

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PAPEL DOS SINAIS QUÍMICOS NA SELEÇÃO DE RECURSO EM *Nasutitermes  
corniger* (BLATTODEA: ISOPTERA)

ALINE DO NASCIMENTO FILGUEIRA SILVA

RECIFE

2019

ALINE DO NASCIMENTO FILGUEIRA SILVA

Monografia apresentada ao  
Curso de Licenciatura Plena em  
Ciências Biológicas/UFRPE  
como requisito parcial para  
obtenção do grau de Licenciado  
em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Paulo  
Fellipe Cristaldo.

RECIFE

2019

ALINE DO NASCIMENTO FILGUEIRA SILVA

**PAPEL DOS SINAIS QUÍMICOS NA SELEÇÃO DE RECURSO EM *Nasutitermes  
corniger* (BLATTODEA: ISOPTERA)**

Comissão Avaliadora:

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Paulo Felipe Cristaldo – UFRPE  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daniele Regina Parizotto– UFRPE  
Titular

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Auristela Correia de Albuquerque– UFRPE  
Titular

RECIFE  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre me protegendo e me dando força para enfrentar as dificuldades da vida.

A minha família, que sempre esteve presente ao meu lado. Minha guerreira e amada mãe, que me deu muito amor. A minha irmã Arcênia que nunca deixou de acreditar em mim e a meu irmão Anderson por todo o apoio recebido.

Ao meu namorado Lucas, que sempre me incentivou a continuar, a nunca desistir em meio a tantos obstáculos. Você é o meu melhor amigo e o amor da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Fellipe Cristaldo, que me acolheu em seu laboratório e que me deu oportunidade de obter conhecimentos inestimáveis. Sempre dedicado a nos passar seu conhecimento, a nos mostrar a melhor forma de se fazer ciência. Sem seu apoio esse trabalho não poderia ter sido feito.

Aos colegas do Laboratório de Insetos Sinantrópicos (LabHa), Catila, Agelson, Renan, Gennyfer, Leticia foi uma grande oportunidade conhecê-los, boas amizades e companheirismo.

Aos amigos e colegas que fiz durante essa trajetória, pelos bons momentos que compartilhamos juntos. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho. Muito obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
<b>2.1. Local de coleta e manutenção das colônias de cupins</b> .....	14
<b>2.2. Extração dos sinais químicos</b> .....	14
<b>2.3. Delineamento experimental</b> .....	15
<b>2.3.1. Percepção dos sinais intra- e intercoloniais</b> .....	15
<b>2.3.2. Seleção de recursos com sinais intra- e interespecíficos</b> .....	15
<b>2.4. Análises estatísticas</b> .....	16
3. RESULTADOS .....	17
<b>3.1. Percepção das pistas intra- e interespecíficos por operários de <i>N. corniger</i></b> .....	17
<b>3.2. Papel das pistas químicas intra- e interespecíficos na seleção de recurso por <i>N. corniger</i></b> .....	18
4. DISCUSSÃO.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

**LISTA DE TABELA**

<b>Tabela 01.</b> Efeito das pistas químicas na seleção de iscas por indivíduos de <i>Nasutitermes corniger</i> (Termitidae: Nasutitermitinae).....	19
---	----

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01.** Percepção das pistas químicas por operários de *Nasutitermes corniger*.17
- Figura 02.** Efeito das pistas químicas intra- e interespecíficas na seleção de recurso por indivíduos de *Nasutitermes corniger*. ..... 20

## RESUMO

SILVA, Aline do Nascimento Filgueira. **O papel dos sinais químicos na seleção de recursos em *Nasutitermes corniger* (Blattodea: Isoptera)**. Recife: UFRPE, 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Ciências Biológicas).

Os ambientes são formados por manchas de recursos com distintas adequabilidades aos organismos. Durante o forrageio, os organismos precisam avaliar os custos e benefícios envolvidos na utilização de um item alimentar a fim de fazer uma escolha adequada para exploração e utilização desse recurso. Uma maneira energeticamente eficaz de localizar o recurso a ser explorado é utilizar pistas deixadas por outros organismos no ambiente (ou seja, informação social). No presente estudo, avaliamos o papel das pistas químicas intra- e interespecíficas na seleção de recursos em *Nasutitermes corniger* (Termitidae: Nasutitermitinae). Para isso, testamos a hipótese de que indivíduos de *N. corniger* são capazes de perceber e evitar recursos já utilizados por diferentes colônias da mesma espécie e de espécie diferente de cupins. Inicialmente, bioensaios de trilhas lineares foram conduzidos a fim de verificar a percepção das pistas químicas intra- e interespecíficas por operários de *N. corniger*. Em seguida, bioensaios de seleção de recurso com chance de escolha foram realizados em laboratório a fim de avaliar a escolha dos indivíduos por recursos com pistas químicas intra- e interespecíficas. De um modo geral, nossos resultados demonstraram que as pistas químicas parecem modular a seleção de recursos em *N. corniger*. A compreensão dos mecanismos responsáveis pela seleção de recursos tem um papel chave na distribuição dos organismos nos ambientes naturais, bem como na coexistência de espécies de cupins em uma escala local.

**Palavras-chave:** comportamento, forrageamento, uso do habitat, Ecologia

## ABSTRACT

SILVA, Aline do Nascimento Filgueira. **The role of chemical signals in the resource selection in *Nasutitermes corniger* (Blattodea: Isoptera)** Recife: UFRPE, 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Ciências Biológicas).

Environments are formed by patches of resources with different suitability to the organisms. During foraging, organisms need to assess the costs and benefits involved in using a resource in order to make an appropriate choice for the exploration and use of that resource. An energy-efficient way of locating the resource to be explored is to use cues left by other organisms in the environment (*i.e.*, social information). In the present study, we evaluated the role of intra- and interspecific chemical cues in the selection of food resource in *Nasutitermes corniger* (Termitidae: Nasutitermitinae). For this, we test the hypothesis that individuals of *N. corniger* are able to perceive and to avoid resources already used by different colonies of the same species and from different species. Initially, linear trail bioassays were conducted in order to verify the perception of intra- and interspecific chemical cues by *N. corniger* workers. Then, resource selection bioassays with a chance of choice were performed in order to evaluate the individuals' choice for food resources with intra- and interspecific chemical cues. In general, our results showed that chemical cues seem to modulate the food resource selection in *N. corniger*. The comprehension of the mechanisms involved in the resource selection plays a important role in the distribution of organisms in the environments, as well as the coexistence of termite species at local scale.

**Key-words:** behavior, foraging, habitat use, Ecology

**O uso da informação social durante a seleção de recursos em  
*Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae)<sup>1</sup>**

Aline do Nascimento Filgueira Silva<sup>a</sup>, Cátia Regina Silva<sup>a</sup>, Renan Edson Campelo dos Santos<sup>a</sup>, Gennyfer Marques Moreira<sup>a</sup>, Ana Paula Albano Araújo<sup>b</sup> & Paulo Fellipe Cristaldo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Fitossanidade, Laboratório de Insetos Sinantrópicos, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Ecologia, Laboratório de Interações Ecológicas, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

---

<sup>1</sup> Manuscrito de acordo com as normas da revista *Neotropical Entomology*

## 1. INTRODUÇÃO

A aquisição de recursos é um dos principais comportamentos que garantem a sobrevivência e reprodução dos organismos (van Noordwijk & de Jong 1986; Boggs 2009). No entanto, os animais vivem em ambientes heterogêneos nos quais os recursos geralmente estão distribuídos de maneira irregular, variando em tamanho e qualidade ao longo do tempo. Além disso, a presença de espécies competidoras e predadoras pode impactar de maneira significativa a utilização dos recursos (Hassell & Southwood 1978). Frente a essas variações nas características espaço-temporal dos recursos (quantidade, qualidade e adequabilidade), os organismos enfrentam incertezas sobre qual a melhor forma de exploração e seleção dos recursos. Os indivíduos, desta forma, precisam avaliar de forma eficiente os custos e benefícios envolvidos na exploração e seleção de um recurso na busca pela melhor opção que garanta seu sucesso reprodutivo.

A busca por recurso pelos animais é na maioria das vezes demorada, arriscada e, dependendo das condições, pode resultar na não descoberta de alimentos. Sendo assim, o forrageio requer decisões aparentemente complexas, como por exemplo, onde procurar o recurso e por quanto tempo procurar. Para tomar essas decisões, os animais precisam adquirir informações relevantes do seu ambiente. Essas informações podem ser obtidas por meio da interação direta com o ambiente (ou seja, *informações privadas*) ou ainda observando outros indivíduos (da mesma espécie ou de espécies diferentes) e/ou seus sinais deixados no ambiente (*informação social*) (Valone 2007, Leadbeater & Chittka 2009). A seleção de recurso por meio de informações privadas envolve um grande tempo de busca e nem sempre garante acesso à um recurso. Por outro lado, a utilização de pistas químicas deixadas por outros indivíduos oferece uma alternativa economicamente energética uma vez que levam diretamente a um recurso (Grüter & Leadbeater 2014). Porém, dependendo do contexto, guiar-se pelas informações sociais pode desencadear conflito com espécies que já exploram aquele recurso (Lee *et al* 2016). Desta forma, durante a tomada de decisão, os animais podem enfrentar situações em que as informações sociais obtidas se conflitam com suas próprias informações privadas (Yfke *et al* 2004, Kendal *et al* 2005), devendo assim escolher qual delas utilizar.

Os insetos sociais são bons modelos para estudos sobre a utilização de informação social durante a seleção de recursos. Esses organismos vivem em colônias populosas e frequentemente enfrentam problemas durante a busca por recursos. Além disso, a grande maioria dos insetos sociais são forrageadores de sítio-central, o que impede que as colônias alterem suas áreas de forrageio quando as condições locais são desfavoráveis. Sendo assim, guiar-se pelos sinais deixados por outros indivíduos pode auxiliar na redução de custos relacionados ao forrageamento. Nos últimos anos uma série de estudos vem demonstrando o uso das informações sociais durante a exploração e seleção de recursos em insetos eusociais, principalmente em formigas (Stroeymeyt *et al* 2017) e abelhas (Wray *et al* 2011, Dunlap *et al* 2016). Para cupins, no entanto, estudos sobre a utilização da informação social durante a seleção de recurso ainda são escassos.

Os cupins (Blattodea: Isoptera) são insetos sociais que se alimentam de matéria orgânica morta em diferentes estágios de humidificação (desde madeira seca até solo) (Donovan *et al* 2001, Davies 2002). O processo de forrageio em cupins é mediado pelo feromônio de trilha produzido e liberado pela glândula esternal (Sillam-Dussès 2010, Cristaldo 2018). Na grande maioria das espécies, a busca por alimento é realizada pelos operários. Porém, nas espécies mais filogeneticamente derivadas (*i.e.* Nasutitermitinae), os soldados também possuem um papel chave durante o forrageio (ver detalhes em Almeida *et al* 2016). Embora consuma um recurso abundante no ambiente, os cupins são seletivos quanto ao uso do recurso em campo (Evans *et al* 2005, DeSouza *et al* 2009). Além disso, em Nasutitermitinae, as estratégias de forrageio (Almeida *et al* 2018), bem como a resposta e percepção de pistas químicas são moduladas pela disponibilidade de recurso no ambiente (Cristaldo *et al* 2016a). Portanto é plausível supor que os cupins utilizem pistas químicas deixadas por outras colônias e espécies na tentativa de otimizar a busca por recursos.

Os *Nasutitermes* são considerados um dos gêneros mais evoluídos dentro dos Isoptera (Legendre *et al* 2008). As colônias das espécies de *Nasutitermes* habitam quase todo tipo de vegetação e são especializados em uma ampla gama de recursos (Boulogne *et al* 2017). *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Termitidae, Nasutitermitinae) é amplamente distribuído na região Neotropical (Mathews 1977, Boulogne *et al* 2017). Os indivíduos dessa espécie se alimentam de madeira em diferentes estágios de decomposição e habitam ninhos arborícolas e policálicos.

Esta espécie é considerada praga de ambientes urbanos ocasionando danos em madeiras de edificações e mobiliários internos (Scheffrahn *et al* 2014; Boulogne *et al* 2017).

No presente estudo, avaliamos o uso das informações sociais durante a seleção de recurso em *N. corniger*. Especificamente, testamos a hipótese de que forrageadores de *N. corniger* percebem via pistas químicas os recursos já colonizados por colônias intra- e interespecíficas e evitam a utilização desses recursos. De um modo geral, nossos resultados podem contribuir para a compreensão dos mecanismos responsáveis pela coexistência de espécies de cupins em escala local.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Local de coleta e manutenção das colônias de cupins**

As colônias de cupins utilizadas no presente estudo foram coletadas no campus SEDE da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (8°04'03" S, 34°55'00" O), localizado no município de Recife, Pernambuco, Brasil. O clima da região é classificado como 'subtropical úmido ou subúmido' (Aw), com temperatura média anual em torno de 25,8 °C e precipitação média anual de 1804 mm (Climate 2019). As coletas foram realizadas durante os meses de abril e maio de 2019.

Para a preparação dos extratos intraespecíficos e a condução dos experimentos, colônias de *N. corniger* foram totalmente removidas de ninhos arborícolas com o auxílio de picareta e pá de jardim e levados para o Laboratório de Insetos Sinantrópicos da UFRPE. No laboratório, as colônias foram armazenadas separadamente em caixas organizadoras juntamente com algodão umedecido para a manutenção da temperatura. Iscas de cana-de-açúcar foram oferecidas como recurso alimentar sempre que necessário. Ao total, foram coletados oito ninhos de *N. corniger* que se mantiveram no laboratório por pelo menos 15 dias antes da realização dos experimentos.

Para a preparação dos extratos interespecíficos, colônias de *Coptotermes* sp. foram coletadas em fragmentos de madeira e levados para o laboratório, onde foram armazenadas em potes plásticos até a preparação dos extratos. Ao total, três colônias de *Coptotermes* sp. foram utilizadas.

### **2.2. Extração das pistas químicas**

A preparação das pistas químicas intra- e interespecíficos foram realizados seguindo metodologia proposta por Cristaldo *et al* (2014, 2016a). Para cada colônia, a extração dos sinais químicos do corpo de operários foi realizada por meio da submersão de operários em solvente hexano ( $\approx 10 \mu\text{L}/\text{operários}$ ). Os extratos iniciais foram mantidos no freezer por 24 horas e após esse período, o extrato concentrado foi passado para outro vidro e uma nova alíquota de hexano foi acrescentada até completar o volume inicial. Os extratos foram mantidos no freezer até a realização dos bioensaios comportamentais.

### **2.3. Delineamento experimental**

Os bioensaios foram conduzidos a fim de analisar o efeito das pistas químicas intra- e interespecíficas na percepção e seleção de recursos em *N. corniger*. Para isso, bioensaios de trilha linear e de seleção de recuso com chance de escolha foram realizados com grupos de operários e soldados de *N. corniger*.

#### **2.3.1. Percepção das pistas intra- e interespecíficas**

Bioensaios lineares de trilha foram conduzidos a fim de avaliar a percepção das pistas químicas intra- e interespecíficas por indivíduos de *N. corniger*. Para isso, trilhas lineares de 10 cm foram desenhadas em papel filtro, com auxílio de uma pipeta, seguindo metodologia proposta por Cristaldo *et al* (2014, 2016a). Em cada trilha, os primeiros seis cm consistiram no sinal químico da colônia testada (“sinal próprio”) e os outros cinco cm consistiram na pista química de outra colônia (intra- ou interespecífica). Desta forma, a parte central da trilha possuiu uma sobreposição dos dois odores na parte central (‘área de sobreposição’). O controle consistiu em uma trilha de 10 cm apenas com o sinal da colônia testada. Após a evaporação dos odores, um grupo de cinco indivíduos (quatro operários e um soldado) foi colocado na câmara de liberação na base da trilha linear e, em seguida, foi registrado a distância percorrida pelo primeiro indivíduo que seguiu a trilha. Ao todo, três repetições foram realizadas por colônia ( $N= 6$ ) totalizando 54 bioensaios de trilhas.

#### **2.3.2. Seleção de recursos com sinais intra- e interespecíficos**

Bioensaios com chance de escolha foram realizados a fim de avaliar o efeito das pistas intra- e interespecíficas na seleção de recurso por grupo de indivíduos de *N. corniger*. Os bioensaios consistiram na escolha de iscas de cana-de-açúcar com os seguintes tratamentos: (i) controle (iscas sem pista química) (CT), (ii) controle solvente (iscas com hexano) (CS), (iii) sinal da colônia (IC), (iv) pista de colônias diferentes da mesma espécie (DC) e (v) pistas de colônia de espécie diferente (DSP). O controle dentro de cada tratamento consistiu em iscas com solvente (hexano).

Cada arena teste consistiu em um pote de plástico central de 250 ml conectada em linha reta com mangueira transparente ( $\varnothing$  7 mm e 5 cm de comprimento) a dois

outros potes de plásticos (250 ml) em sua extremidade contendo os tratamentos (26 g de cana-de-açúcar com os sinais químicos). Em cada um dos potes, 22 gramas da parede do ninho da colônia testada foram macerados e utilizados como substrato. Na arena central, um grupo de 10 indivíduos (oito operários e dois soldados) foi introduzido e a escolha do grupo por um dos tratamentos foi monitorado por 24 horas. A escolha do grupo por um dos tratamentos foi considerado quando cinco ou mais indivíduos estavam presentes em uma das iscas. Ao todo foram realizados três repetições para cada combinação de colônia x tratamentos, totalizando 120 bioensaios.

#### **2.4. Análises estatísticas**

As análises estatísticas, em todos os casos, foram realizadas considerando os valores médios para cada colônia dentro de cada tratamento. As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team 2018) usando Modelagem Linear Generalizado (GLM) seguido de análises de resíduos para verificar a adequabilidade da distribuição utilizada.

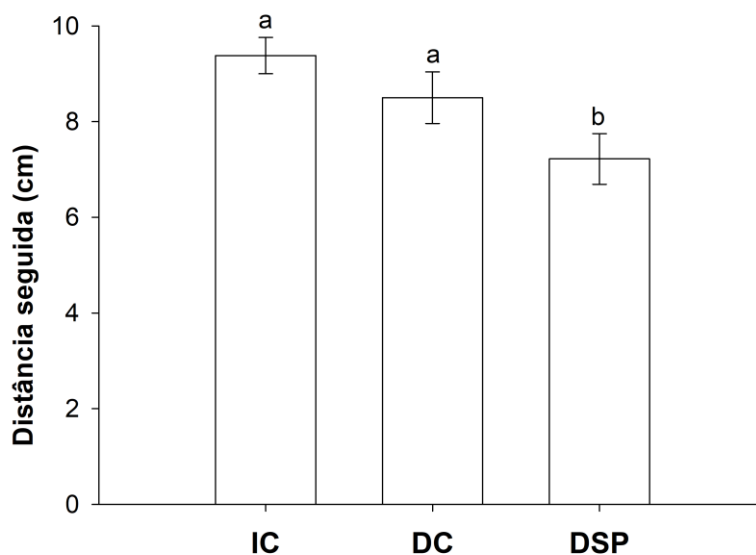
Para verificar se a distância seguida pelos indivíduos nas trilhas lineares (variável  $y$ ) foi afetada pelas pistas intra- e interespecíficas (variável  $x$ ), os dados foram submetidos à Análise de Deviância (ANODEV) com distribuição de erros Normal. A comparação entre os tratamentos foi realizada por meio de Análise de Contraste.

A fim de analisar se a seleção do recurso (variável  $y$ ) foi afetada pela pista química contida na isca de cana-de-açúcar (variável  $x$ ), os dados foram submetidos à ANODEV com distribuição de dados Binomial. A variável resposta ( $y$ ) foi considerada como a escolha do grupo/total de experimentos. Para cada combinação (bioensaio), uma análise independente foi realizada.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Percepção das pistas intra- e interespecíficas por operários de *N. corniger*

A distância seguida pelos operários de *N. corniger* nas trilhas lineares foi significativamente afetada pela origem do sinal químico ( $F_{2,15}=4,80$ ,  $P=0,02$ ; Fig. 01). Os operários de *N. corniger* seguiriam significativamente uma maior distância nas trilhas que continham sinais químicos da sua própria colônia (IC) e nas trilhas com pistas químicas de colônias diferentes da mesma espécie (DC) comparado com as trilhas com pistas químicas de colônias de espécie diferente (DSP) ( $P= 0.01$ ) (Fig. 01).



**Figura 01. Percepção das pistas químicas por operários de *Nasutitermes corniger*.** Distância seguida por operários de *N. corniger* em trilhas artificiais com odores da mesma colônia (IC; controle), de diferentes colônias da mesma espécie (DC) e de colônias de espécie diferente (DSP). Cada barra representa a distância média seguida pelos operários  $\pm$  erro padrão. Letras similares significam ausência de diferença significativa por meio de Análise de Contraste (Modelagem Linear Generalizada).

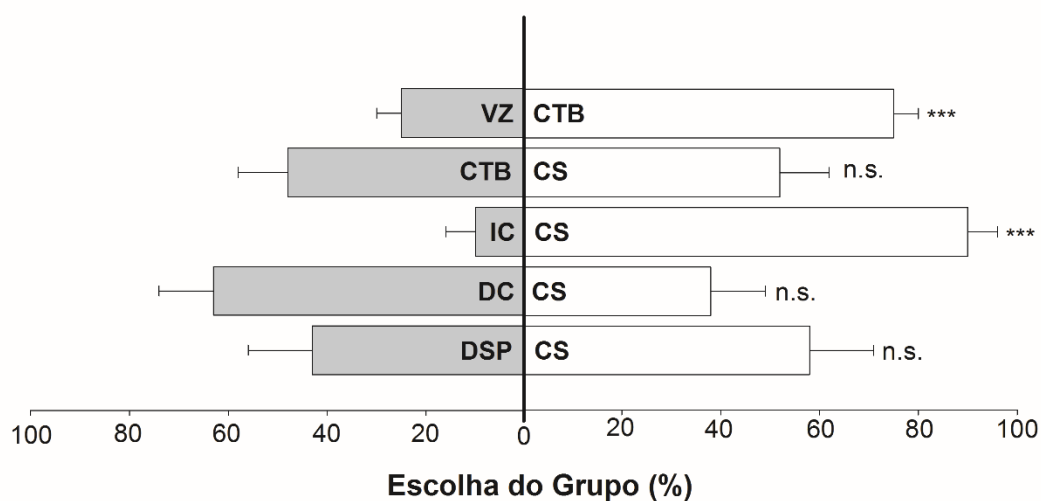
### **3.2. Papel das pistas químicas intra- e interespecíficos na seleção de recurso por *N. corniger***

De um modo geral, a resposta de seleção de recurso por indivíduos de *N. corniger* variou com o tipo do odor químico testado (Tab. 01, Fig. 02). No experimento controle, os indivíduos de *N. corniger* escolheram significativamente as iscas de cana-de-açúcar (CTB) do que os potes vazios (VZ) ( $P= 0.003$ ; Tab. 01, Fig. 01). Quando os indivíduos de *N. corniger* foram expostos a iscas de cana-de-açúcar com (CTB) e sem (CS) solvente não houve uma diferença significativa na escolha entre as duas iscas ( $P= 0,78$ ; Tab. 01, Fig. 01). Os indivíduos expostos à sinais químicos de sua própria colônia (IC) prefeririam significativamente as iscas apenas com hexano (CS; controle solvente) do que as iscas com odores da sua colônia ( $P < 0.0001$ ; Tab. 01, Fig. 01). No entanto, quando os indivíduos foram expostos as pistas químicas de colônias diferentes da mesma espécie (DC) ou de espécie diferentes (DSP), esses não apresentaram escolha significativa entre as iscas contendo as pistas químicas ou iscas apenas com o hexano (CS) (Tab. 01; Fig. 02).

**Tabela 01. Efeito das pistas químicas na seleção de iscas por indivíduos de *Nasutitermes corniger* (Termitidae: Nasutitermitinae).**

Fonte	<i>g.l.</i>	Desvio	Resid. <i>g.l</i>	Resid. Desv.	P	
<b>A) Controle (CT) X Vazio (VZ)</b>						
Modelo nulo			15	20,71		
Tratamento	1	12,55	14	8,15	0,0003	***
<b>B) Controle (CT) X Controle Solvente (CS)</b>						
Modelo nulo			15	20,03		
Tratamento	1	0,08	14	19,94	0,78	n.s
<b>C) Controle Solvente (CS) X Sinal químico da mesma colônia (IC)</b>						
Modelo nulo			15	45,04		
Tratamento	1	31,80	14	13,23	0,0001	***
<b>D) Controle Solvente (CS) X Sinal químico de colônia diferente (DC)</b>						
Modelo nulo			15	25,57		
Tratamento	1	2,19	14	23,38	0,21	n.s
<b>E) Controle Solvente (CS) X Sinal químico colônia de espécie diferente (DSP)</b>						
Modelo nulo			15	33,21		
Tratamento	1	0,78	14	32,43	0,51	n.s

Modelagem Linear Generalizada com distribuição de erros Binomial



**Figura 02. Efeito das pistas químicas intra- e interespecíficas na seleção de recurso por indivíduos de *Nasutitermes corniger*.** VZ= pote vazio; CTB= iscas de cana-de-açúcar (controle); CS= iscas de cana-de-açúcar com hexano (controle solvente); IC= iscas de cana-de-açúcar com sinal química da própria colônia; DC= iscas de cana-de-açúcar com pista química de colônias diferentes da mesma espécie; DSP= iscas de cana-de-açúcar com pista química de colônias de diferente espécie (*Coptotermes* sp.). Cada barra representa a escolha média do grupo (escolha/total)  $\pm$  erro padrão. Modelagem Linear Generalizado com distribuição de erros Binomial. \*\*\*  $P < 0.001$ ; n.s.=  $P > 0.05$ .

#### 4. DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstraram que, de um modo geral, as informações sociais possuem um papel importante na seleção de recursos em *N. corniger*. Indivíduos de *N. corniger*, embora percebam a pista química de colônias diferentes (Fig. 01), não evitaram recursos com pistas químicas de diferentes colônias da mesma espécie e de espécie diferente (Fig. 02). Esses resultados evidenciam que a informação social pode modular a tomada de decisões durante o forrageio em *N. corniger*.

Uma série de estudos tem demonstrado nos últimos anos a capacidade dos animais de utilizar as informações sociais para a obtenção de benefícios como, por exemplo, o acesso a recursos alimentares ou ainda informações sobre risco local (presença de predadores e competidores) (revisão de Valone 2007). Em cupins, o uso de informação social para obtenção de benefícios já foi demonstrado para espécies inquilinas que coexistem com o hospedeiro em um mesmo ninho (Cristaldo *et al* 2014, 2016b) e entre indivíduos de colônias vizinhas da mesma espécie (Cristaldo *et al* 2016a). Além disso, o uso da informação social foi demonstrado na percepção local de espécies competidoras (Evans *et al* 2009a, Ferreira *et al* 2018b). No entanto, até o presente momento nenhum estudo havia investigado o uso da informação social durante a tomada de decisão da seleção de recurso.

O uso de informação social durante o forrageio pode ser uma estratégia energeticamente barata em comparação com o uso de informações privadas (Grüter & Leadbeater 2014). A obtenção de informações por meio privado pode envolver tempo prolongado de buscas, amostragens de tentativa e erro ou ainda elevados riscos de encontros com predadores e competidores (Kendal *et al* 2005). Por outro lado, a obtenção por meio de informação social reduz esses custos explorando o esforço já realizado por outras espécies (Lee *et al* 2016).

Diferente do que inicialmente hipotetizado por nós, indivíduos de *N. corniger* não evitaram iscas contendo pistas químicas de diferentes colônias da mesma espécie e de espécie diferente. Esse resultado pode estar ligado com o *status* nutricional das colônias testadas. Um estudo recente realizado com *Nasutitermes aff. coxipoensis* mostrou que o *status* nutricional das colônias modula a agressividade bem como a percepção, aceitação e exploração das pistas químicas entre colônias vizinhas de cupins (Cristaldo *et al* 2016a). De acordo com esses

autores, colônias sob alta disponibilidade de recurso não entraria em confrontos uma vez que o recurso alimentar encontra-se em alta quantidade no ambiente. Por outro lado, colônias sob disponibilidade intermediária de recurso seriam mais agressivas e, desta forma, evitariam as pistas químicas de colônias vizinhas. Embora os mecanismos que determinam as decisões de forrageio em cupins ainda sejam pouco estudados, existem evidências que a disponibilidade de recurso possui um papel chave na modulação do forrageamento (ver Araújo *et al* 2007, 2017, Cristaldo *et al* 2016a, Cristaldo 2018, Ferreira *et al* 2018a,b). Além disso, alguns trabalhos têm demonstrado que a utilização de informações sociais depende de muitos fatores, incluindo a quantidade e distribuição do recurso, a taxa de mudança do ambiente, as estratégias dos demais indivíduos presentes na comunidade e também a abundância de predadores (Lee *et al* 2016). Sendo assim, é possível hipotetizar que a não utilização de recursos com pistas químicas intra- e interespecíficas ocorreria apenas quando a disponibilidade de recurso fosse baixa ou intermediária. Estudos futuros devem avaliar a resposta de *N. corniger* as pistas químicas intra- e interespecíficas de colônias com diferentes disponibilidades de recursos a fim de confirmar essa hipótese.

Embora a utilização de pistas intercoloniais de forrageio ainda seja um assunto pouco explorado para cupins, Ferreira *et al* (2018a,b) hipotetizaram que colônias vizinhas devem compartilhar pistas para acessar novas fontes alimentares. Em cupins é comum se observar casos onde várias espécies utilizam simultaneamente de uma mesma fonte alimentar (Roisin *et al* 2006, Schuurman 2006), ou até mesmo coabitação de ninhos por diferentes espécies de cupins (inquilinos) (Cristaldo *et al* 2012). Os mecanismos explicativos para este padrão podem estar relacionados aos resultados apresentados aqui, que incluem a capacidade de percepção das pistas intra- e interespecíficas durante a busca por recursos.

Concluindo, os resultados obtidos no presente estudo destacam a importância das informações sociais durante a seleção de recursos em cupins. Tal mecanismo pode influenciar de maneira significativa os padrões de coexistência de espécies de cupins em escala local. Estudos futuros devem abordar o uso das informações sociais sob diferentes disponibilidades de recurso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams ES, Levings SC (1987) Territory size and population limits in magrove termites. *J Anim Ecol* 56:1069–1081
- Almeida CS, Cristaldo PF, Desouza O, Bacci L, Florencio DF, Cruz NG, Santos AA, Santana AS, Oliveira AP, Lima APS, Araújo APA (2018) Resource density regulates the foraging investment in higher termite species. *Ecol Entomol* 43: 371-378
- Almeida CS, Cristaldo PF, Florencio DF, Cruz NG, Santos AA, Oliveira AP, Santana AS, Ribeiro EJM, Lima APS, Bacci L, Araujo APA (2016) Combined foraging strategies and soldier behaviour in *Nasutitermes* aff. *coxipoensis* (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). *Behav Processes* 126: 76-81
- Araújo APA, Galbiati C, DeSouza O (2007) Neotropical termite species (Isoptera) richness declining as resource amount rises, food or enemy-free space constraints? *Sociobiology* 49:93–106
- Araújo APA, Cristaldo PF, Florencio DF, Araujo FS, Desouza O (2017) Resource suitability modulating spatial co-occurrence of soil-forager termites (Blattodea: Termitoidea). *Austral Entomol* 56: 235-246
- Boggs CL (2009) Understanding insect life histories and senescence through a resource allocation lens. *Funct Ecol* 23:27–37
- Boulogne I, Constantino R, Amusant N, Falkowski M, Rodrigues MAS, Houël E (2017) Ecology of termites from the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. *J Pest Sci* 90:19–37
- Cristaldo PF, Rosa CS, Florencio DF, Marins A, DeSouza O (2012) Termitarium volume as a determinant of invasion by obligatory termitophiles and inquillines in the nests of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae). *Insectes Soc* 59: 541-548
- Cristaldo PF, DeSouza O, Krasulová J, Jirošová A, Kotalová K, Lima ER, Šobotník J, Dusses DA (2014) Mutual use of trail-following chemical cues by a termite host and its inquiline. *PLoS One* 9:e85315
- Cristaldo PF, Jandák V, Kotalová K, Rodrigues VB, Brothánek M, Jiříček O, DeSouza O, Šobotník J (2015) The nature of alarm communication in *Constrictotermes*

- cyphergaster* (Blattodea: Termitoidea: Termitidae): the integration of chemical and vibroacoustic signals. *Biol Open* 4:1649-1659
- Cristaldo PF, Araújo APA, Almeida CS, Cruz NG, Ribeiro EJM, Rocha MLC, Santana AS, Santos AA, Passos A, Desouza O, Florêncio DF (2016a) Resource availability influences aggression and response to chemical cues in the Neotropical termite *Nasutitermes* aff. *coxipoensis* (Termitidae: Nasutitermitinae). *Behav Ecol Sociobiol* 70:1257–165
- Cristaldo PF, Rodrigues VB, Elliot SL, Araujo APA, Desouza O (2016b) Heterospecific detection of host alarm cues by an inquiline termite species (Blattodea: Isoptera: Termitidae). *Anim Behav* 120:43–49
- Cristaldo PF (2018) Trail Pheromones in Termites. In: Khan MA, Ahmad W (eds) *Termites and Sustainable Management: Volume 1 - Biology, Social Behaviour and Economic Importance*. Springer International Publishing, Cham, pp 145–158
- Davies R (2002) Feeding group responses of a Neotropical termite assemblage to rain forest fragmentation. *Oecologia* 133:233–242
- DeSouza O, Araújo APA, Reis-Jr R (2009) Trophic controls delaying foraging by termites: reasons for the ground being brown? *Bull Entomol Res* 99:603–609
- Donovan SE, Eggleton P, Bignell DE (2001) Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. *Ecol Entomol* 26:356–366
- Dunlap AS, Nielsen ME, Dornhaus A, Papaj DR (2016) Foraging Bumble Bees Weigh the Reliability of Personal and Social Information. *Curr Biol* 26:1195–1199
- Evans TA, Lai JCS, Toledano E, McDowall L, Rakotonarivo S, Lenz M (2005) Termites assess wood size by using vibration signals. *Proc Natl Acad Sci United States Am* 102:3732–3737
- Ferreira DV, Sacramento JJM, Rocha MLC, Cruz JS, Santana DL, Cristaldo PF, Araújo APA (2018a) Does distance among colonies and resource availability explain the intercolonial aggressiveness in *Nasutitermes* aff. *coxipoensis*? *Neotrop Entomol.* 47:808-814
- Ferreira DV, Cristaldo PF, Rocha MLC, Santana DL, Santos L, Lima PSS, Araujo APA (2018b) Attraction and vibration: effects of previous exposure and type of resource in the perception of intercolonial odors in termites. *Ethology* 124:743-750
- Grüter C, Leadbeater E (2014) Insights from insects about adaptive social information use. *Trends Ecol Evol* 29:177–184

- Hassell MP, Southwood TRE (1978) Foraging Strategies of Insects. *Annu Rev Ecol Syst* 9:75–98
- Kendal RL, Coolen I, van Bergen Y, Laland KNBT-A in the S of B (2005) Trade-Offs in the Adaptive Use of Social and Asocial Learning. *Academic Press*, 35:333-379
- Leadbeater E, Chittka L (2009) Social information use in foraging insects. In: Stefan J, Hrncir M (eds) *Food Exploitation By Social Insects: Ecological, Behavioral, and Theoretical Approaches*. CRC Press, pp 135–146
- Lee A, Ounsley JP, Rowdlife JM, Cowlish G (2016) Information use and resource competition: an integrative framework. *Proc R Soc B Biol Sci* 283:20152550
- Legendre F, Whiting MF, Bordereau C, Canello EM, Evans TA, Grandcolas P. (2008) The phylogeny of termites (Dictyoptera: Isoptera) based on mitochondrial and nuclear markers: Implications for the evolution of the worker and pseudergate castes, and foraging behaviors. *Mol Phylogenet Evol* 48:615–627
- Mathews AGA (1977) *Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil*. Academia Brasileira de Ciências. 350 pp.
- R Development Core Team (2018) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. The R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0, Vienna, Austria
- Roisin Y, Dejean A, Corbara B, Orivel J, Samaniego M, Leponce M (2006) Vertical stratification of the termite assemblage in a neotropical rainforest. *Oecologia* 149:301-311
- Scheffrahn RH, Hochmair HH, Kern WH, Wagner J, Krecek J, Maharajh B, Cabrera BJ, Hickman RB (2014) Targeted elimination of the exotic termite, *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), from infested tracts in southeastern Florida. *Int J Pest Manag* 60:9–21
- Schuurman G (2006) Foraging and Distribution Patterns in a Termite Assemblage Dominated by Fungus-Growing Species in Semi-Arid Northern Botswana. *J Trop Ecol* 22:277–287
- Sillam-Dussès D (2010) *Trail Pheromones and Sex Pheromones in Termites*. Nova Science
- Stroeymeyt N, Giurfa M, Franks NR (2017) Information Certainty Determines Social and Private Information Use in Ants. *Sci Rep* 7:43607
- Valone TJ (2007) From eavesdropping on performance to copying the behavior of

- others: a review of public information use. *Behav Ecol Sociobiol* 62:1–14
- Van Noordwijk AJ, de Jong G (1986) Acquisition and Allocation of Resources: Their Influence on Variation in Life History Tactics. *Am Nat* 128:137–142
- Wray MK, Klein BA, Seeley TD (2011) Honey bees use social information in waggle dances more fully when foraging errors are more costly. *Behav Ecol* 23:125–131
- Yfke van B, Isabelle C, N. LK (2004) Nine-spined sticklebacks exploit the most reliable source when public and private information conflict. *Proc R Soc London Ser B Biol Sci* 271:957–962