,33 mg/L, aos ensaios em escala laboratorial. Foram realizados três testes distintos.

No primeiro, adicionaram-se os produtos utilizados pela empresa amostrada sendo eles: coagulante, floculante e solução de hidróxido de sódio como alcalinizante até obtenção de pH 8,5 (teste 1). No segundo teste, utilizaram-se os mesmos produtos, porém trocando o hidróxido de sódio pelo produto Propac Corretor/R (teste 2) e finalmente, no terceiro teste, utilizou-se todos os produtos comercializados pela Propeq Produtos Químicos (teste 3). Vale salientar que em todos os três testes o pH final foi de 8,5 e que as dosagens apontadas são aquelas que apresentaram melhor resultado de efluente final. Os resultados obtidos são os apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados obtidos com os testes realizados com o efluente bruto da Empresa 3 com 113,33 mg/L de zinco.

	Coagulante (mg/L)	Floculante (mg/L)	Produto Auxiliar (mg/L)	Concentração de Zinco Efluente Tratado (mg/L)
Teste 1	0,8	0,4	NaOH 0,1	6,10
Teste 2	0,8	0,4	Propac Corretor/R 0,2	1,57
Teste 3	0,4	0,2	Propac Corretor/R 0,2	0,09

Fonte: Da autora, 2017.

O fato da dosagem do coagulante e floculante comercializado pela Propeq Produtos Químicos ter sido menor, ocorre devido ao seu maior poder de coagulação e floculação, como também a melhor interação entre os dois produtos, gerando assim menor custo na aquisição destes produtos. Ressalta-se que o coagulante tem um teor ácido mais elevado que o utilizado pela Empresa 3, assim sendo, a dosagem de Propac Corretor/R torna-se igual, mesmo em dosagens menores de coagulante.

Pode-se verificar que o produto Propac Corretor/R é eficiente no auxílio da remoção do zinco presente nos efluentes cerâmicos.

Uma comparação entre os produtos testados, considerando que as empresas 1 e 3, utilizavam hidróxido de sódio, verificou-se que as concentrações de zinco obtidas com Propac Corretor/R, em mesmo valor de pH, são menores que aquelas obtidas com a adição de hidróxido de sódio. Esta condição sugere que o

produto Propac Corretor/R tem uma maior eficiência, no que diz respeito à precipitação de metais em meio com pH similar.

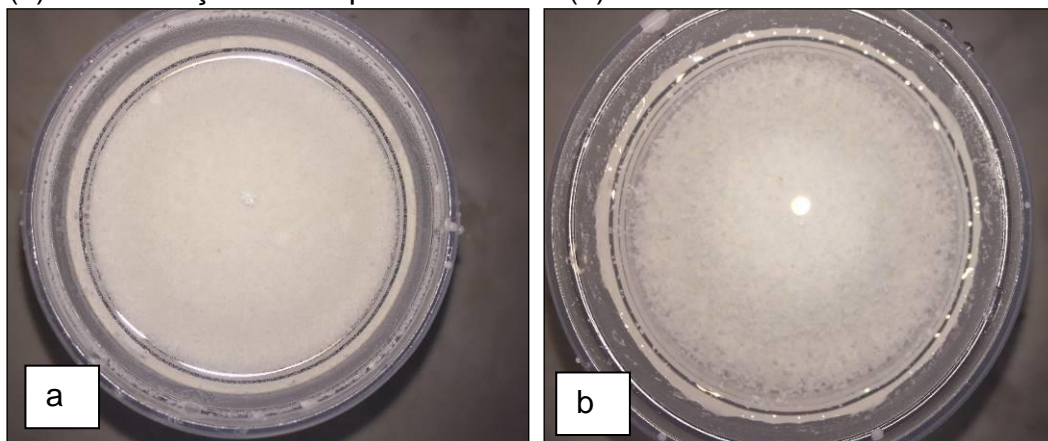
Analisando ainda o aspecto pH, verifica-se que adicionando-se hidróxido de sódio até se obter o pH acima de 9,0, a concentração de zinco após a clarificação do efluente atende as condições estabelecidas pela Lei 14.675/2009 de SC. No entanto, após a decantação dos hidróxidos metálicos, há necessidade de adição de um produto para a correção deste pH, de forma a atender o dispositivo legal, o que aumentaria os custos operacionais do tratamento, bem como implicaria na instalação de bombas e tubulações, além do acréscimo do valor da manutenção de equipamentos.

Esta situação sugere que o mecanismo de remoção do zinco quando se utiliza NaOH até pH acima de 9,0 corresponde unicamente à constante de solubilização do produto formado (Kps), no caso, o hidróxido de zinco. Enquanto que o Propac Corretor/R deve agregar outros mecanismos de remoção, devido ao fato de conseguir inicia-la em pH menor do disposto em diagramas, como o exposto no item 2.4.

Desta forma, outros ensaios mais simplificados foram realizados de forma a comparar o uso do Propac Corretor/R com o hidróxido de sódio no tratamento de efluentes cerâmicos. Observou-se que ao adicionar 1,0mL de cada produto em amostras de mesmo efluente, com posterior adição de 0,5mL de coagulante comercializados pela Propeq Produtos Químicos, os flocos formados com o Propac Corretor/R apresentavam um tamanho e uma densidade aparentemente muito maior que os formados com o hidróxido de sódio, resultando em maior velocidade de sedimentação e efluente tratado mais clarificado (figura 12).

É importante ressaltar que para a elevação de pH, o hidróxido de sódio se mostrou mais eficiente do que o produto Propac Corretor/R, necessitando de uma dosagem menor do primeiro para se atingir um mesmo valor de pH.

Figura 12 – Comparação visual entre os flocos formados com a adição de hidróxido de sódio (a) e com adição de Propac Corretor/R (b).



Fonte: Da autora, 2017.

Em outro teste realizado, deixaram-se duas amostras, uma com adição de Propac Corretor/R e a outra com hidróxido de sódio sem agitação e verificou-se o tempo de sedimentação. Foi possível perceber a diferença da condição de sedimentação, volume de lodo formado, bem como a clarificação do sobrenadante. Foi mantido o mesmo tempo entre a adição dos produtos e a observação das condições nos dois frascos. Na Figura 13 o frasco identificado como 01 tem adição de Propac Corretor/R e naquele identificado como 02, foi adicionado hidróxido de sódio em solução de 50%.

Figura 13 - Efluente cerâmico com adição de hidróxido de sódio e Propac Corretor/R.



Fonte: Da autora, 2017.

Este ensaio sugere que o Propac Corretor/R age também como um coagulante e desta forma, poderá resultar no menor consumo dos demais reagentes, além de requerer menor tempo de residência nos decantadores. É válido acrescentar, que foi observado nos testes em escala industrial, que o lodo formado com a adição do Propac Corretor/R, são mais favoráveis para a obtenção de tortas mais compactadas, gerando menor volume armazenado, como também uma menor ocorrência de entupimentos das malhas do filtro prensa, havendo uma diminuição no custo de manutenção.

Outra vantagem do produto estudado é o fato de possuir menor ação corrosiva do que o hidróxido de sódio. Desta forma, o uso do Propac Corretor/R tende a reduzir os custos com manutenção e troca dos equipamentos utilizados na estação de tratamento de efluentes. Destaca-se, no entanto, que mesmo sendo menos agressivo que o NaOH, ambos são cáusticos e portanto, corrosivos, o que exige cuidados especiais com o manuseio.

Além destes itens citados acima, o hidróxido de sódio é um produto controlado pela Polícia Federal, pois é utilizado também para a fabricação de produtos entorpecentes e drogas ilícitas, sendo necessária uma licença para compra, uso e armazenagem deste produto; enquanto que estas exigências não se aplicam ao Propac Corretor/R.

5 CONCLUSÃO

Com a caracterização do efluente gerado pela indústria de cerâmica branca, verificou-se que as concentrações de zinco no efluente bruto são elevadas, o que dificulta sua remoção para a obtenção de um efluente final de acordo com os padrões permitidos pela legislação do estado de Santa Catarina (Lei nº 14.675).

Sabe-se que existem diferentes técnicas de tratamento de efluentes industriais, as quais podem utilizar diversos produtos. O presente estudo ocorreu de maneira a apresentar resultados de tratamento do efluente da cerâmica branca, buscando a redução das concentrações de zinco utilizando os produtos fabricados pela Propeq Produtos Químicos, com enfoque no produto Propac Corretor/R, que mostrou ser um alcalizante que apresenta ação coagulante.

Os resultados dos efluentes tratados com o Propac Corretor/R apresentaram condições favoráveis se comparados com aqueles tratados com o hidróxido de sódio, com a precipitação do zinco em menor faixa de pH, o que faz com que não haja a necessidade de correção do pH do efluente final. Além disso, os flocos formados no processo de coagulação e floculação são mais densos, o que resulta em maior velocidade de clarificação do efluente e menor quantidade de lodo.

Outro ponto favorável à utilização do Propac Corretor/R é a menor ação corrosiva que o mesmo apresenta se comparado ao hidróxido de sódio, bem como a não necessidade da licença expedida pela Polícia Federal, para a utilização do mesmo.

Recomenda-se a realização de um estudo da relação custo x benefício da aplicação do Propac Corretor/R em comparação ao hidróxido de sódio, bem como a comparação da utilização do produto Propac Corretor/R com outros produtos utilizados para fins de alteração de pH, como por exemplo o carbonato de sódio e óxido e hidróxido de cálcio.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Mônica *et.al.* Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quim. Nova**, Rio de Janeiro, v.25, n.6B, p.1145-1154, 2002.

AMORIM, W. B. **Estudo do Processo de Dessorção de Cromo Hexavalente Presente em Algas Marinhas Provenientes do Processo de Biossorção.** Campinas: UNICAMP, 2000. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado.

APHA/AWWA/WEF EATON, A.D *et al.* **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Washington, American Public Health Association, 2012, 1082p.

BELLA, Bianca. **Remoção de cromo de banhos residuais de curtimento através de precipitação química e eletrocoagulação.** Porto Alegre, 2013. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/87302/000910418.pdf?sequence=1>
. Acessado em: 14 de abril de 2017.

BOBRICK, Rogerio. Aluminato de Sódio. **Provequim**, 27 out. de 2015. Disponível em: <http://www.provequim.com.br/projetos-e-equipamentos/>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

BRASIL. Departamento da Polícia Federal. Trata da fiscalização e controle de produtos químicos utilizados de maneira ilícita para a fabricação de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinam dependência física ou psíquica. Portaria nº 1.274, de 25 de agosto de 2003. **Lex:** Ministro de Estado da Justiça, Brasília DF, p. 11, 2003. Legislação Federal.

BRASIL. Lei nº 10.357 de 27 de dezembro de 2001. Estabelece normas de controle e fiscalização sobre produtos químicos que direta ou indiretamente possam ser destinados à elaboração ilícita de substâncias entorpecentes, psicotrópicas ou que determinem dependência física ou psíquica, e dá outras providências. **Lex:** Presidente da República, Casa Civil, Brasília DF, 2001. Legislação Federal.

BRASIL. Polícia Federal. **Controle e Fiscalização de Produtos Químicos.** Disponível em: <http://www.pf.gov.br/servicos-pf/produtos-quimicos>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

BRESCIANI FILHO, E. **Emprego do chumbo e zinco e suas ligas.** São Paulo: ABM, 1974.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente –CONAMA. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. **Lex:** Ministério do Meio Ambiente, Brasília DF, p.89, 2011. Legislação Federal.

COSTA, Victor Surerus Leal. **Tratamento de Efluentes Industriais Contendo Metais Pesados**. Rio de Janeiro, 2007. Originalmente apresentado como artigo de conclusão de curso – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

COUTEIRO, Pedro *et.al.* **Carbonato de Sódio**. Rio de Janeiro, 05 jan. 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfXMAI/carbonato-sodio>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

FELIPPE, Sheila Werner. **Caracterização e Tratabilidade do Efluente Líquido da Indústria de Laticínios Fortuna – Rio Fortuna SC**. Criciúma, 2009. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso – Universidade do Extremo Sul Catarinense.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

FRANCO, Bianca *et.al.* **Identificação e remoção de metais pesados em efluentes galvânicos por precipitação química**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://focnaquimica.blogspot.com.br/2015/11/identificacao-e-remocao-de-metais.html>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

GERHARDT, Tatiana, SILVEIRA, Denise. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Ed. Atlas, 4ª edição. São Paulo, 2002. 176 p.

HECK, Nestor. **Metalurgia Extrativa dos Metais Não-Ferrosos: Precipitação**. Porto Alegre, 2007. Originalmente apresentado como apostila acadêmica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06631/Precipitacao.pdf>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

KNIE, Joachim L. W, LOPES, Ester W.B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA / GTZ, 2004. 288 p.

LENZI, Ervim et al. Detalhes da utilização do íon hidróxido, HO⁻, no tratamento de efluentes contaminados com metal pesado zinco. **Acta Scientiarum. Technology, revista da Universidade Estadual de Maringá**, Maringá, v.33, n.3, p. 313-322, 2011.

MALHEIROS; PHILIPPI JR. Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI Jr. A.(Org.) **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

MILNER, Conan. Zinco: grande aliado nas carências, prejudicial em excesso. **Epoch Times**. 2015. Disponível em: https://www.epochtimes.com.br/zinco-grande-aliado-carencias-prejudicial-excesso/#.WT6dszr_rcc. Acessado em: 22 de abril de 2017.

MODESTO, Cláudio, MENEGALI, Gilson. **Processos de Fabricação**. 2000.

MORUZZI, Rodrigo; SANTOS, José Antônio; GENISELLI, Leandro. **Tratamento Físico-Químico de efluentes de indústria cerâmica visando reuso para umidificação da argila**. São Paulo, 2009. Originalmente apresentado em workshop – Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/rodrigo/tratamento.pdf>. Acessado em: 14 de abril de 2017.

MOURA, M. C. P. A.. **Utilização de Microemulsões como Agentes Modificadores de Superfícies para Remoção de Íons Metálicos**. Natal/RN: UFRN, 2001. Originalmente utilizado como tese de Doutorado.

NUNES, Wladimir José. **Estudos das Condições Operacionais da Estação de Tratamento de Efluentes da Indústria Cerâmica**. Criciúma, 2005. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso – Universidade do Extremo Sul Catarinense.

SALOMONS W, FORSTNER U, MADER P. **Heavy metals: problems and solutions**. Berlim, Springer-Verlag, 412 p, 1995.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Lex: Código Ambiental de Santa Catarina**, Florianópolis, p.96, 2009. Legislação Estadual.

SAWYER, Clair, MCCARTY, Perry. **Chemistry for Environmental Engineering**. Ed. McGraw-Hill, 1978.

SILVA, M.R.C. **Estudos de sedimentos da bacia hidrográfica de Mogi-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. São Carlos: IQ, USP, 2002. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado.

SILVA, Roberta. **Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente**. Natal/RN: UFRN, 2010.

TRIGUEIRO, A. **Meio Ambiente no século 21**. Ed. Sextante 2003, 13.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.