

AValiação DO DECOCTO EXTRAÍDO A PARTIR DAS FOLHAS DE LIPPIA SIDOIDES CHAM COMO INIBIDOR DE CORROSÃO DO FERRO.

Camila Renata Fernandes Oliveira¹, Cláudio Costa dos Santos², Gecílio Pereira da Silva³

Resumo: O estudo dos extratos vegetais orgânicos e aquosos sejam fixos ou voláteis (óleos essenciais) vem evoluindo cada vez mais, por apresentarem diversos componentes químicos e possuírem, assim, inúmeras aplicações, desde fins terapêuticos como no controle de ansiedade, dores de cabeça, insônia; antifúngicos, etc. O decocto em estudo foi extraído a partir das folhas da *Lippia sidoides Cham*, o alecrim-pimenta, cultivado na Serra Mossoró-RN e seu óleo essencial foi obtido no processo por hidrodestilação no laboratório de Engenharia Eletroquímica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Conseguiu-se extrair uma quantidade de 8,9mL de óleo volátil. A composição química apresentou como constituintes majoritários o o-cimeno (21,62%) e carvacrol (57,38%). Adicionalmente, o decocto foi avaliado como inibidor de corrosão do ferro, mas apesar de notadamente interferir inicialmente como demonstrado pelo ensaio de Polarização linear potenciodinâmica (PLP), a inibição da corrosão não foi confirmada pelo ensaio de Espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE).

Palavras-chave: Alecrim-pimenta; Decocto; Inibidor de corrosão; Óleo essencial; Liofilização.

1. INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são compostos químicos voláteis, onde sua principal característica é sua fragrância, e frequentes atividades antimicrobianas e antioxidantes. São extraídos dos tricomas granulares de plantas aromáticas através da destilação, podendo ocorrer de três formas principais: destilação por arraste a vapor; destilação por água e vapor; ou somente destilação por água (hidrodestilação) [1]. Devido a sua fragrância característica e atividades terapêuticas, os óleos essenciais vêm ganhando cada vez mais espaço nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, principalmente. No processo da hidrodestilação é obtido o decocto, extrato aquoso oriundo do cozimento do material vegetal. Extratos vegetais polares, como o decocto, têm demonstrado atividades de interesse econômico como, por exemplo, inibidores de corrosão [6].

A *Lippia sidoides Cham*, popularmente conhecida como alecrim-pimenta, é uma planta pertencente à família Verbanaceae e de gênero *Lippia*, caracterizada como um arbusto, muito presente no sertão nordestino, onde a medicina popular e suas propriedades passam de geração a geração. A *Lippia sidoides Cham* (figura 1) é uma planta aromática popularmente utilizada na medicina em problemas de pele como pé de atleta, impigens, pano branco ou sarna. Elimina mau odores como o chulé e ajuda no tratamento de inflamações na boca e na garganta, tratando inclusive aftas [2]. O constituinte majoritário mais comumente relatado na literatura é o timol, que possui grande importância econômica para as indústrias químicas farmacêuticas [4]. As concentrações dos componentes químicos de um óleo essencial podem variar de acordo com o local de cultivo, época do ano e até mesmo o horário em que foram cultivados. Já se sabe de sua atividade antifúngica contra *Candida Spp* e *Microsporum canis*, atividade antimicrobiana in vitro e efeito larvicida contra o *Aedes aegypti* [5].

Atualmente uma das principais preocupações nas indústrias é a questão da corrosão. Sendo definida e aceita universalmente como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ações químicas ou eletroquímicas do meio ambiente. Essa deterioração representa alterações indesejáveis, tais como o desgaste, modificações estruturais que acaba tornando o material inadequado para uso, de forma espontânea. Para que se combata uma corrosão devem ser realizados estudos em conjunto com o próprio mecanismo da corrosão. Existem substâncias denominadas de inibidores de corrosão, que atuam, quando presente em concentrações adequadas, no meio corrosivo reduzindo ou eliminando a corrosão. Para que um inibidor tenha resultados positivos, devem ser analisados cinco parâmetros: as causas da corrosão no sistema; custo; propriedades e mecanismos de ação;

¹ Acadêmico do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, e-mail: camilarfoliveir@gmail.com.

² Professor Dr. na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, e-mail: claudio.costa@ufersa.edu.br.

³ Professor Dr. na Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, e-mail: gecilio@ufersa.edu.br.

condições adequadas de adição; e controle. E atentar-se para a classificação do inibidor, quanto à sua composição (orgânicos e inorgânicos); ou quanto ao seu comportamento (oxidantes, não oxidantes, anódicos, catódicos e de adsorção) [6].

Neste presente trabalho utilizou-se as folhas do alecrim-pimenta (*L. sidoides Cham*), que foram coletadas na Serra Mossoró-RN. A extração do óleo essencial da presente planta foi através da técnica de hidrodestilação. O objetivo da pesquisa foi obter o óleo essencial do alecrim-pimenta, avaliar a sua composição química e verificar se o mesmo pode atuar como um inibidor de corrosão.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Alecrim-pimenta

Pertencente à família Verbanaceae, o alecrim-pimenta (*Lippia sidoides Cham*) é uma planta arbustiva, caducifólia, aromática e própria da vegetação nordestina, sendo frequente nos arredores de Mossoró-RN e Tabuleiro do Norte-CE. Possui caule grosso, quebradiço e muito ramificado, com folhas longas e crenadas com até 3 cm por 1,5 cm de largura, flores pequenas e esbranquiçadas reunidas em pequenas espigas, e com sementes de difícil visualização [11].

Seus resultados fitoquímicos registram elevado teor de óleo essencial cujo componente químico principal é o timol, o qual possui elevado poder antisséptico contra fungos e bactérias, com forte ação moluscicida e larvicida, podendo ser utilizado no combate contra o *Aedes aegypti* e o caramujo vetor de esquistossomose. Além do timol, o alecrim-pimenta também possui componentes como flavonoides, lapachenol, tectol, lipisidoquinona e outros derivados naftoquinônicos que contribuem para sua atividade biológica contra células leucêmicas de origem humana [11].

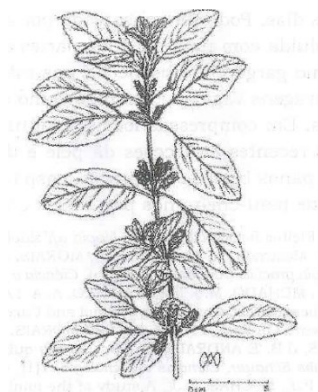


Figura 1: Planta *Lippia sidoides Cham* (MATOS, 2007)

2.2 Índice de Kovats

Índices de retenção são utilizados como ferramentas na identificação de compostos, principalmente em óleos essenciais, devido possuírem estruturas similares, homogeneidade heteroatômica e com graus de saturação

simples. O índice mais utilizado, é o Índice de Kovats (KI), que foi introduzido em 1958 para ser utilizado em separações isotérmicas, e pode ser calculado através da seguinte equação: [12].

$$KI = 100n + 100 \left(\frac{\log t'_{R(i)} - \log t'_{R(n)}}{\log t'_{R(n+1)} - \log t'_{R(n)}} \right)$$

Onde:

$t'R$: tempo de retenção ajustado (tempo de retenção do pico menos o tempo de ebulição do pico de um composto não retido pela coluna cromatográfica);

i : analito;

n : número de carbonos do padrão adjacente menos retido;

3. METODOLOGIA

3.1 Obtenção do óleo essencial

As folhas da planta alecrim-pimenta (*L. sidoides Cham*) foram coletadas na Serra Mossoró, localizada na zona rural do Município de Mossoró-RN, distando cerca de 7 Km do trecho da rodovia RN 015 [6]. A extração do óleo essencial ocorreu na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Centro de Engenharias, Laboratório de Engenharia Eletroquímica-34, campus Mossoró. De início as folhas da *L. sidoides Cham* foram colocadas em um recipiente de plástico, onde o mesmo pesa 176 g, e em seguida foram separadas do caule e somente as folhas foram pesadas em uma balança digital de cozinha (CLINK), onde foi obtida a pesagem de 700g de folhas.

Em um balão volumétrico de vidro de 5L, foi adicionado água em quantidade suficiente para cobertura do material vegetal e a cocção foi realizada em uma manta aquecedora modelo Q321A28 (Quimis). Então, o aparelho Clevenger foi acoplado corretamente, e foi conectado a tubulação ao banho termostatizado modelo TE-2005 (Tecnal). O processo da hidrodestilação durou duas horas após o início da ebulição. Ao finalizar todo o processo da hidrodestilação, o óleo essencial foi coletado com o auxílio de uma micropipeta conseguindo extrair 8,9 mL de óleo essencial (OELS). Fez-se a separação do óleo essencial do hidrolato e em seguida este foi secado com Na_2SO_4 e transferido para uma ampola de vidro, etiquetado e levado para a geladeira.



Figura 2: Processo da hidrodestilação das folhas do alecrim-pimenta (Autoria Própria)

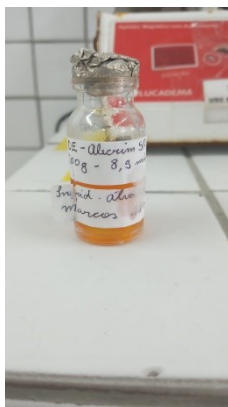


Figura 3: Óleo essencial do alecrim-pimenta (OELS) (Autoria Própria)

3.2. Obtenção do Decocto

Para se obter o decocto seco das folhas do alecrim-pimenta (LSFD), foi utilizado o método da liofilização, com um liofilizador LIOBRAS modelo L101. O processo da liofilização envolve dois métodos mais confiáveis de conservação de produtos - superfrio e secagem – onde não faz o uso de produtos químicos ou conservantes, sendo o processo mais adequado para se preservar células, enzimas, leveduras, algas, frutas, alimentos no geral e extratos

vegetais. Na liofilização o produto é congelado a uma temperatura bem baixa, abaixo de -30°C , por um período mínimo de 12 horas, para garantir que não exista nenhuma molécula de água no estado líquido. O extrato congelado é submetido a uma pressão negativa, fazendo com que a água congelada do produto seja sublimada resultando em um produto final com uma estrutura porosa livre de umidade e capaz de ser reconstituída pela simples adição de água. Os produtos que são liofilizados têm suas propriedades originais conservadas (forma, cor, aroma e sabor), e mesmo em temperaturas ambientes, resistem intactos por muitos anos. Esses produtos têm peso baixo e quando reconstituídos retornam às suas propriedades originais [8].



Figura 4: Decocto obtido a partir das folhas do alecrim-pimenta (LSFD) (Autoria Própria)

3.3. Avaliação da atividade como inibidor de corrosão

No Laboratório de Engenharia Eletroquímica-34 da UFERSA, campus Mossoró-RN, foram realizados os testes para avaliar se o decocto, obtido a partir das folhas do alecrim-pimenta, possui propriedades para atuar como inibidor de corrosão. De início foi preparada uma solução de 1L de Cloreto de Sódio (NaCl) 0,1M. Após preparar a solução, foi pesado 0,125g do decocto do alecrim-pimenta e o mesmo foi diluído em um balão de 250 mL na solução de 0,1M (Figura 5).



Figura 5: Solução do LSFD diluído na solução de NaCl 0,1M (Autoria Própria)

Em seguida com o auxílio de uma pipeta automática calibrada em 1mL, foram pipetados em três balões volumétricos de vidro de 100 mL os seguintes volumes: 1mL para a concentração de 5 ppm; 2mL para a concentração de 10 ppm; 4mL para a concentração de 20 ppm (Figura 6).



Figura 6: Soluções do LSFD em NaCl 0,1M nas concentrações de 5 ppm, 10 ppm e 20 ppm (Autoria Própria)

Para a avaliação do LSFD como inibidor de corrosão, foi utilizado um eletrodo de ferro. Foi realizado o lixamento da área superficial do eletrodo com quatro lixas de espessuras diferentes: 180; 400; 500 e 1200 até que a área superficial do eletrodo estivesse totalmente polida. Após realizar o lixamento da área superficial, o eletrodo de ferro ficou submerso por 2 minutos, em solução de hidróxido de sódio (NaOH) 10% do peso em massa, etapa caracterizada como a etapa de desengraxe do eletrodo. Depois o eletrodo foi lavado com água destilada e em seguida, submerso em ácido clorídrico (HCl) 10%, também por 2 minutos, etapa de decapagem ácida. Ao colocar o eletrodo no HCl, observou-se a liberação de gases na área superficial do eletrodo.

Para realizar os testes de inibidor de corrosão, em uma célula de teste de vidro, foi realizado o primeiro teste, sendo ele teste em branco, feito apenas com a solução de NaCl 0,1M sem a presença do inibidor. Em uma proveta de 100 mL, foram adicionados 80mL da solução de NaCl 0,1M e despejado na célula de teste. Foram acoplados na célula o eletrodo de ferro (eletrodo de trabalho) e mais dois eletrodos, um contra eletrodo de fio de platina (Pt wire) e um eletrodo de prata cloreto de prata (Ag/AgCl), que age como referência medindo como se dá a transferência de cargas dentro da célula. Em seguida, a célula de teste foi levada para dentro de uma gaiola de Faraday para se realizar os testes de impedância e polarização do eletrodo.

A gaiola de Faraday é uma das aplicações da blindagem eletrostática, onde o interior do condutor fica blindado contra as influências elétricas, que são provenientes de cargas situadas no exterior desse condutor [8]. Nesse caso, é uma gaiola de ferro, e em seu interior encontra-se a célula de teste e os respectivos eletrodos.

Os dados obtidos foram através do programa NOVA, o primeiro teste a ser realizado foi o da impedância, o qual não agride o eletrodo, apenas indica como acontece a transferência de carga e de massa. A técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) é bastante utilizada na caracterização de diversos sistemas eletroquímicos, consistindo em aplicar um sinal alternado de pequena amplitude a um eletrodo inserido num eletrólito [9], é formado o diagrama de Nyquist o qual apresenta no eixo vertical, o eixo irreal (-Z), que determina a quantidade máxima de carga trocada; e no eixo horizontal tem-se o eixo real (Z), que determina a resistência total do eletrodo. Para que o inibidor seja considerado excelente, devem ser formados dois arcos, onde o primeiro indica a resistência do material trabalho, havendo a formação do segundo arco indica que outro material/outra solução naquele meio, está proporcionando a inibição. O teste da impedância durou 1700 s, equivalente a 28 min, com uma frequência inicial de 10000 Hz e final de 0,003 Hz.

Em seguida foi realizado o teste de polarização linear potenciodinâmica (PLP), que ao contrário da impedância, é um teste mais agressivo para o eletrodo, onde ele oscila entre cátodo e ânodo. O gráfico formado apresenta as duas regiões: anódica e catódica. Na região anódica, indica-se o potencial aplicado, que determina quanto de potencial ele permite passar. Pelo próprio programa foram determinados quatro principais parâmetros, sendo eles: o potencial de corrosão, que quanto mais próximo do zero, melhor será, pois indica que o inibidor é nobre. A corrente de corrosão, que determina quanto o ferro libera de corrente para passar, quanto menor for essa corrente, melhor, pois indica que menos corrosão ele sofrerá. A taxa de corrosão que determina quanto de corrosão em milímetros (mm) por ano o material sofre. E por fim, a resistência a polarização de corrosão, que quanto mais o material resistir à corrosão, melhor.

Após a finalização do teste em branco foram realizados os testes com as concentrações de 5ppm, 10ppm e 20ppm, respectivamente. A área superficial do eletrodo de trabalho foi lixada com as lixas de 500 e 1200 de dimensão, até que estivesse totalmente polida. O eletrodo ficou então submerso na solução de NaCl 10% do peso

em massa por 2 minutos, seguida lavada com água destilada e submerso em solução de HCl 10% também por 2 minutos. A célula de teste foi preparada com 80mL da solução de 5ppm e foram acoplados os três eletrodos: o de ferro, eletrodo de trabalho; eletrodo de prata cloreto de prata (Ag/AgCl); e o contra eletrodo de fio de platina. A célula foi então levada para a gaiola de Faraday para que os testes de impedância e polarização fossem realizados novamente. O mesmo procedimento foi realizado para as soluções de concentração de 10ppm e 20ppm.



Figura 7: Gaiola de Faraday onde realiza-se os testes de impedância e polarização (Autoria Própria)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A extração do óleo essencial das folhas da *L. sidoides* (OELS) foi obtido por hidrodestilação, a partir das folhas com rendimento de 12,71 mL de óleo volátil para cada 1 kg de material vegetal. O mesmo apresenta-se com uma coloração alaranjada e odor característico de alecrim. O cromatograma do OELS (figura 8) apresentou nove bandas cromatográficas referentes aos constituintes bioproduzidos pelo alecrim-pimenta. A análise crítica dos espectros com correção do índice de Kovats [12] e, posterior, comparação com os dados da literatura [13], [4] permitiu a caracterização da totalidade da composição química do material analisado. O cromatograma do OELS, mostrado na Figura 8, apresentou dois sinais majoritários. Os sinais mais relevantes em teores, com tempos de retenção crescentes, referem-se ao ***o*-cimeno** (21,62%) e **carvacrol** (57,38%). Os espectros de massas podem ser observados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

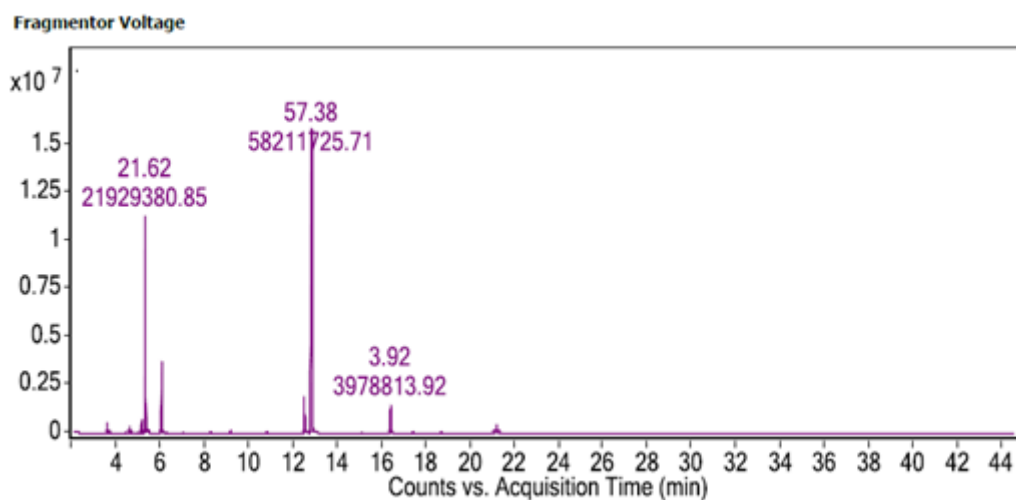


Figura 8: Cromatograma CG-EM do OELS. (Autoria Própria).

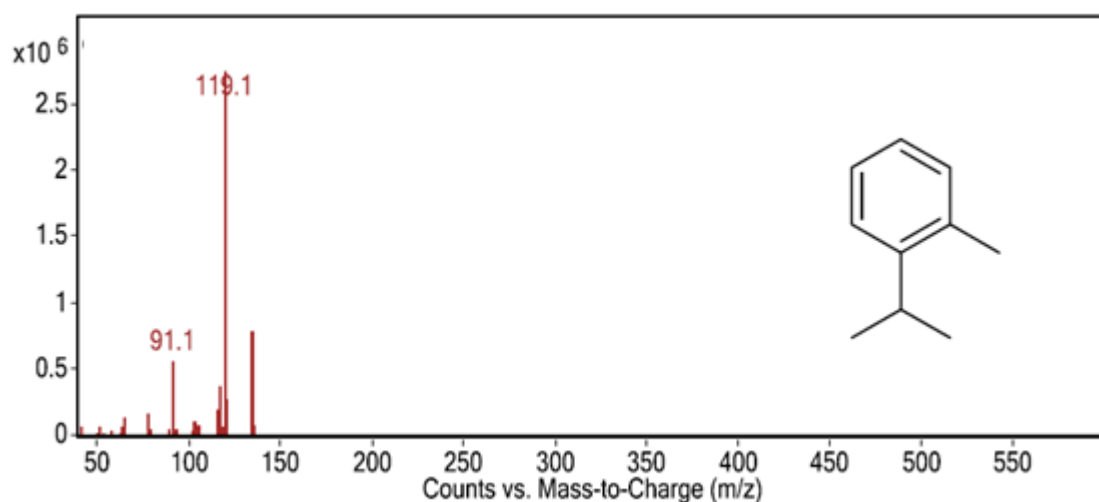


Figura 9: Espectro de massa e estrutura química do *o*-cimeno obtido a partir do OELS.

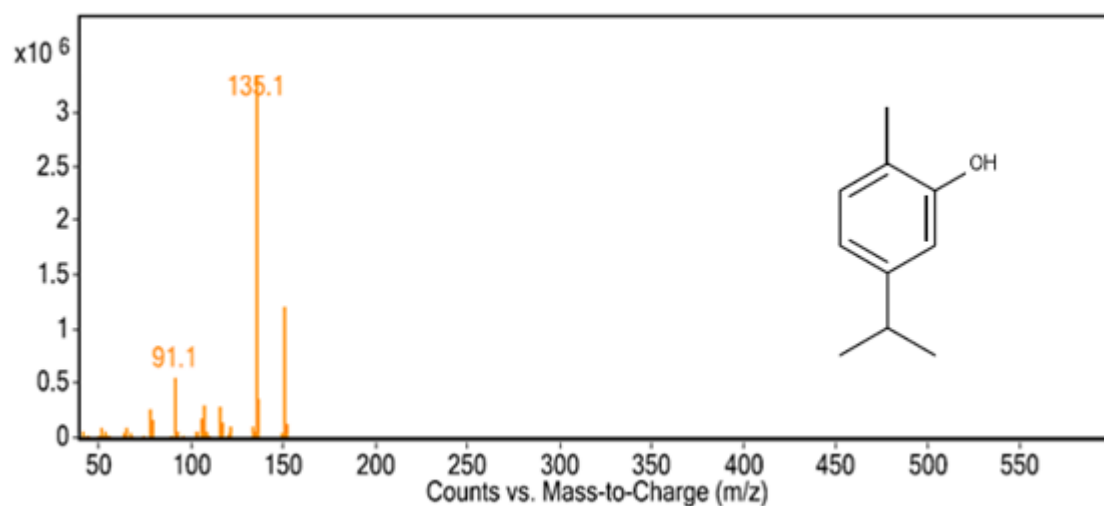


Figura 10: Espectro de massa e estrutura química do carvacrol obtido a partir do OELS.

Outros constituintes foram também identificados e estão presentes na tabela abaixo:

Tabela 1: Componentes Químicos Identificados no OEASP com os IA e IK corrigidos (ADAMS, 2007).

Componente	IA	IK	CGEM (%)
Sabineno	969	921	0,86
Mirceno	988	990	0,73
α -terpineno	1014	1017	1,36
<i>o</i> -cimeno	1022	1026	21,62
γ -terpineno	1054	1059	7,31
Timol	1289	1290	5,40
Carvacrol	1298	1299	57,38
(E)-cariofileno	1417	1419	3,92
Óxido de cariofileno	1582	1583	1,42
Total			100,00

Devido seus componentes majoritários serem o o-cimeno e o carvacrol, o óleo essencial do alecrim-pimenta é de grande importância para a indústria farmacêutica. O 5-isopropil-2-metilfenol (carvacrol) é isômero do timol, principal componente majoritário do óleo essencial, onde muda-se apenas a posição da hidroxila. O que pode ter sido um dos motivos do carvacrol ser o componente majoritário principal. O carvacrol é um poderoso agente antifúngico, apresentou resultados positivos contra a *Escherichia coli* e também, atividades ansiolíticas e sedativas, através de mecanismos semelhantes aos benzodiazepínicos, por exemplo o Rivotril [15]. Já o 1-isopropil-2-metilbenzeno (o-cimeno) possui atividades inseticida e repelente [16].

A composição química de um óleo essencial pode variar devido a fatores como a localização de onde a planta foi cultivada, época do ano, e até mesmo o horário. Porém, é possível perceber que componentes tidos como majoritários no alecrim-pimenta, estão em composições diferentes em óleos extraídos em outros estados do Brasil, e outros componentes podem chegar a não ser identificados durante o teste. Na tabela 2 a seguir, fez-se uma comparação com os resultados obtidos em Mossoró-RN e outras regiões.

Tabela 2: Variabilidade da composição química do *L. siddoides* em outras regiões.

Componente	FONT ENEL LE- CE	LIMA- MG	OLIVEIRA -RN
Sabineno	-	5,26	0,86
Mirceno	5,43	1,97	0,73
α -terpineno	1,43	1,50	1,36
<i>o</i> -cimeno	-	-	21,62
γ -terpineno	3,83	9,21	7,31
Timol	59,65	2,30	5,40
Carvacrol	-	31,68	57,38
(E)-cariofileno	10,60	1,50	3,92
Óxido de cariofileno	0,72	1	1,42

Baseando-se nos dados obtidos através dos testes de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e polarização linear potenciodinâmica (PLP), foi possível avaliar o rendimento do decocto (LSFD) como inibidor de corrosão. Na tabela 3 abaixo encontram-se os dados obtidos do processo.

Tabela 3: Dados obtidos do PLP e EIE.

Concentração	Ecorr, Obs(V)	icor (A)	Corrosion rate (mm/year)	Polarization resistance (Ω)
0ppm (branco)	-0,67749	0,00011132	1,2935	234,08
5ppm	-0,68722	0,00010079	1,1712	258,52
10ppm	-0,65022	0,00011061	1,2853	235,58
20ppm	-0,68786	9,846E-05	1,1441	264,65

Na figura abaixo (Figura 11), temos a comparação das curvas de Nyquist das impedâncias das concentrações trabalhadas.

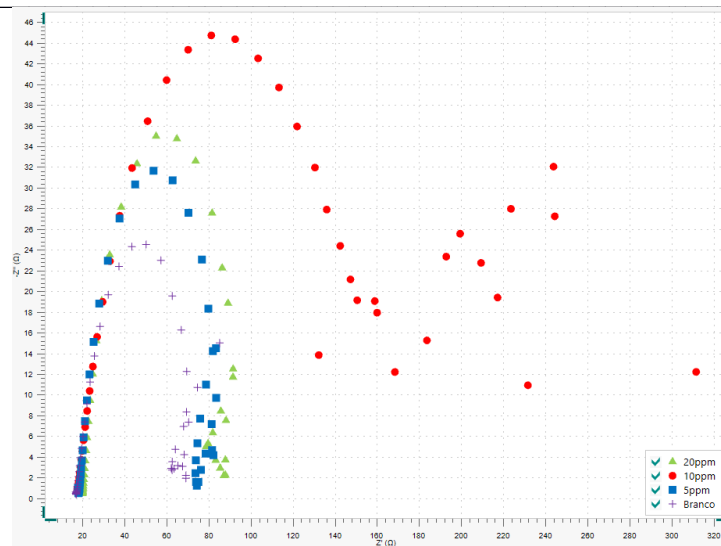


Figura 11: Comparação das curvas de impedância das concentrações 0ppm; 5ppm; 10ppm e 20ppm.

Dispondo dos dados presentes na tabela 3 e do gráfico da impedância (EIE) (figura 11), houve a tendência de formação do segundo arco na concentração de 10 ppm, indicando que possui caráter mais nobre, já que o seu potencial de corrosão (E_{corr}) é o mais próximo de zero; e o mesmo apresentou o maior arco capacitivo, seguido das soluções de 20 ppm, 5 ppm e a solução em branco, onde nenhuma das últimas concentrações apresentou formação de segundo arco.

Abaixo (figura 12) é apresentado o gráfico da polarização (PLP) com as comparações das concentrações de 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm e 20 ppm.

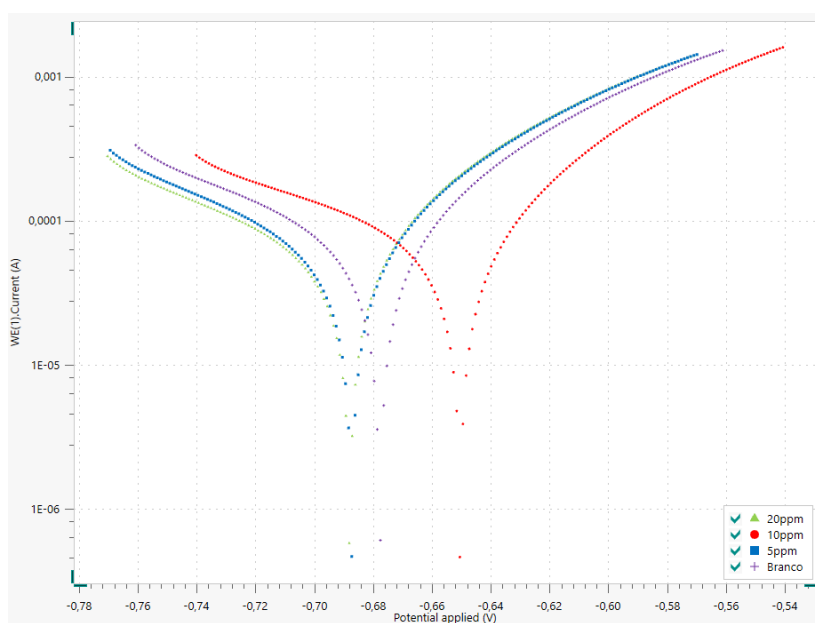


Figura 12: Comparação das curvas de polarização das concentrações 0ppm; 5ppm; 10ppm e 20ppm.

Analisando os dados presentes na tabela 3 e o gráfico de polarização (figura 12), houve uma interferência no meio podendo dificultar uma difusão iônica, evolução gasosa, e a própria cinética da reação, mas não havendo a formação de um filme de passivação, inibindo a corrosão. Os valores obtidos nos parâmetros foram bastante próximos, de mesma ordem de grandeza, não havendo diferenças tão significativas e perceptíveis.

O que pode ser explicado pelas concentrações trabalhadas, para que um inibidor de corrosão atue de forma eficiente, ele deve estar presente no meio nas concentrações adequadas. Ou que o alecrim-pimenta não possui atividade inibidora de corrosão em suas aplicações.

3. CONCLUSÕES

O óleo essencial em estudo foi extraído através do método da hidrodestilação das folhas da *Lippia sidoides* Cham (alecrim-pimenta), o qual conseguiu-se extrair 8,9 mL de óleo. No resultado da composição química, o cromatograma apresentou nove bandas cromatográficas referente aos constituintes do alecrim-pimenta, onde foi possível determinar o carvacrol (57,38%) e o-cimeno (21,62%) como os compostos químicos majoritários.

A obtenção do decocto seco do alecrim-pimenta foi através da liofilização e foram realizados os testes de impedância e polarização para saber se o mesmo possui atividades inibidoras de corrosão. Os testes realizados indicaram que a concentração de 10 ppm apresentou uma interferência no meio, mas não houve formação de um filme de passivação, não ocorrendo uma inibição de corrosão efetiva.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BUSATO, N.V et al., Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, nº9, p.1574-1582, set. 2014.
- [2] Alecrim pimenta: para que serve e como usar. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/alecrim-pimenta>. Acessado em: 19.11.2022.
- [3] SOARES, B.V et al., Atividade antiparasitária, histopatologia e fisiologia de *Colossoma macropomum* (tambaqui) expostos ao óleo essencial de *Lippia sidoides* (Verbanaceae). Parasitologia Veterinária, 234, p.49-56, 2017.
- [4] QUEIROZ, G.A et al., Drying temperature changes trichome integrity, chemical content and composition of the essential oil of pepper-rosmarin. Ciência Rural, Santa Maria, v.48:11, e20180283, 2018.
- [5] FONTENELLE, R.O.S et al., Chemical composition, toxicological aspects antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 59, p.934-940, mar. 2007.
- [6] GENTIL, V. 1928-2008. Corrosão/ Vicente Gentil 6.ed.-[Reimpr.]. – Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- [7] DIAS, G.H et al., Extração de atributos morfométricos da Serra Mossoró (Mossoró-RN) a partir do modelo de elevação digital (MDE). Revista Brasileira de Geografia Física, v.12, nº 6, p. 2239-2248, 2019.
- [8] MANUAL DE INSTRUÇÕES LIOFILIZADORES L101. Liobras Indústria Comércio e Serviço de Liofilizadores Ltda, São Carlos/SP, jan. 2012, 57 páginas.
- [9] MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Física: volume único/ Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga- São Paulo: Scipione, 1997.
- [10] RIBEIRO, V.D; SOUZA, C.A.C; ABRANTES, J.C.C. Uso da Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) para monitoramento da corrosão em concreto. Revista IBRACON de estruturas e materiais. Vol.8, nº4, agosto 2015, p.529-546.
- [11] MATOS, F.J.A. Plantas medicinais: guia de seleção e emprego das plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. Francisco José de Abreu Maros. 3.ed.- Fortaleza: Imprensa Universitária, 2007.
- [12] VON MUHLEN, C. Cromatografia Gasosa: Índices de retenção em cromatografia gasosa bidimensional abrangente. Scientia Chromatographica, Novo Hamburgo, v.1, n.3, p.21-29, 2009.
- [13] ADAMS, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007.
- [14] LIMA, R. K. et al., Chemical Composition and Fumigant Effect of Essential Oil of *Lippia sidoides* Cham. And Monoterpenes Against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Ciênc.agrotec, Lavras, v.35, n.4, p.664-671, jul./ago., 2011.
- [15] AZAMBUJA, W. Carvacrol (Cymophenol). Leosessenciais.ORG por Wagner Azambuja, 2009. Disponível em: < <https://www.oleosessenciais.org/carvacrol/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2022.

[16] FENG, Y.X et al., The potencial contribution of cymene isomers to inseticidal and repellent activites of the essential oil from *Alpina zerumbet*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 157 (2021).