

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

TAYLA GABRIELA DA LUZ

**USO DO GEL DA FOLHA DA BABOSA (*Aloe Arborescens*) NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS GALVÂNICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO, 2016

TAYLA GABRIELA DA LUZ

**USO DO GEL DA FOLHA DA BABOSA (*Aloe Arborescens*) NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS GALVÂNICAS.**

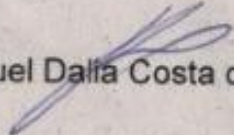
Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Comissão de Diplomação do Curso de Bacharelado em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química.
Orientador: Professora Dr^a. Raquel Dalla Costa da Rocha.

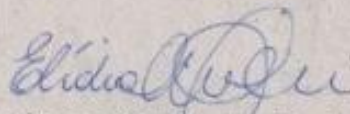
Pato Branco, 2016

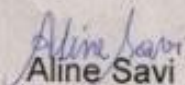
TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado **Uso do gel da folha da Babosa (aloe arborencens) no tratamento de efluentes de indústrias galvânicas**, foi considerado APROVADO de acordo com a ata da banca examinadora N° 17.2.2016 de 2016.

Fizeram parte da banca os professores.


Raquel Dalfa Costa da Rocha


Elidia Aparecida Vetter Ferri


Aline Savi

AGRADECIMENTOS

Presto meus agradecimentos às pessoas que colaboraram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por guiar meus passos me mostrando as oportunidades e por permitir a realização de mais este sonho.

Aos meus pais Dailton, Viviane e ao meu padrasto Luiz Carlos, por sempre me apoiarem, acreditarem em mim, me encorajarem e fornecerem todas as condições necessárias para mais esta conquista.

Ao meu noivo Fernando, por todos os conselhos, pelo apoio nos momentos difíceis e também por todo amor e carinho durante este período.

A minha orientadora Raquel, pela sua paciência, por todos os momentos de compreensão e por me conduzir nesta pesquisa.

Aos meus amigos, especialmente Aline, Ana, Andressa e Mecshim, que nunca hesitaram em me ajudar e por serem sempre um ombro amigo.

A Roberta Roncatti e Diego, por toda a ajuda nas análises realizadas durante este trabalho.

A todos que de alguma maneira me ajudaram a construir meu conhecimento, meu caráter profissional e minha personalidade, presto aqui meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

LUZ, T. G. **Uso do gel da folha da Babosa (*Aloe Arborescens*) no tratamento de efluentes de indústrias galvanicas.** 2016. 59f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

A poluição industrial é muito preocupante. As indústrias vêm gerando cada vez mais resíduos poluentes, os quais prejudicam a saúde humana, dos animais a fauna e a flora. As indústrias de galvanoplastia geram poluentes perigosos, contendo metais que se forem descartados na natureza sem prévio tratamento, irão causar inúmeros danos. O presente trabalho visou verificar a remoção de cromo, turbidez, sólidos suspensos e dissolvidos, utilizando o gel da Babosa (*Aloe Arborescens*) como um biopolímero. Primeiramente, o gel foi caracterizado por análise termogravimétrica e espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier, também foi verificada a quantidade de cinzas e a umidade presente no mesmo. O efluente foi caracterizado sendo realizado uma série de sólidos, DQO, DBO₅, turbidez, pH e absorção atômica. Por meio da análise de absorção atômica, verificou-se uma quantidade elevada de cromo, com níveis acima dos estabelecidos na resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Após foi realizado um DCCR para determinar os ensaios e estes foram realizados no jar test, sendo que a concentração da Babosa, concentração do sulfato de alumínio e pH foram as variáveis independentes e as variáveis dependentes foram a remoção do cromo, turbidez, sólidos dissolvidos e suspensos. Por meio de novas análises de absorção atômica, pode se verificar que houve a remoção 6,84 a 38,05% da concentração de cromo, além de uma significativa remoção da turbidez (98,2%), sólidos sedimentáveis (89,80 a 98,98%) e dissolvidos (71,06 a 92,87%).

Palavras chave: Biopolímero, galvanoplastia, absorção atômica, cromo, DCCR.

ABSTRACT

LUZ, T. G **Gel use of leaf aloe (*Aloe Arborescens*) in industries galvanic waste treatment.** 59f. 2016. Work completion degree (Bachelor of Chemistry) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Industrial pollution is very disturbing. They industries are producing more and more waste pollutants, they damage human health, animal fauna and flora. The electroplating industries generate hazardous pollutants containing metals, which are discarded in nature without predicting treatment will cause damage. This study aimed to verify a chrome removed, turbidity of suspended and dissolved solids, using the gel of aloe (*Aloe arborescens*) as a biopolymer. First, the gel was characterized by thermogravimetric analysis and infrared spectroscopy also showed a quantity of ash and moisture present therein. The effluent was featured in a series of solids, DQO, DBO₅, turbidity, pH and atomic absorption. Through absorption there was a high amount of chromium, with levels above those set out in Resolution N° 430 of 13 May 2011. After completion of the DCCR to determine the trials and tests have not been tested, and the Aloe concentration and pH of the aluminum sulfate, as independent variables, and dependent variables for chrome removed, turbidity, dissolved and suspended solids. (98.2%), sedimented solid (89,80-98,98%) and dissolved (71,06 - 92,87%).

Keywords: Biopolymer, electroplating, atomic absorption, chrome, DCCR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de galvanização.....	16
Figura 2 - <i>Aloe Arborescens</i>	23
Figura 3 - Gel da <i>Aloe Arborescens</i>	23
Figura 4 - Estrutura da 9,10 Antraquinona	33
Figura 5 - Estruturas químicas antraquinônicas: emodina, aloe-emodina, barbaloína e isobarbaloína, respectivamente.....	33
Figura 6 - Estrutura da glicose	33
Figura 7 - Espectro de infravermelho.	34
Figura 8 - Análise termogravimétrica da Babosa (<i>Aloe Arborescens</i>).....	37
Figura 9 - Diagrama de Pareto para o processo de redução de sólidos dissolvidos.	44
Figura 10 - Gráficos de superfície de resposta de [B] e [S] para a remoção de sólidos suspensos no efluente.	46
Figura 11 - Gráficos de superfície de resposta de [B] e pH para a remoção de sólidos suspensos em efluente de galvanoplastia.....	46
Figura 12 - Gráficos de superfície de resposta de [S] e pH para a remoção de sólidos suspensos em efluente de galvanoplastia.....	47
Figura 13 - Diagrama de Pareto para o processo de remoção do cromo de efluente de galvanoplastia.	49
Figura 14 - Superfícies de resposta de pH e [B] para remoção do cromo.....	50
Figura 15 - Superfícies de resposta de [S] e pH para remoção do cromo.....	50

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação para cálculo de resíduo mineral.....	25
Equação 2 – Equação para cálculo de umidade.....	26
Equação 3 – Equação para cálculo de sólidos totais.....	28
Equação 4 – Equação para cálculo de sólidos suspensos.....	28
Equação 5 – Equação para cálculo de sólidos dissolvidos.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo codificado obtido pela DDCR.....	31
Tabela 2 - Valores dos níveis para os fatores.	31
Tabela 3 - Valores dos picos obtidos no espectro do infravermelho da Babosa (Aloe Arborescens).....	34
Tabela 4 - Valores de umidade e resíduo mineral.....	36
Tabela 5 - Valores da concentração das diversas análises de sólidos realizadas no efluente.	38
Tabela 6 - Valores de sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e turbidez, obtidos após o ensaio do jar test.	40
Tabela 7 - Concentrações do metal Cr após o jar test.	41
Tabela 8 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a diminuição de sólidos dissolvidos.....	42
Tabela 9 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a diminuição de sólidos suspensos.	43
Tabela 10 - Análise de variância (ANOVA) para o método de redução de sólidos suspensos no efluente	44
Tabela 11 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a remoção de cromo de efluente de galvanoplastia.....	48

LISTA DE SIGLAS

DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
pH	Potencial Hidrogeniônico
PR	Paraná
RM _{total}	Resíduo mineral total
TG	Termogravimetria
TML	Tempo de Mistura Lenta (min)
TMR	Tempo de Mistura Rápida (min)
VML	Velocidade de Mistura Lenta (rpm)
VMR	Velocidade de Mistura Rápida (rpm)

LISTA DE ACRÔNIMOS

CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
LAQUA	Laboratório de Qualidade Agroindustrial
CEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
Cd	Cádmio
cm ⁻¹	Centímetro a menos um
Cr	Cromo
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
g	Gramas
KBr	Brometo de potássio
L	Litro
mg.L ⁻¹	Miligrama por litro
mL	Mililitros
mm	Milímetros
Ni	Níquel
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEORICO	14
3.1 INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA	15
3.1.1 Cromagem.....	17
3.1.2 Efluente de galvanoplastia.....	18
3.1.3 Tipos de tratamento.....	19
3.2 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO.....	20
3.2.1 Agentes coagulantes	21
3.2.1.1 Sulfato de Alumínio	21
3.2.1.2 Biopolímeros	21
3.3 <i>Aloe arborescens</i>	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	24
4.1.1 Análise Termogravimétrica	24
4.1.2 Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier.	24
4.1.3 Resíduo mineral total.....	25
4.1.4 Umidade	25
4.2 CARACTERIZAÇÕES DO EFLUENTE.....	26
4.2.1 Absorção atômica	26
4.2.2 Demanda Química de Oxigênio.....	26
4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio	27
4.2.4 pH.....	27
4.2.5 Série de Sólidos	27
4.2.5.1 Sólidos sedimentáveis.....	27
4.2.5.2 Sólidos totais	28
4.2.5.3 Sólidos suspensos	28
4.2.5.4 Sólidos dissolvidos	29
4.2.6 Turbidez	29
4.3 APLICAÇÃO DAS FOLHAS DA BABOSA (<i>ALOE ARBORESCENS</i>).....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	32
5.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier	32
5.1.2 Umidade e resíduo mineral.....	36
5.1.3 Análise termogravimétrica	36
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE.....	38
5.3 APLICAÇÃO DO GEL DA BABOSA.....	39
5.3.1 Análise estatística para sólidos dissolvidos	41
5.3.2 Análise estatística para sólidos suspensos	42
5.3.3 Análise estatística para remoção de cromo.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7 SUGESTÕES	53
8 REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico e econômico houve o surgimento de indústrias de diversos segmentos. Os processos industriais geram quantidades significativas de resíduos poluentes, que de maneira geral, são descartados por processos difíceis. Dentre estas indústrias, encontram-se as do ramo da galvanoplastia.

Processos de indústrias galvânicas consistem em processos químicos e eletroquímicos, onde é preparada uma solução de um sal de metal, que é utilizado no banho das peças. Após o processo de eletrodeposição, elas são lavadas, e esta água da lavagem se torna um efluente no qual, contém metais pesados (VAZ *et al.*, 2010).

Para tratar esses efluentes, são utilizados vários métodos, como precipitação química, adsorção, evaporação, troca iônica (RODRIGUES; RIBEIRO, 2010). O método de precipitação química é o mais utilizado, pois é simples e econômico (PEREIRA, 2008).

No processo de coagulação/floculação, as partículas são neutralizadas e agregadas, se tornando maiores e formando flocos, possibilitando a separação do líquido e sólido (ROUSSY *et al.*, 2005).

Existem vários agentes coagulantes para o tratamento de efluentes, porém, o mais utilizado é o sulfato de alumínio, isso se deve ao baixo custo e também a quantidade de flocos formados. No entanto o uso de sulfato de alumínio tem causado preocupação, pois ele gera uma grande quantidade de lodo que não é biodegradável, e também grande quantidade de alumínio permanece no efluente tratado (HUANG *et al.*, 2000).

Devido a este problema, polímeros naturais vêm sendo utilizados e estudados no processo de coagulação. Os polímeros naturais possuem grandes vantagens como serem de custos mais baixos e geralmente com processos simples de preparo. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Visto isso, o presente trabalho teve como objetivo estudar o gel das folhas crassas da *Aloe arborescens* (planta mucilagínosa), como biomaterial no processo de coagulação/floculação para o tratamento de efluentes industriais galvânicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A pesquisa proposta tem como objetivo estudar a utilização do gel das folhas crassas da *Aloe Arborescens* no tratamento de efluentes de indústrias galvânicas, por meio do processo de coagulação/floculação.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o gel da folha crassa da *Aloe arborescens*;
- Caracterizar o efluente de galvanoplastia;
- Determinar a eficiência do biopolímero no tratamento do efluente.
- Determinar as variáveis significativas no processo de tratamento do efluente utilizando gel da crassa da *Aloe arborescens*.

3 REFERENCIAL TEORICO

3.1 Indústria de galvanoplastia

O volume de resíduos gerados pelas indústrias teve um grande aumento na última década devido ao grande crescimento industrial. Estes resíduos muitas vezes são tratados e armazenados incorretamente, isso pode ocasionar problemas de poluição e contaminação de solos, recursos hídricos e/ou atmosférica. A contaminação é caracterizada pela ameaça à saúde do homem, da fauna e/ou da flora. Já a poluição é quando estes resíduos modificam o ambiente físico, mudando a composição, ou a estética do local (VAZ *et al.*, 2010). Há três tipos de geração de resíduos produzidos pelas indústrias: sólidos, líquidos e gasosos. Estes três contaminam o solo, a água e o ar, no entanto, nem todas as indústrias geram estes três tipos de resíduos que causam impactos no meio ambiente. Cada indústria gera um resíduo e este deve ser tratado de acordo com as suas características, sendo elas físicas, químicas ou biológicas, para depois serem acondicionados ou descartados (PEREIRA, 2014).

Dentre as indústrias geradoras de resíduos poluentes, encontram-se as do ramo de galvanoplastia.

As indústrias de galvanoplastia representam uma grande fonte geradora de efluentes contendo metais pesados (cromo, cobre, níquel, cádmio, zinco e chumbo). Estas indústrias utilizam a técnica de eletrodeposição, ou seja, a deposição de íons metálicos na superfície da peça, com o objetivo de fornecer acabamento e proteger as peças contra a corrosão (BRESAOLA, *et al.*, 2000). As peças passam por um processo de lavagem, gerando resíduos sólidos, líquidos e gasosos que necessitam de tratamento (CPRH, 2001). Na Figura 1, está representado o fluxograma do processo de galvanoplastia e os pontos de geração de efluente.

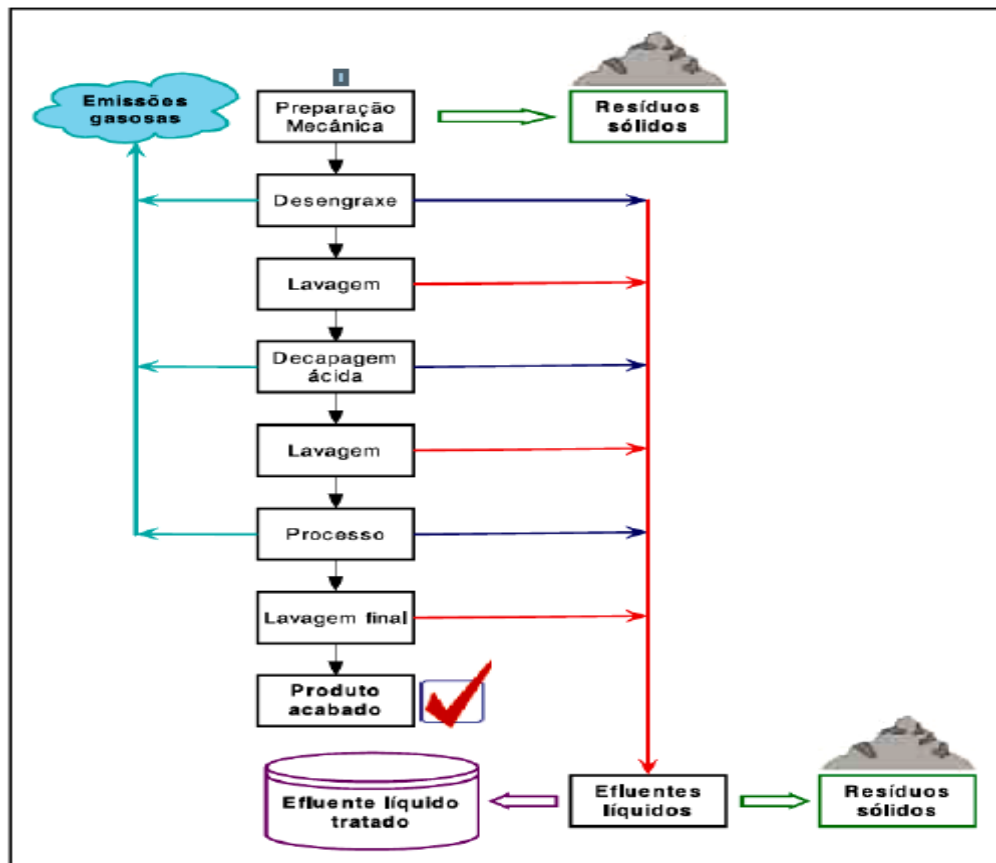


Figura 1 - Fluxograma do processo de galvanização.
Fonte: CPRH (2001)

Para que ocorra um bom processo de eletrodeposição é necessário que a superfície das peças estejam limpas, e devidamente preparadas para o processo (CPRH, 2001). Este é o pré-tratamento, que pode ser dividido em acabamento mecânico, desengraxe e decapagem.

A finalidade do acabamento mecânico é formar uma base perfeita para o acabamento ativo, protetor ou funcional (VERLAG (1973) citado por VEIT (2009)).

Ele consiste em três etapas: escovação, lixamento e polimento (CPRH, 2001).

Na escovação são utilizadas escovas de aço ou latão para a remoção de camadas de solda e de tinta.

Na etapa de lixamento são utilizados lixas, lixas de correia ou rolo estéril. Nela são retirados os excessos de solda, camadas muito grossas de óxidos e rebarbas presentes nas quinas, proporcionando as peças mais aplanadas (CPRH, 2001).

No processo de galvanização, o polimento tem a função de proporcionar uma superfície mais lisa, para a deposição de metais, pois, para uma superfície porosa é necessário maior quantidade de metais para deposição. Superfícies mais lisas apresentam menos fissuras, assim não haverá íons retirados, facilitando a oxidação.

(VERLAG (1973) citado por VEIT (2009)). O Polimento é feito com rolos de feltro, tecido simples e tecido sisal (CPRH, 2001).

A próxima etapa do processo de galvanização é o desengraxe, cujo objetivo é de remover todo óleo, graxa ou gordura, derivados de diferentes fontes, desde o processo de corte e transporte, até o contato com as mãos (OKUBO (2002) citado por VEIT (2009)). Nesta fase, há três maneiras distintas de realizar o desengraxe, cada uma de acordo com a necessidade de remoção de resíduos. São eles: desengraxe com solventes orgânicos ou emulsões, alcalino e alcalino eletrolítico (VAZ, 2009).

Decapagem é o processo de retirada da camada de óxidos, por exemplo, as carepas de laminação e recozimento, camadas de oxidação e ferrugem (NETO *et al.*, 2008).

Após o pré-tratamento das peças, onde impurezas são eliminadas, realiza-se o processo de tratamento, onde ocorrem os banhos metálicos por meio de eletrólise.

Existem vários tipos de eletrodeposição, zincagem, cobreagem, estanhagem, niquelação, cromagem, etc (VAZ, 2009).

3.1.1 Cromagem

O cromo é um metal pesado, e prejudicial à saúde, pois é cancerígeno. Ele existe em vários estados de oxidação, Cr(III) Cr(VI) e as vezes Cr(II) , sendo o Cr(VI) o mais prejudicial ao meio ambiente (VAZ, 2009). Possui tonalidade branca-acinzentada podendo ser polido, assumindo coloração azulada (CPRH, 2001).

Devido a sua alta dureza e também a possibilidade de ser depositado eletroliticamente a partir de eletrólitos aquosos, ele é um metal muito utilizado na cromagem.

Existem dois tipos de cromagem, a decorativa e a de cromo duro. A cromagem decorativa consiste na deposição de uma fina camada do metal, apenas para conferir cor e brilho ao material. Já a de cromo duro, aplica-se uma camada espessa de cromo com o intuito de conferir maior durabilidade ao material, devido à propriedade de dureza, resistência ao calor, desgaste, corrosão erosão e baixo coeficiente de fricção deste metal (CPRH, 2001).

Essas reações acontecem por meio de uma solução aquosa de ácido crômico, sendo necessária a presença de radicais ácidos para atuarem como catalisadores na redução (CPRH 2001).

3.1.2 Efluente de galvanoplastia

Os efluentes da indústria de galvanoplastia são decorrentes do processo de lavagem que seguem do processo de eletrodeposição (PEREIRA *et al.*, 2008). Estes efluentes são tóxicos e não biodegradáveis, constituindo assim, riscos à saúde humana e ao meio ambiente (VIJAYARAGHAVAN *et al.*, 2005), por possuírem metais pesados em sua composição. Sendo assim eles apresentam grande quantidade de materiais suspensos e dissolvidos, tornando a água turva, promovendo a reflexão da luz pelas partículas em suspensão, dificultando a transposição da luz no ambiente aquático (VAZ. *et al.*, 2010). Outro problema observado é que alguns vírus e bactérias se aproveitam dessas partículas e se alojam nelas, neste caso os desinfetantes são ineficientes, tornando a turbidez um problema também de nível sanitário (VAZ, 2009).

Outro efluente oriundo deste processo é o lodo galvânico, que é gerado após o tratamento de efluentes da indústria. Nele se encontra uma grande quantidade de metais pesados, sendo assim o resíduo mais perigoso dentro da indústria metalúrgica (RIBEIRO; RODRIGUES, 2010), pois gera forte risco de impacto ambiental (VEIT, 2009). Pode ocasionar a contaminação da cadeia alimentar com metais pesados por meio de sua lixiviação (MILANEZ *et al.*, 2005).

Segundo o conselho Nacional do meio ambiente, através da resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora apenas poderão ser lançados após o devido tratamento e estando de acordo com a norma estabelecida na resolução.

Segundo a seção II, art 16, da referida resolução, o pH deverá estar entre 5 e 9, a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) 5º dia , 60% reduzida e os valores máximos de cromo hexavalente $0,1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cr}^{+6}$ e cromo trivalente $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cr}^{+3}$ (CONAMA, 2011).

Para o estado do Paraná a resolução 070/09 CEMA anexo 7, fica estabelecido a DBO_5 50 mg.L^{-1} , DQO 300 mg.L^{-1} , Cr total $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, Cd total $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$, Ni $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ e Zn total $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

Devido a tantos problemas ambientais e de saúde, há uma forte demanda de tecnologias mais econômicas e eficientes na remoção destes poluentes (VAZ, 2009).

3.1.3 Tipos de tratamento

Os efluentes líquidos de galvanoplastia geram grandes problemas, devido seus resíduos conterem metais pesados. Estes, encontrados em grande quantidade podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Em decorrência disto, vem sendo realizados estudos a fim de minimizar os efeitos causados por estes efluentes. Alguns métodos já foram propostos por alguns autores como precipitação química (SIMAS, 2007), adsorção por materiais não convencionais (SANTOS, 2008) e adsorção por materiais convencionais (SANTOS, 2011).

O método mais utilizado pelas indústrias, devido à simplicidade e ao fator econômico, é a precipitação química, no entanto por várias vezes, ele não é suficiente para que a concentração de efluentes atenda a legislação vigente, se fazendo necessário o uso de um processo complementar (VEIT, 2009). Além disso, este método gera um resíduo problemático, o lodo galvânico, sendo este de alta periculosidade (MILANEZ *et al.*, 2005). Depois da sedimentação do lodo faz-se o acondicionamento do mesmo, levando em consideração seu teor de umidade. Este é transportado para aterros, no entanto, tem um custo elevado (CPRH, 2001), devido a isto, a grande maioria das empresas prefere utilizar o sistema de estocagem de resíduos em tambores de 200 litros (BERNARDES *et al.*, 2000).

Alguns métodos estudados para a remoção de metais de efluentes galvânicos: Santos (2011) utilizou o bioadsorvente alternativo da pinha da *Araucária Angustifolia* como resina de troca iônica, a fim de avaliar a bioadsorção de metais como cromo e ferro. Os resultados dos testes mostraram que o cromo hexavalente sofre uma oxi-redução se reduzindo a cromo trivalente, e o cromo (III) juntamente com o Fe são removidos por bioadsorção. Já Simas (2007) avaliou o processo de tratamento de efluentes obtidos por zincagem cianídrica das indústrias de

galvanoplastia, objetivando a retirada do cianeto por meio de precipitação química com sulfato de zinco.

3.2 Coagulação e floculação

Coagulação/floculação são considerados pré-tratamentos, sendo assim são realizados processos subsequentes (VAZ *et al.*, 2010), que representam processos de aglomeração de partículas, sendo assim, podendo ser considerados sinônimos (CARDOSO, 2007). O objetivo é a retirada das substâncias coloidais, ou seja, material sólido. Este material pode estar em suspensão, que confere cor ao efluente ou dissolvido, que influenciará na turbidez do mesmo (VAZ *et al.*, 2010).

Coagulação consiste na adição de agente coagulante a água (efluente), reduzindo as forças que tendem a manter separadas as superfícies (CARDOSO, 2007). Ou seja, pela da adição de agentes químicos denominados de eletrólitos, as forças de repulsão entre as partículas coloidais são quebradas, isso devido a mecanismos de ligação e a adsorção na superfície da partícula coloidal (CPRH, 2001). No processo de coagulação deve-se manter agitação intensa, pois assim haverá uma maior interação entre o efluente (água) e o agente coagulante (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A floculação consiste no agrupamento de partículas já coaguladas, se tornando maiores e formando flocos que sedimentam (CARDOSO, 2007). Depois que estas partículas foram neutralizadas pelo processo de coagulação, surge uma força de atração entre elas, promovendo a agregação das mesmas, possibilitando a formação de um acumulado de partículas denominado de flocos. A velocidade de formação dos flocos depende da agitação térmica (movimento Browniano) e após os flocos estarem com 0,1 mm, a agitação mecânica também influencia na sua formação, no entanto, esta agitação não deve ser muito rápida para não desaglomerar os flocos, pois isto ocasionaria dificuldade na remoção destes do efluente (CPRH, 2001).

3.2.1 Agentes coagulantes

No processo de coagulação/floculação faz-se necessário a presença de um agente coagulante, que pode ser de origem inorgânica como os sais de ferro e alumínio, ou de origem orgânica como os biopolímeros.

3.2.1.1 Sulfato de Alumínio

A grande utilização do sulfato de alumínio no processo de coagulação está vinculada com as suas vantagens. Ele tem o custo reduzido, é de fácil produção e utilização e é um excelente formador de flocos. No entanto, ele gera uma grande abundância de lodo, não biodegradável, e ainda resulta em uma alta concentração de alumínio na água remanescente do processo, a qual está se tornando um problema a saúde pública. Devido a estes fatores, tem se dado muita atenção ao uso contínuo deste agente coagulante (HUANG *et al.*, 2000).

Há suspeitas de ligação entre o sulfato de alumínio e o mal de Alzheimer, porém, ele apenas acelera o processo, não sendo o causador principal. A ingestão do sulfato de alumínio pode proceder em úlcera e necrose da mucosa, garganta e esôfago. Seus efeitos também incluem náuseas, vômito, diarreia, dor epigástrica, ânsia, gastroenterite hemorrágica e colapso circulatório (SERPELONI *et al.*, 2010).

3.2.1.2 Biopolímeros

Os coagulantes inorgânicos geram sais contendo ferro ou alumínio, e estes são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Em função disso, torna-se necessários estudos de coagulantes naturais a fim de diminuir o uso dos coagulantes inorgânicos (DA SILVA *et al.*, 2003).

Os coagulantes tipo taninos são coagulantes naturais e seu uso não produz ânions de sulfato no seu lodo, sendo assim é um lodo orgânico, portanto com maior facilidade de acondicionamento final (CRUZ *et al.* 2005).

Tanto os coagulantes orgânicos quanto os sintéticos são cadeias moleculares grandes que possuem sítios com cargas positivas e negativas, e que na presença de água (efluente) formam cátions ou ânions (VAZ *et al.*, 2010).

Nos estudos referentes a biopolímeros, a *Moringa oleífera* tem sido muito pesquisada, devido a suas características como coagulante. As suas sementes se mostram muito eficientes no processo de coagulação, remoção da turbidez e ela não apresenta toxicidade para humanos e nem para animais. (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995), e ainda apresenta eficiência no processo de acondicionamento do lodo (MUYIBI & EVISON, 1995). Outras vantagens são: o baixo custo, não há necessidade de correção de pH e alcalinidade, produz baixo volume de lodo e não altera o pH da água (VAZ,2009).

A quitosana é um produto natural, possui grande importância econômica e ambiental, devido ao seu baixo custo e por ser biodegradável. Ela é extraída da quitina um biopolímero feito a partir de carcaças de crustáceos, artrópodes e fungos. (DIVAKARAM & SIVASANKARA PILLAI, 2002, citado por VAZ 2009). O lodo gerado pela quitosana é rico em matéria orgânica, facilitando a sua decomposição (VAZ, 2009).

A *Aloe arborescens* também é um biopolímero e seu uso está sendo estudado. Como por exemplo, o efeito anti-inflamatório que ela possui (YAMAMOTO *et al.*, 2014).No entanto ainda não há estudos da Babosa no tratamento de efluente.

3.3 Aloe Arborescens

A *Aloe arborescens*, conhecida popularmente como a babosa, erva babosa ou caraguatá de jardim, possui folhas grandes e suculentas, apresentando acúleos nas margens.

Segundo Murakami *et al* (2008), a *Aloe. arborescens* possui atividades antifúngica, anti-inflamatória, hipoglicemiante, hemaglutinante, mitogênica para linfócitos e protetora contra raios-X .

Como apresenta atividades medicinais, em sua composição química estão presentes compostos como quinonas, flavonoides, fenóis simples, sais minerais, vitaminas (betacaroteno, B1 ou tiamina, B2 ou riboflavina, B3 ou niacina, B6 ou piridoxina, C, E,colina, ácido fólico) e mucopolissacarídeos (CARDOSO *et al.*, 2010).

A figura 2 e 3 representam a Babosa da espécie *Aloe Arborescens*.A figura 2 e 3 representam a Babosa da espécie *Aloe Arborescens*.



Figura 2 - *Aloe Arborescens*
Fonte: Cura Natura,2016



Figura 3 - Gel da *Aloe Arborescens*
Fonte: Vegetall,2016

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A Babosa (*Aloe Arborescens*) foi coletada no período de verão, na região sudoeste do Paraná. As folhas crassas desta planta foram congeladas, após foram descascadas para retirada do gel, em seguida este gel foi congelado e levado ao liofilizador para que toda a água fosse retirada.

As amostras dos efluentes indústrias foram coletadas em uma indústria do ramo de galvanoplastia localizada na região do sudoeste do Paraná. O efluente foi coletado uma única vez, de um único banho.

4.1 Caracterização da amostra

O gel da babosa (*Aloe Arborescens*) foi caracterizado quimicamente, pela presença dos principais grupos funcionais e pela estabilidade térmica, além da umidade e resíduos minerais fixos.

4.1.1 Análise Termogravimétrica

Por meio da análise termogravimétrica foi observada a decomposição do material e também em qual a temperatura ele se torna estável.

Foi utilizado o equipamento Shimadzu Thermogravimetric Analyzer – modelo TA-50, operando em atmosfera de ar sintético a 20 ml/min⁻¹, com taxa de aquecimento de 10 °C/min⁻¹ até a temperatura de 900 °C.

4.1.2 Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier.

Os grupos funcionais presentes na amostra foram observados utilizando-se do espectro na região de infravermelho, com o auxílio do espectrômetro Perkin Elmer FT-IR Frontier, com as configurações padrões, com varredura de 4000cm⁻¹ a 400cm⁻¹, com a resolução de 4 e com 32 acumulações.

Uma pastilha foi preparada, com o sal brometo de potássio, KBr, matriz não absorvente nos comprimentos de onda da análise, utilizado para minimizar os efeitos

de distorção no espectro), e foi realizada leitura de referência denominada *background* do espectro. Outra pastilha foi feita, utilizando o KBr juntamente com a amostra, para leitura e análise.

4.1.3 Resíduo mineral total.

Para a realização desta análise foi seguido a metodologia de Kiehl et al. (1985).

Inicialmente, o cadinho de porcelana foi calcinado a 550 °C, em seguida permaneceu em um dessecador e posteriormente determinado seu peso (P1).

O gel da Babosa (*Aloe arborescens*) foi pesado e então colocado neste cadinho tarado, este conjunto foi pesado e denominado (P2). Posteriormente, o conjunto foi levado à mufla para queima a 550 °C durante 1 hora. Em seguida, foi retirado e disposto em dessecador para resfriamento, procedendo com a determinação de sua massa (P3).

O cálculo dos resíduos minerais ($RM_{total}(\%)$) foi realizado através da equação 1:

$$RM\ total(\%) = \frac{P3}{P2-P1} \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

P1= Peso(g) da porcelana tarada.

P2 =Peso(g) da porcelana mais a amostra antes da calcinação

P3= Peso(g) da porcelana mais a amostra após a calcinação

4.1.4 Umidade

Esta análise foi realizada segundo a metodologia de kiehl et al. (1985).

Primeiramente, uma cápsula de porcelana foi tarada, ou seja, ela permaneceu por 1 hora em uma mufla a 550 °C, após ficou em um dessecador até total resfriamento e em seguida pesada, este foi o P1.

Uma quantidade do gel da Babosa (*Aloe arborescens*) foi pesada (P2) e colocada na cápsula previamente tarada. O conjunto permaneceu em estufa a 100 – 110 °C por no mínimo 16 horas, após seguiu para o dessecador por 30 minutos sendo então pesado (P3).

O valor da umidade foi obtido através da equação 2:

$$\text{Umidade(\%)} = \frac{P3-P2}{P2-P1} \times 100 \quad (\text{equação 2})$$

Em que:

P1 – Peso(g) da cápsula de porcelana tarada.

P2 – Peso do gel da babosa (g)

P3= Peso da cápsula mais a amostra (g).

4.2 Caracterizações do efluente.

Para a caracterização deste efluente foram realizados os seguintes testes: Absorção atômica, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, pH e série de sólidos.

4.2.1 Absorção atômica

A quantidade cromo foi obtida por meio de espectrometria de absorção atômica, no equipamento PerkinElmer Atomic Absorption Spectrometer PinAAcle 900 T.

4.2.2 Demanda Química de Oxigênio

A DQO foi realizada segundo a metodologia de Standard Methods (2005).

4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A metodologia utilizada para a realização da DBO_5 foi a de Standard Methods (2005).

4.2.4 pH

Um determinado volume de amostra foi acondicionado em um béquer, no qual foi disposto os eletrodos do medidor de pH para determinação do valor do mesmo pelo equipamento previamente calibrado.

4.2.5 Série de Sólidos

No efluente de galvanoplastia foram realizadas análise de sólidos sedimentáveis, dissolvidos, suspensos e sólidos totais, seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.5.1 Sólidos sedimentáveis

O efluente foi agitado e uma alíquota de 1 (um) litro foi transferida para o cone de Imhoff. Foi deixado decantar por uma hora e lido a sedimentação na escala graduada do cone de Imhoff (ml/L).

Cálculos: O resultado se expressa diretamente na leitura do sedimentado pela escala graduada do cone de Imhoff (mL/L).

4.2.5.2 Sólidos totais

Uma cápsula de porcelana foi lavada, aquecida a 550 °C em mufla durante 1 hora, em seguida foi colocada em dessecador e posteriormente pesada (P1).

O galão contendo o efluente foi agitado e em seguida foram transferidos 100 ml do efluente para a cápsula de porcelana. Em seguida, esta foi levada ao banho-maria para evaporação do efluente. Após, a cápsula mais o resíduo foi levada a estufa a 103-105 °C até secagem completa, durante 1 hora. Depois, foi esfriada no dessecador e pesada (P2).

A operação de secagem a 103-105 °C, de esfriamento e de pesagem foi realizada 3 vezes, até se obter o peso constante.

Para encontrar o valor de sólidos totais é aplicada a equação 3:

$$ST(\text{mg/L}) = \frac{(P2-P1) \times 100000}{V} \quad (\text{equação 3})$$

Em que:

P1 – Peso(g) da cápsula de porcelana tarada.

P2 – Peso(g) da cápsula de porcelana mais o efluente, após a evaporação.

V – Volume (ml) do efluente.

4.2.5.3 Sólidos suspensos

Um filtro de fibra foi filtrado e levado na estufa a 105 °C e em seguida esfriado em dessecador e pesado (P1). Filtrava-se 100 mL da amostra homogeneizada. Então o filtro era passado pelo mesmo processo de secagem em estufa a 105 °C, após esfriava-se em dessecador e fazia-se a pesagem do filtro seco (P2).

Para se calcular a quantidade de sólidos suspensos totais, utiliza-se a equação 4:

$$SS \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{P2-P1}{V} \quad (\text{equação 4})$$

Em que:

P1 = Peso inicial do papel filtro seco(mg).

P2 = Peso final do papel filtro seco(mg).

V = Volume da amostra utilizada, em L.

4.2.5.4 Sólidos dissolvidos

Primeiramente, foi filtrado 100 mL da amostra homogeneizada para retirada dos sólidos suspensos.

O béquer foi previamente tarado em balança analítica, em seguida foi adicionado 100 mL da amostra já filtrada. O béquer com a amostra foi colocado na estufa por onde permaneceu até total evaporação de todo o líquido presente na amostra até que contivesse apenas o resíduo dissolvido seco.

O béquer foi resfriado em um dessecador e pesado em balança analítica.

Para se calcular a quantidade de sólidos dissolvidos se utiliza a equação 5.

$$SD = \frac{1000 \times (P2 - P1)}{V} \quad (\text{equação 5})$$

Temos que:

P1 = Peso inicial do béquer (mg).

P2 = Peso final do béquer com o resíduo seco (mg).

V = Volume em L da amostra adicionada.

4.2.6 Turbidez

Primeiramente, calibrou-se o turbidímetro com os padrões do próprio aparelho seguindo suas especificações. Após, uma fração de amostra foi transferida para um tubo onde colocou no turbidímetro, e aguardou-se a leitura, conforme a metodologia do equipamento.

Os valores são expressos Unidades Nefelométricas de Turbidez – UNT.

4.3 Aplicação das folhas da Babosa (*Aloe arborescens*)

O desempenho dos biomateriais nos processos de coagulação e floculação foi analisado pela metodologia de planejamento experimental sendo usado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^3 . As variáveis independentes foram a concentração de biopolímero [P], pH inicial de tratamento (pH) e a concentração do sulfato de alumínio [S]. O tempo de coagulação (TC), gradiente de mistura rápida (GMR), tempo de floculação (TF) e gradiente de mistura lenta (GML), foram fixado respectivamente , 5 min, 15 min, 120 rpm e 30 rpm.

As variáveis respostas foram a concentração de Cr, turbidez, sólidos suspensos e dissolvidos.

Por meio do planejamento fatorial 2^3 obteve-se 8 ensaios, então foram adicionados 4 pontos centrais e 6 pontos axiais para que fosse possível a obtenção do modelo quadrático, portanto, o total de ensaios foi de 18.

O DCCR propicia a obtenção do modelo codificado, o qual esta disposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelo codificado obtido pela DDCR.

Ensaio	pH	[B]	[S]
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1,68	0	0
10	1,68	0	0
11	0	-1,68	0
12	0	1,68	0
13	0	0	-1,68
14	0	0	1,68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0

Fonte: Autor

Na Tabela 2 estão expressos os valores referentes aos níveis estudados para os fatores:

Tabela 2 - Valores dos níveis para os fatores.

	pH	[B]	[S]
-1,68	2,5	0,5	0,5
-1	3,1	0,9	0,6
0	4	1,5	0,75
1	4,9	2,1	0,9
1,68	5,5	2,5	1

Fonte: Autor

Os ensaios para avaliação do biopolímero no processo de coagulação/floculação do tratamento do efluente industrial foi conduzido em aparelho de *Jar test*, seguindo condições definidas no planejamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram interpretados e discutidos, em cada parâmetro individualmente.

5.1 Caracterização da amostra

Para a realização da umidade e do resíduo mineral, a Babosa (*Aloe Arborescens*) foi descascada e o gel foi retirado. Como o objetivo era utilizar o gel seco, uma parte dele foi liofilizado e posteriormente caracterizado por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier e análise termogravimétrica.

5.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier

O objetivo da análise de infravermelho foi verificar quais grupos funcionais estão presentes na Babosa (*Aloe Arborescens*), ou seja, suas características do ponto de vista químico. Após a obtenção dos espectros, os mesmos foram analisados.

De acordo com Silva (2004), a Babosa é constituída principalmente por polissacarídeos. A maior parte (80% a 94%) de carboidratos, entre eles a glicose. Ela é conhecida devido a sua propriedade bactericida que é decorrente principalmente dos compostos fenólicos e polissacarídeos. Na classe dos compostos fenólicos destacam-se as antraquinonas, que junto as naftoquinonas e benzoquinonas pertencem ao grupo das quinonas (EL-SHEMY *et al.*, 2010).

Baseados nestes estudos na análise do infravermelho procurou identificar as funções pertencentes a carboidratos como a glicose e as quinonas. As estruturas químicas dos principais compostos presentes no gel da Babosa estão apresentadas nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

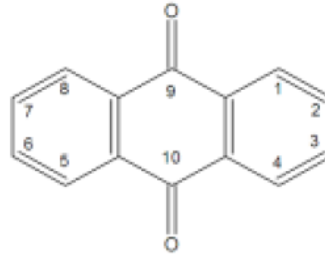


Figura 4 - Estrutura da 9,10 Antraquinona
Fonte: Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009.

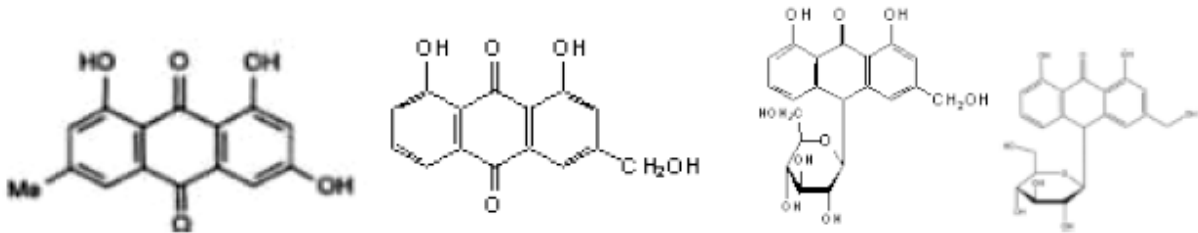
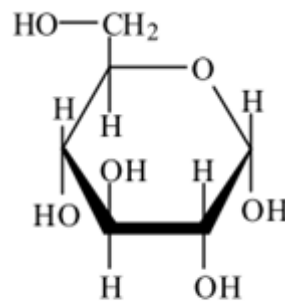


Figura 5 - Estruturas químicas antraquinônicas: emodina, aloe-emodina, barbaloina e isobarbaloina, respectivamente.
Fonte: Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009.



Glicose

Figura 6 - Estrutura da glicose
Fonte: Biomedicina padrão, 2016.

O espectro de infravermelho obtido durante os ensaios da Babosa (*Aloe Arborescens*) pode ser observado na Figura 7.

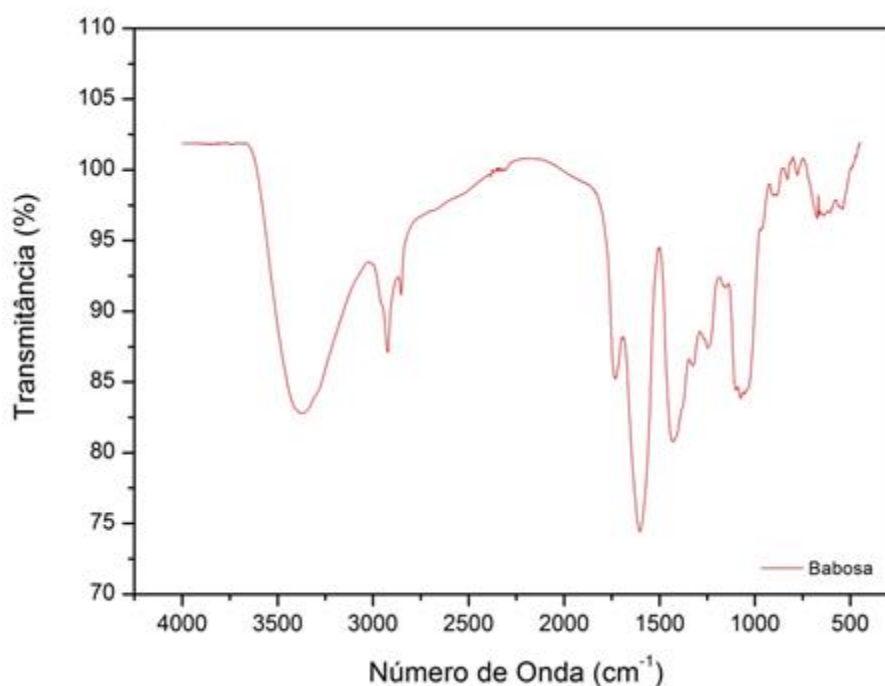


Figura 7 - Espectro de infravermelho.

Na análise do infravermelho, foram analisados os picos de maior relevância, que estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos picos obtidos no espectro do infravermelho da Babosa (*Aloe Arborescens*).

Nº de onda observado (cm ⁻¹)	Transmitância (%)
3365	82,79
2927	87,4
2849	91,2
1733	85,5
1603	74,65
1423	80,9
1320	86,31
1243	87,58
1062	83,97
890	98,16
778	99,98
650	96,63
547	97

Fonte: Autor

A ligação C-H sp³ em alcanos ocorre em frequências mais baixas que 3000cm⁻¹(3000 cm⁻¹ – 2840 cm⁻¹) com a banda agudo (PAVIA,2010) . A banda 2914 cm⁻¹ é agudo e esta dentro da faixa da ligação sp³ C-H.

As bandas de cadeia longas ocorrem em torno de 720 cm^{-1} (PAVIA,2010), estas bandas podem ser observados em torno 687 cm^{-1} .

Grupos metila tem uma absorção de dobramento característica em torno de 1375 cm^{-1} (PAVIA,2010), porém esta banda foi observada em 1331 cm^{-1} , quase encoberta pela banda de dobramento do metileno CH_2 , que apareceu em 1426 cm^{-1} .

A banda de 1607 cm^{-1} é um pico ele representa o estiramento $\text{C}=\text{C}$.

Os dobramentos fora do plano de $=\text{C}-\text{H}$ ocorrem na faixa de 1000 cm^{-1} a 650 cm^{-1} (PAVIA,2010), nesta faixa encontram-se várias bandas, que podem representar este desdobramento.

Os álcoois primários e secundários possuem vibrações em diferentes comprimentos de onda. A banda 1108 cm^{-1} representa o estiramento da ligação $\text{C}-\text{O}$ do álcool secundário, o qual deveria aparecer em 1100 cm^{-1} . Já em 1066 cm^{-1} , representa o estiramento da ligação $\text{C}-\text{O}$ do álcool primário, que comumente aparece em 1050 cm^{-1} (PAVIA,2010).

As hidroxilas da função álcool deveriam apresentar bandas em 3650 e 3600 cm^{-1} , que representa a ligação $\text{O}-\text{H}$ "livre", o que não foi observada no espectro. No entanto, as hidroxilas com ligações de hidrogênio são encontradas em $3400-3300\text{ cm}^{-1}$ (PAVIA,2010), que pode estar representado no espectro pelo primeiro pico 3351 cm^{-1} que é uma banda larga. Outra banda característica da função álcool está no dobramento da ligação $\text{C}-\text{O}-\text{H}$, de 1440 cm^{-1} a 1220 cm^{-1} . Para a babosa, essa vibração ocorre em 1246 cm^{-1} . (PAVIA,2010)

O grupo carbonila $\text{C}=\text{O}$ está presente em vários grupos funcionais, que absorvem em valores característicos em torno de 1850 cm^{-1} a 1650 cm^{-1} (PAVIA,2010). O pico que representa a carbonila está em 1735 cm^{-1} , que equivale à função éster ou a função de aldeídos ligados a anéis aromáticos.

Sendo assim, baseando-se na análise de infravermelho obtida, foi possível verificar alguns grupos funcionais presentes na Babosa.

Uma função álcool foi encontrada, ela está presente tanto na glicose, como nas estruturas das quinonas, outra função observada foi a de éster provavelmente da isobarbaloina. Observaram-se também picos característicos dos anéis aromáticos das quinonas e aldeídos que estão presentes na glicose.

5.1.2 Umidade e resíduo mineral

O método de umidade é baseado na perda de peso por dessecação em estufa, o teor de umidade teve como objetivo determinar a quantidade de substâncias voláteis presentes no gel da Babosa (*Aloe Arborescens*), e a determinação quantitativa das cinzas presentes no gel da babosa foi realizada com o intuito de verificar a quantidade de resíduo inorgânico presente após a queima da matéria orgânica.

Os resultados obtidos após estas duas análises estão dispostos na tabela 4.

Tabela 4 - Valores de umidade e resíduo mineral

	Encontrado	Literatura
Umidade	98,5%	94 – 99%
Resíduo mineral	0,17%	-

Fonte: Autor

A porcentagem de umidade encontrada no gel corresponde ao teor encontrado por SILVA (2004), não foi encontrado na literatura valores de resíduo mineral para comparação. No entanto, este é um resultado esperado, pois, como a umidade é elevada resta pouco resíduo mineral.

5.1.3 Análise termogravimétrica

Para a realização da análise térmica, foi utilizada a amostra liofilizada. O objetivo foi constatar o comportamento do gel da babosa frente ao tratamento térmico, verificando a temperatura de eliminação da água, decomposição da matéria orgânica e também de estabilidade do material.

A Figura 8 evidencia a análise térmica do gel da Babosa (*Aloe Arborescens*).

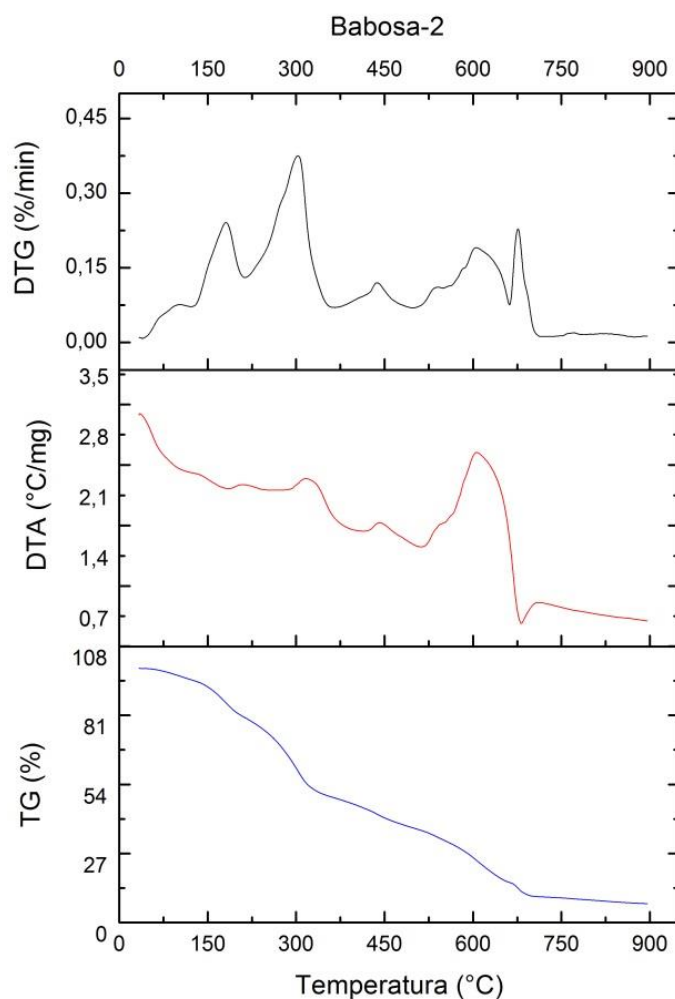


Figura 8 - Análise termogravimétrica da Babosa (*Aloe Arborescens*).

Como foi utilizada a amostra liofilizada, não se percebe picos endotérmicos referentes à desidratação. No gráfico observa-se uma queda na curva TG% em 321 °C e uma massa restante de 52%, que se deve a decomposição da matéria orgânica. Isto pode ser confirmado pela curva DTA, que demonstra um pico exotérmico, visto que a decomposição da matéria orgânica é uma reação exotérmica. No segundo evento ocorre decomposição, referente ao material carbonizado, numa temperatura de pico de 665 °C, com perda de massa de 21%. O terceiro evento ocorre em 708 °C e através da curva DTA constata-se que é um pico endotérmico, sendo atribuída a decomposição de carbonatos. Verifica-se também que após 710 °C não houve variações consideráveis no gráfico, ou seja, o material não sofre alteração, porém ainda há uma massa restante, sendo assim, pode-se afirmar que existem resíduos além da matéria orgânica, provavelmente compostos inorgânicos presentes na Babosa que em decorrência da queima viraram óxidos.

5.2 Caracterização do efluente

Com o intuito de caracterizar e posteriormente verificar a eficiência da Babosa (*Aloe Arborescens*) no tratamento do efluente, foi realizado DBO, DQO, pH, sólidos totais, dissolvidos, sedimentáveis, suspensos e turbidez, e os resultados encontrados estão na tabela 5.

Tabela 5 - Valores da concentração das diversas análises de sólidos realizadas no efluente.

Análise	Concentração	Legislação	Literatura
DBO	37,42 mg.L ⁻¹	50 mg.L ⁻¹	-
DQO	220 mg.L ⁻¹	300 mg.L ⁻¹	147 a 3710 mg.L ⁻¹
pH	2,57	5 a 9	4,58 a 6,85
Turbidez	10,6 NTU	-	77,8 a 297 NTU
Sólidos suspensos	9,4 ml.L ⁻¹	1 ml.L ⁻¹	-
Sólidos dissolvidos	3540 mg.L ⁻¹	500 mg.L ⁻¹	-
Sólidos sedimentares	0,9 mg.L ⁻¹	-	-
Sólidos totais	3878 mg.L ⁻¹	-	-

Fonte: Autor

A indústria se encontra no Paraná, os resultados foram comparados com a legislação vigente neste estado, no entanto a série de sólidos e a turbidez não constam nesta legislação, portanto estes foram comparados com a vigente no Brasil Conama 430/11. As literaturas usadas como comparação foram Vaz (2009) e Alves (2012).

Pode-se verificar que a DBO e DQO estão dentro do limite estabelecido pela resolução CEMA 070/09. O efluente estudado obteve uma DQO mais próxima do Vaz (2009) que encontrou uma DQO de 147 a 283 mg.L⁻¹, já Alves (2012) obteve valores maiores sendo eles 3630 e 3710 mg.L⁻¹. A baixa DQO significa que há pouca matéria orgânica no efluente.

Outra análise que pode ser comparada com a literatura foi a do pH. Segundo VAZ (2009), o pH é um importante parâmetro no processo de coagulação/floculação, pois quando o valor do pH é maior do que ao pH original do efluente, a remoção da cor ocorre também pela precipitação. O efluente começou a mostrar sinal de precipitação quando o pH chegou a 6,7, devido a este fator foi optado por utilizar valores de pH até 5,5, para que a remoção dos poluentes aconteça somente através do gel da Babosa (*Aloe Arborescens*) e não por precipitação.

Vaz (2009) encontrou valores de pH de 4,58 a 6,45, já Alves (2012) obteve 5,85 a 5,93. O pH do efluente bruto estudado foi de 2,57, este pH ácido se deve a

soluções de ácidos nítrico, sulfúrico e clorídrico, estes provenientes dos banhos eletrolíticos, e dos despejos das águas residuárias do processo de decapagem.

Este pH não se enquadra no limite estabelecido pela resolução CEMA 070/09, que engloba a faixa de 5 a 9. Sendo assim, é necessário a realização de um tratamento para elevação do pH.

A turbidez também pode ser comparada com a literatura, os resultados encontrados por Vaz (2009) e Alves (2012) são superiores ao do efluente estudados, portanto há mais materiais dissolvidos e suspensos que elevam o valor desta turbidez. Segundo a resolução 430/11, não pode haver descarte em rios de águas salinas, águas salinas classe 3 e águas salobras, de efluentes com turbidez. Para os rios doce de classe 1 a turbidez aceitável é 40 UNT, já para os rios de classe 2 e 3 esse valor pode chegar até 100 NTU (BRASIL,2005).

Estas diferenças de valores encontradas entre o efluente estudado e os valores encontrados podem ser atribuídas a dois fatores: diferentes metais usados na galvanização e/ou de que etapa provém este efluente.

A Resolução Conama nº 430/11 (BRASIL, 2005), estabelece que o valor máximo de sólidos dissolvidos é de 500 mg.L⁻¹ para rios de água doce classe 1 e 3, pode-se verificar que o valor de sólidos dissolvidos do efluente está acima do estabelecido. Porém ela não estipula valores limites de lançamentos para as outras variáveis, portanto não foi possível comparar estes valores com a legislação.

5.3 Aplicação do gel da babosa

Os ensaios foram realizados no jar test, seguindo a ordem da tabela 6 obedecendo aos valores pré-fixados.

Na tabela 6 encontram-se os valores referentes aos sólidos dissolvidos, suspensos e a turbidez, após os ensaio no jar test.

Tabela 6 - Valores de sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e turbidez, obtidos após o ensaio do jar test.

Ensaio	SD %	SS%	Turbidez NTU
1	91,58	80,10	< 0,2
2	90,93	74,89	< 0,2
3	91,38	81,06	< 0,2
4	92	80,21	< 0,2
5	90,90	78,93	< 0,2
6	91,47	71,06	< 0,2
7	90,79	81,48	< 0,2
8	92,25	83,51	< 0,2
9	91,69	82,23	< 0,2
10	92,45	72,23	< 0,2
11	91,94	82,76	< 0,2
12	91,55	80,85	< 0,2
13	92,06	86,27	< 0,2
14	89,80	72,02	< 0,2
15	91,44	90	< 0,2
16	91,32	88,61	< 0,2
17	98,98	92,87	< 0,2
18	94,13	88,08	< 0,2

Fonte: Autor

Avaliando-se os valores encontrados para a turbidez, pode se verificar a eficiência do tratamento, pois a turbidez baixou 98,11%, porém como não houve diferença de valores, não foi possível realizar a análise estatística da turbidez.

Por meio dos resultados obtidos nos sólidos suspenso e dissolvidos, verificou-se uma remoção de 89,8 – 98,98% e os sólidos suspensos 71,06 – 92,87%.

A pesquisa visou também, avaliar principalmente a remoção do Cr presente no efluente. O valor inicial da concentração de Cr era de 785 mg.L⁻¹, na tabela 7 estão dispostas as concentrações de Cr presente no efluente após o ensaio no Jar test.

Tabela 7 - Concentrações do metal Cr após o jar test.

Ensaio	Remoção %
1	23,31
2	25,99
3	19,23
4	25,48
5	19,75
6	30,64
7	19,17
8	23,69
9	6,37
10	37,74
11	12,42
12	11,34
13	6,81
14	12,23
15	9,94
16	9,68
17	13,82
18	11,53

Na tabela 7, observa se que a eficiência da remoção de Cr (mg.L^{-1}) no efluente de galvanoplastia variaram de 6,37 a 37,74%.

5.3.1 Análise estatística para sólidos dissolvidos

A Tabela 8 apresenta os valores dos efeitos principais e os valores de interação entre eles para a remoção de sólidos dissolvidos. Onde, t é o fator de Student, p é a probabilidade e L.C. são os limites de confiança positivos e negativos.

Tabela 8 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a diminuição de sólidos dissolvidos.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito</i>	<i>Erro</i>	<i>t cal.</i>	<i>P</i>	<i>L. C. (-)</i>	<i>L.C. (+)</i>
Média	93,9684	1,11805	84,0469	0,00000*	91,3902	96,5467
pH (L)	0,4803	1,21261	0,3961	0,70239	-2,3160	3,2766
pH (Q)	-1,3529	1,26129	-1,0726	0,31473	-4,2614	1,5557
[B] (L)	0,12967	1,21261	0,1069	0,91746	-2,6666	2,9260
[B] (Q)	-1,5832	1,26129	-1,2552	0,24483	-4,4917	1,3254
[S] (L)	-0,6269	1,21261	-0,5170	0,61917	-3,4232	2,1694
[S] (Q)	-2,1607	1,26129	-1,7131	0,12505	-5,0692	0,7478
pH x [B]	0,5400	1,58365	0,3410	0,74190	-3,1119	4,1919
pH x [S]	0,5150	1,58365	0,3252	0,75337	-3,1369	4,1669
[B] x [S]	-0,05000	1,583654	-0,03157	0,975586	-3,70191	3,60191

* significativo a 95%

A um nível de confiança de 95%, as variáveis independentes e a interação entre elas não se mostram significantes para o processo de remoção de sólidos dissolvidos.

5.3.2 *Análise estatística para sólidos suspensos*

A Tabela 9 traz os dados dos valores dos efeitos principais e da interação entre os mesmos, na remoção de sólidos suspensos do efluente de galvanoplastia.

Tabela 9 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a diminuição de sólidos suspensos.

<i>Fatores</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Erro</i>	<i>t calc.</i>	<i>P</i>	<i>L.C. (-)</i>	<i>L.C. (+)</i>
Média	89,88138	1,890171	47,55199	0,000000*	85,5226	94,24012
pH (L)	-4,20673	2,050041	-2,05202	0,074274	-8,9341	0,52067
pH (Q)	-8,89621	2,132340	-4,17204	0,003113*	-13,8134	-3,97903
[B] (L)	2,64880	2,050041	1,29207	0,232404	-2,0786	7,37621
[B] (Q)	-5,65429	2,132340	-2,65168	0,029180*	-10,5715	-0,73711
[S] (L)	-3,69665	2,050041	-1,80321	0,109017	-8,4240	1,03076
[S] (Q)	-7,53921	2,132340	-3,53565	0,007668*	-12,4564	-2,62203
pH x [B]	3,56500	2,677325	1,33155	0,219697	-2,6089	9,73892
pH x [S]	0,05500	2,677325	0,02054	0,984113	-6,1189	6,22892
[B] x [S]	2,18000	2,677325	0,81425	0,439067	-3,9939	8,35392

* significativo a 95%

A um nível de 95% de confiança, os efeitos principais [S], [B] e pH mostraram-se significativos para o processo de redução de sólidos dissolvidos. As interações entre as variáveis independentes não se mostrou significativa para esse processo.

Na figura 9 é possível visualizar o Diagrama de Pareto, o qual apresenta os efeitos das variáveis e as interações estudadas, os efeitos significativos são os que se encontram a direita da linha vermelha visualizada no diagrama.

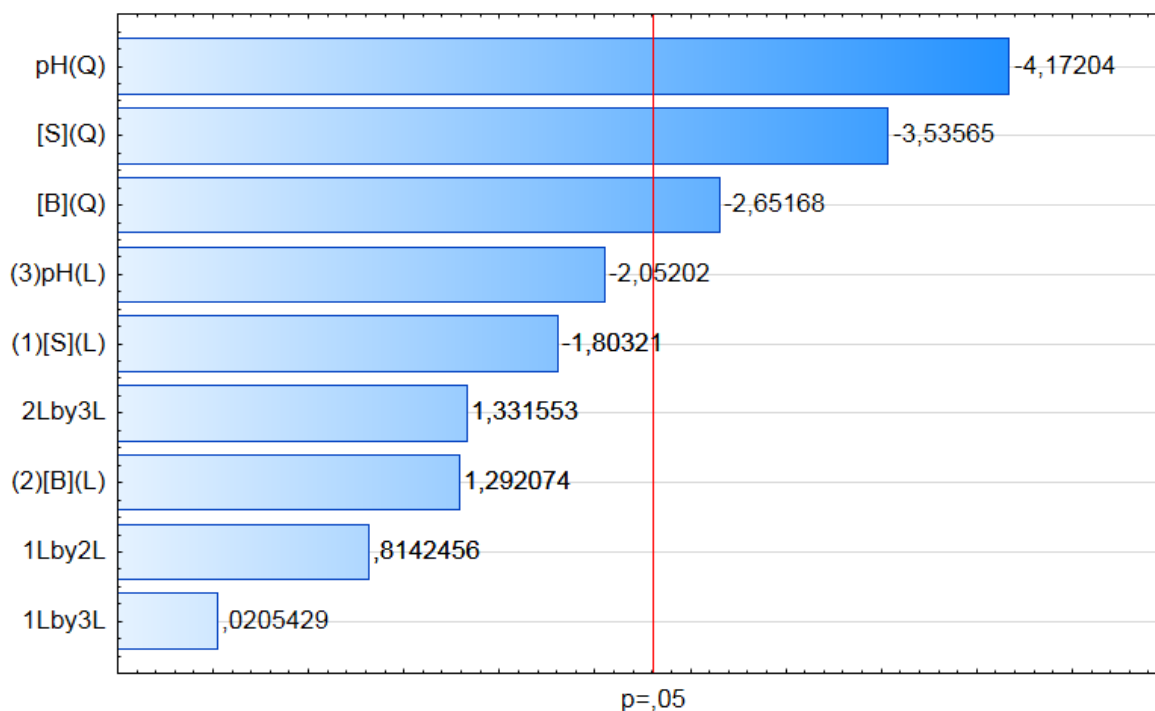


Figura 9 - Diagrama de Pareto para o processo de redução de sólidos dissolvidos.

Analisando-se a figura 9, pode-se perceber que quanto maior o valor do pH maior é a remoção de sólidos sedimentáveis. O mesmo pode ser observado com a concentração da Babosa [B] e do sulfato de alumínio [S], aumentando estas concentrações, aumenta-se a remoção.

A Tabela 10 apresenta a análise de variância (ANOVA) para o método de remoção de sólidos suspensos. Mais utilizado para avaliar se existe alguma diferença significativa entre as médias, e se as variáveis independentes exercem alguma influência na variável dependente.

Tabela 10 - Análise de variância (ANOVA) para o método de redução de sólidos suspensos no efluente

Fator	SS	GL	MQ	F calc.
Modelo	548,9329	1	548,9329	76,5810
Erro	114,6891	16	7,1680	
Total	663,6220	17		

$$F \text{ tab.}(1; 16; 0,05) = 4,49$$

$$F \text{ calc.}/F \text{ tab.} = 17,0559$$

$$F \text{ tab.}(1; 16; 0,01) = 8,53$$

$$F \text{ calc.}/F \text{ tab.} = 8,9778$$

$$R^2 = 82,71$$

Os valores obtidos pela ANOVA, para o método de redução de sólidos suspensos no efluente de galvanoplastia, mostram que o modelo é significativo e

preditivo, pois, apresenta valor de F calculado maior que o F tabelado a um nível de confiança de 95 %. Além disso, a um nível de confiança de 99% o F calculado continua sendo maior do que o F tabelado. Outro fator importante é que o coeficiente de determinação (R^2), visto que ele mostra o quanto a variável resposta é explicada pelo modelo. O valor considerado satisfatório é acima de 70%, portanto apresentou um valor aceitável de 82,71.

Para uma melhor compreensão de como cada variável independente influencia na variável resposta, foram geradas superfícies de resposta. As superfícies e resposta são criadas combinando-se duas variáveis independentes em função da variável dependente. As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as superfícies de resposta, de todas as combinações possíveis entre as variáveis independentes. Podemos observar que em todos os casos os níveis intermediários das variáveis são os que contribuem para uma melhor redução da quantidade de sólidos suspensos.

A equação abaixo (Não está numerada e nem contemplada no índice!) descreve o modelo obtido através do tratamento estatístico dos dados para a remoção dos sólidos suspensos

$$\text{Rem. SS(\%)} = 89,88 - 4,45 \cdot \text{pH}^2 - 52,83 \cdot [\text{B}]^2 - 3,77[\text{S}],$$

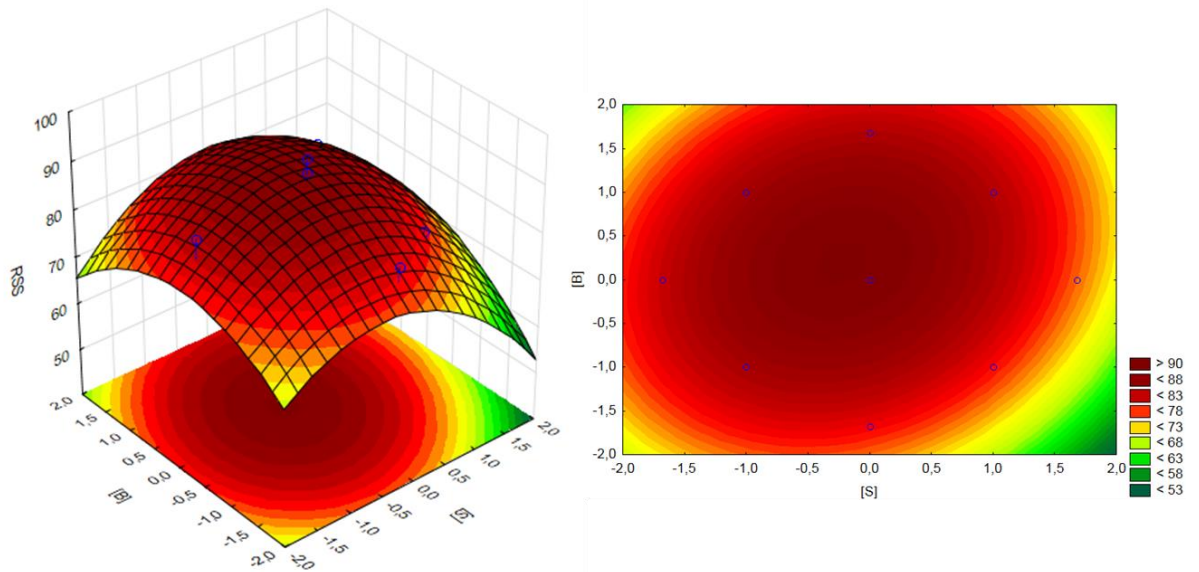


Figura 10 - Gráficos de superfície de resposta de [B] e [S] para a remoção de sólidos suspensos no efluente.

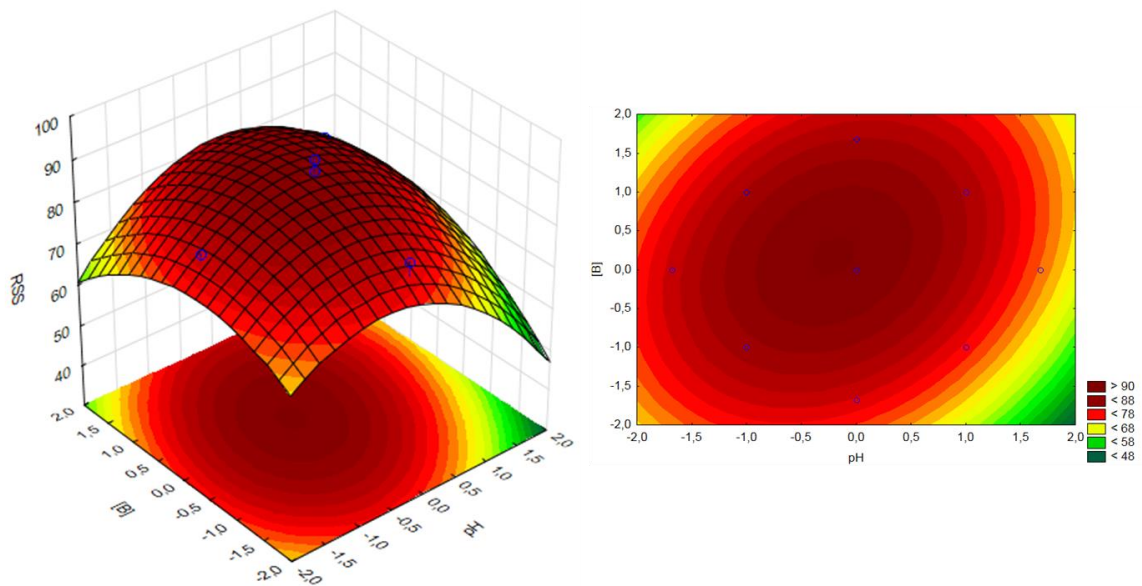


Figura 11 - Gráficos de superfície de resposta de [B] e pH para a remoção de sólidos suspensos em efluente de galvanoplastia

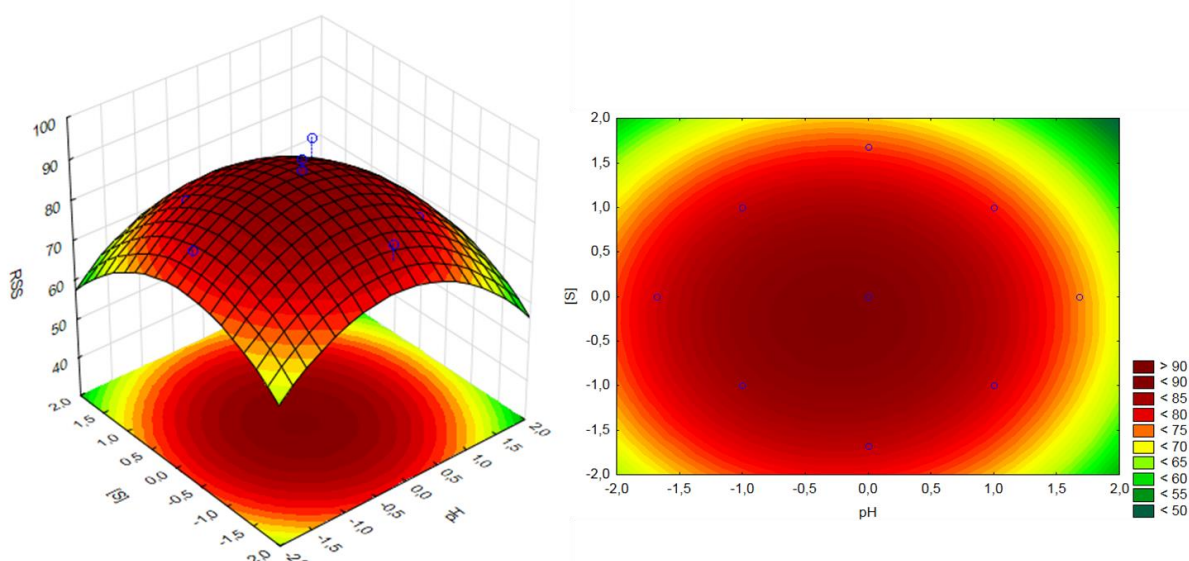


Figura 12 - Gráficos de superfície de resposta de [S] e pH para a remoção de sólidos suspensos em efluente de galvanoplastia.

Por intermédio do planeamento fatorial do processo de redução de sólidos suspensos é possível afirmar que, nas condições propostas, todas as variáveis independentes têm influencia significativa no processo. Além disso, os níveis intermediários, destas variáveis, são os que mais contribuem para o processo.

Na tabela 6, pode-se observar que, a maior remoção de sólidos suspensos ocorreu no ensaio de número 17, justamente um dos ensaios que utiliza os níveis intermediários de todas as variáveis independentes. Desta forma, sugere-se que, para a remoção de sólidos suspensos utilizando-se o gel da folha da babosa, sejam utilizadas as condições descritas no ensaio 17 deste planeamento fatorial.

5.3.3 Análise estatística para remoção de cromo

A Tabela 11 mostra os valores dos efeitos principais e da interação para a remoção do cromo do efluente de galvanoplastia.

Tabela 11 - Valores dos efeitos principais e da interação, estimados para a remoção de cromo de efluente de galvanoplastia.

<i>Fatores</i>	<i>Efeitos</i>	<i>Erro</i>	<i>t calc.</i>	<i>P</i>	<i>L.C. (-)</i>	<i>L.C. (+)</i>
Média	10,8061	3,5761	3,0217	0,0165*	2,5595	19,0527
pH (L)	11,2924	3,8786	2,9115	0,0195*	2,3484	20,2365
pH (Q)	11,4535	4,0343	2,8390	0,0218*	2,1503	20,7566
[B] (L)	-2,0424	3,8786	-0,5266	0,6128	-10,9865	6,9016
[B] (Q)	4,2433	4,0343	1,0518	0,3236	-5,0599	13,5465
[S] (L)	1,2233	3,8786	0,31539	0,7605	-7,7208	10,1674
[S] (Q)	2,5710	4,0343	0,6373	0,5417	-6,7322	11,8741
pH x [B]	-0,7000	5,0654	-0,1382	0,8935	-12,3809	10,9809
pH x [S]	1,6200	5,0654	0,3198	0,7573	-10,0609	13,3009
[B] x [S]	-0,7350	5,0654	-0,1451	0,8882	-12,4159	10,9459

* significativo a 95%

Com um nível de confiança de 95%, a variável independente pH foi a única que se mostrou significativa. Além disso, a interação entre as variáveis também não foi significativa no processo de remoção de cromo.

Na Figura 13 é possível observar o Diagrama de Pareto, e os efeitos das variáveis e das interações, as variáveis significativas são as que se encontram a direita da linha vermelha.

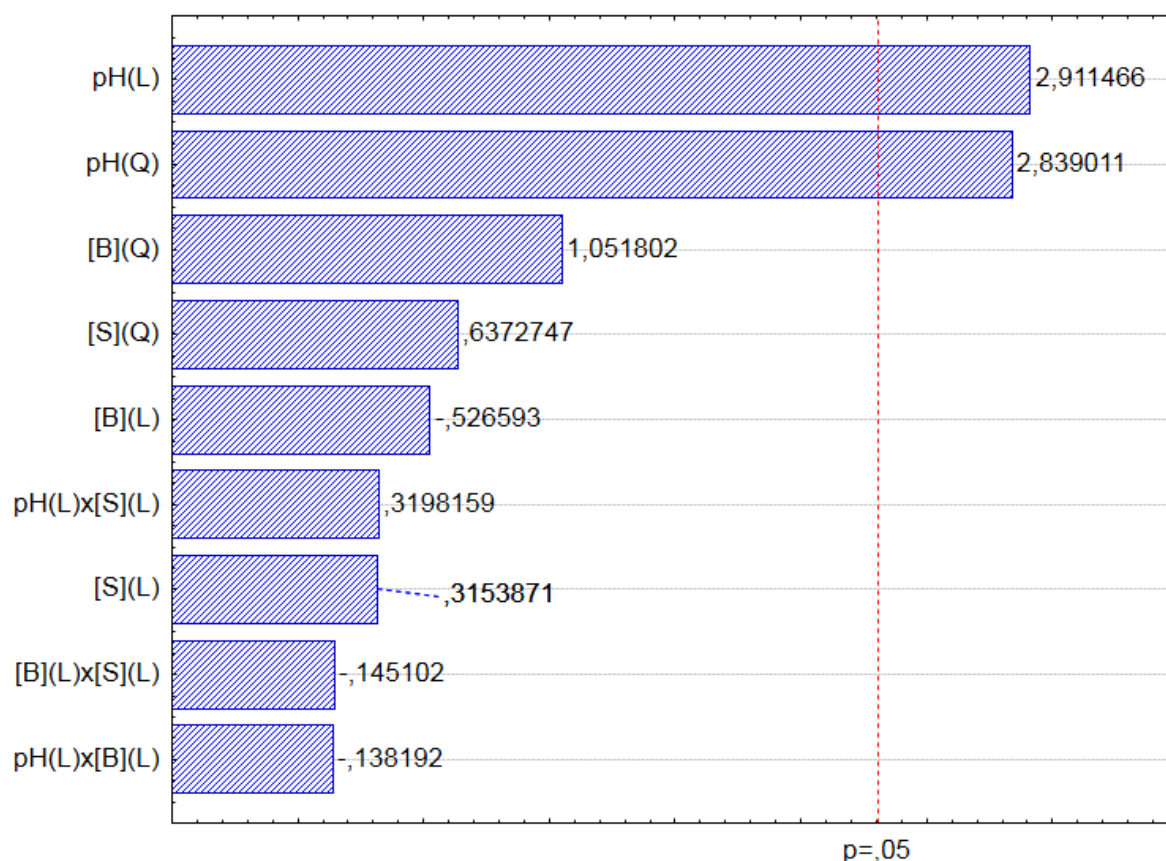


Figura 13 - Diagrama de Pareto para o processo de remoção do cromo de efluente de galvanoplastia.

A Tabela 11 apresenta a análise de variância (ANOVA) para o método de redução de cromo no efluente em estudo.

Tabela 11 - Análise de variância (ANOVA) para o método de redução de sólidos suspensos no efluente

Fator	SS	GL	MQ	F calc.
Modelo	886,674	1	886,674	34,5569
Erro	410,535	16	25,6584	
Total	1297,209	17		

$$F_{\text{tab.}}(1; 16; 0,05) = 4,49$$

$$F_{\text{calc.}}/F_{\text{tab.}} = 7,6964$$

$$F_{\text{tab.}}(1; 16; 0,01) = 8,53$$

$$F_{\text{calc.}}/F_{\text{tab.}} = 4,0512$$

$$R^2 = 68,352$$

Os valores obtidos pela ANOVA, para o método de redução de cromo do efluente, mostram que o modelo é significativo e preditivo pois apresenta valor de F calculado maior que o F tabelado a um nível de confiança de 95 % e também, a um nível de confiança de 99%. Porém o R^2 não apresentou um valor satisfatório.

As Figuras 15 e 16 mostram a superfície de resposta para a remoção do cromo. Podemos observar nas duas que apenas o pH exerce influência positiva na remoção do cromo presente no efluente.

A equação abaixo descreve o modelo obtido através do tratamento estatístico dos dados para a redução de cromo é dada abaixo.

$$\text{Rem. Cr (\%)} = 10,8061 + 5,6462 \cdot \text{pH} + 5,7267 \cdot \text{pH}^2$$

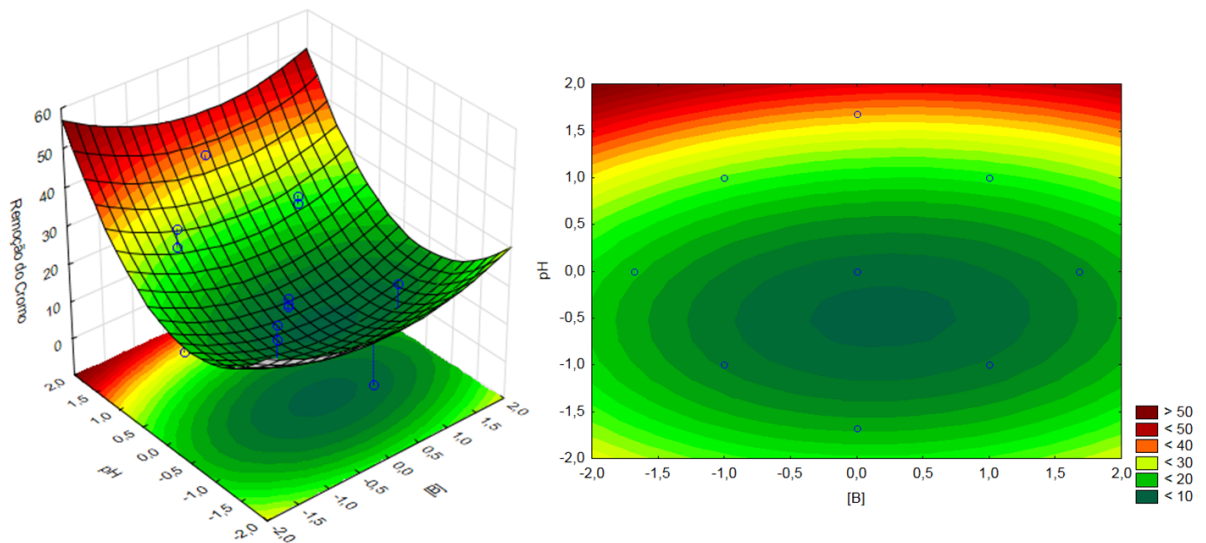


Figura 14 - Superfícies de resposta de pH e [B] para remoção do cromo.

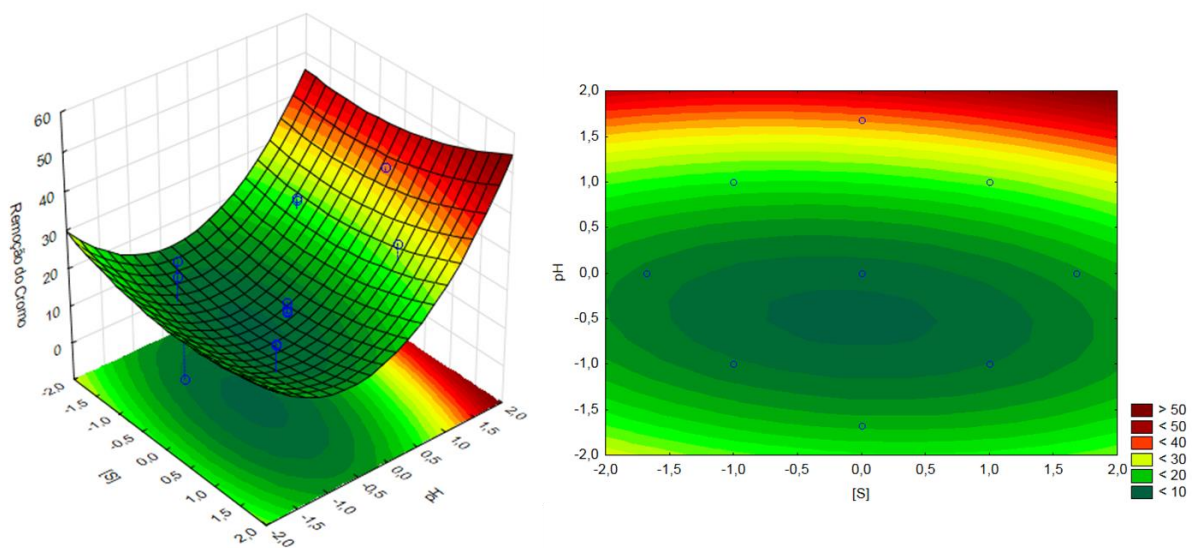


Figura 15 - Superfícies de resposta de [S] e pH para remoção do cromo.

Para a remoção do cromo presente no efluente, foi possível ver que, para as condições testadas, apenas o pH se mostrou significativo. De acordo com a Tabela

6 o ensaio que conseguiu maior remoção de cromo foi o ensaio de número 10, o qual foi realizado utilizando o nível superior da variável pH. Sugere-se que, em trabalhos futuros com a mesma planta e efluente, sejam utilizadas as condições do ensaio 10 para a remoção do cromo presente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante as análises realizadas no gel da Babosa (*Aloe Arborescens*) foi possível determinar os grupos funcionais presentes na mesma, bem como verificar características como umidade, temperatura de estabilidade e a quantidade de cinzas.

Os valores obtidos nas análises de DQO e DBO do efluente estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 430/11 e CEMA 070/09. Porém resultados de pH, concentração de cromo, turbidez e sólidos dissolvidos, se mostraram acima dos limites estabelecidos na legislação, portanto se faz necessário um tratamento para descarte desse efluente.

Após a realização do ensaio no jar test, observou-se uma diminuição do Cr, turbidez, sólidos suspenso e dissolvidos. Com a análise estatística realizada, pode se verificar que nos sólidos dissolvidos as variáveis não foram significativas. Já na avaliação dos sólidos suspensos, todas as variáveis independentes têm influencia significativa no processo, porém a interação delas não foi significativa. Na remoção do Cr verificou-se que a única variável significativa foi o pH.

A única variante que apresentou resultado positivo na remoção do cromo no efluente foi o pH, portanto a concentração do gel da Babosa (*Aloe Arborescens*) não foi eficaz. A diminuição da quantidade desse metal é decorrente principalmente pela precipitação do cromo devido ao pH. Entretanto, mesmo com essa redução expressiva do cromo, o efluente não pode ser descartado sem que um tratamento adequado, pois o mesmo se mostra agressivo para o meio ambiente.

7 SUGESTÕES

Como sugestão para um trabalho futuro:

- ✓ Aumentar a concentração da Babosa (*Aloe Arborescens*).
- ✓ Estudar um método de tratamento para o lodo proveniente do processo de tratamento do efluente

8 REFERÊNCIAS

ALVES, Alvaro Cesar Dias. **Estudo da eficiência do processo de coagulação/floculação e do processo combinado de coagulação/floculação/adsorção para tratamento de águas residuárias de galvanoplastia utilizando moringa oleífera**. Dissertação. 2012. 86f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná, Toledo - Pr, 2012.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D (2005).; et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ª ed. Washington: **American Public Health Association**. 1082 p.

BERNARDES, A. M.*et al.*. Manual de orientações básicas para a minimização de efluentes e resíduos na indústria galvânica. Porto Alegre: Senai, 2000.

Biomedicina Padrão. Disponível em :<<http://www.biomedicinapadiao.com.br/search?q=glicose>>
Acesso em: 20 out 2016

BRASIL CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução No 430, DE 13 DE MAIO DE 2011.

BRESAOLA, R. J.; CARRARA, S. M. C. M. **Reuso de águas residuárias geradas em processos de galvanoplastia** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental Rio Grande do Sul: PUCRS 2000.

CARDOSO, Fernando Leite et al . Análise sazonal do potencial antimicrobiano e teores de flavonoides e quinonas de extratos foliares de Aloe arborescens Mill., Xanthorrhoeaceae. **Rev. bras. farmacogn.**, Curitiba , v. 20, n. 1, p. 35-40, Mar. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102695X2010000100008&lng=en&nrm=iso>.

CARDOSO, V. C. **Estudo do Processo de Coagulação/Floculação por meio da *Moringa oleifera* Lam para Obtenção de Água Potável**. Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá - PR, 2007. Tese (Mestrado).

Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 70/2009 – CEMA, de 11 de agosto de 2009. Disponível em <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf>. Acesso em 10 out. 2016.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 357, de 17 de Março de 2005. **Diário Oficial de União República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 10 out. 2016

CPRH, COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Tipologia Galvanoplastia. Recife: CPRH/GTZ. 2001.

Cura Natura. Disponível em < <http://www.curanatura.com/Apresentacao>> Acesso em: 18 out. 2016

DA SILVA, F. J. A.; SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. L. **Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na descolorização de efluente têxtil índigo.** In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. Joinville - SC.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** 2ª ed., v. 1. São Carlos: Rima. 2005.

El-Shemy HA, Aboul-Soud MA, Nassr-Allah AA, Aboul-Enein KM, Kabash A, Yagi A. Antitumor properties and modulation of antioxidant enzymes' activity by Aloe vera leaf active principles isolated via supercritical carbon dioxide extraction. *Curr Med Chem.*, vol. 17, n. 2, p. 129-38, 2010.

HUANG, C.; CHEN, S.; PAN, J.R. Optimal Condition for Modification of Chitosan: A Biopolymer for coagulation of colloidal particles. *Water Research*, v.34, n.3, p.1057 – 1062, 2000.

KIEHL, E. L. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Editora Agronômica – CERES, 1985.

Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos – 4ª Edição 1ª Edição Digital SES – CCD -IAL Secretaria de Estado da Saúde Coordenadoria de Controle de Doenças Instituto Adolfo Lutz © 2008

MILANEZ, K. W. et al. **Caracterização de pigmentos inorgânicos à base de Fe, Zn e Cr utilizando resíduo de galvanoplastia como matéria-prima.** *Ceramica* v.51 2005.

MURAKAMI, Cynthia; CARDOSO, Fernando Leite; MAYWORM, Marco Aurélio Sivero. Potencial fitotóxico de extratos foliares de Aloe arborescens Miller (Asphodelaceae) produzidos em diferentes épocas do ano. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 111-116, Mar. 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010233062009000100014&lng=en&nrm=iso>. access on 25 Nov. 2016

MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. **Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds.** *Water Resources*, Fenix, v. 29, n. 12, p. 2689-2695. 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S.; TALBOT, B. G. **Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*.** *Water Research*, Cardiff, UK v. 29, n. 2, p. 703-710. 1995.

NETO, A. P. et al. **Alternativas para o tratamento de efluentes da indústria galvânica . Vol.13 - Nº 3 - jul/set 2008.** Scielo Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000300004> acesso em: 28 out 2015 .

Norma Técnica Interna SABESP NTS 013, 1999. Disponível em <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>

PAVIA, Donald L.; LAMPMAN, Gary M.; KRIZ George S. **INTRODUÇÃO A ESPECTROSCOPIA.** Cengage - SP, 2010.

PEREIRA NETO, Artur et al . Alternativas para o tratamento de efluentes da indústria galvânica. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 263-270, Sept. 2008. Available from

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522008000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 Nov. 2016.

PEREIRA, J. A.R. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental**. Universidade Federal do Pará, 2014. Disponível em: < <http://www.researchgate.net/publication/228719448> >acesso em: 03 Novembro 2015

RIBEIRO, D.F. K, RODRIGUES, S. Uso de Zeólitas na Redução do Teor do Cátion Níquel de Efluentes Galvânicos. **Cerâmica Industrial**, v 15 nº (5-6) Setembro/Dezembro, 2010. Disponível em: <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v15n5-6/v15n5-6a07.pdf>> acesso em: 26 nov 2016.

ROUSSY, J., VAN VOOREN, M., DEMPSEY, B.A., GUIBAL, E., Influence of chitosan characteristics on the coagulation and the flocculation of bentonite suspensions. **Water Research**, V. 39, 2005.

SABESP .São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1993. 764 p.

SANTOS, F. A. *et al.* Tratamento de efluente de galvanoplastia por meio da biossorção de cromo e ferro com escamas da pinha da Araucaria angustifolia. . **Revista Escolas de Minas**, Ouro Preto, 64(4), 499-504, out. dez. | 2011. Disponível em < <http://submission.scielo.br/index.php/rem/article/view/44792/5791>> Acesso em: 27 nov 2016.

SANTOS, K. C. R. **Aplicação de resinas comerciais na remoção do cobre presente em lodos galvânicos**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UFRJ, 2008. Tese (Mestrado).

SERPELONI, G. B. et al. **Estudo do potencial do extrato de *moringa oleifera* lam como coagulante/floculante no tratamento para obtenção de água potável**. II Encontro Nacional De Moringa, 2010 Sergipe .

SILVA, A.R. Aromaterapia em dermatologia e estética. Editora Roca, São Paulo. 2004.

SIMAS, R. **Levantamento da Geração de Resíduos Galvânicos e Minimização de Efluentes Contendo Cianeto**. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba – PR, 2007. Tese (Mestrado).

Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009 Disponível em <<http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/antraquinonas.html> >Acesso em: 20 out 2016.

VAZ, L. G. L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Toledo, 2009.

VAZ, L.G.L et al. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia**. Eclética química v. 35, nº 4 Maringá, 2010.

Vegetal. . Disponível em < <https://www.vegetall.com.br/babosa/tipos-babosa-barbadensis-arborescens/>> Acesso em: 18 out. 2016

VEIT, M.T et al.. Biossorção de níquel e cromo de um efluente de galvanoplastia utilizando alga marinha pré-tratada em coluna. **Acta Scientiarum. Technology** Maringá, v. 31, n. 2, p. 175-183, 2009

VIJAYARAGHAVAN, K.; JEGAN, J.; PALANIVELU, K. **Biosorption of cobalt (II) and nickel (II) by seaweeds: batch and column studies.** *Separation and Purification Technology*, v.44, p. 53-59. 2005.

YAMAMOTO Masatoshi, et al; **Anti-inflammatory Active Constituents of Aloe arborescens Miller,** *Agricultural and Biological Chemistry*, set 2014.