

# O QUE AS FORMIGAS DOMICILIARES NOS DIZEM SOBRE O ATUAL MODELO DE URBANIZAÇÃO

Cindy Garcia Rodrigues<sup>1</sup>

Ricardo Eduardo Vicente<sup>2</sup>

Letícia Correia Massad Gomes da Silva<sup>3</sup>

Vivian Maria Santos da Silva<sup>1</sup>

Yakatã Souza Dalla Vechia<sup>1</sup>

Davi Machado Castilhos<sup>1</sup>

João Emanoel Evangelista<sup>1</sup>

Rafaella Aparecida Amorim de Oliveira<sup>1</sup>

Thiago Junqueira Izzo<sup>4</sup>

**RESUMO:** As formigas exercem papéis importantíssimos no desempenho de serviços ambientais, bem como, na manutenção da biodiversidade. Elas respondem efetivamente a alterações no ambiente e diferenças no habitat. No ambiente urbano existem diferentes tipos de estabelecimentos com diferentes qualidades de habitat. Por este motivo, nós investigamos se há diferença na comunidade de formigas nas residências com (ou sem) diferentes quintais durante uma disciplina de Ecologia do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Mato Grosso.

**PALAVRAS CHAVES:** Ecologia urbana, Ensaio didático, Ensino-Pesquisa, Formicidae, Qualidade do habitat.

## WHAT DO ANTS HAVE TO TELL US ABOUT THE CURRENT MODEL OF URBANIZATION

**ABSTRACT:** Ants play very important roles in the performance of environmental services, as well as in the maintenance of biodiversity. They respond effectively to changes in the environment and differences in habitat. In the urban environment, there are different types of establishments with different habitat qualities. For this reason, we investigated whether there are differences in the ant community in residences with (or without) different backyards during an Ecology course in the Biological Sciences Course at the Federal University of Mato Grosso.

**KEYWORDS:** Urban ecology, Didactic essay, Teaching-Research, Formicidae, Habitat quality.

<sup>1</sup> Bacharelado(a) em Ciências Biológicas no Instituto de Biociencias, UFMT - Campus Cuiabá email: cindy.rodrigues@sou.ufmt.br; vivian.silva1@sou.ufmt.br; yakatadalla@gmail.com; davi.castilhos@sou.ufmt.br; e manjoao00@gmail.com; rafaellamorim@outlook.com.

<sup>2</sup>Pós doutorando na Univesidade Federal do Amazonas. email: ricardomyrmex@gmail.com;

<sup>3</sup> Mestranda em Ecologia e Conservação da Biodiversidade -UFMT. email: leticia.massad8@gmail.com;

<sup>4</sup> Professor Associado no o Instituto de Biociencias, UFMT -Campus Cuiabá. Bolsista de produtividade CNPq. E-mail: izzothiago@gmail.com \* autor para correspondência

## INTRODUÇÃO

As formigas (Insecta: Hymenoptera) são insetos sociais e ocorrem praticamente em todos os ambientes terrestres, exceto nos polos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). No Brasil, registra-se a maior diversidade de formigas das Américas, com mais da metade das espécies descritas para a Região Neotropical (BÁCCARO et al., 2015). A maioria dos estudos foca na diversidade de formigas de áreas nativas e demonstra que os padrões de riqueza variam fortemente entre os biomas brasileiros (FEITOSA et al., 2022; SCHMIDT et al., 2022). Similarmente a ambientes nativos, regiões urbanizadas são colonizadas por espécies generalistas e especialistas de ambientes abertos (BRASSARD et al., 2021; SOUZA-DUTRA et al., 2024). A urbanização gera uma variedade de habitats com diferentes níveis de complexidade, permitindo que algumas espécies se associem ao homem em áreas domiciliares e peridomiciliares (BYRNE, 2007; FAETH et al., 2011; BUENO; CAMPOS, 2017). Embora ecossistemas urbanos sejam caracterizados pela redução de habitats naturais, a criação de áreas verdes isoladas gera uma matriz de diversidade imersa em regiões antropogênicas (UNO et al., 2010; SANTOS-SILVA et al., 2016). Dessa forma, a riqueza e conservação de formigas é afetada pela intensificação do crescimento urbano e supressão de áreas verdes (MCKINNEY, 2002; PACHECO; VASCONCELOS, 2007).

Ecologicamente, as formigas afetam diretamente o fluxo de matéria e energia, atuando como engenheiras ecossistêmicas e pertencendo a diferentes níveis tróficos (FOLGARAIT, 1998; DEL TORO et al., 2012). Em ecossistemas urbanos, observa-se alta ocorrência de espécies invasoras adaptadas a perturbações antrópicas (MCKINNEY, 2006; VIOLANTE; LIRA, 2022). A perda de vegetação e alterações no solo diminuem a diversidade de espécies endêmicas e favorecem invasoras, gerando competição negativa (TILLBERG et al., 2007).

Em ambientes antropizados, a qualidade do habitat e sua distância de áreas florestadas são parâmetros para prever a diversidade local (BUCZKOWSKI; RICHMOND, 2012). A teoria da biogeografia de ilhas fornece base para entender os efeitos de diferentes quintais na ecologia das formigas (MACARTHUR; WILSON, 2001). Ambientes urbanos com aumento de superfícies impermeáveis reduzem habitats de nidificação em comparação a ambientes naturais, favorecendo espécies adaptadas (FENOGLIO et al., 2020; MAHER et al., 2022).

Logo, neste trabalho, em um exercício científico-didático, testamos se diferentes componentes associados à urbanização influenciam a diversidade de formigas em residências. Hipotetisamos que residências com modificações mais expressivas em suas áreas peridomiciliares, como impermeabilização total do solo (quintais cimentados) ou mesmo ausência de áreas externas de recreação (apartamentos ou residências sem quintais) limitam o estabelecimento de espécies, ou favorece a entrada de espécies exóticas. Para isso, fizemos as seguintes previsões: 1) Residências com quintais com solo não cimentado possuirão maior diversidade em comparação com solos cimentados ou apartamentos; 2) Residências com quintais não cimentados apresentarão composição de espécies diferente da encontrada em residências com quintais cimentados ou apartamentos; 3) Espécies hiper generalistas, com grande capacidade de dispersão, irão ocorrer na maioria das residências, independente de possuírem quintais cimentados ou não; 4) Espécies invasoras ocorrerão principalmente em residências com quintais cimentados ou apartamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na região urbana do município de Cuiabá, capital de Mato Grosso, Brasil. As coletas foram organizadas durante um exercício didático realizado durante uma disciplina de Ecologia oferecida para a graduação em Ciências Biológicas na Universidade

Federal de Mato Grosso durante o mês de novembro de 2023. O exercício foi proposto ao final da disciplina, de forma que os alunos já haviam sido instruídos quanto os conceitos de Nicho Ecológico, Formação de Comunidades, Diversidade Alfa e Beta, metacommunidades e Biogeografia de Ilhas - todos fundamentais para se elaboração e desenvolvimento das hipóteses desenvolvidas aqui. A fim de aplicar pressupostos teóricos em ecologia, foi criado um método para a captura de formigas de forma rápida evitando ao máximo a influência do coletor. Todos os alunos cursistas da disciplina (26 no total) foram convidados a participar deste exercício. Destes, 15 alunos aceitaram. Nenhum dos alunos que participou deste exercício habitam na mesma moradia ou mesmo são vizinhos. De fato, todos os alunos que participaram moravam em casas no mínimo distando 100 metros do mais próximo, de forma que podemos afirmar que se trata de réplicas independentes.

Para as coletas, foram fornecidos a todos os alunos frascos com tampa do tipo Falcon® de 15 ml contendo cerca de 3 ml de uma solução de 2 ml de água e 1 ml de mel de abelhas preparados previamente (FIGURA 1). Cada um desses frascos possuía uma tira de papel filtro de 10 cm embebida na solução. A armadilha então era ativada ao colocar o frasco destampado no solo de forma inclinada em 15 a 20 graus, a fim de não extravasar a solução, usando um lápis ou a própria tampa como apoio. A tira de papel era então puxada até ter contato com o solo, formando uma “ponte” em que as formigas usariam para acessar o líquido no interior do frasco. Após o tempo do experimento, o aluno apenas insere a tira de papel dentro do frasco e o fecha rapidamente, coletando todas as formigas embebidas no líquido. A intenção desta armadilha é que o aluno, sem experiência em coleta de invertebrados, consiga coletar espécimes igualmente a um aluno com experiência.



**FIGURA 1 - Foto a fim de exemplificar a armadilha utilizada neste estudo. O frasco inclinado era mantido por um lápis ou a própria tampa e a tira de papel ligava o líquido no anterior ao solo, servindo de ponte para as formigas.**

Os alunos então foram separados em 3 grupos: 1-alunos que habitavam casas com quintais com solo exposto (4 casos); 2- alunos que habitavam casas com solo impermeabilizado com cimento, ladrilhos ou qualquer cobertura sólida que impede formigas de nidificar (6 casos), 3- alunos que habitavam casas ou apartamentos que não possuem a área total totalmente construída ou nenhuma área de quintal (5 casos). Para os grupos 1 e 2, foram fornecidas 12 armadilhas, enquanto para o grupo 3 apenas seis. Todos alunos então instalaram três armadilhas durante o período diurno (10:00-12:00) e três armadilhas durante o período noturno em diferentes cômodos no interior de suas residências (Cozinha, banheiro, quarto ou sala). Os grupos que possuíam quintais (1 e 2) repetiram o mesmo protocolo nos quintais de suas

residências em uma distância de no mínimo 5 metros uma da outra, ou nos pontos extremos deste ambiente. Cada armadilha permaneceu ativa por 2 horas.

Ao final do tempo estipulado, todos retiraram as armadilhas, etiquetaram com as informações pertinentes, e as mantiveram na geladeira de suas residências. Este material foi trazido então para o Laboratório de Ecologia de Comunidades da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foram identificadas em nível de gênero utilizando as chaves disponíveis em BACCARO et al. (2015) e em seguida identificadas pelos autores *séniores* (REV e TJI) quando possível, por comparação com a coleção de referência disponível na UFMT.

O número de espécies foi comparado entre casas com quintais cimentados, com solo exposto e sem quintais utilizando modelos gerais lineares (GLM) usando de distribuição de erro Poisson. O mesmo teste foi empregado para comparar o número de espécies entre os diferentes ambientes encontrados apenas no interior das habitações, bem como o número de espécies encontradas apenas nos quintais. Em ambos os testes também foram rodados omitindo casas sem quintais, mantidos nos gráficos apenas. Todos os testes foram avaliados quanto à superdispersão. Foi avaliado se a estrutura da distribuição de espécies entre as comunidades (casas) obedecia a um padrão aninhado utilizando o índice de NODF. O padrão aninhado observado foi avaliado utilizando um modelo nulo. Neste caso, foram criadas 999 comunidades aleatoriamente, preservando as frequências das espécies ocorrendo em cada local. Para cada uma dessas comunidades foi calculado também o índice de NODF. Por fim, foi calculada a frequência em que o NODF obtido na comunidade real foi maior que as comunidades aleatorizadas. Por fim, a composição da comunidade foi comparada entre as casas cimentadas e de terra utilizando um teste de PERMANOVA. A composição dessa comunidade foi resumida utilizando em dois eixos de NMDS para fins gráficos.

## RESULTADOS

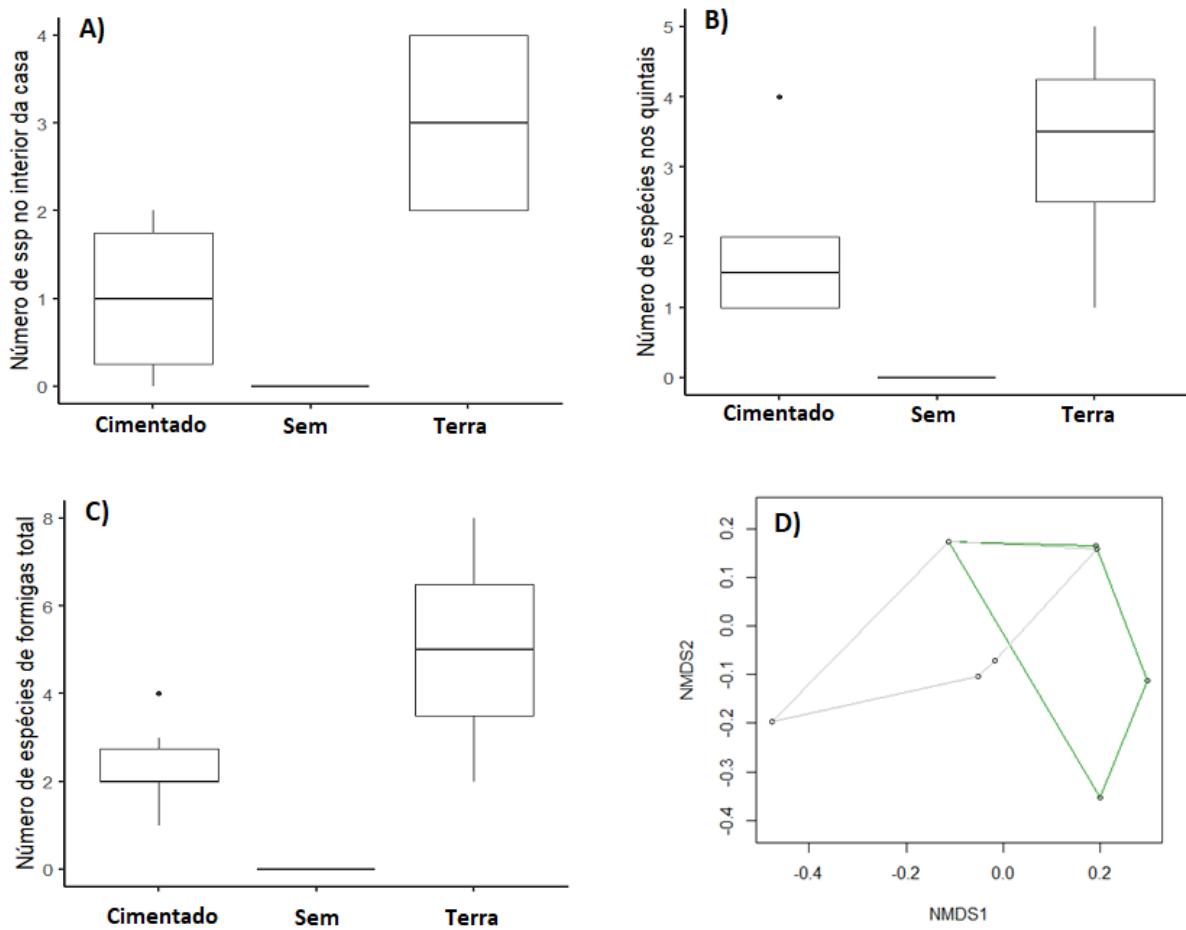
Neste estudo, coletamos 14 espécies de formigas (TEBELA 1), sendo oito em casas com quintais cimentados e 11 em casas com quintais não cimentados. Não foram encontradas formigas em casas que não possuem quintais (Sem). As espécies *Solenopsis invicta*, *Solenopsis globularia* e *Dorymyrmex pyramicus* ocorreram exclusivamente em casas de quintais cimentados, com apenas uma ocorrência cada. Em quintais com solo não cimentado, foram encontradas *Wasmannia auropunctata* (2 ocorrências) e *Solenopsis geminata*, *Paratrechina longicornis*, *Dorymyrmex brunneus*, e duas espécies não identificadas do gênero *Pheidole*, com uma ocorrência cada.

TABELA 1 - Ocorrência das espécies de formigas coletadas em cada residência.

TÁXON	OCORRÊNCIA
<b>DOLICHODERINAE</b>	
<i>Dorymyrmex</i>	
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	1
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	1
<i>Tapinoma</i>	
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	4
<b>FORMICINAE</b>	
<i>Brachymyrmex</i>	

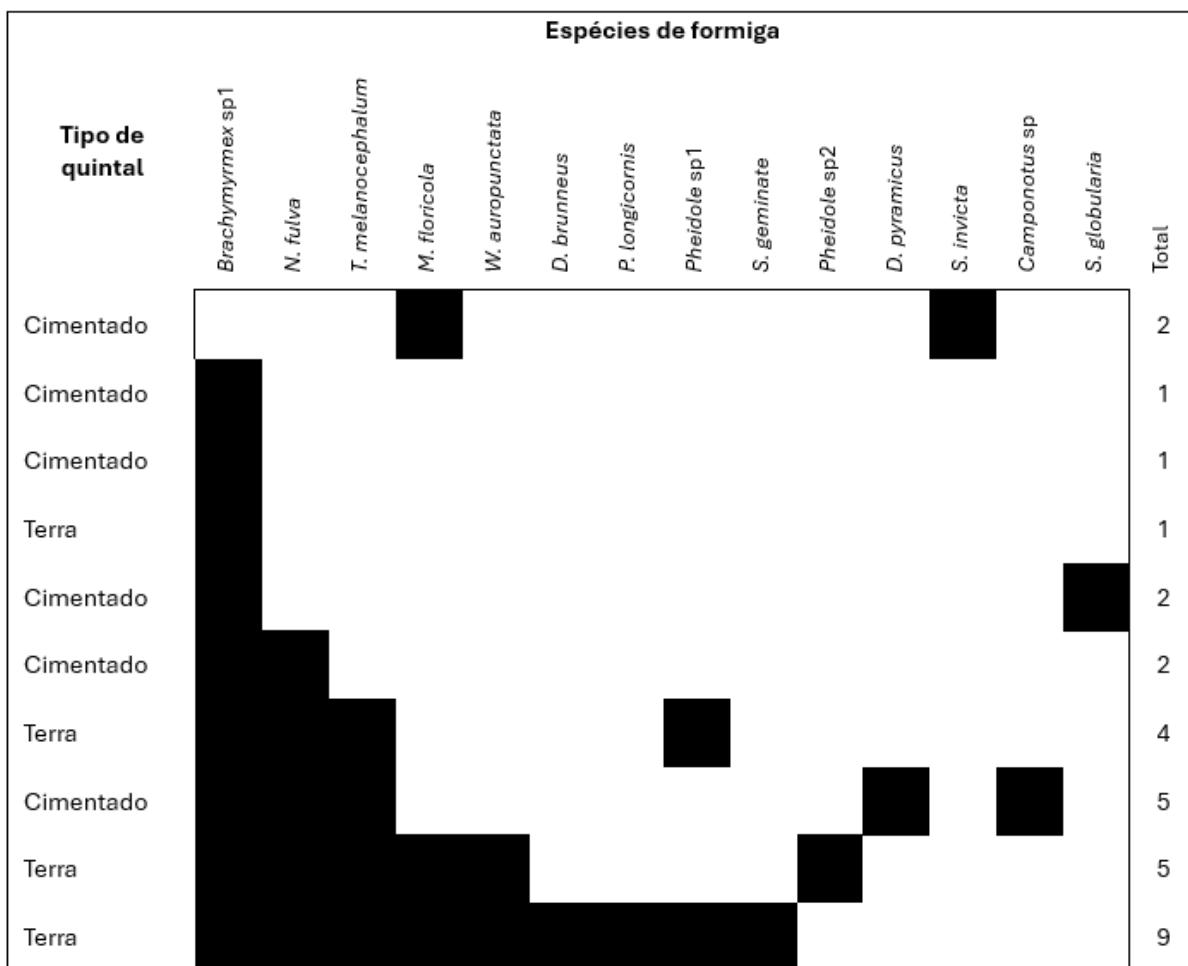
<i>Brachymyrmex</i> sp1	9
<i>Camponotus</i>	
<i>Camponotus</i> sp.	1
<i>Nylanderia</i>	
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	5
<i>Paratrechina</i>	
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	1
<b>MYRMICINAE</b>	
<i>Monomorium</i>	
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	3
<i>Pheidole</i>	
<i>Pheidole</i> sp1	2
<i>Pheidole</i> sp2	1
<i>Solenopsis</i>	
<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	1
<i>Solenopsis globularia</i> (Smith, 1858)	1
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	1
<i>Wasmannia</i>	
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	2

De forma geral o padrão encontrado se repetiu tanto dentro das casas como externamente. As casas com quintais de terra apresentaram mais espécies em seu interior (média 3,  $DP \pm 1,15$ ) enquanto casas com quintais cimentados apresentaram menos espécies (média: 1,  $DP \pm 0,89$ ;  $glm F=27, 87; p<0,001$  - Fig 1A). Este padrão foi igualmente observado na parte exterior da moradia ( $glm F=21,42; p<0,001$  - FIGURA 2B), onde foram encontradas mais espécies em quintais de terra (média: 3,25,  $DP \pm 1,7$ ) do que em quintais cimentados (média: 1,8,  $DP \pm 1,16$ ). Portanto, de forma geral, residências com quintais de terra abrigam em média mais espécies de formigas (média: 5,  $DP \pm 2,3$ ) que quintais cimentados (média: 2,58,  $DP \pm 1,09$ ;  $glm, F=30,98; p<0,001$  - FIGURA 2C).



**FIGURA 2 - Gráficos comparando a mediana (traços centrais), quartis e amplitude do número de espécies de formigas coletadas só no interior da casa (A), só no quintal e (C) ou nos dois ambientes somados, com as especificações de casas com quintais cimentados (Cimentado), não cimentados (Terra) e em apartamentos ou casas sem quintais (Sem). Na figura D), temos um gráfico de NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) comparando a composição de formigas coletadas nos quintais cimentados (cinza) e não cimentados, ou de terra (verde). Cada ponto corresponde a um quintal.**

A composição de espécies entre casas parece ser predominantemente aninhada (FIGURA 3), onde a composição encontrada nas casas com menor número de espécies é um subconjunto da composição das espécies encontradas nas casas com mais espécies. De fato, foi calculado o NODF (métrica de avaliação do aninhamento) demonstrando que o padrão da comunidade é mais alinhado que o esperado ao acaso (NODF: 41,581,  $p < 0,001$  em 1000 aleatorizações).



**FIGURA 3 - Ocorrência das espécies de formigas coletadas em cada casa avaliada em função de apresentar não quintal de terra ou cimentado. As espécies e os quintais foram reordenados em função da métrica “contribuição com o aninhamento” do pacote bipartite (programa R).**

Apesar da diferença na riqueza, não observamos diferença entre a composição de espécies de formigas de casas com quintais cimentados ou com quintais de terra (Permanova,  $R^2=0,13$ ;  $F=1,24$ ;  $p=0,27$ ). No gráfico de MDS, podemos ver que mesmo que algumas casas tenham composições bastante diferentes entre si, algumas casas com quintais com e sem cimento possuem composição bastante similar (FIGURA 2D).

## DISCUSSÃO

Neste estudo demonstramos que casas com solos expostos abrigam uma maior diversidade de formigas. A maior riqueza observada nos quintais pode também ser observada na área interna das habitações. Não foram observadas formigas em casas que não possuem quintais e em apartamentos, o que reforça a importância de quintais, sobretudo de terra, na manutenção da biodiversidade e de serviços oferecidos por formigas em ambientes urbanos. Porém, essa maior riqueza não implicou em composição diferencial, visto que não foram observadas espécies típicas de residências com quintais de terra ou impermeabilizados por cimento. Espécies hipergeneralistas, como *B. patagonicus*, ocorreram em quase todas as residências. Em contrapartida, algumas residências, particularmente com quintais de terra, abrigam quase todas as espécies coletadas neste estudo. Vale ressaltar que não foi analisada a proximidade das residências com pontos verdes urbanos, como parques e praças, que podem

refletir num aumento da riqueza observada nas residências por servir de abrigo para uma grande quantidade de espécies (Silva et al., 2009).

Aspectos da teoria da biogeografia de ilhas de MACARTHUR e WILSON (2001) explicam essa distribuição aninhada das espécies, como a observada nos resultados do estudo. A teoria prediz que a ocupação de uma ilha por uma dada espécie é determinada pela sua qualidade (tamanho, distância de outras áreas) bem como a capacidade de dispersão da espécie. Nesse caso, residências com quintais não cimentados são colonizadas por mais espécies, ao mesmo tempo que espécies com mais capacidade de dispersão irão colonizar a maior parte dos quintais, independente da qualidade e nível de preservação natural que ele se encontra. A capacidade de dispersão não foi considerada de forma linear neste estudo, mas esse pode sugerir que *B. patagonicus*, observada em quase todas as residências estudadas, à exceção de residências sem quintais, seja uma excelente dispersora. De fato, a variação na capacidade de dispersão, associada a diferenças na qualidade ou distância de fontes de propágulos, gera um padrão aninhado, como observado. Porém, ao contrário da predição inicial do trabalho, não foi o caso das espécies exóticas encontradas nas residências. As espécies *T. melanocephalum*, *P. longicornis* e *M. floricola* são exóticas típicas de ambientes perturbados, mas foram relativamente raras na presente amostragem, sendo o gênero *Monomorium* conhecida pela habilidade de explorar e tolerar ambientes alterados pela atividade humana (BUENO; CAMPOS, 2017).

Uma espécie só pode se estabelecer em um novo ambiente se os indivíduos forem capazes de se reproduzir em uma taxa mais rápida do que eles morrem, uma etapa indispensável para que a população aumente em número. Isso, por sua vez, depende de o organismo encontrar um habitat, condições e recursos não monopolizados por espécies nativas (TSUTSUI; SUAREZ, 2003; BRETON et al., 2007). Para além dessa variável, o estabelecimento dos indivíduos depende da presença de recursos bióticos e abióticos favoráveis na composição do ambiente, capazes de formar um local propício para a vida daquela espécie. Casas com quintais cimentados apresentam uma complexidade ambiental extremamente reduzida. Esses espaços são estruturalmente mais homogêneos que os quintais de terra, e tal fato acarreta a ausência das características físicas e químicas do solo que permitem a sobrevivência das espécies no ambiente. Algumas espécies parecem ser consistentemente vulneráveis a essa consequência da urbanização, já outras se beneficiam das mudanças urbanas que refletem em diferenças na disponibilidade de recursos e nas interações competitivas (PADAYACHEE et al., 2017). As espécies que nidificam no solo, por exemplo, podem ser severamente afetadas, pois esses locais são perdidos devido à pavimentação ou à compactação do solo (BUCZKOWSKI; RICHMOND, 2012). Já os quintais com terra podem oferecer condições mais próximas ao ambiente natural, com variações na temperatura e umidade que são favoráveis a uma maior variedade de espécies. Quintais com cimento, por outro lado, podem apresentar temperaturas mais elevadas devido à absorção e retenção de calor, além de uma retenção de água muito menor (SANTIAGO et al., 2018; FRANK; BACKE, 2023). Ademais, as alterações microclimáticas causadas pela urbanização causam a simplificação das comunidades de formigas (THOMPSON; MCLACHLAN, 2007).

Outros fatores que variam entre os diferentes tipos de habitat são a disponibilidade e diversidade de alimentos. Quintais com terra oferecem uma gama mais ampla de recursos alimentares naturais, como insetos, néctar de flores e sementes, que podem sustentar uma variedade maior de espécies de formigas. Quintais com cimento podem ter uma disponibilidade reduzida de alimentos naturais, favorecendo espécies que se adaptaram a se alimentar de detritos orgânicos ou de alimentos humanos. Em apartamentos, a disponibilidade de alimentos naturais é ainda mais limitada, com uma dependência maior de fontes alimentares oriundas de resíduos alimentares humanos. Dessa forma, espécies de nicho restrito, que demandam de recursos e condições ambientais mais similares a ambientes menos perturbados, não conseguem

se estabelecer e são filtrados para fora da comunidade local em casas sem quintais (MORIN, 2011). Para permanecer em tais ambientes os organismos devem ter características fisiológicas, comportamentais e morfológicas para superar as barreiras impostas por fatores abióticos e interações interespecíficas (BRUYN 1999; MENKE et al., 2011; TIEDE et al., 2017; PARR; BISHOP, 2022).

## CONCLUSÕES

Foi possível notar a importância dos quintais para a manutenção da biodiversidade em áreas urbanas por permitir que espécies se proliferam com maior chance de sobrevivência, uma vez que são capazes de gerar uma variedade de condições bióticas e abióticas. Como foi possível observar, apartamentos não permitem a retenção de espécies de formigas ou são muito escassas a ponto de não serem coletadas aqui. Logo, residências com quintais são mais significativas na manutenção da biodiversidade em ambiente urbano.

Também pode-se concluir que o exercício simples em sala de aula pode gerar informações científicas válidas e, ao mesmo tempo, ser bastante útil para a fixação de conceitos importantes em ecologia de comunidades. A discussão do artigo foi tema de trabalho, onde os autores sêniores, que já são experientes na redação de artigos, geraram perguntas e direcionaram o foco, apontando e recuperando questões abarcadas na hipótese. Os autores sêniores filtraram e somaram então as diversas respostas em um texto único. Dentre os alunos, os autores deste trabalho foram os alunos que tiveram interesse e dispuseram a aperfeiçoar e refinar a discussão científica nestas questões específicas, redigindo o artigo fora do ambiente de aula. Este grupo, então, reafirmou o conhecimento buscando por sua conta a literatura utilizada na discussão, sempre assistidos pelos autores sêniores, sendo então realmente co-responsáveis pela criação científica. Sugerimos então a repetição deste método em outras áreas, como forma de fixação de aprendizado em estudantes de graduação.

## AGRADECIMENTOS

Os alunos agradecem a coordenação do Bacharelado em Ciências Biológicas e a diretoria do Instituto de Biologia pelo suporte logístico. TJI é Bolsista de Produtividade CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁCCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. D.; SOLAR, R. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.

BRASSARD, F.; LEONG, C. M.; CHAN, H. H.; GUÉNARD, B. High diversity in urban areas: how comprehensive sampling reveals high ant species richness within one of the most urbanized regions of the world. *Diversity*, v. 13, n. 8, p. 358, 2021. <https://doi.org/10.3390/d13080358>

BRETON, J.; ORIVEL, J.; CHAZEAU, J.; DEJEAN, A. Unadapted behaviour of native, dominant ant species during the colonization of an aggressive, invasive ant. *Ecological Research*, v. 22, p. 107–114, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0014-z>  
BRUYN, L. L. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. In: *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes*. Elsevier, 1999. p. 425–441.

BUCZKOWSKI, G.; RICHMOND, D. S. The effect of urbanization on ant abundance and diversity: a temporal examination of factors affecting biodiversity. *PLoS ONE*, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041729>

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. D. C. Formigas que vivem no ambiente urbano. In: *Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. São Paulo: Canal, 2017. v. 6, p. 31–48.

BYRNE, L. B. Habitat structure: a fundamental concept and framework for urban soil ecology. *Urban Ecosystems*, v. 10, p. 255–274, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-007-0027-6>

CALDART, V. M.; IOP, S.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Diversidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae) do perímetro urbano do município de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 14, n. 1–3, 2012. <https://doi.org/10.24021/raac.v14i1/2.3532>

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, v. 17, p. 133–146, 2012. [https://doi.org/10.25849/myrmecol.news\\_017:133](https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_017:133)

FAETH, S. H.; BANG, C.; SAARI, S. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1223, n. 1, p. 69–81, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05925.x>

FEITOSA, R. M.; CAMACHO, G. P.; SILVA, T. S.; ULYSSÉA, M. A.; LADINO, N.; OLIVEIRA, A. M.; DAROCHA, W. Ants of Brazil: an overview based on 50 years of diversity studies. *Systematics and Biodiversity*, v. 20, n. 1, p. 1–27, 2022.

FENOGLIO, M. S.; ROSSETTI, M. R.; VIDELA, M. Negative effects of urbanization on terrestrial arthropod communities: a meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, v. 29, n. 8, p. 1412–1429, 2020. <https://doi.org/10.1080/14772000.2022.2089268>

FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review.

Biodiversity and Conservation, v. 7, p. 1221–1244, 1998.  
<https://doi.org/10.1023/A:1008891901953>

FRANK, S. D.; BACKE, K. M. Effects of urban heat islands on temperate forest trees and arthropods. *Current Forestry Reports*, v. 9, n. 1, p. 48–57, 2023. <https://doi.org/10.1007/s40725-022-00178-7>

HÖLLODOBLER, B.; WILSON, E. O. *The Ants*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1990.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 2001.

MAHER, G. M.; JOHNSON, G. A.; BURDINE, J. D. Impervious surface and local abiotic conditions influence arthropod communities within urban greenspaces. *PeerJ*, v. 10, e12818, 2022. <https://doi.org/10.7717/peerj.12818>

MCKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, v. 52, n. 10, p. 883–890, 2002. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)

MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, v. 127, n. 3, p. 247–260, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>

MCKINNEY, M. L. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, v. 11, p. 161–176, 2008. <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>

MENKE, S. B.; GUÉNARD, B.; SEXTON, J. O.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R.; SILVERMAN, J. Urban areas may serve as habitat and corridors for dry-adapted, heat tolerant species: an example from ants. *Urban Ecosystems*, v. 14, p. 135–163, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0150-7>

MORIN, P. J. *Community ecology*. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 2011.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landscape and Urban Planning*, v. 81, n. 3, p. 193–199, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.11.004>

PADAYACHEE, A. L.; IRLICH, U. M.; FAULKNER, K. T.; GAERTNER, M.; PROCHES, S.; WILSON, J. R.; ROUGET, M. How do invasive species travel to and through urban environments? *Biological Invasions*, v. 19, p. 3557–3570, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1596-9>

PARR, C. L.; BISHOP, T. R. The response of ants to climate change. *Global Change Biology*, v. 28, n. 10, p. 3188–3205, 2022. <https://doi.org/10.1111/gcb.16140>

SANTIAGO, G. S.; CAMPOS, B. R. F.; RIBAS, C. R. How does landscape anthropization affect the myrmecofauna of urban forest fragments? *Sociobiology*, v. 65, n. 3, p. 441–448, 2018. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i3.3042>

SANTOS-SILVA, L.; VICENTE, R. E.; FEITOSA, R. Ant species (Hymenoptera, Formicidae) of forest fragments and urban areas in a Meridional Amazonian landscape. *Check List*, v. 12, n. 3, p. 1–7, 2016. <https://doi.org/10.15560/12.3.1885>

SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R.; FEITOSA, R. M.; BÁCCARO, F. B.; DE QUEIROZ, A. C. M.; SOBRINHO, T. G.; MARTELLO, F. Ant diversity studies in Brazil: an overview of the myrmecological research in a megadiverse country. *Insectes Sociaux*, v. 69, n. 1, p. 105–121, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00040-022-00848-6>

SCHULTHEISS, P.; NOOTEN, S. S.; WANG, R.; WONG, M. K. L.; BRASSARD, F.; GUÉNARD, B. The abundance, biomass, and distribution of ants on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 119, e2201550119, 2022. <https://doi.org/10.1073/pnas.2201550119>

SHOCHAT, E.; WARREN, P. S.; FAETH, S. H.; MCINTYRE, N. E.; HOPE, D. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 21, n. 4, p. 186–191, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.019>

SILVA, T. F.; SOLIS, D. R.; DE CARVALHO MORETTI, T.; DA SILVA, A. C.; HABIB, M. E. El Din Mostafa. House-infesting ants (Hymenoptera: Formicidae) in a municipality of Southeastern Brazil. *Sociobiology*, v. 54, n. 1, p. 153, 2009. <http://hdl.handle.net/11449/225593>

SOUZA-DUTRA, D. B.; FEITOSA, R. M.; JORY, T. T.; SILVA SALES, F. M.; FONTENELE, L. K.; DA COSTA, M. M. S.; SCHMIDT, F. A. Ant habitat-use guilds response to forest-pasture shifting in the southwestern Amazon. *Journal of Insect Conservation*, v. 28, n. 2, p. 305–313, 2024. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2997190/v1>

THOMPSON, B.; MCLACHLAN, S. The effects of urbanization on ant communities and myrmecochory in Manitoba, Canada. *Urban Ecosystems*, v. 10, p. 43–52, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-0013-4>

TILLBERG, C. V.; HOLWAY, D. A.; LEBRUN, E. G.; SUAREZ, A. V. Trophic ecology of invasive Argentine ants in their native and introduced ranges. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 52, p. 20856–20861, 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706903105>

TSUTSUI, N. D.; SUAREZ, A. V. The colony structure and population biology of invasive ants. *Conservation Biology*, v. 17, n. 1, p. 48–58, 2003

UNO, S.; COTTON, J.; PHILPOTT, S. M. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Urban Ecosystems*, v. 13, p. 425–441, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0136-5>

VIOLANTE, G.; LIRA, P. Efeitos da fragmentação de habitat sobre formigas (Hymenoptera: Formicidae) em paisagens urbanas. *Oecologia Australis*, v. 26, 2022. <https://doi.org/10.4257/oeco.2022.2604.02>