



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

KÉZIA GOMES RIBEIRO

**LIQUENS COMO REDUTORES DA SOBREVIVÊNCIA DE PARASITOS SOCIAIS
EM COLÔNIAS DE *CONSTRICOTERMES CYPHERGASTER* (BLATTODAE:
NASUTITERMITINAE)**

**CAMPINA GRANDE
2021**

KÉZIA GOMES RIBEIRO

LIQUENS COMO REDUTORES DA SOBREVIVÊNCIA DE PARASITOS SOCIAIS
EM COLÔNIAS DE *CONSTRICOTERMES CYPHERGASTER* (BLATTODAE:
NASUTITERMITINAE)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Avany Bezerra Gusmão

Coorientador: Bel. Igor Eloi Moreira

**CAMPINA GRANDE
2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R484I Ribeiro, Kézia Gomes.

Líquens como redutores da sobrevivência de parasitos sociais em colônias de *Constrictotermes cyphergaster* (*Blattodae: Nasutitermitinae*) [manuscrito] / Kezia Gomes Ribeiro. - 2021.

25 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Maria Avany Bezerra Gusmão, Departamento de Biologia - CCBS."

1. Líquens. 2. Térmitas. 3. Parasitismo social. 4. Ecologia trófica. I. Título

21. ed. CDD 579.7

KÉZIA GOMES RIBEIRO

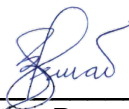
LIQUENS COMO REDUTORES DA SOBREVIVÊNCIA DE PARASITOS SOCIAIS
EM COLÔNIAS DE *CONSTRUCTOTERMES CYPHERGASTER* (BLATTODAE:
NASUTITERMITINAE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas.

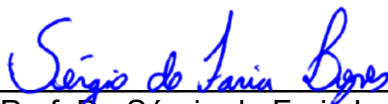
Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em: 19/07/2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof^ª. Dr^ª. Maria Avány Bezerra Gusmão.(Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Msc. Mário Herculano de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

À Deus e à minha ancestralidade, pela força, proteção e acolhimento, me ajudando a manter o equilíbrio para prosseguir diante das dificuldades neste período pandêmico.

À minha mainha e família (Cícero, avós e tio), pelo apoio sempre que necessário, e por não desistirem de mim. À minha prima Izabel, pelo acolhimento no início do curso, fundamental para minha adaptação.

À professora Avany Gusmão, pelos ensinamentos ao longo dessa orientação e pela dedicação.

À Igor Moreira, pela coorientação e por me acompanhar pacientemente durante todo o processo sempre com contribuições fundamentais e dedicação. Aos colegas de laboratório: Carlos e Mário, principalmente nos tempos iniciais do estágio e pelas experiências em campo. Cresci muito aprendendo sobre ciência com vocês. À Berg, pelo auxílio nas coletas e experimentos.

Às parceiras de coletas e jornada: Dayrla, Manu, Estefany, Clau, Ana e Jéssika. Obrigada por aguentar meus aperseios e pelas experiências compartilhadas, nós tivemos suporte recíproco. À Evaldo, Juci e Vítor, os migles do "País Lindu", que foi lugar de grupo de estudos, confraternizações, mas antes de tudo, um lar. À Luana e à minha confidente Raísa, pela irmandade e puxões de orelha. Obrigada por tornar a caminhada bem mais leve; as idas e vindas da UEPB e almoços no RU não seriam os mesmos sem vocês.

Aos professores do curso de Biologia, que indiretamente, também contribuíram ao longo do curso por meio das disciplinas, para meu desenvolvimento e formação.

Por fim, agradeço à universidade pela oportunidade e vivências e à todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho

Muito obrigada!!!

RESUMO

O cupim Neotropical *Constrictotermes cyphergaster* (Blattodae: Nasutitermitinae) se alimenta de líquens, demonstrando tolerância às suas substâncias liquênicas anti-herbivoria. Em seus ninhos é comum encontrar besouros parasitos sociais do gênero *Corotoca* spp. que utilizam os cupins como seus fornecedores de recurso alimentar, sendo totalmente dependentes à colônia, o que torna a interação custosa ao hospedeiro. Este estudo buscou verificar se o consumo de líquens poderia reduzir a sobrevivência das populações de *Corotoca* spp. Os dados foram coletados através de bioensaios de sobrevivência com oferta de madeira e líquen como recurso, com observações a cada uma hora até a morte dos besouros. O experimento consistiu em três tratamentos: i- líquen; ii- madeira; iii- sem recurso ofertado. Para avaliar a sobrevivência dos besouros, considerou-se o tempo em função do tratamento como covariáveis. Os besouros sobreviveram em média entre três e 26 horas, observando-se diferença estatística significativa em função da oferta de recursos. Todavia não houve diferença estatística entre os tratamentos “madeira” e “líquen”, e ambos causaram diminuição na sobrevivência dos besouros, demonstrando um potencial de redução de custos produzidos por *Corotoca* spp. à colônia hospedeira.

Palavras-Chave: Líquens. Térmitas. Parasitismo Social. Ecologia trófica.

ABSTRACT

The Neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Blattodeae: Nasutitermitinae) feeds on lichens, demonstrating tolerance to its anti-herbivorous lichen substances. In their nests it is common to find social parasitic beetles of the genus *Corotoca* spp. that use termites as suppliers of food resource, being totally dependent on the colony, which makes the interaction costly to the host. This study aimed to verify if the consumption of lichens could reduce the survival of populations of *Corotoca* spp. Data were collected through survival bioassays using wood and lichen as a resource, with observations every hour until the death of the beetles. The experiment consisted of three treatments: i-lichen; ii- wood; iii- no resource offered. To evaluate the survival of the beetles, time as a function of treatment was considered as covariates. The beetles survived for an average of between three and 26 hours, with a statistically significant difference in terms of the supply of resources. However, there was no statistical difference between the treatments “wood” and “lichen”, and both caused a decrease in the survival of the beetles, demonstrating a potential cost reduction produced by *Corotoca* spp. to the host colony.

Keywords: Termites. Termitophiles. Social Parasitism. Lichenivory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Figura 1 –Mapa da área experimental do estudo, município de Barra de São Miguel, PB	14
Figura 2 –	Figura 2 –Ilustração dos procedimentos para realização do bioensaio de sobrevivência	16
Figura 3 –	Sobrevivência de <i>Corotoca</i> spp. em função da oferta de recurso (líquen e madeira), alimentados por <i>Constrictotermes cyphergaster</i> . O tempo médio por tratamentos é indicado pelo ponto de intercepção entre a linha tracejada em $y=0.5$ e a respectiva curva de sobrevivência	18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Parasitismo social	11
2.2	Estratégias de defesa contra parasitismo social	11
2.3	Liquenivoria	12
3	METODOLOGIA	14
3.1	Área experimental	14
3.2	Procedimentos de coleta e amostragem	14
3.3	Bioensaio de sobrevivência	15
3.4	Análise de dados	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Os líquens, uma associação entre um fungo e um fotobionte (algas ou cianobactérias), são formas de vidas que se aderem a substratos como rochas, folhas, cascas de árvores, solo, cupinzeiros, entre outras superfícies expostas à luz solar e podem ser encontrados desde as tundras no ártico até as florestas tropicais (BARBOSA-SILVA et al., 2019-a; LAWREY, 2008). Esses organismos produzem substâncias liquênicas que exercem papel importante na própria regulação simbiótica e metabólica. Tais substâncias são divididas principalmente em dois grupos, 1) Metabólitos primários - substâncias intracelulares como carboidratos, aminoácidos, proteínas, glicolípídeos, carotenóides, entre outros, e 2) Metabólitos secundários - substâncias extracelulares de origem fúngica que estão presentes nos talos e formam cristais nas superfícies das hifas (LAWREY, 1986).

Os metabólitos secundários, entre outras funções, atuam contra patógenos e herbívoros, sendo prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento de diversos organismos (ELIX & STOCKER-WÖRGÖTTER, E., 2008; HONDA & VILLEGAS, 1998; RANKOVIĆ & KOSANIĆ, 2019; STOCKER-WÖRGÖTTER, 2008). Alguns compostos liquênicos como atranorina, zeorina, ácido lecanórico e ácido úsnico possuem potencial de anti-herbivoria (NIMIS & SKERT, 2006). Gauslaa (2005) observou um aumento de consumo de líquens por gastrópodes herbívoros *Cepaea hortensis* após a remoção de metabólitos secundários presentes nos talos liquênicos, sugerindo maior palatabilidade na ausência desses metabólitos.

Todavia, embora os líquens sejam pouco palatáveis, principalmente devido à síntese de metabólitos como estratégia de defesa química, alguns organismos especializaram-se a uma dieta liquenívora, desenvolvendo tolerância à essas substâncias, bem como a capacidade de acumular ou realizar o sequestro de compostos, conseguindo utilizá-los em sua própria defesa sem serem absorvidos pelos tecidos (OPITZ & MÜLLER, 2009; GERSON, 1973; PÖYKKÖ et al., 2010). A exemplo disso, cita-se o caso de mariposas liquenívoras da família Arctiidae que realizam sequestro de compostos liquênicos para defesa química contra predadores e patógenos, ou como precursor de feromônios (HESBACHER et al., 1995).

Entre os cupins, a liquenivoria é um hábito observado apenas em cerca de 1% das espécies, dentre os 303 gêneros viventes (CONSTANTINO, 2020). Dentre eles, ressaltam-se as espécies agrupadas nos gêneros *Hospitalitermes* Holmgren,

*Longipeditermes*¹ Holmgren (Orientais), *Grallatotermes* Holmgren (Afrotropical e australasiano) e *Constrictotermes* Holmgren (Neotropical) (COLLINS 1979; MATHEWS, 1977; MARTIUS et al., 2000; MIURA & MATSUMOTO, 1998).

Na região Neotropical, *C. cyphergaster* (Silvestri, 1901) (Termitidae: Nasutitermitinae) apesar de ser majoritariamente xilófaga, também destaca-se pela sua interação com os líquens (BARBOSA-SILVA et al., 2019-b). Essa espécie distribui-se em áreas de Caatinga e Cerrado do território brasileiro, assim como na Argentina, Bolívia e Paraguai (MATTHEWS, 1977). Esses insetos constroem ninhos frequentemente policálicos (BEZERRA-GUSMÃO, 2009) sobre troncos de árvores (arborícolas) ou sobre rochas (rupícolas), sempre conectado a uma parte basal subterrânea (hipógea), abrigando uma grande diversidade de organismos, onde podem encontrar abrigo, proteção contra predadores e fonte de alimento (CUNHA; BRANDÃO, 2001; CUNHA et al., 2003).

Comumente, esses invasores, de acordo com sua afinidade com os ninhos dos hospedeiros, são classificados como termitófilos, cuja dependência da colônia é vital, possuindo contato mais direto com a sociedade termítica (KISTNER, 1969; WASMANN, 1920). Entre os termitófilos associados à *C. cyphergaster* destacam-se os besouros do gênero *Corotoca* Schiødte, 1853 (Staphylinidae: Aleocharinae) (SEEVERS, 1957). Esses besouros vivem exclusivamente associados aos ninhos desse cupim, e são relatados em populações presentes no chaco argentino, no Cerrado e na Caatinga do Brasil (ARAÚJO, 1970; ZILBERMAN, 2020).

Devido à dependência desses besouros em relação à colônia hospedeira, os mesmos, são considerados parasitos sociais. Ao explorar os recursos alimentares e comportamentais do hospedeiro em benefício próprio, durante grande parte do ciclo de vida, esses besouros parasitos sociais acabam causando danos à colônia hospedeira. Para obterem sucesso na invasão à colônia, e despistar o sistema de defesa desenvolvidos pelos cupins, uma vez que o reconhecimento se dá por meio de sinais químicos, os besouros *Corotoca* desenvolveram mimetismo químico (ROSA et al., 2018), secreção de exsudatos contendo substâncias apaziguadoras, entre outras características adaptativas (CUNHA et al., 2015; KISTNER, 1969).

A alimentação desses besouros é realizada apenas por trofalaxia, que consiste na transferência de alimento fluido entre indivíduos por regurgitação

¹ *Longipeditermes* não é um gênero comprovadamente liquenívoro, embora seja comumente tratado como um.

(STARR, 1979), que é fornecida pelo cupim hospedeiro. Os besouros *Corotoca* spp. apresentam o aparato digestivo e dentição vestigiais (ZILBERMAN, 2018) que podem ter sido resultado de adaptação ao recebimento de alimento fluido por trofalaxia. A redução do tubo digestivo torna esses besouros incapazes de digerir alimentos sólidos e moléculas complexas, que exijam ação enzimática ou digestão simbiótica. Modificações como essa são comuns em invertebrados com hábitos parasíticos (POULIN, 2011), a exemplo dos poliquetos *Riftia pachyptila* e *Osedax* sp., que também perderam o trato digestivo. Nesses casos, os nutrientes são obtidos através de endossimbiontes. A perda de estruturas importantes é o resultado de trocas ponderadas (*ecological trade-offs*) oriundas de interações ecológicas que substituem a função da estrutura perdida, processo visto também em alguns himenópteros, coleópteros e dípteros, os quais perderam a capacidade de sintetizar ácidos graxos, e desenvolveram a de manipular o sistema dos seus hospedeiros (ELLERS et al. 2012).

Nesse contexto, considerando que o alimento coletado pelo hospedeiro durante o forrageio, incluindo os líquens, visto como um recurso anti-herbivoria para alguns organismos, e que *C. cyphergaster* o consome durante sua atividade de forrageio, se questionou se esse líquen serviria como fator de redução das populações dos parasitos sociais *Corotoca* spp, presente nos ninhos. Assim, a hipótese testada foi que líquen reduziria a sobrevivência desses besouros após o seu consumo por meio da trofalaxia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Parasitismo social

A família Staphylinidae possui uma grande afinidade com cupins, de tal maneira que a termitofilia evoluiu 11 vezes independentemente dentro do grupo (KISTNER, 1969; SEEVERS, 1957). Em áreas de Caatinga no Cariri paraibano, as espécies de estafilínídeos mais frequentemente encontradas em ninhos de *C. cyphergaster* são *C. melantho* Schiødte, 1853 e *C. fontesi* Zilberman, 2018 (algumas colônias abrigam ambas espécies de termitófilos).

Esses besouros possuem uma distensão do tecido pleural do abdome, denominada fisogastria, com dobramento da porção posterior do abdome sobre o dorso. A fisogastria é uma adaptação que facilita sua associação às colônias de cupins, conferindo aos besouros abrigo e proteção (ZILBERMAN, 2020); auxílio na dispersão de suas larvas durante os eventos de forrageio (OLIVEIRA et al., 2018) e alimentação por trofalaxia (GRASSÈ, 1986). Assim, o recurso alimentar explorado por *Corotoca* é metaforicamente a própria colônia hospedeira, visto que eles causam desvio de recurso destinado aos integrantes da colônia e, por isso, podem ser classificados como parasitos sociais (KISTNER, 1979).

Dessa forma, a dependência desses besouros pela colônia de *C. cyphergaster* produz custos ao hospedeiro devido à constante demanda por alimento, chegando a reduzir a sobrevivência da casta operária (CARVALHO, 2018) e o bem-estar da colônia em função do número de besouros presentes. Em contrapartida, a presença do hospedeiro prolonga a vida do parasito social. Carvalho (2018) também demonstrou que o aumento da densidade populacional de *Corotoca* acelera a mortalidade dos cupins, enquanto a sobrevivência dos termitófilos não é alterada, independentemente da quantidade presente no ninho.

2.2 Estratégias de defesa contra parasitismo social

Para a defesa das colônias dos cupins, a maioria das espécies desenvolveu ao longo do tempo a especialização da casta dos soldados (NOIROT & DARLINGTON, 2000). Em especial, para espécies que forrageiam em trilhas abertas, como é o caso de *C. cyphergaster* (MATTHEWS, 1977), os soldados se

posicionam nas bordas das trilhas para manter a organização do forrageio e evitar a ação de inimigos naturais (MOURA et al., 2006). Logo, também acabam dificultando a entrada de parasitos invasores.

A comunicação e reconhecimento de membros da colônia acontece através de sinais químicos ou contato antenal. Logo, para obterem sucesso na integração à colônia hospedeira esses besouros desenvolveram algumas características como estratégia de integração à colônia hospedeira, como apresentar o abdômen fisogástrico (KISTNER, 1969), mimetismo químico (ROSA et al., 2018), sistemas glandulares no abdômen presentes somente em termitófilos (KISTNER, 1968). Além disso, substâncias apaziguadoras contribuíram para que conseguissem ser reconhecidos como membros da colônia hospedeira, contornando as estratégias de defesa, para assim estabelecer interações diretas com o hospedeiro (ZILBERMAN, 2018).

Segundo Cristaldo et al. (2012), os termitófilos são capazes de invadir colônias antes mesmo que espécies inquilinas, como *Inquilinitermes microcerus*, inquilinos obrigatórios de *C. cyphergaster*, assim como os besouros *Corotoca* spp. que vivem exclusivamente em ninhos da mesma espécie hospedeira (MATTHEWS, 1977). Mas, enquanto, *I. microcerus* invade colônias maduras ($\geq 13,6$ L), *Corotoca* não depende completamente da maturidade da colônia para invadi-la. Esses besouros necessitam apenas de uma colônia ativa e já estabelecida com quantidade de operários suficientes para obterem sucesso na integração e estabelecimento na colônia (CRISTALDO et al., 2012).

2.3 Liquenivoria

Um dos primeiros relatos sobre a ecologia de *C. cyphergaster* foi realizado por Mathews (1977), descrevendo seus ninhos e hábitos alimentares, e sugerindo serem possivelmente liquenívoros. A hipótese foi levantada devido a morfologia do aparelho bucal, principalmente a semelhança entre suas mandíbulas e as dos cupins do gênero *Hospitalitermes* (MIURA & MATSUMOTO, 1998). Sendo corroborada posteriormente por Barbosa-Silva et al. (2014), os quais observaram fotobiontes liquênicos no tubo digestivo dos cupins da casta operária de *C. cyphergaster*, e também que essa espécie se alimenta de mais de 29 espécies de líquens, principalmente ascomicetos do tipo crostoso. Algumas espécies de líquens mais

consumidas por *C. cyphergaster* são: *Lecanora* spp.; *Dirinaria* spp; *Chrysothrix xanthina* e *Pertusaria flavens* (BARBOSA-SILVA et al., 2019-b; BARBOSA-SILVA & VASCONCELLOS, 2019). Esses resultados indicam uma ampla tolerância desses cupins aos compostos liquênicos.

Os líquens são uma ótima fonte de nitrogênio (MIURA & MATSUMOTO, 1997), que por sua vez é um fator de escolha de recurso a ser consumido pelos cupins (BARBOSA-SILVA & VASCONCELLOS, 2019). Para *Hospitalitermes*, eles são o principal item alimentar (MIURA & MATSUMOTO, 1997), pois as concentrações de nitrogênio são maiores nos líquens do que na madeira consumida (HIGASHI; ABE & BURNS, 1992). Já para *C. cyphergaster*, Barbosa-Silva & Vasconcellos (2019) observaram que talos liquênicos consumidos apresentaram menores taxas de nitrogênio do que na madeira, demonstrando ser uma fonte de alimento complementar.

Barbosa-Silva et al. (2019-b) identificaram 12 compostos defensivos presentes em espécies liquênicas consumidas por *C. cyphergaster*, e dentre as amostras de líquens consumidos foram identificados terpenos, ácido didimico, ácido vulpínico, ácido divaricático, entre outros. Alguns organismos herbívoros desenvolveram adaptações nos quais conseguem tolerar o efeito dos metabólitos, acumular em seus tecidos ou realizar sequestro para utilizá-los em sua própria defesa (OPITZ & MÜLLER, 2009; HESBACHER et al., 1995).

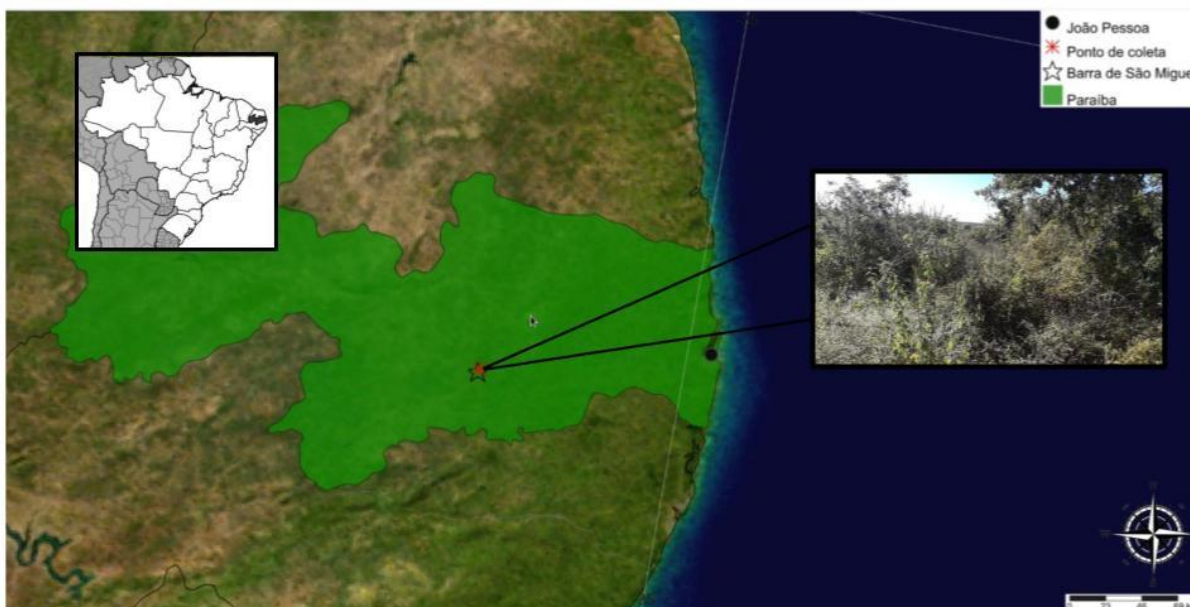
Assim, considerando o potencial de anti-herbivoria dos metabólitos secundários presentes nos líquens que comumente são consumidos por *C. cyphergaster*, seria possível os besouros *Corotoca* não possuir tolerância a substâncias liquênicas. Dessa forma, a trofalaxia fornecida por um cupim que se alimentou de líquens poderia prejudicar, e assim, reduzir as populações desses besouros presentes no ninho ou retardar o crescimento das mesmas, reduzindo o custo desses parasitos sociais a colônia hospedeira.

3 METODOLOGIA

3.1 Área experimental

Os organismos utilizados no experimento foram coletados em uma área de Caatinga arbustiva com aproximadamente oito ha, localizada na zona rural do município de Barra de São Miguel ($-7^{\circ}43'S/-36^{\circ}18'O$), inserida na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri oriental na Paraíba (IBGE, 2019) (Fig. 1). A vegetação do local é hiperxerófila predominantemente arbóreo-arbustiva semiaberta. Segundo a classificação climática de Köppen (1928) o clima é do tipo semiárido quente (BHS), com temperatura média anual de $26^{\circ}C$, e a variação pluviométrica anual fica entre 320mm e 680mm (ALVES; AZEVEDO; SANTOS, 2017). As coletas foram realizadas entre novembro de 2020 e fevereiro de 2021.

Figura 1 - Localização geográfica da área de coleta do material biológico, no Município de Barra de São Miguel-PB.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

3.2 Procedimentos de coleta e amostragem

Os besouros *Corotoca* spp. foram coletados a partir de três colônias de *C. cyphergaster*, sendo uma colônia usada para cada bioensaio de sobrevivência realizado. As localizações geográficas dos ninhos coletados foram registradas através do programa *geo tracker*, e seus volumes foram medidos a partir do princípio de Cavalieri, isto é: separa-se o ninho em partes hipotéticas, fazendo pequenos cortes na superfície externa e, em seguida, é aplicada a fórmula de volume para o objeto que mais se aproxima das formas geométricas separadas, a saber: volume de calota (1) nas extremidades e volume de cilindro (2) nas porções medianas. As fórmulas usadas para descrever o volume das partes foram:

$$\text{Volume}_{\text{calota}} = \frac{1}{6} \pi h (3r^2 + h^2) \quad (1)$$

$$\text{Volume}_{\text{cilindro}} = \pi r^2 h \quad (2)$$

Onde: $\pi=3.14$, h =altura (cm), r =raio (cm). O volume total é o somatório de todos os cilindros e calotas determinadas para descrever o formato do ninho. Ninhos que apresentavam suportes intersectando a construção tiveram o volume corrigido através da subtração do volume (2) da região vegetal que corta o ninho. Quando o suporte apresentava-se de maneira não linear ou mais de um suporte cortavam o mesmo ninho foi aplicado o princípio de Cavalieri usando apenas a fórmula 2.

Após serem medidos, os ninhos foram retirados do suporte com auxílio de uma machadinha e uma serra. Em seguida, as amostras foram armazenadas em caixas plásticas. Todos os talos líquênicos foram coletados em troncos de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc. (CASTELLO et al., 2020) com auxílio de uma serra e um martelo, e armazenados em sacolas de papel. Os ninhos e os talos líquênicos foram levados para o Laboratório de Ecologia de térmitas (LET), da Universidade Estadual da Paraíba. Em laboratório, os ninhos foram seccionados em fragmentos menores e os indivíduos foram removidos dos mesmos para realização do experimento.

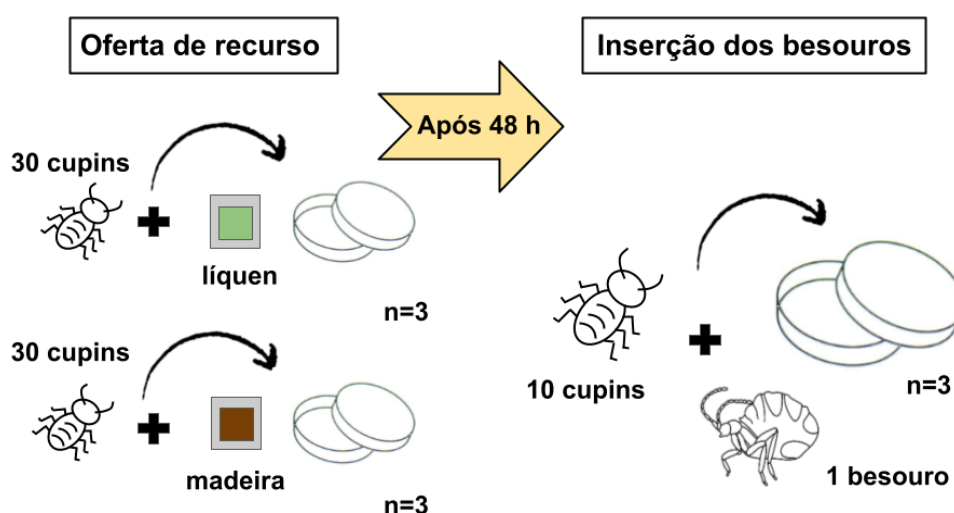
3.3 Bioensaio de sobrevivência

Os bioensaios de sobrevivência dos besouros consistiram em três tratamentos: 1-sem recurso (controle), 2-com líquen e 3-com madeira suberizada. Os recursos ofertados, medindo 1 x 1 cm, eram umedecidos previamente com água destilada e envolvidos com papel alumínio para evitar o consumo de outras partes do recurso pelos cupins (Fig. 2).

Primeiramente, para garantir o consumo do recurso pelos cupins, foram coletados 30 cupins operários em placas de Petri e realizada a oferta dos recursos separadamente para os tratamentos com 2-líquen e 3-madeira. Após 48h, dez operários foram retirados de cada placa de Petri - as quais foram utilizadas para a oferta de recurso - e transferidos para outra placa Petri, utilizando-se pedaços de papel para pegar os indivíduos, a fim de evitar machucá-los. Em seguida era inserido um besouro, retirado do ninho momentos antes de inseri-lo na placa de Petri.

Cada tratamento do experimento contou com um total de três réplicas, contendo dez operários e um besouro por réplica (Fig. 2). As observações foram feitas a cada uma hora até a morte dos besouros. Os besouros e os cupins foram identificados seguindo a chave taxonômica de Zilberman (2020) e a descrição de Mathews (1977), respectivamente. Ao final do experimento, todos os espécimes foram conservados em álcool 70% e armazenados na coleção do Laboratório de Ecologia de térmitas (LET), da Universidade Estadual da Paraíba.

Figura 2 - Ilustração dos procedimentos para realização do bioensaio de sobrevivência.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

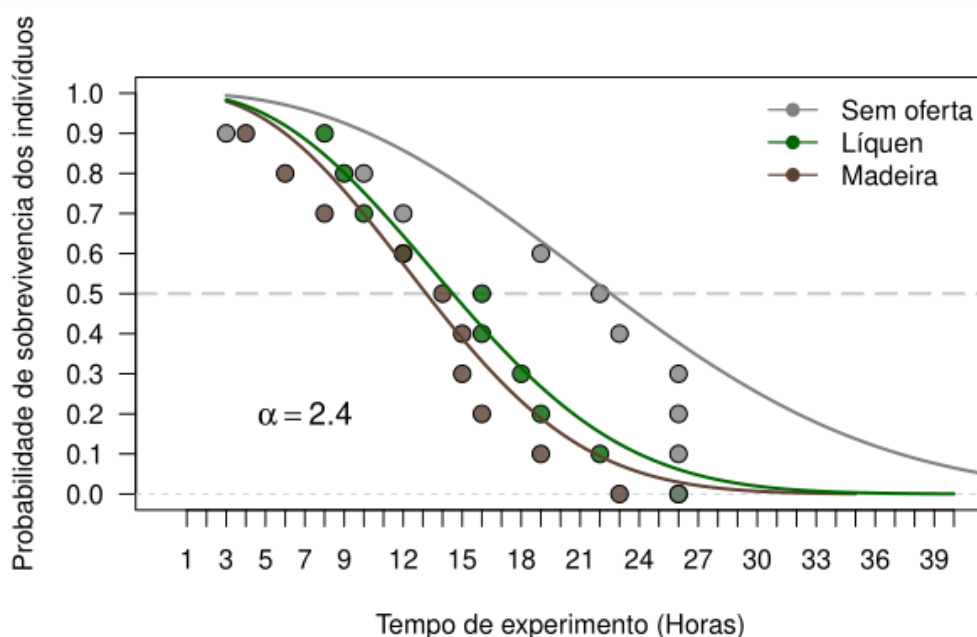
3.4 Análise de dados

Para avaliar a sobrevivência dos besouros foram construídos modelos de sobrevivência censurada sob distribuição de Weibull, usando o pacote Survival (THERNEAU; GRAMBSCH, 2000). Inicialmente foi construído um modelo completo: tempo de sobrevivência ~ tratamento + sexo + espécie, que passou por simplificação através da comparação com um modelo nulo, usando ANODEV (*Analysis of deviance*). As variáveis cuja deleção não representaram perda significativa de informação foram removidas do modelo final. Comparações pareadas entre os tratamentos foram realizadas posteriormente aplicando o teste de Dunn, usando o pacote FSA (OGLE; WHEELER; DINNO, 2021). Todas as análises foram desenvolvidas através da linguagem de programação R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os besouros *Corotoca* spp. sobreviveram por um período de tempo que variou entre três e 26 horas de observação, demonstrando ao final curvas de sobrevivência tipo I - com mortalidade acentuada nos intervalos finais de experimento e $\alpha=2,4$. Em relação à espécie e o sexo dos besouros, não foi observada diferença significativa no modelo ($D=173, 19; P>0,05$). Portanto, esses fatores não representaram importância para explicar o tempo de sobrevivência dos mesmos. Sendo assim, atribui-se que a sobrevivência dos besouros está mais relacionada à presença do hospedeiro, pois uma vez retirados do ninho, os besouros não resistem por um longo período de tempo, conforme experiências prévias em ensaios anteriores. Nossos dados corroboram resultados encontrados por Carvalho (2018) (Fig. 3), que também usou o mesmo organismo como modelo biológico para avaliar os custos produzidos por *Corotoca* spp. à colônias de *C. cyphergaster*, verificando através de bioensaios de comportamento e sobrevivência que a presença dos cupins foi benéfica aos besouros e que, a presença dos besouros aumentou a taxa de mortalidade dos cupins.

Figura 3 - Tempo de sobrevivência de *Corotoca* spp. em função da oferta de recurso (líquen e madeira), alimentados por *Constrictotermes cyphergaster*. O tempo médio por tratamentos é indicado pelo ponto de intercepção entre a linha tracejada em $y=0.5$ e a respectiva curva de sobrevivência



Todavia, houve diferença significativa da sobrevivência dos besouros em função da qualidade do alimento fornecido pelo hospedeiro ($\chi^2_{gl=2}=6,9$; $P < 0,05$). O maior tempo de sobrevivência foi observado nos besouros alimentados por cupins mantidos sem recursos alimentares (controle), que sobreviveram em média $22 \pm 5,86$ horas ($P < 0,05$). Já os tratamentos com oferta de recurso, seja líquen ou madeira, causaram diminuição da sobrevivência dos parasitos (Fig. 3). A oferta de talo líquênico reduziu a sobrevivência média desses insetos em 36%, enquanto que a oferta de madeira alcançou uma redução média de 40%. O tratamento “sem recurso” resultou na maior sobrevivência média dos organismos, sugerindo que operários que não se alimentaram recentemente são capazes de prover as melhores condições para os besouros. Quando comparado os tratamentos “líquen” e “sem recurso” ($Z=-1,24$; $P < 0,05$), bem como “madeira” e “sem recurso” ($Z=2$; $P < 0,05$), verificou-se diferença estatística entre si, sugerindo que as substâncias líquênicas não são mais prejudiciais aos besouros do que os compostos oriundos da madeira. Nesse caso, a mortalidade está mais relacionada à qualidade de recurso.

Nesse sentido, é possível que as substâncias defensivas repassadas aos besouros por trofalaxia ainda estejam no trato digestivo dos cupins que consumiram recurso durante o bioensaio. Quando comparado aos cupins do tratamento sem recurso, é provável que durante o período de experimento, substâncias oriundas de eventos de forrageio passados, tenham sido degradadas através do processo digestivo dos cupins, não surtindo efeito nos besouros que tiveram contato direto com os cupins desse tratamento por trofalaxia. Barbosa-Silva et al. (2014) elencaram três perguntas norteadoras para guiar o entendimento da relação cupim - líquens, e uma delas questiona sobre quais vantagens evolutivas essa relação proporciona aos cupins. Nossos resultados indicam que uma das vantagens de consumir esse recurso seria o potencial anti-herbivoria para reduzir a sobrevivência de besouros *Corotoca* spp. que são invasores das colônias de *C. cyphergaster*, influenciando negativamente na densidade populacional desses besouros dentro dos ninhos. Além disso, estudos têm indicado que existe a possibilidade de os líquens serem utilizados como agentes de controle de patógenos intestinais (Oliveira et al. e Rolim et al., ambos submetidos).

A ausência de tubo digestivo completo dos besouros *Corotoca*, a realização de uma alimentação menos fluida durante o experimento, pode ter dificultado o aproveitamento do alimento fornecido pelos cupins que consumiram recurso

(madeira ou líquen) durante o bioensaio. Por outro lado, os cupins sem recurso, que tiveram sua última refeição antes da montagem do bioensaio, tiveram um maior tempo de digestão das moléculas presentes no fluido transferido por trofalaxia, em relação ao primeiro, e de certa forma, isso acabou facilitando a assimilação dos nutrientes pelo besouro.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que, apesar de não se verificar diferença significativa entre o consumo de madeira e líquen, o uso de ambos os recursos por *C. cyphergaster* provoca diminuição na sobrevivência de seus parasitos sociais *Corotoca* spp. Isso reflete no potencial de utilização dos líquens pelos cupins, como fator redutor do custo causado pelo parasita às colônias desse cupim. Estudos com um maior número amostral, e com outras espécies de vegetais para oferta de recurso, pode ajudar a compreender melhor o efeito das substâncias defensivas sobre os parasitos sociais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SANTOS, C. A. dos. **Influence of climate variability on land degradation (desertification) in the watershed of the upper Paraíba river**. Theoretical and Applied Climatology, v.127, p. 741-751, 2017.
- ARAÚJO, R. L. Termites of the Neotropical region. Em: **Biology of termites**. New York: Academic Press, v. 2, p. 527-576, 1970.
- BARBOSA-SILVA, A. M. **Líquens associados à alimentação de *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri, 1901)(Isoptera, Termitidae) no semiárido brasileiro**, Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- BARBOSA-SILVA, A. M. et al. ***Constrictotermes cyphergaster* (Blattaria, Termitidae) termite nests as substrates for lichen fixation in the semiarid region of northeastern Brazil**. São Carlos: Brazilian Journal of Biology, v. 80, n. 3, p. 685-687, 2019. -a
- BARBOSA-SILVA, A. M. et al. **Richness of Lichens Consumed by *Constrictotermes cyphergaster* in the Semi-arid Region of Brazil**. Sociobiology, v. 66, n. 1, p. 154-160, 2019.-b
- BARBOSA-SILVA, A. M.; VASCONCELLOS, A. **Consumption rate of lichens by *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera): effects of C, N, and P contents and ratios**. Insects, v. 10, n. 1, p. 23, 2019.
- BEZERRA-GUSMÃO, M. A. et al. **Polycalic nest systems and levels of aggression of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) in the Semi-Arid region of Brazil**. Sociobiology, v. 53, n. 1, p. 101, 2009.
- CARVALHO, Y. C. D. **Termitophile encounter may be costly to the termite host**. Dissertação (Pós-Graduação em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018
- CASTELLO, A.C.D. et al.. ***Aspidosperma* em Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15551>>. 2020. Acesso: 07 Abr. 2021
- COLLINS, N. M. **Observations on the foraging activity of *Hospitalitermes umbrinus* (Haviland),(Isoptera: Termitidae) in the Gunong Mulu National Park, Sarawak**. Ecological Entomology, v. 4, n. 3, p. 231-238, 1979.
- CONSTANTINO, R. **Termite database**. Brasília, Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://termitologia.net/termite-database>>. 2020. Acesso: 22 mar. 2021.
- CRISTALDO, P.F. et al. **Termitarium volume as a determinant of invasion by obligatory termitophiles and inquillines in the nests of *Constrictotermes***

cyphergaster (Termitidae, Nasutitermitinae). *Insectes Sociaux*, v.59, p.541-548, 2012.

CUNHA, H. F. et al. **No morphometric distinction between the host *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae) and its obligatory termitophile *Corotoca melantho* Schiødte (Coleoptera: Staphylinidae).** *Sociobiology*, v.62, p.65-69, 2015.

CUNHA, H. F. et al. **Relationship between *Constrictotermes cyphergaster* and inquiline termites in the Cerrado (Isoptera: Termitidae).** *Sociobiology*, v. 42, n. 3, p. 761-770, 2003.

CUNHA, H. F.; BRANDÃO, D. **Invertebrates associated with the neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae).** *Sociobiology*, v. 37, n. 3, p. 593-600, 2001.

ELLERS, J. et al. **Ecological interactions drive evolutionary loss of traits.** *Ecology letters*, v. 15, n. 10, p. 1071-1082, 2012.

ELIX, J. A.; STOCKER-WÖRGÖTTER, E. **Biochemistry and secondary metabolites.** Em: **Lichen biology.** New York: Cambridge University Press, p.104-133, 2008.

GAUSLAA, Y. **Lichen palatability depends on investments in herbivore defence.** *Oecologia*, v. 143, n. 1, p. 94-105, 2005.

GERSON U. **Lichen-arthropod associations.** *The Lichenologist*, v.5 p. 434-443, 1973.

GRASSÉ, P. P. **Termitologia. Anatomie, physiologie, biologie-systematique des termites. Tome III: Comportement, socialite, ecologie, evolution, systematique.** 1986.

HESBACHER, S. et al. **Sequestration of lichen compounds by lichen-feeding members of the Arctiidae (Lepidoptera).** *Journal of Chemical Ecology*, v. 21, n. 12, p. 2079-2089, 1995.

HIGASHI, M., ABE, T., & BURNS, T. P. **Carbon—nitrogen balance and termite ecology.** *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 249, n. 1326, p. 303-308, 1992.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. **A química dos liquens.** *Química Nova*, v.21, p. 110 – 20125, 1998.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/barra-de-sao-miguel/panorama>>. 2019. Acesso: 19 fev. 2021

KISTNER, D. H. **Revision of the African species of the termitophilous tribe Corotocini (Coleoptera: Staphylinidae). A new genus and species from Ovamboland and its zoogeographic significance.** *Journal of the New York*

Entomological Society, v. 76, n. 3, p. 213-221, 1968.

KISTNER, D.H. **Social and Evolutionary Significance of Social Insects Symbionts**. Em: Hermani, H. (Ed.). Social Insects V1. v. 1, p. 339-413. Academic Press, 1979.

KISTNER, D.H. **The Biology of Termitophiles**. Em: Krishna, K. & Weesner, F.M. The Biology of Termites. New York, Academic Press. p. 525-557, 1969.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: verlag Justus Perthes, 1928.

LAWREY, J. D. Chemical defense in lichen symbiosis. Em: White, J. F.; Torres, M. S. (Ed.). **Defensive mutualism in microbial symbiosis**. New Jersey: CRC Press, 2008.

LAWREY, J. D. **Biological role of lichen substances**. Bryologist, p. 111-122, 1986.

MARRIS, J. W. M; HAWKE, D.; GLENNY, D. **Eating at high elevation: An herbivorous beetle from alpine rock outcrops relies on ammonia-absorbing lichens**, Ecology, v. 100, n. 5, p. e02598-e02598, 2019.

MARTIUS, C. et al. **The Amazonian forest termite (Isoptera: Termitidae) (*Constrictotermes cavifrons*) feeds on microepiphytes**. Sociobiology, v. 35, n. 3, p. 379-384, 2000.

MATHEWS, A. A. **Studies on termites from the Mato Grosso state, Brazil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, p.267, 1977.

MIURA, T.; MATSUMOTO, T. **Diet and nest material of the processional termite *Hospitalitermes*, and cohabitation of *Termes* (Isoptera, Termitidae) on Borneo Island**. Insectes sociaux, v. 44, n. 3, p. 267-275, 1997.

MIURA, T.; MATSUMOTO, T. **Open-air litter foraging in the nasute termite *Longipeditermes longipes* (Isoptera: Termitidae)**. Journal of Insect Behavior. v. 11, p. 179-189, 1998..

MOURA, F. M. S. et al. **Seasonality in foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of northeastern Brazil**. Insectes Sociaux, v. 53, n. 4, p. 472-479, 2006.

NIMIS, P. L.; SKERT, N. **Lichen chemistry and selective grazing by the coleopteran *Lasioderma serricorne***. Environmental and Experimental Botany, v.55, n. 1– 2, p. 175–82, 2006.

NOIROT, C.; DARLINGTON, J.P.E.C. Termite nests: architecture, regulation and defence. Em: **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**. Springer, Dordrecht, p. 121-139, 2000.

OGLE, DH; WHEELER, P; DINNO, A. **FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.32**, 2021.

OLIVEIRA, M. H. et al. **“The road to reproduction”**: foraging trails of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae: Nasutitermitinae) as maternities for Staphylinidae beetles. *Sociobiology*, v. 65, n. 3, p. 531-533, 2018.

OPITZ, S. E. W.; MÜLLER, C. **Plant chemistry and insect sequestration**. *Chemoecology*, v. 19, n. 3, p. 117-154, 2009.

POULIN, R. **The many roads to parasitism: a tale of convergence**. *Advances in parasitology*, v. 74, p. 1-40, 2011.

PÖYKKÖ, H. et al. **Host use of a specialist lichen-feeder: dealing with lichen secondary metabolites**. *Oecologia*, v. 164, n. 2, p. 423-430, 2010.

RANKOVIĆ, B.; KOSANIĆ, M.. Lichens as a potential source of bioactive secondary metabolites. Em: **Lichen secondary metabolites**. Cham: Springer, v.2, p.1-29, 2019.

ROSA, C. S. et al. **On the Chemical Disguise of a Physogastric Termitophilous Rove Beetle**. *Sociobiology*, v. 65, n. 1, p. 38-47, 2018.

SEEVERS, C. H. **A monograph on the termitophilous Staphylinidae (Coleoptera)**. *Fieldiana, Zoology*, v. 40, p. 1-334, 1957.

STARR. C. K. **Origin and evolution of insect sociality: A Review of Modern Theory**. Em: Hermani, H. (Ed.). *Social Insects V1*. v. 1, p. 35-79. Academic Press, 1979.

THERNEAU, T. M.; GRATHERNEAU, T. M.; GRAMBSCH, P. M. **Modeling Survival Data: Extending the Cox Model**. New York: Springer, 2000.
tinga, northeastern Brazil. *Neotropical Entomology*, v. 36, n.5, p.693–698, 2007.

WASMANN, E. **Die gastpflege der ameisen, ihre biologischen und philosophischen probleme:(234. beitrag zur kenntnis der myrmecophilen und termitophilen)**. Gebrüder Borntraeger, n.4, 1920.

ZILBERMAN, B. **Phylogenetic analysis of the genus Corotoca, with description of a new genus and species from Brazil (Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae)**. *Insect Systematics & Evolution*, p. 1-45, 2020.

ZILBERMAN, B. et al. **State of knowledge of viviparity in Staphylinidae and the evolutionary significance of this phenomenon in *Corotoca* Schiødte, 1853**. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 59, 2019.