



S

ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 12, Issue, 08, pp. 58028-58032, August, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.25012.08.2022>

RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

ATIVIDADE DE EXTRATO METAPLEURAL DE *PARAPONERA CLAVATA* (FABRICIUS, 1775) (FORMICIDAE: PARAPONERINAE) FRENTE A BACTÉRIAS E DE LEVEDURA DO GÊNERO *CANDIDA*

Letícia da Silva^{1,*}, Luciana Rocha Paula², Kellyane Karen Ferreira Aguiar Cesar³, Emyle Vitória Oliveira de Sousa⁴, Francisléia Falcão França Santos Siqueira⁵, Marirlan dos Reis Santos⁶, Camila Braga da Conceição⁷, Wanessa Costa dos Santos⁸, Renato Júnior Oliveira dos Santos⁹, Naira de Oliveira Damasceno¹⁰, Luiza Carla Barbosa Martins¹¹ and Francisco Laurindo da Silva¹²

¹Autor correspondente- Discente do Programa de Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ²Discente do Programa de Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ³Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ⁴Discente de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ⁵Discente do Programa de Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde; ⁶Professora da educação Básica, Caxias, Maranhão, Brasil; ⁷Mestre em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil; ⁸Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ⁹Discente de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ¹⁰Discente de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ¹¹Professora da Universidade Federal do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil; ¹²Professor do Programa de Mestrado em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, Maranhão, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 10th June, 2022Received in revised form
16th June, 2022Accepted 20th July, 2022Published online 22nd August, 2022

Key Words:

Glândula metapleural,
Inibição, Micro-organismo,
Saúde, Extratos.

ABSTRACT

A resistência de micro-organismos a antibióticos convencionais representa um risco à saúde humana. Tal problemática, gera a necessidade de buscar novas alternativas terapêuticas que possam atuar como fontes alternativas no tratamento de fungos e bactérias. A secreção da glândula metapleural de diferentes espécies de formigas demonstrou ser eficaz no controle de alguns micro-organismos patogênicos. O presente estudo teve como objetivo analisar o efeito antimicrobiano do extrato da glândula metapleural da formiga *Paraponera clavata* frente às cepas ATCC de bactérias patogênicas *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* e do fungo *Candida albicans* sob o tratamento de dois diferentes solventes, etanol e metanol. Realizou-se a coleta de operárias de formigas, sendo estas mantidas em ninhos artificiais. As glândulas metapleurais foram extraídas e maceradas em etanol e metanol, seguido das etapas de evaporação dos solventes. Os testes de suscetibilidade foram realizados pela metodologia de disco-difusão em ágar, sendo adicionados 10 µl da amostra do extrato da glândula metapleural nos discos estéreis. Diferentes concentrações do extrato metapleural foram testadas frente aos micro-organismos. Verificou-se que o extrato metapleural etanólico inibiu as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e a levedura *C. albicans* nas concentrações de 120 e 150 glândulas. Verificou-se também que as bactérias *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* foram sensíveis ao extrato formado com o solvente metanol nas concentrações de 120 e 150 glândulas. Dessa forma, constatou-se que o princípio ativo presente na glândula metapleural da formiga *P. clavata* tem ação antimicrobiana frente alguns micro-organismos testados, sendo esta inibição associada às maiores concentrações de glândulas. Contudo, destaca-se a importância da realização de testes com outros micro-organismos, bem como estudos voltados para a identificação da substância bioativa da referida glândula.

*Corresponding author: Letícia da Silva

Copyright © 2022, Letícia da Silva et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Letícia da Silva, Luciana Rocha Paula, Kellyane Karen Ferreira Aguiar Cesar, Emyle Vitória Oliveira de Sousa et al. "Atividade de extrato metapleural de *Paraponera clavata* (FABRICIUS, 1775) (Formicidae: Paraponerinae) frente a bactérias e de levedura do gênero *Candida*.", *International Journal of Development Research*, 12, (08), 58028-58032.

INTRODUCTION

Em termos de saúde pública, a resistência bacteriana representa um risco à qualidade de vida humana conquistada ao longo dos anos com o avanço da microbiologia, das engenharias, da farmácia e da medicina, comprometendo o orçamento dos sistemas de saúde, além de intensificar outro problema de saúde pública de grande relevância: as infecções hospitalares. Infecções provocadas por bactérias do gênero *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Staphylococcus* e *Klebsiella* têm obtido destaque devido ao grau de resistência e ao quadro clínico (KOLLEF, 2005; COSTA & JÚNIOR, 2017). Pelo fato de os antibióticos apresentarem diferentes mecanismos de ação, as bactérias, por sua vez, desenvolveram diferentes mecanismos de resistência. Normalmente a resistência bacteriana aos antibióticos é devido a: a) uma mudança na permeabilidade da membrana celular que, ou impede a entrada do antibiótico na célula, ou faz com que o antibiótico seja bombeado para fora da célula; b) aquisição da capacidade de degradar ou inativar o antibiótico; ou c) surgimento de uma mutação que altera o alvo de um antibiótico de modo que o novo alvo não seja afetado (LIMA et al. 2017; VELANDIA et al., 2017). Infecções provocadas por fungos vêm apresentando destaque no campo das doenças resistentes às drogas sintéticas. Fungos do gênero *Candida* são importantes microrganismos infecciosos, causadores de morbidade e mortalidade, principalmente em pacientes hospitalizados e imunocomprometidos, e têm apresentado um expressivo aumento da capacidade de desenvolver resistência a antifúngicos (WHALEY et al., 2017; PRISTOV & GHANNOUM, 2019). O aumento da capacidade de fungos e bactérias desenvolverem resistência aos medicamentos convencionais utilizados aponta para a necessidade de busca por alternativas que atuem como alternativas terapêuticas no tratamento das infecções provocadas por tais microrganismos. Estudos que utilizam glândulas de formigas têm obtido resultados satisfatórios de inibição diante de fungos e bactérias de interesse clínico (VIEIRA & NASCIMENTO, 2017).

Formicidae é um grupo diversificado de insetos com 17 subfamílias e aproximadamente 16357 espécies (ANTWEB, 2022). A subfamília Paraponerinae e a tribo Paraponerini apresentam uma única espécie viva, a *Paraponera clavata* (FABRICIUS, 1775), conhecida popularmente como Tucandeira ou Tocandira. A espécie apresenta ampla distribuição pelo Brasil, sendo encontrada em regiões com dominância de fitofisionomias de floresta tropical (ARRIAS-PENNA, 2007; BACCARO et al., 2015). Em formigas, existe um complexo sistema de controle comportamental e de assepsia da colônia realizados por um sistema de glândulas exócrinas, com 85 glândulas já descritas (BILLEN & SOBOTNÍK, 2015; GUARDA & LUTINSKI, 2020), entre essas, inclui-se as glândulas metapleurais, que são exclusivas de formigas (HÖLLDOBLER & WILSON 1990). Em *P. clavata*, a glândula metapleurais foi caracterizada como uma estrutura pareada que possui abertura para o exterior através de um orifício arredondado e formada por uma porção secretora com várias unidades secretoras que liberam secreção através de canaliculos coletores em um reservatório (BACCARO et al. 2015; Martins et al. 2022). Efeitos dos compostos produzidos por esta glândula foram encontrados em diversas espécies de formigas, sendo verificado seu potencial antimicrobiano (MASCHWITZ et al. 1970; MASCHWITZ 1974; ; BEATTIE et al. 1986; YEK & MUELLER, 2011; TRAGUST, 2016; PENICK et al 2018; GUARDA & LUTINSKI, 2020). O potencial da glândula metapleurais de diferentes espécies de formigas já foram testadas para controle de espécies de fungos e bactérias. Em *Acromyrmex octospinosus*, Bot et al (2002) verificaram variações no padrão de sensibilidade dos fungos *Metarhizium anisopilae* e *Beauveria bassiana*. Penick et al. (2018) testaram a ação antimicrobiana do extrato da glândula metapleurais de 20 espécies de formigas sob a bactéria *Staphylococcus epidermidis*, verificou-se que as espécies *Monomorium mínimo*, *Solenopsis invicta* e *Solenopsis molesta* demonstraram inibição frente a micro-organismo testado. No entanto, a ação antimicrobiana de diversas espécies de formigas permanece desconhecida, sendo destacada a importância de estudos na área, principalmente pelo crescimento da resistência antimicrobiana diante dos medicamentos atuais

(GUARDA & LUTINSKI, 2020). Diante da crescente resistência aos antimicrobianos e da importância de encontrar alternativas clínicas, o presente estudo tem como objetivo verificar a atividade antimicrobiana da glândula metapleurais da formiga *Paraponera clavata* sob os micro-organismos patogênicos *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* e *Candida albicans*, que apresentam importância clínica.

MÉTODOS

Coleta do material biológico: Operárias de *P. clavata* foram coletadas na Área de Proteção Ambiental Inhamum (APA), localizada entre as coordenadas 04° 53' 30" de latitude S e 43 24' 53" de longitude W, à margem esquerda da BR 136, pertence à região Leste Maranhense. Os espécimes foram coletados e transferidos para o Laboratório de Mirmecologia/LAMIR, do Centro de Estudos Superiores de Caxias/CESC da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA. Ninhos artificiais foram confeccionados a partir de caixas plásticas, contendo substrato dos ninhos originais. Os ninhos foram mantidos em temperatura (27° ± 2°C) e luminosidade controlada, sendo que a dieta alimentar foi baseada em mel, sardinha e outros carboidratos.

Obtenção dos extratos: Operárias de *P. clavata* foram crioanestesiadas, dissecadas e as glândulas metapleurais extraídas. Os extratos foram obtidos através da maceração das glândulas em etanol e metanol (100 pares de glândulas - 1 ml de solvente), logo após, o material foi filtrado e posto em evaporador rotativo a 40°C para retirada de todo o solvente, em seguida, foi realizada a aplicação dos extratos preparados nas placas previamente prontas seguindo metodologia proposta por Hoenigsberger et al. (2020).

Amostras dos micro-organismos: Para a realização da pesquisa foram utilizadas cepas ATCC (American Type Culture Collection) adquiridas comercialmente, sendo elas *Candida albicans* (ATCC 76485), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 1705, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 7853. As amostras do fungo foram reativadas e cultivadas em Ágar Sabouraud Dextrose, e as amostras de bactérias reativadas e cultivadas em Ágar Tryptic Soy. Tais procedimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia e Imunologia das Doenças Infecciosas (LAMIDI) do CESC UEMA, onde foram realizados os testes de susceptibilidade aos extratos vegetais.

Preparo dos meios de cultura: As placas para os testes de suscetibilidade foram constituídas de uma camada de Ágar Muller-Hinton. Para a formação desta camada, foi diluído 3, 6 g de soluto em 300 ml de água destilada. Logo após, a mistura foi agitada e levada ao bico de Bunsen para a dissolução total. Aliquotas de 13 ml desse meio foram postas em tubos de ensaio e esterilizadas na autoclave à temperatura de 120°C por 15 minutos. Após a esterilização, o meio foi entornado nas placas devidamente esterilizadas, sendo posto em repouso para solidificação.

Preparo e inoculação de cepas: Por meio de uma alça de platina esterilizada foi realizada a inoculação dos micro-organismos recentemente repicados em tubos de ensaio com 1 ml de solução fisiológica a 0, 9%, a turbidez da inoculação foi obtida com base na escala 0, 5 de Mac Farland (MF).

Preparação das placas para a realização dos testes: Para a preparação das placas para a realização do teste com extratos brutos, a suspensão de micro-organismos em solução salina foi espalhada com swab esterilizado na superfície do ágar Müller-Hinton. Em seguida, disco estêreis de papel filtro (6 mm) foram distribuídos, uniformemente, com auxílio de pinça estéril, sobre placas contendo o ágar Mueller-Hinton. Os testes foram realizados em triplicata. Para o teste de difusão em disco foram considerados com atividade inibitória os halos com diâmetro > 6 mm.

Atividade antimicrobiana do extrato glandular pelo método de disco-difusão em agar: Os ensaios foram realizados em triplicatas

com a utilização de cepas ATCC: *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*. A determinação da atividade antimicrobiana do extrato glandular foi realizada pela técnica disco-difusão em ágar, segundo e Bauer *et al.* (1966). Para as bactérias utilizadas na pesquisa, foi utilizado o antibiótico clorafenicol como controle positivo, para o fungo utilizado na pesquisa usou-se o antifúngico fluconazol como controle positivo, seguindo a padronização do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2019). Para o controle negativo, foi utilizado inóculo de solução fisiológica esterilizada. A concentração do fluconazol como padrão de controle foi de 64 µg/ml, sendo a concentração de clorafenicol de 30 µg/ml. (Höfling, *et al.*, 2010) diluídos em DMSO. Foram adicionados 10 µL do extrato glandular, seguindo metodologia semelhante à de Pedroso *et al.* (2014). As placas foram incubadas a temperatura de 36 °C em estufa BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) por um período de 48 h. Após período de incubação foi realizada a leitura dos resultados, que ocorreu através da verificação da existência de halos de inibição microbiana, sendo medidos os halos dos controles positivo e negativo em milímetros, com auxílio de uma régua milimetrada, como o teste foi realizado em triplicata para cada espécie de micro-organismo.

Análises da atividade antimicrobiana sob as diferentes concentrações do extrato glandular: A determinação da atividade antimicrobiana de extratos foi realizada segundo a metodologia modificada conforme recomendada pelo CLSI, 2019 com as mesmas cepas da levedura e das bactérias utilizadas nos testes de difusão em ágar. Foram realizados testes com diferentes concentrações do extrato da glândula metapleural. Sendo testada a susceptibilidade dos micro-organismos sob extratos formados por 15, 30, 60, 90, 120 e 150 glândulas em placas previamente preparadas.

Análises Estatísticas: As análises foram realizadas por meio dos programas estatísticos Bioestat 5.3 e R 4.0.3 (AYRES, *et al.*, 2007). Os dados foram obtidos em relação aos valores dos halos de inibição do extrato etanólico e metanólico da glândula metapleural sob os micro-organismos utilizados. Os valores foram submetidos à análise de significância para verificar se haveria diferença significativa entre as médias dos valores de cada extrato, para isso foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para análise de normalidade dos dados, quando comprovado que os dados não tinham distribuição normal foi aplicado o teste não paramétrico Mann-Whitney com o nível de significância de 5% ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Para a realização do estudo, foram utilizados extratos metanólicos e etanólicos com diferentes concentrações de glândulas metapleurais e cepas ATCC das bactérias *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* e da levedura *C. albicans*. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que houve inibição de alguns dos micro-organismos patogênicos sob as diferentes concentrações do extrato glandular metapleural de *P.clavata*. Os halos de inibição variaram frente a ação dos dois tipos de extratos utilizados (Tabela 1). Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o extrato etanólico teve ação inibitória de crescimento sob as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e sob a levedura *C. albicans* nas concentrações de 120 e 150 glândulas (Tabela 1). O diâmetro dos halos de inibição variou entre os micro-organismos e entre as concentrações de 120 e 150 glândulas, sendo mais significativos no extrato com maior concentração de glândulas metapleurais, com halo de 21 mm para a levedura *C.albicans* na concentração de 120 glândulas e halo de 22 na concentração de 150 glândulas. Sobre a inibição das bactérias *Staphylococcus aureus* (gram positiva) e *Escherichia coli* (gram negativa), verificou-se que o extrato glandular obteve maior inibição se comparado ao controle utilizado, apresentando halo de 18 mm em *Staphylococcus aureus* na concentração de 120 glândulas e halo de 22 mm na concentração de 150 glândulas. A inibição em *Escherichia coli* apresentou halo de 20mm na concentração de 120 glândulas e halo de 22 na concentração de 150, respectivamente.

Percebe-se assim, que o aumento da concentração de glândulas do extrato está diretamente ligada a inibição de uma parte dos micro-organismos em estudo, fato ligado à uma possível presença de uma maior quantidade do componente químico ligado a susceptibilidade de tais bactérias e da levedura *C. albicans*. Estudos apontam para uma maior susceptibilidade de fungos e bactérias frente a testes com maiores concentrações de glândulas de formigas (HOENIGSBERGER *et al.* 2020; SANTOS *et al.* 2019). Penick *et al.* (2018) verificaram que a capacidade de inibição do extrato da glândula metapleural de formigas das subfamílias Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae e Ponerinae, estava diretamente ligada ao aumento do número de glândulas no extrato formado, sendo identificado uma forte inibição sob bactérias do gênero *Staphylococcus*, dado que corroboram com os obtidos na presente pesquisa. Guarda & Lutinski (2020) ao pesquisar sobre as secreções glandulares de formigas, verificaram uma variação no padrão de susceptibilidade de bactérias, sendo que em alguns testes, bactérias do gênero *Pseudomonas* não foram inibidas diante dos extratos testados, dados também constatados no presente artigo, sendo que a espécie *Pseudomonas aeruginosa* não apresentou halo de inibição diante do extrato etanólico metapleural, tal fato pode estar relacionado a padrões de defesa da bactéria, resultando em um comportamento diferenciado nos testes. Observou-se que na análise estatística aplicada, não houve diferença significativa da ação dos extratos sobre as cepas testadas ($p > 0, 05$). Em comparação com aos halos de inibição nos testes com o controle clorafenicol para bactérias e fluconazol para o fungo, também foi possível verificar uma variação nos halos de susceptibilidade. A variação observada na ação do controle perante as cepas pode estar relacionada a concentração utilizada do controle, além de mecanismos de respostas diferenciados de cada espécie.

Os resultados obtidos após os testes de susceptibilidade das cepas das bactérias *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas aeruginosa* e da levedura *C. albicans* frente ao extrato metanólico, demonstrou que *Klebsiella pneumoniae* e *Staphylococcus aureus* não apresentaram sensibilidade ao extrato metapleural, enquanto a levedura *C. albicans* e as bactérias *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* foram sensíveis ao extrato formado com o solvente methanol (Tabela 2). Conforme a Tabela 2, é possível verificar que os halos de inibição formados sob o tratamento com extrato metapleural apresentaram halos de inibição menores aos controles utilizados nos testes. No entanto, seguindo o estabelecido pelo CLSI de 2019, o valor dos halos apresentados constata que os micro-organismos foram inibidos frente ao extrato da glândula metapleural de *P.clavata*. Os testes demonstraram que o princípio ativo presente na glândula metapleural da formiga *P.clavata* apresenta diferente ação diante dos micro-organismos testados, com efeito antimicrobiano em alguns e sem formação de halo de susceptibilidade em outros. Lima *et al.* (2018) testaram a ação antimicrobiana do extrato da glândula metapleural em bactérias de diferentes gêneros, verificando que 50% das espécies foram inibidas pelo extrato glandular, e 50% não apresentaram sinal de susceptibilidade. Os dados do estudo corroboram com a presente pesquisa, onde ocorreu variação o número de espécies sensíveis. Com relação às propriedades existentes na glândula metapleural de formigas, cabe destacar a existência de estudos que apontam para a natureza ácida glandular (MACKINTOSH *et al.*, 1995; MASCHWITZ, 1974). Chluns & Rozier (2009) apontaram para a existência de ácido indol-3-acético; ácido 3-hidroxi-decanoico e ácido 3-hidroxi-octanoico na substância presente na glândula metapleural de formigas. A composição ácida da secreção da glândula metapleural é apontada por tal estudo como o fator de inibição de crescimento de fungos e bactérias, sendo que as bactérias que não foram sensíveis ao extrato metanólico podem não ser sensíveis em níveis baixos de acidez. Em relação à concentração de glândulas necessárias para a ação antimicrobiana do extrato metanólico, verificou-se que as menores concentrações não apresentaram formação de halos de inibição, sendo a ação inibitória constatada somente nas concentrações de 120 e 150 glândulas. Tal resultado indica que existe uma concentração ideal da substância inibitória presente na glândula metapleural para que se tenha ação sob as bactérias e a levedura

Tabela 1. Valores dos halos de inibição do extrato metapleural etanólico frente a cepas de *C. albicans* *Escherchia coli* ; *Staphylococcus aureus*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas aeruginosa* .Caxias-Ma, 2022. N=5

Espécies de Micro-organismo	Fluconazol	Clorafenicol			Extrato Etanólico- Concentrações de glândulas				
	15	30	60	90	120	150			
<i>Candida albicans</i>		15			-	-	-	21	22
<i>Escherchia coli</i>		18			-	-	-	20	22
<i>Staphylococcus aureus</i>		16			-	-	-	18	22
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		20			-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		18			-	-	-	-	-

(-) Sem ação inibitória; P: valor de p (teste Mann-Whitney), (*): valor de p não significativo. Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2. Valores dos halos de inibição do extrato metapleural metanólico frente a cepas de *C. albicans* *Escherchia coli* ; *Staphylococcus aureus*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas aeruginosa* .Caxias-Ma, 2022. N=5

Espécies de Micro-organismo	Fluconazol	Clorafenicol	Extrato Metanólico- Concentrações de glândulas				
	15	30	60	90	120	150	
<i>Candida albicans</i>		19	-	-	-	18	24
<i>Escherchia coli</i>		22	-	-	-	19	20
<i>Staphylococcus aureus</i>		27	-	-	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		21	-	-	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		28	-	-	-	20	21

(-) Sem ação inibitória; P: valor de p (teste Mann-Whitney), (*): valor de p não significativo.

Fonte: Dados da pesquisa

testadas. Neste sentido, os dois extratos, metanólico e etanólico, apresentaram eficácia nas maiores concentrações, corroborando com estudos anteriores que estabeleceram esta mesma relação entre número de glândulas e sensibilidade de fungos e bactérias.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos verificou-se que os dois extratos da glândula metapleural, etanólico e metanólico, apresentaram variação na inibição dos micro-organismos testados. O extrato da glândula metapleural de *P. clavata* com a utilização do solvente etanol foi efetivo na inibição das bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* e da levedura *Candida albicans*. O extrato da glândula metapleural de *P. clavata* com a utilização do solvente metanol foi efetivo na inibição das bactérias *Escherchia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* e da levedura *Candida albicans*. O princípio ativo presente na glândula metapleural possui maior eficácia de inibição sob as maiores concentrações de glândulas. Diante dos diferentes comportamentos dos micro-organismos frente ao extrato metapleural, sugere-se que o extrato da glândula metapleural seja testado em outras espécies de fungos e bactérias, bem como estudos mais aprofundados sobre os compostos bioativos presentes na glândula metapleural de *P. clavata*.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Maranhão – CESC-UEMA. Ao Laboratório de Microbiologia e Imunologia das Doenças Infecciosas – LAMIDI (CESC-UEMA). Ao Laboratório de Mirmecologia – LAMIR (CESC-UEMA). Aos discentes que colaboram nas coletas da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L., & Santos, A. D. A. 2007. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Instituto Mamirauá, Belém, 364, 2007.

Bauer, A., Kirb, W. M. M., Shevis, J. C., Turck, M. Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk methodol. Amer J. Clin. Pathol., v. 45, p. 493-496, 1966.

Chluns;P.P; Rozie, D.V. Antimicrobial mode of acção de secreções da glândula metapleural de *Myrmecia gulosa* formiga touro australiana. - Canadian Journal of Microbiology 41: 136-144, 2009.

antimicrobial susceptibility testing: twenty-first informational supplement. NCCLS document M100-521, 341, 2019.

Guarda.C; Latinski, J.A; Glandular Secretions of Ants Hymenoptera: Formicidae: A Review on Extraction, Chemical Characterization and Antibiotic Potential. Sociobiology, 2020.

Hoeningberger, M. *et al.* Forte atividade antimicrobiana e baixa atividade inseticida do conteúdo mandibular do reservatório da glândula em "formigas explosivas" de Bornéu, *Colobopsis explodens*. Laciny & Zettel, 2018 Hymeno ptera: Formicidae. Myrmecol. News 30: 201-212, 2020.

Höfling, J. F., Anibal, P. C., Obando-Pereda, G. A., Peixoto, I. A. T., Furlletti, V. F., Foglio, M. A., & Gonçalves, R. B. 2010. Antimicrobial potential of some plant extracts against *Candida* species. Brazilian Journal of Biology, 70(4), 1065-1068.

Lima, M, JÁ; Rimple, T., JE, J Ones ; MK, K Aruso, PH, B Eattie, AJ & V EAL, DA. 2018: Antimicrobial mode of acção de secreções da glândula metapleural de *Myrmecia gulosa* formiga touro australiana. - Canadian Journal of Microbiology 41: 136-144.

Maschwitz, U., Koob, K., Schildknecht, H. 1974 Ein Beitrag zur Funktion der Metathoracaldrüse der Ameisen. Journal of Insect Physiology, 16, 387-404.

Pedroso, R.S; Menezes, R.P; Penatti, P.A; Ferreira, J.C; Sá, W.M; Biosci. J., Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 304-311, 2014.

Penick, C., Halawani, O., Pearson, B., MATHEW, S., López-Urbe, M.M., Dunn, R.R. & Smith, A.A. External immunity in ant societies: sociality and colony size do not predict investment in antimicrobials. Royal Society Open Science. 2018.

Pristov, K. E., & Ghannoum, M. A. Resistance of *Candida* to azoles and echinocandins worldwide. Clinical Microbiology and Infection, 25(7), 792-798, 2019.

Santos, P.P; Pereira, G.R; Barros, E., Ramos, H.J.O., Oliveira, L.L., Serrão, J.E. Antibacterial activity of the venom of the Ponerine ant *Pachycondyla striata* Formicidae: Ponerinae. International Journal of Tropical Insect Science, 2019.

Tragust, S. External immune defense in ant societies Hymenoptera: Formicidae: the role of antimicrobial venom and metapleural gland secretion. Myrmecological News. 23: 119-128. 2016

Velandia DPL, Caycedo MIT, Quiroga CFP. Genes de resistencia en bacilos gram negativos: impacto en la salud pública en Colombia. Rev Univers Y Salud. 2016.

Vieira, F., & Nascimento, T. *Candida* antifungal resistance and therapeutic approach. Revista Portuguesa de Farmacoterapia, 93, 29-36, 2017.

- Whaley, S. G., Berkow, E. L., Rybak, J. M., Nishimoto, A. T., Barker, K. S., & Rogers, P. D. 2017. Azole antifungal resistance in *Candida albicans* and emerging non-*albicans* *Candida* species. *Frontiers in microbiology*, 7, 2173.
- Yek, S. H., Mueller, U.G. 2011. The metapleural gland of ants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 86, p. 774-791.
