



**GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA**

**EFEITO DA ANTROPIZAÇÃO NAS ASSEMBLEIAS DE  
FORMIGAS E SEUS PROCESSOS ECOSSISTÊMICOS E O  
CONHECIMENTO DE ESTUDANTES SOBRE AMBIENTE  
NATURAL**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA**

**EFEITO DA ANTROPIZAÇÃO NAS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS E SEUS  
PROCESSOS ECOSSISTÊMICOS E O CONHECIMENTO DE ESTUDANTES  
SOBRE AMBIENTE NATURAL**

Tese apresentada a Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em Ecologia  
Aplicada, para obtenção do título de Doutora.

Dra. Carla Rodrigues Ribas  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Grazielle Santiago da.

Efeito da antropização nas assembleias de formigas e seus processos ecossistêmicos e o conhecimento de estudantes sobre ambiente natural / Grazielle Santiago da Silva. - 2019.

90 p. : il.

Orientador(a): Carla Rodrigues Ribas.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.  
Bibliografia.

1. Efeito da paisagem. 2. Efeito cascata. 3. Conhecimento de estudantes. I. Ribas, Carla Rodrigues. II. Título.

**GRAZIELE SANTIAGO DA SILVA**

**EFEITO DA ANTROPIZAÇÃO NAS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS E SEUS  
PROCESSOS ECOSISTÊMICOS E O CONHECIMENTO DE ESTUDANTES  
SOBRE AMBIENTE NATURAL**

**EFFECT OF ANTHROPIZATION IN ASSEMBLAGES OF ANTS AND ITS  
ECOSYSTEM PROCESS AND THE KNOWLEDGE OF STUDENTS ABOUT THE  
NATURAL ENVIRONMENT**

Tese apresentada a Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
programa de Pós-graduação em Ecologia  
Aplicada para obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 15 de Março de 2019.

Dra. Letícia Maria Vieira – UFLA  
Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho – UFLA  
Dra. Lisiane Zanella – IFRS  
Dra. Maria Rita Silvério Pires – UFOP

Dra. Carla Rodrigues Ribas  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

**Aos meus pais Geralda e Nilton que são minha base, dedico!**

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus pela vida, por todas as manhãs amanhecidas e noites dormidas;

A Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de concluir uma pós- graduação;

Aos professores do departamento, em especial ao Paulo Pompeu e Eduardo Van- Den Berg por terem me avaliado no processo de qualificação; e a Rosângela Borém por me dar a oportunidade de lecionar;

A Ellen por ser a melhor secretária, que sempre me anima para um dia de trabalho com o seu “bom dia!”;

A secretaria de educação de Januária por me proporcionar trabalhar com os estudantes da região;

As agências de fomento Fapemig, Capes e Cnpq pela concessão de bolsas de estudos;

A banca examinadora, titulares e suplentes (Dra. Letícia, Dra. Lisiane, Dra Maria Rita Dra Thais, Dra Vanessa e Dr. Ronald) que em um primeiro contato se dispuseram a contribuir pra melhoria desse trabalho;

A Carla Ribas por ter me aceitado em seu laboratório e por ter me conduzido até aqui, espero me tornar uma profissional tão boa quanto você foi e é;

A minha família LEF (Laboratório de Ecologia de Formigas) e aqui um obrigado especial para cada um: Antônio (Nunes) eu agradeço por me ensinar a escutar todos os ritmos de músicas compartilhados pelo seu foninho de ouvido e por boas risadas de memes e fotos de bebês, e por me ensinar a nunca desistir, a Ananza por ter compartilhado seus conhecimentos e por sempre estar disponível a ajudar no que ela pode, por sempre ter casos bizarros que me fazem morrer de rir, ao Ariel por me oferecer coxinha, por dividir os trios elétricos comigo e por ter se mostrado um amigo forte e amável apesar da “casca” que parece ser grossa abriga um coração enorme; ao Chaim pelo companheirismo, força e motivação de sempre e por ter me ensinado que às vezes uma dose de drama pode ser bom, a Cynthia por me mostrar que nós mulheres somos importante, e unidas podemos sempre mais, ao Guilherme por estar sempre disposto a ajudar; ao Ícaro por sempre me deixar a par das músicas nas paradas de sucesso “Ainda não me chame de bebê” e por soltar frases repentinas que chocam, ao Jonas por compartilhar piadas péssimas que rimos só para não perder a amizade; Marina por me

mostrar que podemos ser sempre pessoas mais organizadas; A Mariana por trazer luz, alegria e mostrar que a gratidão é algo a ser praticado diariamente, por dividir comigo momentos únicos e inexplicáveis que só acontecem quando estamos juntas, principalmente em campanhas de campo que além de coletarmos simplesmente formigas, as coletas trazem muitos mistérios, animais indescritíveis, medos e boas risadas; Mayara que com sua sinceridade nos faz pensar o que estamos fazendo da vida, ao Rafael por sempre mostrar que podemos ser determinados e por estar sempre disposto e ter boa disciplina;

Ao Ernesto eu agradeço pela amizade sólida que construímos, por cuidar de mim mesmo estando longe, por me amar da forma que só ele pode demonstrar, por me fazer rir dos casos que só acontece com ele em momentos únicos você é muito especial pra mim;

A Gabriela por me mostrar que amamos pessoas, que o mundo não precisa de padrões, por me mostrar que mulheres são fortes e por me proporcionar experiências de vida que me fizeram e farão mais fortes;

Ao Rafael Cuissi (Verde) por me ensinar a confiar sempre em mim e me ensinar que amizades verdadeiras sempre existirão e não são 1.355 km de distância que será impedimento para sempre existir amor e torcida de um pelo outro;

A Elis, que mesmo estando longe, sendo louca, continua sendo uma “gonga” que eu admiro e considero super;

Aos amigos que a Ecologia me deu: Victor Hugo por sempre me fazer rir, o careca cabeludo mais charmoso que conheci; Lisiane por ter me apresentado o melhor time de futebol feminino de todos os tempos ohuh é Panamá; Guilherme Demétrio pelos abraços e demonstrações de amor de sempre; Ao André (Rogélio) por me auxiliar em dúvidas de ecologia e compartilhar uma cerveja gelada aos finais de semana; Ao Cássio por ter ido comigo a campo e por ter se mostrado um grande amigo e o melhor pisciano para se comemorar os aniversários junto; Ao Fabrício Nascimento pela amizade, amor e festas compartilhadas; A Nathália (Naty), uma amiga mais que especial, uma pessoa linda que me faz rir e dividiu comigo boas festas e risadas e medo de ser presa; Ao Luis e Mariana que tiveram uma curta temporada em Lavras, mas o suficiente pra construir uma amizade e me socorrer em análises estatísticas e depois aliviar o stress com uma cerveja. Ao Nelson, Jú e Duda por serem tão legais e estarem sempre dispostos a ajudar, Enfim a todos os membros do Laboratório de comunidades (LECIM) em especial ao Rodrigo (Coto) por me fazer rir, por ter sido uma companhia memorável e ao Felipe França que sempre acreditou que eu seria capaz de concluir o doutorado; ao laboratório dos peixes em especial a Ruanny pela amizade e

discussão sobre percepção e por compartilhar de um sotaque que só nós temos, e que juntamente com o Ivo que é uma pessoa massa nos deu a Iara serzinho que eu amo, ao Paulo por estar sempre disposto a ouvir minhas lamurias;

Aos meus pais que sempre confiaram e depositaram mais do que uma formação superior e uma pós-graduação, confiaram o amor e me ensinaram o que nenhuma universidade e pós-graduação poderão me ensinar;

Aos meus irmãos Flávio e Fernando que sempre alegam meu coração com as brincadeiras e molecagem a cada retorno a casa;

Aos demais familiares e aos meus amigos Andressa, Deilson, Lorena e Carol;

Ao Rafael Couto Rosa (Peixe) por cuidar de mim, me oferecer sua compreensão, por me dar carinho nos momentos de desespero, por acreditar em mim e nos meus sonhos, por sonhar comigo e se fazer presente sempre, por me amar e deixar ser amado;

As meninas da minha república que foram minha família nessa estadia em lavras (Carol, Gabi, Naty, Regina, Lets, Karina e Cristina) obrigada pelo carinho;

As formiguetes por ser o melhor grupo de whatsapp pra compartilhar vivências, desesperos e boas risadas;

Aqueles que estão longe mas que sempre que encontro mostram a importância de se ter amigos Mardyane, Nayara, Fernando (Java), Paula, Ângelo Monteiro (na memória) e Gabriela Meireles.

Grata a todos!



## RESUMO GERAL

Formigas (Hymenoptera) são insetos comumente utilizados para avaliar as condições dos ambientes. Neste estudo este grupo foi utilizado para avaliar o efeito da antropização em escalas local e da paisagem, sobre áreas de Cerrado no norte do estado de Minas Gerais, além de avaliar se existe um efeito cascata dos atributos antrópicos sobre a riqueza e composição de espécies de formigas e nos processos ecossistêmicos de remoção de sementes e remoção de matéria orgânica animal (carcaça animal) que elas realizam. Observamos que formigas respondem a alterações provocadas no ambiente em escala local e a compactação do solo foi responsável pela perda de espécies e mudança na composição de formigas é a compactação do solo. Existe um efeito cascata da quantidade de casas sobre formigas removedoras de sementes e conseqüentemente no processo de remoção de sementes. Avaliamos também o conhecimento de estudantes da rede estadual de ensino, moradores de áreas rurais e urbanas sobre ambiente “Natural” e “Não Natural” e a presença da figura humana nesses dois ambientes. Estudantes de escolas rurais e urbanas não diferiram quanto ao conhecimento sobre “Natural” e “Não natural”, além disso, estudantes de escolas rurais colaram mais vezes a figura humana como parte do ambiente “Não Natural”. Concluímos que os ambientes de Cerrado são afetados pela antropização e sofrem perdas na diversidade de formigas e isso afeta o processo ecossistêmico de remoção de sementes, e a remoção de carcaça não foi afetada. Esse quadro se agrava devido ao fato de que moradores destes locais, estudantes de escolas rurais e urbanas, demonstram conceitos confusos sobre o meio ambiente e conservação e, portanto, os estudantes precisam de uma maior atenção com projetos e estudos que levem em conta a realidade em que eles estão inseridos, mostrando que existem diferenças entre ambientes natural e não natural e que nós, seres humanos, fazemos parte desse ambiente natural.

**Palavras chave:** Distúrbios. Cerrado. Conservação. Processos ecossistêmicos. Conhecimento. Educação Ambiental.

## GENERAL ABSTRACT

Ants (Hymenoptera) are commonly used to evaluate environmental conditions. In this study, ants were used to evaluate the effect of anthropization on the environment at local and landscape scales on Cerrado areas in the northern state of Minas Gerais, and to evaluate if there is a cascade effect of anthropic attributes on the richness and composition of ants and on the ecosystem processes of seed removal and removal of organic animal matter (animal carcass) that ants perform. We observed that ants responded to changes caused in the environment at local scale and soil compaction was responsible for the loss of species and change in ant composition. There is a cascade effect of the number of houses on seed-removing ants and consequently in the process of seed removal. We also evaluated the knowledge of students enrolled in the state educational system, residents of rural and urban areas on "Natural" and "Unnatural" environments and the presence of the human figure in these two environments. Students from rural and urban schools did not differ in their knowledge of "Natural" and "Unnatural"; in addition, students from rural schools more often glued the human figure as part of the "Unnatural" environment. We conclude that Cerrado environments are affected by anthropization and suffer losses in ant diversity and this affects the ecosystemic process of seed removal, and carcass removal was not affected. This is reinforced by the fact that residents of these places, students from rural and urban schools, demonstrate confusing concepts about the environment and conservation, and therefore students need more attention with projects and studies that take reality at they live in into account. Showing that there are differences between natural and unnatural environments and that we humans are part of this natural environment.

**Key words:** Disorders. Cerrado. Conservation. Ecosystemic processes. Knowledge. Environmental Education.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	13
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>2 CONCLUSÃO GERAL</b> .....	15
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	17
<b>SEGUNDA PARTE</b> .....	19
<b>Influência antrópica local e de paisagem sobre a diversidade de formigas no Cerrado Brasileiro</b> .....	21
<b>Resumo</b> .....	21
<b>1 Introdução</b> .....	23
<b>2 Metodologia</b> .....	24
<b>2.1 Área de estudo</b> .....	24
<b>2.2 Amostragem da assembleia de formigas</b> .....	25
<b>2.3 Amostragem dos impactos antrópicos</b> .....	26
<b>2.3.1 Variáveis Locais</b> .....	26
<b>2.3.2 Variáveis da Paisagem</b> .....	27
<b>2.4 Análises estatísticas</b> .....	28
<b>3 Resultados</b> .....	29
<b>4 Discussão</b> .....	31
<b>Agradecimentos</b> .....	33
<b>Efeito cascata de impactos antrópicos nas formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal e reflexos nos processos ecossistêmicos</b> .....	41
<b>Resumo</b> .....	41
<b>Abstract</b> .....	42
<b>2 Materiais e Métodos</b> .....	45
<b>2.1 Área de estudo</b> .....	45

<b>2.3 Amostragem das formigas consumidoras de matéria orgânica animal.....</b>	<b>46</b>
<b>2.4 Coleta dos atributos do habitat .....</b>	<b>47</b>
<b>2.5 Análises de dados .....</b>	<b>48</b>
<b>3 Resultados .....</b>	<b>50</b>
<b>4 Discussão .....</b>	<b>53</b>
<b>Uso de colagens como ferramenta para avaliação de conhecimento de estudantes de escolas públicas sobre ambientes naturais .....</b>	<b>72</b>
<b>2.1 Área de estudo.....</b>	<b>76</b>
<b>2.2 Participantes .....</b>	<b>76</b>
<b>2.3 Desenho amostral.....</b>	<b>77</b>
<b>2.4 Análises .....</b>	<b>77</b>
<b>3 Resultados .....</b>	<b>78</b>
<b>4 Discussão .....</b>	<b>80</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Alguns problemas ambientais, como a fragmentação e perda de habitat natural, têm relação com o dano à diversidade biológica (Fahrig, 2003). Perdas da biodiversidade podem causar prejuízos aos processos ecossistêmicos, o que nos leva a buscar mais conhecimentos sobre controle biológico, ciclagem de nutrientes, polinização e dispersão de sementes para que estes processos ecossistêmicos não sejam ou sejam minimamente prejudicados (Haddad et al., 2015). Muitas vezes a perda de biodiversidade é atribuída a ações antrópicas e acabam provocando efeitos na diversidade de espécies. Em geral, os impactos antrópicos podem reduzir a riqueza de espécies (Newbold et al., 2015), refletindo na dinâmica e funcionamento dos ecossistemas naturais (Nichols et al., 2013).

Impactos provenientes de ações antrópicas, tais como, crescimento urbano, instalação de usinas hidrelétricas, implantação de pastagens, mineração e agricultura são exemplos de atividades que causam impactos a biodiversidade (Ortega e Meneses, 2015; Franco et al., 2016; Majer, 2007; Solar et al., 2016). Estas ações provocam a diminuição de habitats naturais, através da exploração e modificação dos recursos naturais causando uma substituição desses espaços.

Mediante a crescente perda de biodiversidade e áreas naturais, estratégias para conservação vêm sendo adotadas no Brasil desde a década de 1930 com a criação da primeira unidade de conservação no país (Decreto 1.713-1937). A criação de Unidades de Conservação (UCs) é considerada uma estratégia de preservação da diversidade biológica e proteção de habitats ameaçados (IUCN, 2008). Nesse intuito o governo brasileiro instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) em 2000. Segundo o SNUC há duas categorias de unidades de conservação: i) Proteção Integral, que tem como objetivo proteger ambientes naturais, onde se asseguram condições para a existência e a reprodução de espécies ou comunidades da flora local e também da fauna residente ou migratória. ii) Uso Sustentável, que tem a finalidade de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (IEF, 2018).

A criação de áreas de conservação visa a proteção de ambientes naturais, no intuito de reduzir impactos como fragmentação e redução de habitat. Porém, quando se trata de impactos ao meio ambiente, nem áreas destinadas a conservação ficam livres. Dias et al. (2017) viram que em 20 anos o perímetro urbanizado em uma área de proteção ambiental de uso sustentável passou de 47,11 km<sup>2</sup> (1,24%) em 1995 para 158,2 km<sup>2</sup> (4,16%) em 2015.

Assim, atividades antrópicas podem afetar os organismos e o funcionamento do ecossistema, mesmo em áreas protegidas.

Um dos biomas que vem sofrendo com a antropização, sendo alterado e substituído por monoculturas como plantações de eucalipto e pastagens é o Cerrado (Klink e Moreira, 2002). Esse bioma é considerado um *hotspot* mundial da biodiversidade (Myers et al., 2000) e com estas alterações nas paisagens é possível que haja perda de espécies e processos ecossistêmicos nas comunidades biológicas (Del Toro et al., 2012). Porém, uma preocupação é que, uma pequena porção do Cerrado está inserida em unidades de conservação (UCs), perfazendo somente 8,21%, de sua área, 2,85% estão compreendidos por UCs de uso integral e 5,36% de uso sustentável (MMA, 2015), o que torna o bioma muito suscetível a ações antrópicas, perdas de espécies e funções ecossistêmicas.

Uma estratégia utilizada para avaliar e monitorar o estado de conservação de ambientes naturais e modificados tem sido a utilização de invertebrados como bioindicadores (McGeoch, 1998; Gerlach et al., 2013). Dentre estes, as formigas têm sido comumente utilizadas para avaliar mudanças no ambiente causadas por impactos ambientais (Ribas et al., 2012). Isso ocorre devido a sua fácil amostragem, taxonomia e ecologia bem descritas (Philpott et al., 2010), além de estarem distribuídas por todo globo terrestre e ocuparem vários estratos do ambiente, sendo categorizadas como arbóreas, de superfície do solo ou subterrâneas. Além disso, desempenham funções ecossistêmicas importantes como a detritação de matéria orgânica e dispersão de sementes (Agosti et al., 2000; Philpott et al., 2010).

Além das avaliações ambientais com perspectivas ecológicas, é preciso levar em consideração a interação das populações humanas com os ambientes. Áreas que tem por objetivo proteger os ambientes naturais, muitas vezes têm belezas cênicas que atraem turistas que possuem diversos comportamentos, muitas vezes danosos a esses ambientes. Quando ações antrópicas são prejudiciais e impactam o ambiente, faz-se necessário investir em educação ambiental para a conservação e preservação dessas áreas que foram impactadas, uma vez que é impossível abordar questões relacionadas a política, economia, sociedade e ambiente sem levar em consideração questões ecológicas.

A educação ambiental no Brasil ainda está muito relacionado a pensamentos naturalistas, conservacionistas e seus movimentos, apesar de existirem práticas tais como oficinas, dia do meio ambiente e coleta seletiva de lixo, e vinculadas a sala de aula e ao ensino, podem, senão resolver, então minimizar os problemas ambientais enfrentados. Essas práticas, nos leva a pensar em soluções imediatistas de problemas ambientais que

vivenciamos há décadas (Kawasaki e Carvalho 2009). Desta forma, avaliar e levar em consideração a vivência e a realidade de cada local seria importante para de fato se fazer educação ambiental (Baptista, 2007).

Mediante esse contexto essa tese apresenta três capítulos em formato de manuscritos que tem como objetivo central testar como a assembleia de formigas e os processos ecossistêmicos de remoção de sementes e remoção de matéria orgânica animal que elas desenvolvem são afetados pelos impactos de origem antrópica. Além disso, investigamos o conhecimento estudantes do ensino fundamental de escolas rurais e urbanas situadas em áreas de influência de uma Área de Proteção Ambiental sobre termos ecológicos.

Sendo assim, no primeiro manuscrito avaliamos o efeito da antropização, atributos do habitat locais (porcentagem de solo exposto, compactação do solo e um índice de impacto antrópico) e da paisagem (porcentagem de área não natural, quantidade de casas, distância da estrada mais próxima e distância do povoado mais próximo) sobre a assembleia de formigas (riqueza e composição) a fim de entender se são os atributos de antropização locais ou da paisagem que mais afetam a riqueza e composição de espécies de formigas.

No segundo manuscrito nós avaliamos a presença do efeito cascata de atributos ambientais antrópicos sobre a assembleia de formigas e sobre os processos ecossistêmicos de remoção de sementes e remoção de matéria orgânica animal que elas desempenham.

Por fim, no terceiro manuscrito, avaliamos o conhecimento de estudantes do ensino fundamental sobre ambientes naturais e não naturais, bem como a percepção desses estudantes quanto a presença da figura humana nesses ambientes, em escolas rurais e urbanas de três municípios onde está inserida a Área de Proteção Ambiental.

## **2 CONCLUSÃO GERAL**

A partir do exposto nessa tese, contribuindo para o conhecimento científico em relação aos impactos antrópicos nas assembleias de formigas e nos processos ecossistêmicos que elas desempenham em áreas de Cerrado, conclui-se que fatores locais de antropização influenciam as formigas. A variável antrópica compactação do solo foi a responsável pela diminuição da riqueza e mudança da composição de espécies de formigas. Para o processo ecossistêmico de remoção de sementes observamos um efeito cascata da quantidade de casas no entorno que afeta positivamente a riqueza de espécies e que resulta em uma diminuição da remoção de



sementes. Para o processo de remoção de matéria orgânica, não encontramos um efeito cascata, no entanto o atributo ambiental quantidade de área não natural no entorno, contribuiu para uma dissimilaridade da composição de espécies de formigas. Além disso, observamos que algumas formigas que removem sementes também removem matéria orgânica animal.

Outro objetivo dessa tese foi entender como estudantes de escolas rurais que estão localizadas dentro de unidades de proteção ambiental e estudantes de escolas urbanas da rede pública de ensino entendem o conceito ecológico de ambientes “Natural” e “Não natural” e como eles colocam a figura humana nesses ambientes. Observamos que não existe diferença entre os conhecimentos demonstrados por eles quando comparamos estudantes de escolas rurais e urbanas e que estudantes de escolas rurais perceberam mais a figura humana como parte do ambiente “Não Natural” do que estudantes de escolas urbanas.

Os resultados expostos e discutidos nessa tese são valiosos para orientar trabalhos que avaliam impactos antrópicos no Cerrado, bem como guiar políticas públicas em unidades de conservação ambiental. Observamos que existe um déficit nos conteúdos construídos por estudantes tanto de escolas dentro das unidades de proteção ambiental quanto àqueles que estão localizados nas áreas urbanas, o que nos faz buscar estratégias de ensino que cada vez mais levem em conta a realidade desses estudantes.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; Schultz, T.R. (2000) **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 280
- BAPTISTA, G.C.S. (2007) **A Contribuição da etnobiologia para o ensino e a aprendizagem de Ciências: estudo de caso em uma escola pública do Estado da Bahia**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia - Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador
- DECRETO 1.713-1937 –Parque Nacional de Itatiaia Diário Oficial da União - Seção 1 - 18/6/1937, p. 13141
- DEL-TORO, I.; RIBBONS, R.R.; PELINI, S.L. (2012) **The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae)**. *Myrmecological News*, 17, p. 133-146
- DIAS, L.C.C.; MOSCHINI, L. E.; TREVISAN, D.P. (2017) **A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG – Brasil**. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* <http://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/> v.6, n.2, p. 85-105. doi <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p85-105>
- FRANCO, A.L.C.; BART, M.L.C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C.E.P; FEIGL, B.J; WALL, D.H.; DAVIES, C.A.; CERRIA, C.C. (2016) **Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage** v. 563–564, p. 160-168 doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.116
- GERLACH, J.; SAMWAYS, M.; PRYKE, J. (2013) **Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups**. *Journal of Insect Conservation*, v. 17, Issue 4, p. 831–850
- HADDAD, N.M. ET AL (2015) **Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems**. *Applied Ecology*, n. March, p. 1–9
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS-IEF (2018) disponível em <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas>. Acesso em 23/10/2018
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION -IUCN (2008) **Guidelines for Applying Protected Area Management Categories**. Gland, Switzerland: IUCN. x + 86pp. WITH STOLTON, S., P. SHADIE AND N. DUDLEY (2013) *IUCN WCPA Best Practice Guidance on Recognising Protected Areas and Assigning Management Categories and Governance Types, Best Practice Protected Area Guidelines, Series No. 21*, Gland, Switzerland: IUCN. xxpp. ISBN: 978-2-8317-1636-7

KAWASAKI, C.S.; CARVALHO, L.M. (2009) **Tendências da Pesquisa em Educação Ambiental**. Educação em Revista, 25, p. 143-157

KLINK, C.A.; MOREIRA, A.G. (2002) **Past and Current Human Occupation, and Land Use**. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**, Columbia University Press, New York, p. 69-88. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-004>

MAJER, J.D.; BRENNAN, K.E.C.; MOIR, M.L. (2007) **Invertebrates and the restoration of a forest ecosystem: 30years of research following Bauxite mining in Western Australia**. Restoration Ecology, 15: p.104-115

MCGEOCH, M.A. (1998) **The Selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators**. Biol Ver., Pretoria South Africa, p.181-201

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA (2015) disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado> acesso em: 06/12/2015

NEWBOLD, T., et.al. (2015) **Global effects of land use on local terrestrial biodiversity**. Nature, 520, p. 45-50. doi: 10.1038/nature14324

NICHOLS, E.; URIARTE, M.; PERES, C.A.; LOUZADA, J.; BRAGA, R.F.; SCHIFFLER, G.; ENDO, W.; SPECTOR, S.H. (2013) **Human-Induced Trophic Cascades along the Fecal Detritus Pathway**. Plos, 8 (10) one <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075819>

ORTEGA, M.R. AND MENESES, G.C. (2015) **Effects of urbanization on the diversity of ant assemblages in tropical dry forests, Mexico**. Urban Ecosystems, 18, p. 1373-1388. doi 10.1007/s11252-015-0446-8

PHILPOTT, S.M.; PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I.; PARR, C.L. (2010) **Ant Diversity and Function in Disturbed and Changing Habitats**. Chapter 8. In LACH, L et al. Ant Ecology, p. 137-156

RIBAS, C.R.; SOLAR, R.R.C.; CAMPOS, R.B.F.; SCHIMIDT, F.A.; VALENTIM, C.L. & SCHOEREDER, J.H. (2012) **Can ants be used as indicators of environmental impacts caused by arsenic?** J. Insect Conservation, 16, p. 413–421

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO - SNUC (2000); Lei 9.985 de 18 de julho de 2000; Ministério do Meio Ambiente

**SEGUNDA PARTE**

**Artigo 1 – Influência antrópica local e de paisagem sobre a diversidade de formigas no Cerrado Brasileiro**

Preparado de acordo com as normas da revista Biological Conservation

Versão preliminar

## **Influência antrópica local e de paisagem sobre a diversidade de formigas no Cerrado Brasileiro**

**Graziele Santiago da Silva<sup>1</sup>, Ernesto de Oliveira Canedo Junior<sup>2</sup>, André Tavares<sup>3</sup>, Ariel da Cruz Reis<sup>1</sup>, Gabriela Nascimento Bandeira<sup>1</sup> e Carla Rodrigues Ribas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia de Formigas, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil, e-mail: grazielesantiago@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) Unidade Poços de Caldas, Departamento de Metodologias.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil.

### **Resumo**

Uma das principais ações humanas, que tem sido responsável pela perda de diversidade, é a conversão de habitats naturais em diversos tipos de usos do solo como urbanização, agricultura e pecuária. Essas mudanças podem refletir em danos na diversidade em escala local e de paisagem. Pensando em como a antropização dos ambientes naturais influencia a diversidade de espécies, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos antrópicos, em escala local e da paisagem, sobre a diversidade de formigas (riqueza e composição) em áreas de Cerrado. O estudo foi realizado na Área de Proteção Ambiental – Pandeiros (MG). A antropização que ocorre em escala espacial local influenciou negativamente a riqueza de espécies sendo que a compactação do solo exibiu um efeito negativo na riqueza e composição de espécies de formigas. Solos mais compactados, pela presença de gado, reduzem a heterogeneidade do ambiente, bem como a instalação e manutenção de ninhos de formigas. A falta de cobertura vegetal geralmente associada a compactação do solo, é provavelmente um fator-chave da variação da composição das comunidades de formigas. Além disso, a compactação do solo que levou a uma diminuição na riqueza e mudança na composição de espécies de formigas pode levar a um prejuízo no funcionamento dos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Compactação do solo; Assembleia; Impactos; APA

**Abstract**

One of the main human actions that has been responsible for the loss of diversity is the conversion of natural habitats into various types of land uses such as urbanization, agriculture and livestock. These changes may affect biological diversity on a local and landscape scale. The objective of this work was to evaluate the anthropic effects, on a local and landscape scale, of ant diversity (richness and composition) in Cerrado areas, considering how the anthropization of natural environments influences species diversity. The study was carried out in the Environmental Protection Area - Pandeiros (MG). The anthropization that occurs at local spatial scale negatively influenced species richness and soil compaction showed a negative effect on the richness and composition of ants species. More compacted soils, due to the presence of cattle, reduce the heterogeneity of the environment, as well as the establishment and maintenance of ant nests. The lack of vegetation cover usually associated with soil compaction is probably a key factor in the composition of ant communities. In addition, soil compaction that led to a decrease in richness and change in ant species composition may lead to a loss of ecosystem functioning.

**Keywords:** Soil compaction; Assembly; Impacts; APA

## 1 Introdução

Impactos antrópicos têm reduzido a riqueza de espécies em mais de 10% em todo mundo (Newbold et al., 2015). No geral, em ambientes terrestres, ações antrópicas como desmatamento, caça exploratória, poluição por resíduos sólidos e crescimento urbano tem provocado perdas de biodiversidade (Primack, 2000; Mckinney, 2002; Mckinney, 2006; Faeth et al., 2011). Tais perdas de biodiversidade têm ocorrido tanto localmente quanto ao nível de paisagem, pois a antropização afeta as espécies tanto em seus parâmetros populacionais quanto em sua capacidade de movimentação e dispersão (Grimm et al., 2008; Queiroz et al., 2013; Egerer et al., 2017).

Uma das principais ações humanas que tem sido responsável pela perda de diversidade é a conversão de habitats naturais em diferentes áreas modificadas, incluindo setores produtivos, como agricultura, crescimento urbano, empreendimentos hidrelétricos e mineradores (Franco, et al., 2016; Ortega e Meneses, 2015; Winemiller et al., 2016; Majer et al., 2013). Essas conversões têm mostrado que tanto localmente, pelas mudanças de microclima e disponibilidade de recursos, quanto na paisagem, pela alteração na composição da mesma, as comunidades de diversos organismos tem sido negativamente afetadas (Barlow et al., 2007; Queiroz et al., 2017).

O Cerrado brasileiro é considerado um *hotspot* mundial da biodiversidade (Myers et al., 2000). Por apresentar alta diversidade e endemismo, porém, mesmo tendo tamanha importância este bioma tem sofrido fortemente com a pressão da expansão de atividades agrosilvopastoris, destruindo boa parte de suas áreas naturais (Sano et al., 2010). A expansão agrícola nesse bioma leva a devastação de remanescentes, convertendo áreas naturais em plantações de eucalipto, pastagem e soja. Como vem ocorrendo na última fronteira agrícola no Brasil nos estados de Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (MAPITOBA) convertendo e tornando a vegetação nativa restrita e altamente modificada (Klink e Moreira, 2002). O Cerrado apresenta 60,5% da sua cobertura natural (MMA, 2006) e, como um agravante, somente 8,21% deste bioma encontra-se inserido em unidades de conservação, sendo 2,85% protegido por unidades de conservação de uso integral e 5,36% protegidos por unidade de conservação de uso sustentável (Ministério do Meio Ambiente, 2015). Como consequência da expansão agrícola, a urbanização também é um fator agravante à perda da biodiversidade, pois esta causa fragmentação e perda do habitat natural, bem como a perda de espécies e possíveis funcionalidades dos ecossistemas (Leal et al., 2014). Dessa forma, a combinação de



perda de habitat e expansão urbana têm se demonstrado responsável pela acelerada perda de espécies (Del Toro et al., 2012).

Alguns grupos específicos de insetos estão amplamente distribuídos pelo globo terrestre e possuem características que nos ajudam a entender como impactos ocasionados ao ambiente podem causar danos à biodiversidade (McGeoch, 1998; Gerlach et al., 2013). As formigas (Hymenoptera) são insetos que apresentam algumas dessas características, o que as fazem ser utilizadas em processos de investigação de impactos ambientais (Underwood e Fisher, 2006; Ribas et al., 2012; Blinova e Dobridina, 2018). Além disso, efeitos provenientes da antropização podem afetar a diversidade de formigas e influenciar na estruturação de comunidades quando avaliamos a diversidade local, regional ou na paisagem (Solar et al., 2016). Desta forma, alguns estudos apontam como as formigas respondem a mudanças do uso do solo, tanto em análises avaliando somente a paisagem (e.g. Gollan et al., 2014), quanto em escala local (e.g. Queiroz et al., 2017), uma vez que estes organismos são sensíveis a alterações do microhabitat (Schmidt et al., 2013). No entanto, ainda poucos estudos abordam simultaneamente o efeito de diferentes escalas em comunidades de formigas (e.g. De La Mora et al., 2013; Solar et al., 2016).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de impactos antrópicos (em escala local e da paisagem) sobre a diversidade de formigas (riqueza e composição) em áreas de Cerrado, respondendo as seguintes perguntas: Em qual escala verifica-se maior perda de diversidade de formigas? Dentro de cada escala, quais são as variáveis ligadas aos impactos antropogênicos que provocam perda e mudança na composição de espécies? Nós testamos as hipóteses de que: i) impactos antrópicos em escala local apresentam um maior efeito sobre a perda e a mudança de diversidade de formigas em relação a escala da paisagem, ii) as variáveis locais que mais demonstram o efeito negativo sobre a assembleia de formigas são o índice de antropização, o solo exposto e a compactação do solo.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Área de estudo**

Este estudo foi realizado no norte do estado de Minas Gerais na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros e no Refúgio de Vida Silvestre do Rio Pandeiros (RVS), sendo a primeira de uso sustentável e a segunda de proteção integral. A APA foi estabelecida pela lei 11.901 de 01/09/1995 e o RVS criado no ano de 2004. A área possui uma cobertura de 393.060 ha de vegetação contemplando uma transição entre os biomas Cerrado-Caatinga e

ocupa os municípios de Januária, Cônego Marinho e Bonito de Minas. O Clima da região é semi-árido, com temperatura media anual de 24°C e precipitação anual média de 926 mm (INMET, 2018).

A ocupação humana nesta região é documentada desde a década de 1950 por motivos de instalação de uma pequena central hidrelétrica. Tendo a população ampliada nas décadas de 1970 e 1980 com projetos de plantação de eucalipto para produção de carvão (Bethonico, 2009). Nossas áreas amostrais estavam no município de Januária, a cidade está a 382 km de distância do Distrito Federal e as cidades que fazem divisa com o município são Pedra de Maria da Cruz, Cônego marinho, Bonito de Minas, Varzelândia e Ibiracatu. Januária conta com mais sete distritos (Brejo do Amparo, Levinópolis, Pandeiros, Riacho da Cruz, São Joaquim, Tejuco e Várzea Bonita) e 65.463 habitantes, com uma densidade demográfica de cerca de 10 habitantes por km<sup>2</sup> e cerca de 37% da população reside na área rural (IBGE, 2010). O município tem sua economia baseada na prestação de serviços, no artesanato, na produção de cachaça, no extrativismo de frutos e essências do cerrado, no incremento da atividade turística, na pecuária de corte, extrativismo, produção de olerícolas, pesca artesanal e agricultura familiar (Prefeitura de Januária, 2018). A região possui atrativos eco-turístico como o rio Pandeiros que apresenta cachoeira ao longo do seu curso o que, conseqüentemente, atrai turistas para a região (Bethonico et al., 2009).

## **2.2 Amostragem da assembleia de formigas**

Coletamos em 17 áreas de cerrado *stricto sensu* distantes entre si no mínimo 3 km. Em cada área nós demarcamos duas parcelas de 50 x 50 m distantes 100 m uma da outra, e distantes 50 metros da estrada. Em cada um dos vértices de cada parcela instalamos quatro armadilhas de queda do tipo *pitfall* epigéico (Bestelmeyer et al., 2000) distanciadas um metro entre si, totalizando 16 armadilhas por parcela e 32 armadilhas por área (Figura 1). As armadilhas continham uma solução de detergente, água e sal (Canedo et al., 2016) e permaneceram em campo por 48 horas. Após este período os *pitfalls* foram retirados do campo, as espécies coletadas nas armadilhas foram triadas e armazenadas em potes plásticos contendo álcool 90%. Todo o trabalho de campo foi realizado entre os meses de Janeiro e Fevereiro de 2016.

Posteriormente as espécies foram montadas e identificadas segundo a chave de identificação de gênero contida em Baccaro et al. (2015), morfoespeciadas e conferidas pelos especialistas Rodrigo Machado Feitosa e Alexandre Ferreira da Universidade Federal do

Paraná (UFPR). Os espécimes foram depositados na coleção de referência do Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal de Lavras e na Coleção entomológica Pe. Jesus Santiago Moure da Universidade Federal do Paraná.

## **2.3 Amostragem dos impactos antrópicos**

### **2.3.1 Variáveis Locais**

Intitulamos de variáveis locais aquelas variáveis medidas em cada uma das parcelas nos pontos onde coletamos as formigas. Para as medidas de impactos antrópicos locais utilizamos as variáveis medidas de porcentagem de solo exposto, a compactação do solo e um índice de impacto antrópico.

A porcentagem de solo exposto (o que não havia cobertura por plantas herbáceas e serrapilheira) foi medida a partir do lançamento de um quadrado de 25 x 25 cm<sup>2</sup> o qual foi lançado por três vezes próximo a cada vértice das parcelas (Queiroz et al., 2017). Para contabilizar a porcentagem de solo exposto da área fizemos uma média dos valores de cada vértice e posteriormente uma média para cada área.

Para a medida da compactação do solo utilizamos um penetrômetro de bolso (modelo 16-T0171) medindo por três vezes cada um dos vértices das parcelas e novamente calculando uma média para cada área. Além destas duas medidas, elaboramos um índice de impacto antrópico. Ao percorrermos as parcelas andando até completar a circunferência das parcelas, quantificávamos descartes de lixo, presença de gado, pegadas e fezes de gado, trilhas (para humanos e para gado), indícios de fogo e a presença de humanos. Se um destes itens estava presente na área amostrada o valor do índice é 1 (um), se dois itens estavam presentes o índice é 2 (dois) e assim por diante, podendo variar de zero a seis (valor mínimo e máximo de ausência e presença). Ou seja, a área com menor índice foi equivalente a área menos impactada e a com maior índice a área mais impactada (Tabela 1- material suplementar).

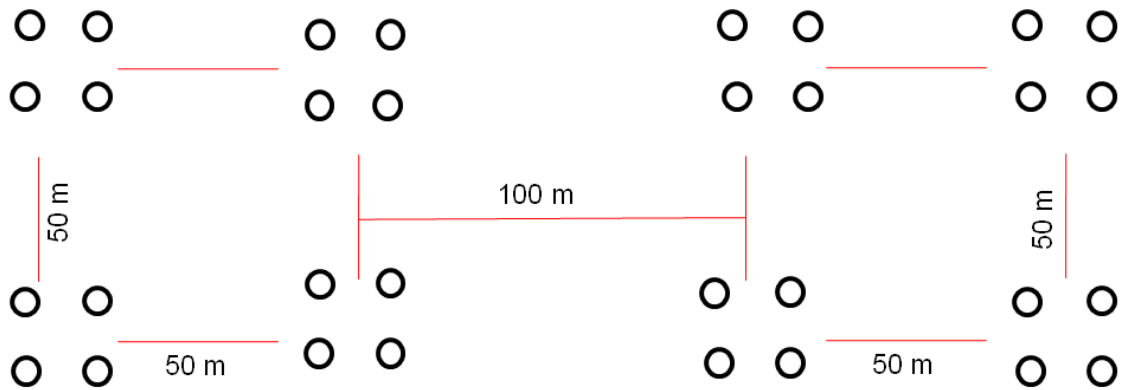


Figura 1: Representação do desenho amostral da coleta das formigas com armadilhas de queda do tipo *pitfall*

### 2.3.2 Variáveis da Paisagem

Consideramos como medidas da paisagem as variáveis que foram obtidas a partir de imagens de satélites e mapeamento da área em um buffer de 800 m de circunferência baseado pelo trabalho de Spiesman e Cuming (2008). Para todas as medidas de impactos antrópicos da paisagem, demarcamos um ponto central nos 100 m que separavam as duas parcelas, e a partir desse ponto, delimitamos o buffer de 800 m de raio no qual contabilizamos a porcentagem de área não natural (agricultura, pastagem e área urbana) a partir de imagens de mapeamento Landsat 8 com resolução espacial de 15 m disponibilizadas pelo Instituto de Geociência -IGC da Universidade Federal de Minas Gerais.

Utilizamos como medidas da paisagem a quantidade de construções civis dentro do buffer, a distância da estrada mais próxima e a distância do povoado mais próximo. Essas duas últimas medidas não necessariamente estiveram dentro da demarcação do buffer, pois se a estrada mais próxima estivesse fora da área de cobertura do buffer e a uma distância superior aos 800 m a partir do ponto central de demarcação do buffer, elas foram mensuradas. Determinamos como povoado mais próximo o aglomerado de no mínimo cinco construções civis. Estas medidas foram obtidas utilizando o Google Earth Pro por meio visual, com uma distância fixa de escala de 1000 metros, utilizando sempre a imagem de satélite do ano de 2017 disponíveis da região (Figura 2).

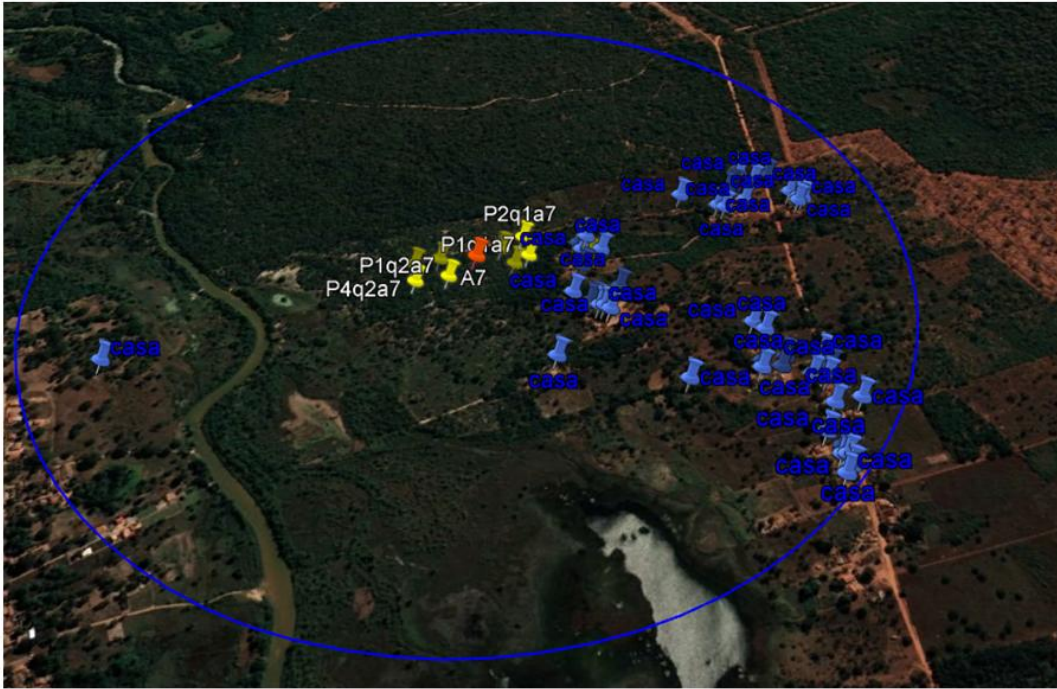


Figura 2: Representação gráfica do desenho amostral da demarcação do buffer e amostragem das variáveis relacionadas à paisagem (quantidade de construções civis “casas”, distância do povoado mais próximo e distância da estrada mais próxima).

#### 2.4 Análises estatísticas

Realizamos uma correlação entre as variáveis antrópicas, independente se medidas em escala local ou de paisagem. Quando o resultado foi significativo ( $p < 0.05$ ) e o valor de correlação acima de 50%, escolhemos aquela variável que julgamos demonstrar de forma mais coerente a antropização no ambiente estudado e já utilizadas em outros trabalhos (Martorell e Peters, 2005; Leal et al., 2015). Foram retiradas dos modelos as variáveis “solo exposto” e “distância do povoado mais próximo” por estarem correlacionadas à outras variáveis (Tabela 2 material suplementar).

Para avaliar o efeito da escala (local e paisagem) e quais as variáveis mais interferem na riqueza de espécies de formigas fizemos uma partição hierárquica com distribuição Poisson. Esta análise mostra os efeitos independentes das variáveis testadas e o quanto uma variável explica a variação dos dados sozinha utilizando uma técnica de regressão múltipla, onde fizemos 500 randomizações para ver quais variáveis influenciam a riqueza de espécies de formigas. Realizamos essa análise utilizando o software R (R core Team 2017) e o pacote hier.part.

Para avaliar o efeito da escala (local e paisagem) e qual variável mais explica a mudança na composição de espécies (presença e ausência) fizemos dois modelos lineares baseados na distância linear (DistLm), utilizando o índice de Jaccard. No primeiro modelo agrupamos as variáveis antrópicas compactação do solo e índice de impacto antrópico e chamamos este grupo de variável local. No segundo grupo, intitulado de variável da paisagem, agrupamos as variáveis porcentagem de área não natural, distância da estrada e quantidade de construções civis. O segundo modelo nós fizemos com todas as variáveis separadas para ver o efeito independente de cada uma delas sobre a composição de espécies de formigas. Utilizamos o R quadrado ajustado nos dois modelos uma vez que estávamos comparando modelos com diferentes variáveis respostas. Para essas análises usamos o software Primer permanova+ versão 6.

### **3 Resultados**

No total nós coletamos 231 espécies de formigas pertencentes a 46 gêneros e nove subfamílias. *Pheidole* foi o gênero mais abundante com 65 espécies seguido por *Camponotus* com 27 espécies.

Como esperávamos, a escala local foi a que mais afetou a riqueza de espécies, com a maior contribuição da variável compactação do solo (Figura 3). Essa variável exibiu um efeito negativo na riqueza de espécies de formigas. Nenhuma outra variável local e da paisagem afetou a riqueza de espécies de formigas.

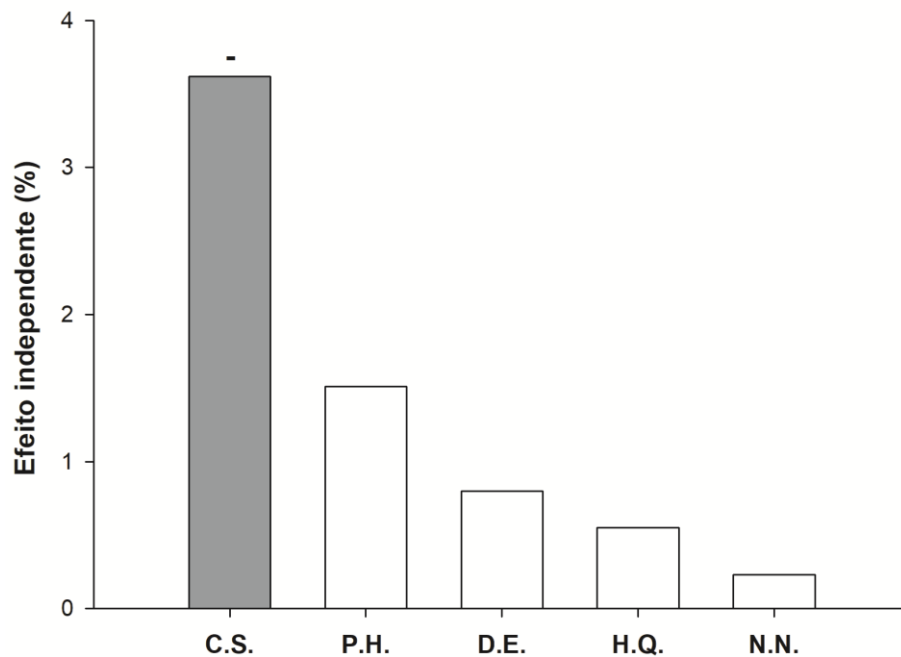


Figura 3: Partição hierárquica para avaliar o efeito independente das variáveis local e da paisagem sobre a riqueza de formigas. As siglas abaixo das barras correspondem as seguintes variáveis antrópicas C.S. (Compactação do solo)  $Z=3.62$   $p<0.05$ , P.H. (Índice de impacto antropico)  $Z=1.51$   $p>0.05$  –Locais-, D.E. (Distância da estrada)  $Z=-0.80$   $p>0.05$ , H.Q. (quantidade de construções civis)  $Z=3.62$   $p>0.05$ , N.N. (% de área não natural)  $Z=-0.23$   $p>0.05$  –Paisagem.

O agrupamento das variáveis locais e da paisagem, não teve efeito na composição de espécies de formigas (Tabela 1). No entanto, quando avaliamos separadamente as variáveis, independente da escala, vimos que a compactação do solo foi a única variável que interferiu na mudança da composição de espécies ( $p=0.02$ , Tabela 2).

Tabela 1: Efeito das escalas com as variáveis antrópicas agrupadas em categorias: local (compactação do solo e índice de impacto antrópico) e paisagem (porcentagem de área não natural, distância da estrada e quantidade de construções civis).

<b>Categorias</b>	<b>Pseudo F</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Proporção de explicação</b>
Local	1.195	0.095	0.145
Paisagem	1.080	0.254	0.199

Tabela 2: Influência das variáveis antrópicas na composição de espécies de formigas em áreas de Cerrado. Valores em negrito indicam valor de significância  $p < 0.05$ .

<b>Variáveis antrópicas</b>	<b>Pseudo F</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Proporção de explicação</b>
Compactação do solo	1.455	<b>0.024</b>	0.08
% de área não natural	1.224	0.157	0.07
Quantidade de construções	1.092	0.286	0.06
Distância da estrada	0.962	0.544	0.06
Índice de impacto antrópico	0.927	0.605	0.005

#### **4 Discussão**

Os efeitos antrópicos locais foram os mais importantes para a diversidade de formigas de Cerrado, uma vez que a compactação do solo (variável local) foi a única variável que levou a uma diminuição na riqueza e a mudança da composição de espécies de formigas. Dessa forma, entender que estes animais são mais sensíveis ao dano ambiental local, pode auxiliar a nortear estratégias para conservação das áreas em escalas locais e não somente enquanto paisagem, pois escalas menores afetam a diversidade dessas espécies.

Outros autores também encontraram que variáveis locais são importantes para a riqueza de insetos (Dauber et al., 2005; Queiroz et al., 2013; Audino et al., 2017). Isso pode ter ocorrido devido ao fato que estes fatores locais como a perda da cobertura vegetal do solo, têm influência direta na biologia dos organismos, uma vez que a presença de arbustos e árvores podem contribuir para amenizar a variação da temperatura (Vargas et al., 2007) com isso, a falta de cobertura vegetal aumenta a temperatura local o que faz com que estes insetos possam perder água mais facilmente, diminuindo o forrageamento em áreas pouco cobertas.



Por se tratar de uma região de produção agrícola para subsistência ocorre um distúrbio no ambiente, provocando alterações na disponibilidade de recursos e modificações nas condições. Solos mais compactados pelo pisoteio de gado dificultam o estabelecimento de muitas espécies de plantas diminuindo a heterogeneidade do ambiente, bem como a instalação de ninhos de formigas (Beever e Herrick, 2006). Por estes motivos, as condições do solo compactado por restringirem a colonização tanto das plantas quanto das formigas podem resultar em uma estagnação na sucessão. Em particular, a composição granulométrica e a estrutura do solo parecem favorecer o forrageamento e a nidificação de formigas de diferentes tamanhos (Farji-Brener et al., 2004). Costa-Milanez et al. (2014) observaram um contraste entre o número de espécies de formigas em áreas com maiores proporções de solo de grão grosso (em áreas úmidas) comparado com áreas onde grãos finos ocorrem naturalmente, como em habitats com plantação de eucalipto e Cerrado. Nesse caso, a mudança completa ou parcial no tamanho de partículas do solo é um fator determinante importante dos padrões de distribuição das espécies de formigas (Costa-Milanez et al., 2017). Mudanças físicas do solo, como intensificação da compactação, e propriedades químicas como redução da fertilidade, estão entre as maiores modificações causadas pelo homem ao solo (Giller et al., 1997; Ferreira et al., 2012).

Além disso, locais com presença de gado não apresentam dossel e sub-bosque, uma vez que estes animais pastam e se alimentam de plantas, dificultando o estabelecimento desta comunidade. Para formigas já é sabido que ambientes mais heterogêneos possibilitam uma maior gama de espécies no ambiente (Ribas et al., 2003, Leal et al., 2005).

A composição de espécies de formigas epigéicas também foi alterada pela compactação do solo. Schmidt & Diehl (2008) observaram que práticas agrícolas têm um forte efeito na mudança da composição de espécies. Mudanças na estrutura do solo podem contribuir para uma mudança da composição e uma diminuição da riqueza de espécies (Schmidt et al., 2013). A falta de cobertura vegetal do habitat geralmente é um fator-chave da variação da composição das comunidades de formigas (Solar et al., 2016), e nos ecossistemas semi-áridos a alteração do dossel pode ser um dos indícios mais fortes pelos quais os herbívoros de grande porte afetam indiretamente superfície do solo e formigas (Beever & Herrick, 2006). Schmidt e colaboradores (2016) sugerem que a compactação do solo também promove uma mudança na assembleia de formigas hipogéicas. Modificações na estrutura do solo podem permitir que grandes colônias de espécies de formigas agressivas, como

*Solenopsis invicta* e *Linepithema humile*, colonizem essas áreas, o que, resultaria na redução da diversidade de espécies de formigas e/ou modificação da sua composição.

O solo é um ecossistema dinâmico no qual ocorrem importantes interações, tanto acima dele quanto em suas camadas internas, portanto esse substrato provavelmente funciona como o principal controle biótico da função do ecossistema. Assim, as considerações dessas importantes interações bióticas e sua sensibilidade às mudanças ambientais devem ser uma prioridade para pesquisas futuras (Bardgett, 2002).

Neste estudo, observamos que formigas no Cerrado respondem a antropização na escala local, comparando diferentes variáveis antrópicas em escala local e de paisagem. Formigas são insetos de tamanho corporal pequeno e com uma capacidade de dispersão baixa. Como avaliamos os dados da paisagem em uma escala mais ampla esse efeito não foi detectado. A compactação do solo levou a uma diminuição na riqueza e mudança na composição de espécies de formigas, e isso nos faz pensar que a presença de animais como o gado e, as trilhas tanto para os animais quanto para humanos precisam ser levados em consideração no planejamento e conservação de áreas de Cerrado. A perda de espécies e mudanças na composição da fauna de formigas pode levar a um prejuízo no funcionamento dos ecossistemas, uma vez que as formigas desempenham diferentes funções importantes para a manutenção do ecossistema.

### **Agradecimentos**

A Rafaela Guimarães por ter disponibilizado o mapeamento das áreas, as agências de fomento (CAPES, CNPq e FAPEMIG) pelas bolsas de estudos. Aos membros do laboratório de ecologia de formigas que auxiliaram nas coletas de campo (Ananza Rabello, Carolina Sousa, Felipe Ferreira, Marina Angotti), a Mayara Imata e Icaro Wilker pelo auxílio nas coletas e montagem do material, aos membros da banca avaliadora dessa tese pelas sugestões, ao Rodrigo Machado Feitosa e Alexandre Ferreira pela identificação do material. “*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001*”

## Referências Bibliográficas

- Baccaro, FB, Feitosa, RM, Fernandez, F, Fernandes, IO, Izzo, TJ, Souza, JLP, Solar, R (2015) Guia para gêneros de formigas do Brasil. Ed: INPA, 338 p. doi: 10.5281/zenodo.32912
- Baerdgett, RD (2002) Causes and consequences of biological diversity in soil Zoology ;105(4), p. 367-74
- Barlow, J, Gardner, TA, Araujo, IS, Avila-Pires, TC, Bonaldo, AB, Costa, JE, Esposito, MC, Ferreira, LV, Hawes, J, Hernandez, MIM, Hoogmoed, MS, Leite, RN, Lo-Man-Hung, NF, Malcolm, JR, Martins, MB, Mestre, LAM, Miranda-Santos, R, Nunes-Gutjahr, AL, Over, WL, Parry, L, Peters, SL, Ribeiro-Junior, MA, Da Silva, MNF., Da Silva Motta, C & Peres, CA (2007) Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. – Proceedings of the National Academy of Sciences, 104, p. 18555–18560
- Bethonico, MBM (2009) Rio pandeiros: Território e história de uma área de proteção ambiental no norte de Minas Gerais revista Acta Geográfica, ano III, N°5 doi: 10.5654/actageo2009.0305.0002
- Bestelmeyer, BT et al. (2000) Field techniques for the study of ground- living ants: An overview, description and evaluation, p.122-144. In Agosti, D. et al. *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, p. 280
- Blinova, SV, Dobrydina, TI (2018) Study of ants as bioindicators of industrial pollution in Kemerovo Region, Russia IOP Conf. Ser.: Earth Environ, Sci. 115 012035
- Canedo-júnior, EO, Cuissi, RG, Curi, NHA, Demetrio, GR, Lasmar, CJ, Malves, K, Ribas, CR (2016) Can anthropic fires affect epigaeic and hypogaeic Cerrado ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in the same way? Revista de Biologia Tropical, v. 64, p. 95
- Christianini, AV, Mayhé-Nunes, AJ, Oliveira, PS (2007) The role of ants in the removal of non myrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna Journal of Tropical Ecology, 23 :343–351. Copyright © 2007 Cambridge University Press doi:10.1017/S0266467407004087 Printed in the United Kingdom
- Costa-Milanez, CB, Lourenço-Silva G, Castro, PTA, Majer, JD, Ribeiro, SP (2014) Are ant assemblages of Brazilian veredas characterized by location or habitat type? Brazil. Jornal Biology, 74, p. 89-99, 10.1590/1519-6984.17612
- Costa- Milanez, CB, Majer, JD, Castro, PTA, Ribeiro, SP (2017) Influence of soil granulometry on average body size in soil ant assemblages: implications for bioindication Perspectives in Ecology and Conservation, v.15 p.102-108 <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.03.007>
- Dauber, J, Purtauf, T Allspach, A, Frisch, J, Voigtländer, K, Wolters, V (2005) Local vs. landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. Global Ecology and Biogeography, <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2005.00150.x>

- Del-Toro, I, Ribbons, RR, Pelini, SL (2012) The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17, p. 133-146
- Egerer, MH, Arel, C, Otoshi, MD, Quistberg, RD, Bichier, P, Philpott, SM (2017) Urban arthropods respond variably to changes in landscape context and spatial scale. *Journal of Urban Ecology*, 3, p. 1-10. doi: 10.1093/jue/jux001
- Franco, ALC, Bart, MLC, Cherubin, MR, Baretta, D, Cerri, CEP, Feigl, BJ, Wall, DH, Davies, CA; Cerria, CC (2016) Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage, v. 563–564, p.160-168 doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.116
- Ferreira, J, Pardini, R, Metzger, JP, Fonseca, CR, Pompeu, PS, Sparovek, G, Louzada, J (2012) Towards environmentally sustainable agriculture in Brazil: challenges and opportunities for applied ecological research. *Jornal Appl Ecology*, 49, p. 535–541
- Farji-Brener, AG, Barrantes, A (2004) Ruggiero Environmental rugosity, body size and access to food: a test of the size-grain hypothesis in tropical litter ants *Oikos*, 104 p. 165-171, 10.1111/j.0030-1299.2004.12740.x
- Giller, KE, Beare, MH, Izac, AN, Swift, MJ (1997) Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl Soil Ecology*, 6, p. 3–16
- Gerlach, J, Samways, M, Pryke, J (2013) Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups *Journal of Insect Conservation*, v. 17, Issue 4, p. 831–850
- Gollan, JR, Ramp, D, Ashcroft, MB (2014) Contrasting topoclimate, long-term macroclimatic averages, and habitats variables for modelling ant biodiversity at landscape scales. *Insect Conservation and Diversity*, 8, p. 43-53
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET disponível em <http://www.inmet.gov.br> acesso em: novembro de 2018
- Leal, IR, Da Silva, JMC, Tabarelli, M, Lacher Jr, TE (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Mega diversidade*, 1 (1), p. 139-146
- Leal, LC, Andersen, AN, Leal, IR (2015) Disturbance Winners or Losers? Plants Bearing Extrafloral Nectaries in Brazilian Caatinga *Biotropica*, 47(4), p. 468–474
- Majer, J, Heterick, B, Gohr, T, Hughes, E, Mounsher, L, Grigg, A (2013). Is thirty-seven years sufficient for full return of the ant biota following restoration? *Ecological Processes*, 2 (19), p. 1-12. doi 10.1186/2192-1709-2-19
- Mcgeoch, MA (1998) The Selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol Ver.*, Pretoria South Africa, p.181-201

- Melo, TS, Delabie, JHC (2015) Ecologia de poneromorfos em ambientes urbanos. In: Delabie, Jacques HC et al. As formigas poneromorfos do Brasil. Ilheus: Editus, p. 313-326
- Martorell, C e Peters, EM (2005) The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. Biological conservation, p.199-207
- Ministério do meio ambiente (2015), disponível em <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado> acesso em: 10/10/2018
- Ministério do Meio Ambiente (2006). Mapa de Cobertura vegetal do Bioma Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados; Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; Goiânia: Universidade Federal de Goiás (eds.) 1 mapa, color., 118 cm x 84 cm. Escala 1:4.000.000
- Myers, N, Mittermeier, RA, Mittermeier, CG, Fonseca, GAB, Kent, J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403, p. 853-858
- Newbold, T et.al. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. Nature, 520, p. 45-50. doi: 10.1038/nature14324
- Ortega, MR and Meneses, GC (2015) Effects of urbanization on the diversity of ant assemblages in tropical dry forests, Mexico. Urban Ecosystems, 18, p. 1373-1388. doi 10.1007/s11252-015-0446-8
- Philpott, SM, Perfecto, I, Armbrrecht, I & Parr, CL (2010) Ant Diversity and Function in Disturbed and Changing Habitats. Chapter 8, Ant Ecology. Oxford University
- Prefeitura de Januária disponível em: <http://januaria.mg.gov.br/site/> Acesso em Novembro de 2018
- Queiroz, ACM, Ribas, CR, França, FM (2013) Microhabitat Characteristics that Regulate Ant Richness Patterns: The Importance of Leaf Litter for Epigeic Ants. Sociobiology, 60, p. 367-373
- Queiroz, ACM, Rabello, AM, Braga, DL, Santiago, GS, Zurlo, LF, Philpott, SM, Ribas, CR (2017) Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. Biodiversity Conservation, doi 10.1007/s10531-017-1379-8
- Sano, EE. et al. (2010) Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, v. 166, n. 1, p.113–124
- Santiago, GS, Campos, RBF, Ribas, CR (2018) How does landscape anthropization affect the myrmecofauna of urban forest fragments? Sociobiology, 65(3), p. 441-448 doi: 10.13102/sociobiology.v65i3.3042
- Schmidt, FA, Diehl, E (2008) What is the effect of soil use on ant communities? Neotropical Entomology, 37, p. 381–388

- Schmidt, FA, Ribas, CR, Schoereder, JH (2013) How predictable is the response of ant assemblages to natural forest recovery? Implications for their use as bioindicators. *Ecological Indicators*, 24, p. 158–166. doi:10.1016/j.ecolind.2012.05.031
- Schmidt, FA, Schoereder, JH, Caetano, MD (2016) Ant assemblage and morphological traits differ in response to soil compaction. *Insectes Sociaux*. doi:10.1007/s00040-016-0532-9
- Spiesman, BJ e Cumming, G.S (2008) Communities in context: the influences of multiscale environmental variation on local ant community structure, *Landscape Ecol*, 23, p.313–325, doi 10.1007/s10980-007-9186-3
- Vargas, AB., Mayhé-Nunes, AJ., Queiroz, JM., Souza, GO, Ramos, EF. (2007) Efeito de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Ecology*, 36(1), p. 28-37
- Winemiller et al., (2016) Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo and Me Mekong. *Science*
- You-qing, C, Qiao, L, Yan-lin, C, Zhi-Xing, L, Xing-yin, Z (2011) Ant diversity and bio-indicators in land management of lac insect agroecosystem in Southwestern China *Biodiversity Conservation*, 20, p. 3017–3038. doi 10.1007/s10531-011-0097-x

## Material Suplementar

Tabela 1: Ocorrência de impactos antrópicos utilizada para o cálculo do índice de diversidade antropogênica

Área	Lixo	Gado	Fezes (gado)	Trilhas	Indício de fogo	Humanos	Total
A1			X	X			2
A2	X			X			2
A3	X		X	X			3
A4	X	X		X			3
A5	X				X		2
A6			X		X		2
A7			X		X		2
A8		X	X	X			3
A9	X	X		X			3
A10		X	X		X		3
A11	X		X	X			3
A12	X		X			X	3
A13			X	X			2
A14	X		X				2
A15	X		X				2
A16			X	X			2
A17	X	X		X			3

Tabela 2: Correlação entre as variáveis antrópicas, valores em negrito expressam correlações significativas

Variáveis antrópicas	Valor de p	Valor de R
Distância da estrada X Distância do povoado	0.699	- 0.101
Distância da estrada X % Área não natural	0.996	0,001
Distância da estrada X Construções civis	0.760	-0.079
Distância da estrada X % Solo exposto	0.115	0.396
Distância da estrada X Compactação do solo	0.924	-0.025
Distância da estrada X Índice de impacto antrópico	0.834	-0.054
Distância do povoado X % Área não natural	0.315	0.258
Distância do povoado X Construções civis	<b>0.013</b>	-0.587
Distância do povoado X % Solo exposto	0.755	0.081
Distância do povoado X Compactação do solo	0.060	-0.463
Distância do povoado X Índice de impacto antrópico	0.625	-0.127
Área não natural X Construções civis	0.516	-0.169
Área não natural X % Solo exposto	<b>0.029</b>	0.528
Área não natural X Compactação do solo	0.210	-0.320
Área não natural X Índice de impacto antrópico	0.148	-0.365
Construções civis X % Solo exposto	0.950	-0.016
Construções civis X Compactação do solo	0.716	-0.095
Construções civis X Índice de impacto antrópico	0.298	0.267
% Solo exposto X Compactação do solo	0.907	-0.030
% Solo exposto X Índice de impacto antrópico	0.289	-0.273
Compactação do solo X Índice de impacto antrópico	0.525	-0.165



**Artigo 2 – Efeito cascata de impactos antrópicos nas formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal e reflexos nos processos ecossistêmicos**

Preparado de acordo com as normas da revista International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management

Versão preliminar

## **Efeito cascata de impactos antrópicos nas formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal e reflexos nos processos ecossistêmicos**

Graziele Santiago da Silva<sup>1</sup>, André Batista Tavares<sup>3</sup>, Ernesto de Oliveira Canedo Junior<sup>1,2</sup>, Mariana Azevedo Rabelo<sup>1</sup>, Mayara Mieko Gonçalves Imata<sup>1</sup> Gabriela Bandeira do Nascimento<sup>1</sup>, Marina Acero Angotti<sup>1,4</sup>, Ícaro Wilker Gonzaga de Carvalho<sup>1</sup> e Carla Rodrigues Ribas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia de Formigas, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil, e-mail: grazielesantiago@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) Unidade Poços de Caldas, Departamento de Métodos e Técnicas Educacionais. Ave. Pe. Cletus Francis Cox, 300 - Bairro Jardim Country Club, CEP 37714-620, Poços de Caldas, MG.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil.

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, IFMS-Campus Ponta Porã Rodovia BR-463, km 14, s/n.

### **Resumo**

As ações humanas provocam modificações nos ambientes naturais afetando a diversidade biológica e os processos ecossistêmicos. Muitos estudos avaliam o efeito cascata nas redes de interações tróficas, porém, pouco se sabe sobre o efeito cascata proveniente de modificações ambientais de origem antrópica sobre os invertebrados e sobre os processos ecossistêmicos que estes desempenham. Nesse estudo nós avaliamos a existência do efeito cascata proveniente dos impactos antrópicos na assembleia de formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal e nos processos ecossistêmicos de remoção de sementes e matéria orgânica animal. Observamos um efeito positivo da antropização (quantidade de casas) sobre a riqueza e dissimilaridade da composição de espécies de formigas removedoras de sementes. Observamos também que a riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes tem um efeito negativo sobre o processo de remoção de sementes sugerindo um efeito cascata. O processo de construção das casas altera o ambiente podendo favorecer espécies generalistas que são atraídas pelos recursos vindos

destas residências alterando a diversidade local de formigas e influenciando no funcionamento do ecossistema. A porcentagem de área não natural interferiu na composição de espécies de formigas consumidoras de matéria orgânica animal (MOA), porém isso não afetou esse processo ecossistêmico. Dessa forma, observamos que formigas removedoras de sementes e consumidoras de carcaça respondem de maneira distinta aos impactos de origem humana no ambiente. Dessa maneira, sugerimos também que o efeito da antropização nos ecossistemas de Cerrado pode gerar efeitos negativos nos processos ecossistêmicos.

**Palavras-chave:** Cerrado, dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes, distúrbios, efeito cascata, conservação.

### **Abstract**

Human actions cause changes in natural environments affecting biological diversity and ecosystem processes. Many studies evaluate the cascade effect in the networks of trophic interactions, but little is known about the cascade effect of anthropic environmental modifications on invertebrates and on the ecosystem processes they perform. In this study we evaluated the existence of the cascade effect from the anthropic impacts on the assembly of ants, seeds and organic matter, and on the ecosystem processes for the removal of seeds and animal organic matter. We observed a positive effect of anthropization (number of houses) on the richness and dissimilarity of the composition of species of seed-removing ants. We also observed that the seed richness of ants has a negative effect on the seed removal process, suggesting a cascade effect. The process of building houses alters the environment favoring generalist species that are attracted by the resources coming from these residences altering the local diversity of ants and influencing the functioning of the ecosystem. The percentage of unnatural area interfered in the composition of ant species that remove organic animal matter (OAM), but this did not affect this ecosystem process. Thus, we observed that seed-removing ants and carcass removers respond differently to impacts caused by humans on the environment. In this way, we also suggest that the effect of anthropization on Cerrado ecosystems can generate negative effects on ecosystem processes.

**Key words:** Cerrado, seed dispersal, nutrient cycling, disturbances, cascade effect, conservation.

## 1 Introdução

A perda de diversidade biológica como consequência da substituição de espaços naturais por ambientes modificados é uma das principais preocupações que envolvem a conservação da biodiversidade (Franco et al., 2016) e políticas públicas para o meio ambiente. O agronegócio, a mineração, o crescimento urbano e as ações da população humana, culminam em ações que modificam ambientes naturais e consequentemente afetam a diversidade biológica e os processos ecossistêmicos (El-Sabaawi, 2018).

Diversos biomas têm sofrido o impacto causado pelas populações humanas. O Cerrado, por exemplo, é um bioma brasileiro e abriga uma gama de espécies raras e endêmicas e vem sofrendo diversas alterações nos ambientes naturais, o que já provocou desde 2001 a perda de aproximadamente 277 km<sup>2</sup> de áreas naturais (INPE, 2019). No estado de Minas Gerais, cerca de 2.4% dessas áreas são protegidas por lei, sendo enquadradas como áreas de preservação permanente e de uso sustentável (SNUC, 2000). Por ser considerado um *hotspot* de biodiversidade, áreas que contemplam o Cerrado merecem atenção. Dias, Moschini e Trevisan (2017) observaram que o aumento na perda de vegetação nativa pela expansão agrícola ocasiona a exposição dessas unidades de preservação ambiental de uso sustentável, levando a uma perda da biodiversidade. Assim, influências antropogênicas, podem levar a perda de espécies e reduzir ou afetar de maneira indireta os processos de funcionamento do ecossistema.

Ações antrópicas, direta ou indiretamente, afetam a distribuição de espécies e, como consequência, podem afetar as funções que essas espécies desempenham nos ecossistemas, provocando assim um efeito cascata (Nichols et al., 2013). Alguns estudos avaliam o efeito cascata nas redes de interações tróficas, avaliando efeitos *top-down* ou *bottom-up* nas teias alimentares, e embora essas interações nem sempre envolvam processos tróficos, seus efeitos diretos ou indiretos podem provocar uma cascata nos processos do ecossistema (Wu et al., 2011). Pouco ainda se sabe sobre o efeito cascata proveniente de modificações ambientais de origem antrópica sobre os invertebrados que possuem diversas funções ecossistêmicas (França et al., 2018). Esta lacuna é ainda maior quando consideramos invertebrados do bioma Cerrado, onde ainda não temos conhecimento de estudos realizados que testam o efeito cascata nos processos de funcionamento dos ecossistemas.

A avaliação de tais efeitos é impraticável quando considerados muitos organismos, assim a utilização de organismos modelo que são mais intimamente relacionados com o ambiente podem trazer respostas que podem ser extrapoladas para todo o ecossistema

(Gerlach et al., 2013). Nesse sentido, as formigas são amplamente utilizadas pois são consideradas como indicadores de mudanças ambientais (Tiede et al., 2017; Ribas et al., 2012). Além disso, formigas são importantes para o funcionamento dos ecossistemas participando de vários processos como controle biológico (Alonso, 2010), enriquecimento do solo com oxigênio (Wang et al., 2017), dispersão e remoção de sementes (Farnese et al., 2011; Angotti et al., 2018) e ciclagem de nutrientes (Cammeraat and Risch, 2008; Sousa-Souto et al., 2007).

A dispersão de sementes é fundamental para a manutenção da estrutura e funcionamento dos ecossistemas, pois está relacionada à regeneração e estruturação da comunidade vegetal. As formigas, ao removerem sementes, espalham as mesmas evitando a competição entre planta mãe e recrutas e propiciando um aumento na taxa de sobrevivência das sementes (Christianini, 2015). Quando esse processo é dependente de animais (zoocoria), impactos que afetam as espécies dispersoras consequentemente irão afetar a realização dessa função ecossistêmica (Kirika, 2008). Já a remoção de carcaça é fundamental para garantir os processos de ciclagem de nutrientes, visto que os animais detritívoros transformam as carcaças por meio do processo digestivo, liberando através de suas excretas, ou incorporando partículas dos nutrientes no solo que podem ser diretamente absorvidos pelas plantas ou que mantêm outros organismos da cadeia ecológica (Philpott et al., 2010). No caso das formigas desempenhando esta função, elas auxiliam diretamente no processo de decomposição, causando ruptura e fragmentação do tecido animal (Silva et al., 2015). A perda das espécies que realizam essa remoção, portanto, pode afetar processos de ciclagem de nutrientes dentro dos ecossistemas.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a existência do efeito cascata proveniente dos impactos antrópicos na assembleia de formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal e nos processos realizados por elas que podem levar as funções ecossistêmicas (dispersão de sementes e ciclagem de nutrientes). Para isso, questionamos: A antropização provoca um efeito cascata negativo na perda e mudança de espécies de formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica animal? Isso resultaria em consequente alteração desses processos ecossistêmicos? Existe uma sobreposição de espécies de formigas realizando os dois processos ecossistêmicos? Com o intuito de responder tais questionamentos elaboramos as seguintes hipóteses: i) existe um efeito cascata negativo, pois os atributos do habitat relacionados a antropização provoca uma diminuição da riqueza de espécies e mudança na composição de espécies de formigas e os

efeitos tanto da riqueza e da composição de espécies quanto dos atributos do habitat provocariam uma diminuição nos processos ecossistêmicos citados; ii) formigas que removem sementes não consomem matéria orgânica animal, devido aos seus hábitos e preferências alimentares.

## **2 Materiais e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

As coletas foram realizadas durante a estação chuvosa (janeiro a fevereiro de 2016), em 17 áreas de cerrado *sensu-stricto*, pertencentes a duas unidades de conservação: Área de Proteção Ambiental Pandeiros (APA – Pandeiros) e Refúgio de Vida Silvestre (RVS – Pandeiros) (SNUC). A APA Pandeiros foi criada no ano de 1995, possui uma área com 393.060,000 ha, sendo a maior unidade de conservação de uso sustentável no Estado de Minas Gerais (Nunes et al., 2009). O RVS - Pandeiros foi criado no ano de 2004 e apresenta uma área de 6.102,7526 ha. Estas áreas estão localizadas no município de Januária no norte do Estado de Minas Gerais, Brasil.

A região apresenta clima semi-árido com estação seca severa durante o inverno. A temperatura média varia entre 21°C e 24°C (INMET, 2014), e a pluviosidade de 900 a 1250 mm/ano, com maior concentração entre os meses de dezembro a janeiro (Nunes et al., 2009). A vegetação da região é uma transição entre fitofisionomias de Cerrado-Caatinga.

Essa região vem sendo ocupada por populações humanas desde a década de 50 com a instalação da pequena central hidrelétrica (PCH Pandeiros). A ocupação humana foi ampliada nas décadas de 60 e 70 com a implantação de projetos de reflorestamento de eucalipto para produção de carvão vegetal, ocasionando a ocupação por geraizeiros, produtores rurais e trabalhadores da usina que se instalaram na região. Atividades que provocam o desmatamento são comuns na região. Estas atividades estão ligadas ao extrativismo de madeira para produção de carvão vegetal e implantação de pastagem para pecuária que podem gerar outros impactos como: queimadas, compactação do solo e drenagem de veredas.

## **2.2 Amostragem das formigas removedoras de sementes**

Em cada uma das 17 áreas amostradas, nós demarcamos duas parcelas de 50 x 50 m, distantes 100 m entre si. Nos vértices das parcelas nós instalamos oito pontos de observação para remoção de sementes. Nesses pontos nós disponibilizamos 10 sementes artificiais confeccionadas com miçangas plásticas de 0,03 g e 2 mm de diâmetro e envoltas por uma mistura atrativa composta de açúcares, proteína e lipídio (Rabello et al., 2015). As sementes artificiais foram dispostas no solo e protegidas por gaiolas metálicas com malha de 1,5 cm, a fim de evitar o ataque por possíveis predadores (aves, roedores, etc) (Henaó-Gallego et al., 2012), porém que permitiram o acesso e o transporte das sementes pelas formigas.

As observações ocorreram de 8:00 às 12:00 da manhã considerado o horário de maior atividade das formigas. Cada ponto era observado durante cinco minutos, sempre um observador por parcela simultaneamente na área, no qual ficávamos percorrendo a parcela e vistoriando cada ponto amostral mais de uma vez até às 12:00 horas. As formigas que foram vistas removendo as sementes foram capturadas e armazenadas em micro-tubos devidamente identificados e contendo álcool a 90%. Ao final do horário estabelecido contabilizamos o número de sementes restantes em cada ponto amostral. Posteriormente calculamos a média de sementes removidas da área. A medida final relacionada ao número médio de sementes removidas por área foi o parâmetro utilizado nas análises.

## **2.3 Amostragem das formigas consumidoras de matéria orgânica animal**

Após a realização do experimento com remoção de sementes, no dia seguinte e nas mesmas áreas, avaliamos a remoção de matéria orgânica animal (MOA) pelas formigas. Nos mesmos pontos amostrais utilizados anteriormente, disponibilizamos um pé de galinha que foi previamente deixado apodrecer exposto à temperatura ambiente por 48 horas. Desse modo, esse pé de galinha simulou a carcaça de um animal morto que as formigas poderiam encontrar no ambiente. O pé de galinha foi pesado com o auxílio de uma balança de precisão, antes e depois da remoção realizada pelas formigas, para obtermos a quantidade de material removido.

Disponibilizamos a carcaça às 8:00 da manhã, diretamente ao solo em cada um dos oito pontos amostrais da área. A fim de que predadores de grande porte, necrófagos e outros insetos decompositores não tivessem acesso à matéria orgânica, os pés foram fixados com um

gancho de arame ao solo e utilizamos uma barreira física, que consistiu em uma gaiola metálica (malha 1,5 cm), coberta por um tecido tule para evitar o acesso de outros insetos. Se por ventura, insetos que não fossem as formigas, entrassem em contato com a carcaça, estes eram retirados manualmente da gaiola a cada vistoria do ponto. Junto a este pé de galinha exposto à ação das formigas colocamos também outro pé de galinha em mesmo estado de decomposição, passado pelo mesmo processo de pesagem, que consideramos como controle, para avaliar a perda de água para comparar a real ação das formigas na remoção de MOA. Essa carcaça usada como controle foi colocado dentro de sacos confeccionados de tecido voal no qual as formigas e outros animais não tinham acesso. As observações ocorreram em duplas simultaneamente, cada observador sendo responsável por uma parcela, no qual cada ponto foi vistoriado por dez minutos, das 8:00 h até às 13:00 h. As formigas que foram vistas interagindo com o recurso, ou seja, sugando o líquido, cortando e/ou carregando o recurso foram coletadas e armazenadas em micro-tubos identificados contendo álcool 90%.

Para verificarmos a interferência das formigas nas carcaças expostas, realizamos uma análise de regressão com os pesos dos pés de galinha usados como controle e os pés de galinha expostos após ação das formigas. Utilizamos os valores de resíduos (subtração do peso inicial pelo peso final dos pés de galinha expostos), uma vez que observamos o efeito das formigas na remoção de matéria orgânica (Figura 1- Material suplementar). Essa última medida foi o parâmetro utilizado para as análises dos dados.

Após as coletas, todas as formigas foram montadas e identificadas e passando pela conferência na identificação dos taxonomistas Rodrigo Feitosa e Alexandre Ferreira. Posteriormente depositadas na coleção entomológica Pe. Jesus Santiago Moure na Universidade Federal do Paraná e no Departamento de Biologia, Setor de Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras, Minas Geras.

#### **2.4 Coleta dos atributos do habitat**

Em cada área nós coletamos atributos do habitat dentro das áreas onde fizemos as coletas das formigas e em um buffer traçado ao redor dessas áreas. Dentro das áreas nós observamos e contabilizamos os seguintes indícios de antropização: presença de vestígios de fogo (troncos queimados), lixo, trilhas (para humanos e para gado), pegadas e fezes de gado, presença do gado propriamente dito e por fim a presença de humanos. Para tanto, percorremos as duas parcelas de cada área entre os pontos e o entorno (observando aproximadamente três metros de distância dos pontos amostrais, tanto para fora quanto pra dentro do quadrante). A



partir desses dados, nós atribuímos a cada área um valor de antropização. Para isso, nós estabelecemos um índice de antropização, que variou de zero a seis (número mínimo e máximo de atributos antrópicos pontuais observados). Desta maneira, cada área recebeu um valor, conforme a quantidade de atributos antrópicos presente na área. Sendo assim, as áreas com valores mais baixos representaram áreas mais preservadas e aquelas com valores mais altos, áreas com maior índice de antropização.

A compactação do solo foi mensurada com o auxílio de um penetrômetro portátil de bolso, com o qual coletamos três medidas em cada um dos pontos de coleta. Utilizamos estes valores para calcular a média da compactação do solo para cada ponto e, conseqüentemente, uma média da área. A mensuração de solo exposto foi feita pelo lançamento de um quadrante de 25 x 25 cm, ao solo, próximo aos pontos de observação onde realizamos as remoções de sementes e de carcaça animal. No local onde o quadrante caía, estimávamos visualmente a porcentagem de solo exposto (sem vegetação e serapilheira). Posteriormente calculamos um valor médio de solo exposto para cada área.

Para quantificar a porcentagem de área não natural, nós utilizamos o mapeamento feito pelo IGC (Instituto de Geociências) da Universidade Federal de Minas Gerais, usando imagens de satélite Landsat 8 com resolução espacial de 15 m. O mapeamento consiste em três classes de uso do solo ligadas a antropização: agricultura, pastagem e área urbana. Essas classes foram somadas, e posteriormente calculamos a porcentagem de área não natural dentro do buffer de 800 m baseado em Spiesman e Cumming (2008) determinados a partir dos 100 m que separavam as duas parcelas, para cada área de estudo.

Com auxílio de imagens do Google Earth Pro, nós contabilizamos a quantidade de construções civis por meio visual dentro de cada buffer para cada uma das áreas amostradas e determinamos este atributo como quantidade de casas, utilizando sempre a imagem de satélite mais atual e com uma distância fixa de 1000 metros do ponto central da área (100 m entre parcelas). Mensuramos também a distância da estrada mais próxima e a distância do povoado mais próximo a partir do ponto central que separavam as parcelas. Consideramos como povoado mais próximo a aglomeração de no mínimo cinco casas.

## **2.5 Análises de dados**

Primeiramente nós testamos a correlação entre as variáveis explicativas (atributos ambientais antrópicos) utilizando o teste de Spearman para os dados que apresentaram distribuição não normal e Pearson para os dados com distribuição normal. Quando o resultado foi significativo ( $p < 0,05$ ) e o valor de correlação foi maior que 0.5, escolhemos a variável que

julgamos demonstrar de forma mais coerente a antropização no ambiente estudado. Assim, sendo, a análise de correlação mostrou que a distância do povoado mais próximo e quantidade de casas se correlacionaram, assim como a porcentagem de área não natural e solo exposto (Tabela 1- Material suplementar). Optamos por utilizar nas análises a quantidade de casas e a porcentagem de área não natural, pois julgamos que as mesmas demonstram melhor a antropização no ambiente estudado e retiramos dos modelos distância de povoado mais próximo e solo exposto no local.

Para verificar o efeito dos atributos do habitat sobre a riqueza de espécies de formigas, nós construímos modelos lineares generalizados (GLM's). Por meio desses modelos avaliamos se a riqueza de espécies de formigas (removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica separadamente) varia em função dos atributos do habitat. O modelo foi simplificado que possível, utilizando distribuição de erros Poisson.

Para as análises de composição, tanto de formigas removedoras de sementes, quanto consumidoras de MOA, nós definimos três áreas controle (aquelas que apresentaram 100% de área natural e menor índice de antropização) entre as 17 áreas amostradas. Fizemos isso para que os valores de dissimilaridade fossem obtidos a partir de comparações entre as 14 áreas restantes e áreas que possuíam uma composição de espécies com menor efeito da antropização. Portanto, essas três áreas controle foram as áreas que apresentaram o menor índice de antropização e áreas com 100% de vegetação natural dentro do buffer. Nós construímos uma matriz de dissimilaridade utilizando o índice de Jaccard par a par entre o controle e as 14 áreas restantes. Para tanto, nós fizemos uma média das três áreas controle excluindo os valores de zero, com o auxílio do pacote betapart (Baselga, 2010) para definir a composição de espécies de cada área. Nós calculamos a média da dissimilaridade de composição de espécies para as 17 áreas amostradas. Após isso, nós construímos modelos lineares generalizados, nos quais a composição (índice de Jaccard) de espécies de formigas (removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica) foi a variável resposta e os atributos do habitat as variáveis explicativas. Nesses modelos utilizamos a distribuição de erros Binomial.

Para avaliarmos o efeito cascata nos processos ecossistêmicos testados (remoção de sementes e remoção de matéria orgânica), nós aplicamos um modelo logarítmico para cada uma das funções utilizando o log de cada uma das funções para padronizar os dados. Para ambas variáveis resposta, nós construímos modelos em que a riqueza de espécies foi tratada como uma variável explicativa junto aos atributos do habitat, e em outro modelo nós

utilizamos a composição de espécies como variável explicativa junto aos atributos do habitat. Todas as análises foram realizadas no software R Studio (R core Team 2018).

Para comparar se havia sobreposição de espécies de formigas que realizam os dois processos (remoção de sementes e remoção de matéria orgânica animal) nós construímos um diagrama de Venn baseado na identidade das espécies, utilizando o software excel 2017.

### **3 Resultados**

Coletamos 88 espécies de formigas pertencentes a seis subfamílias e 18 gêneros interagindo com as sementes e as carcaças (Tabela 2 - Material suplementar).

Ao contrário do que esperávamos, existe um efeito positivo da antropização (quantidade de casas) sobre a riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes ( $p=0.007$ ,  $F=4.93$ ;  $R^2=0.59$ ) (Figura 1A). Diferentemente, do esperado, a riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes por sua vez, tem um efeito negativo sobre o processo de remoção de sementes, sendo que quanto maior a riqueza de espécies de formigas menor a remoção de sementes ( $p=0.007$ ;  $F=9.37$ ;  $R^2_{aj}=0.34$ ) (Figura 2B). Observamos também que existe um efeito negativo da antropização (quantidade de casas) no processo de remoção de sementes ( $p=0.005$ ;  $F=10.56$ ;  $R^2_{aj}=0.37$ ) (Figura 2C). Dessa forma sugerimos um efeito cascata corroborando nossa hipótese, no qual o impacto de ocupação humana foi associado a um aumento na riqueza de espécies removedoras de sementes e este aumento possivelmente proporcionou a diminuição na remoção de sementes pelas formigas.

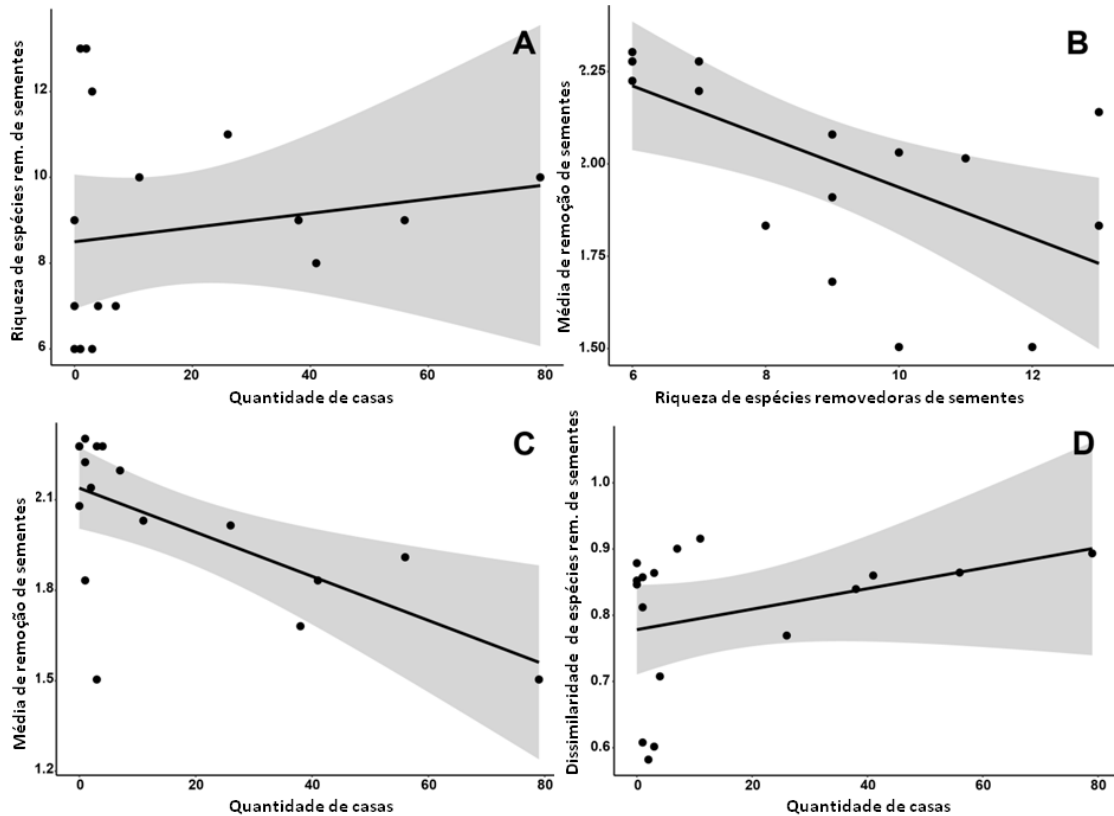


Figura 1: A) Efeito da quantidade de casas na riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes; B) Influência da riqueza de espécies no processo de remoção de sementes; C) Efeito da quantidade de casas no processo de remoção de sementes; D) Influência da quantidade de casas na composição de espécies de formigas removedoras de sementes.

Para a composição de espécies removedoras de sementes a antropização (quantidade de casas) também influenciou a mudança da composição ( $p=0.025$ ;  $F=2.096$ ;  $R^2_{aj} = 0.29$ ) (Figura 2D), ou seja um aumento da quantidade de casas contribuiu para uma maior dissimilaridade da composição de espécies em relação as áreas controle. No entanto, observamos que não existe efeito da dissimilaridade da composição de espécies de formigas removedoras de sementes sobre o processo de remoção de sementes ( $p= 0.365$ ;  $F=0.871$ ;  $R^2_{aj} = -0.008$ ), não existindo nesse caso, um efeito cascata para esse parâmetro da assembleia de formigas.

Quando avaliamos o processo de remoção de matéria orgânica animal, nenhum atributo antrópico influenciou a riqueza de espécies de formigas consumidoras desse recurso ( $p=0.806$ ;  $F=0.483$ ;  $R^2_{aj} = -0.240$ ). Também não observamos um efeito da riqueza de espécies

de formigas consumidoras de matéria orgânica sobre o processo de remoção de matéria orgânica ( $p=0.413$ ;  $F=0.709$ ;  $R^2_{aj}=-0.018$ ). Portanto não existe efeito antrópico dos atributos do habitat testados nesse estudo ocasionando um efeito cascata na remoção de matéria orgânica animal.

A antropização (porcentagem de área não natural) interferiu na composição de espécies de formigas removedoras de MOA, sendo que quanto maior a porcentagem de área não natural, maior a dissimilaridade da composição de espécies em relação às áreas controle ( $p=0.040$   $F=5.044$ ;  $R^2_{aj}=0.201$ ) (Figura 2). Quando avaliamos se a composição dessas espécies influencia no processo de remoção de matéria orgânica animal, observamos que não existe um efeito ( $p=0.216$ ;  $F=1.665$ ;  $R^2_{aj}=0.039$ ), não demonstrando também um efeito cascata.

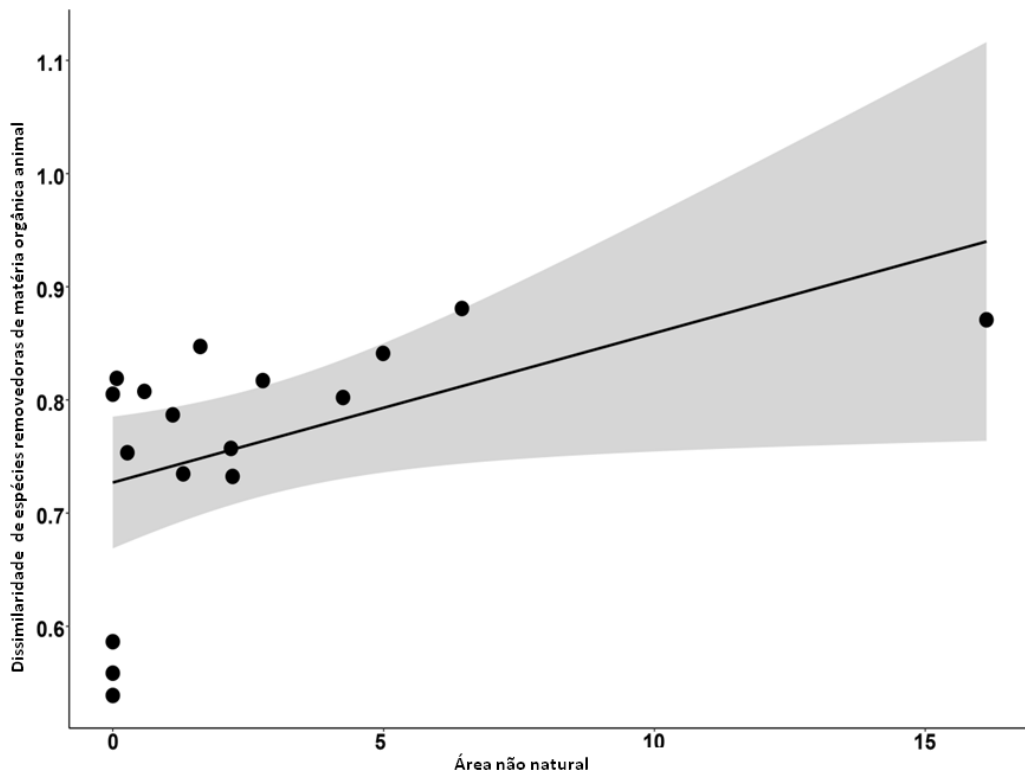


Figura 2: Efeito do atributo ambiental porcentagem de área não natural na composição de espécies consumidoras de matéria orgânica (índice de Jaccard).

Quanto a sobreposição de espécies nos dois experimentos, vimos que 57 espécies de formigas foram coletadas interagindo com as sementes, sendo que 25 espécies eram exclusivas neste recurso. Para a interação com a matéria orgânica animal, coletamos 63

espécies sendo 31 espécies exclusivas nesse recurso. Trinta e duas espécies de formigas foram comuns nos dois recursos, refutando nossa hipótese, mostrando que existe uma sobreposição de espécies, ou seja, 36% das espécies presentes nas áreas amostradas realizam os dois processos ecossistêmicos (Figura 3).

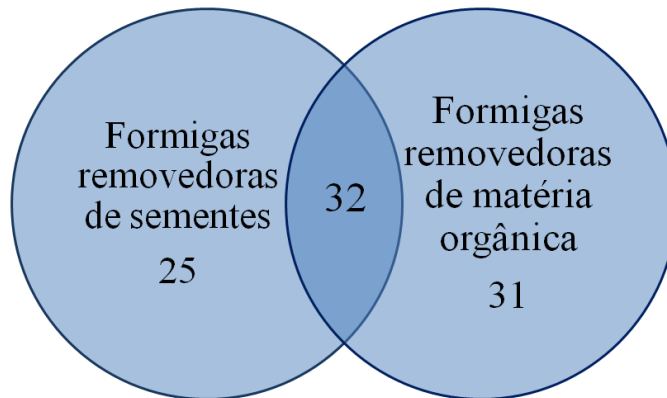


Figura 3: Número de espécies que realizam remoção de sementes e consomem matéria orgânica animal e as espécies compartilhadas entre os dois processos.

#### 4 Discussão

No processo de remoção de sementes observamos que existe um efeito cascata, no qual a riqueza de espécies foi afetada positivamente pelo aumento da antropização e apresentou um efeito negativo no processo de remoção de sementes. Não observamos um efeito cascata no processo de remoção de matéria orgânica animal. Algumas espécies de formigas que removem sementes também removem matéria orgânica. Assim, a assembleia de formigas que realiza processos ecossistêmicos é afetada pela antropização colocando o funcionamento dos ecossistemas em risco.

Contrariamente à nossa hipótese, o aumento do número de casas afetou positivamente a riqueza de espécies de formigas removedoras de sementes. Nós acreditamos que a supressão da vegetação nativa e a modificação do ambiente, que ocorrem com a presença das casas, tenham favorecido o estabelecimento de espécies de formigas generalistas e oportunistas em relação as condições ambientais e uso de recursos. Specht et al. (2019) observaram que o nível de pobreza de famílias que habitam áreas de preservação na caatinga é muito alto e isso está associado a degradação das áreas naturais. Além de serem adaptadas a ambientes altamente perturbados as formigas são atraídas pelos diversos recursos gerados pela presença humana (Kowarik, 2011). Muitas espécies de formigas são consideradas onívoras e

conseguem suprir as necessidades nutricionais de sua colônia por meio de diversas fontes alimentares que vão desde sementes depositadas no solo, artrópodes e nectários extra-florais até depósitos de lixo, restos de comida e fezes animais (Baccaro et al., 2015). Além disso, formigas são onipresentes e, mesmo em locais considerados altamente perturbados, algumas espécies são pouco afetadas (Hoffmann e Andersen, 2003). A estação chuvosa e apresenta também uma gama maior de recursos alimentares para as formigas, não sendo tão atraídas pelas sementes.

A relação encontrada de uma maior riqueza de espécies de formigas e uma maior quantidade de casas com uma menor remoção de sementes pode estar relacionada a uma maior oferta de outros recursos disponíveis para as espécies em decorrência da disponibilidade de recursos alternativos provindos da presença humana no local, diminuindo a chance delas encontrarem e removerem sementes. Acreditamos que, como as formigas conseguem ocupar vários níveis tróficos e interagir com diferentes organismos (Holdobler e Wilson, 1990), interações ecológicas como competição entre espécies de formigas, talvez estejam acontecendo nessas áreas, assim como recrutamento e dominância de algumas espécies agressivas, territorialistas (Longino, 2003) e pouco eficientes no processo de remoção de sementes, como o caso das espécies do gênero *Crematogaster*. Passos e Oliveira (2002) observaram esse comportamento no qual espécies desse gênero dominavam o recurso e somente removiam o arilo (parte nutritiva da semente). O mesmo também ocorreu no presente estudo (Observações pessoais). A diminuição de remoção de sementes é um processo que pode levar a menor dispersão de sementes e menor colonização de novos ambientes por essas plantas. Nesse sentido, Arnan e colaboradores (2018) observaram que, perturbações antropogênicas causam uma influência na diversidade funcional de espécies de formigas, podendo levar a perdas irreparáveis no funcionamento dos ecossistemas. Portanto, uma vez que observamos que o processo de remoção de sementes pode estar sendo afetado pela antropização, isto leva ao menor recrutamento de plântulas pela dispersão secundária de sementes realizadas por formigas.

Não encontramos um efeito cascata dos atributos antrópicos testados sobre a riqueza de formigas consumidoras de matéria orgânica animal e nem efeito desse parâmetro sobre o processo de remoção de MOA. No entanto, observamos que com o aumento de área não natural no entorno ocorre um aumento da dissimilaridade das espécies em relação as áreas controle, apesar disso não influenciar a remoção de MOA. Áreas com menor cobertura vegetal são mais quentes pela incidência do sol e podem apresentar menor disponibilidade de

recursos vegetais, fazendo com que somente espécies mais adaptadas a ambientes mais quentes continuem nesses locais, diferente de espécies que permanecem nas áreas controle, com 100% de cobertura vegetal, causando o aumento da dissimilaridade observada. Como coletamos uma alta diversidade de espécies de formigas que apresentam diferentes comportamentos, variando de especialistas a generalistas em relação às condições ambientais e uso de recursos, um diferente conjunto de espécies pode ocorrer nestas diferentes áreas em função da cobertura vegetal. Paolucci e colaboradores (2017) verificaram um efeito cascata quando avaliaram o efeito do fogo transformando florestas tropicais em savanas. Esses impactos afetaram as plantas, e conseqüentemente, a comunidade de formigas, o que provocou uma mudança na composição de espécies.

A estruturação das comunidades resultante de impactos antrópicos permite que espécies que não estavam presentes anteriormente possam ocupar essa nova área devido às mudanças microclimáticas nesses ambientes, fazendo com que a recolonização desses ambientes pelas espécies originais se torne difícil (Rodríguez et al., 2015). Conseqüentemente, os filtros ecológicos irão determinar quais espécies irão ocorrer nessa área (Dufлот et al., 2014). Além disso, a ausência das espécies que anteriormente existiam pode mudar as interações das espécies agora presentes nesse ambiente, tornando possível a permanência de espécies que eram excluídas competitivamente do ambiente.

O fato da remoção de MOA não ter sido alterada pela dissimilaridade na composição de espécies, pode ser explicado pela redundância funcional que essas espécies podem apresentar. Isso pode ocorrer se os traços funcionais das espécies que foram substituídas nas áreas com menor porcentagem de área não natural no entorno forem similares aos das espécies presentes nas áreas controle. Isto também poderia explicar o fato da mudança da composição de removedoras de sementes não ter afetado o processo de remoção de sementes, uma vez que em paisagens altamente perturbadas pelo homem ocorre uma semelhança taxonômica e funcional das espécies levando a uma homogeneização biótica de espécies adaptadas a perturbação na paisagem (Leal et al., 2014; Puttker et al., 2015). Outra explicação pode ser o curto tempo de exposição das carcaças para a ação da retirada de MOA pelas formigas, uma vez que as carcaças poderiam atrair outros animais carniceiros para o local aumentando o risco de perda das amostras também possam ter contribuído para os nossos resultados. Além do mais, formigas consumidoras de MOA são consideradas generalistas (Tabor et al., 2005) e estão adaptadas a ambientes modificados pelo homem e essa mudança da composição não influenciou na remoção de matéria orgânica talvez por esta fonte



alimentar ser usada de diferentes maneiras pelas formigas. Pode servir como fonte de ingestão de proteínas para alguns grupos, como as poneromorfas, que conseguem dilacerar a carne e carregar para seus ninhos (Pie, 2004; Gomes et al., 2009), outras que sugam os exsudatos, como as *Cephalotes* (Moretti e Ribeiro, 2006), e ainda aquelas que utilizam esse alimento como uma isca para atrair e preda espécies de moscas (Chen, et al., 2014), como por exemplo algumas espécies do gênero *Solenopsis*, que são consideradas onívoras dominantes do solo (Silvestre et al., 2003; Silva et al., 2015). Dessa maneira, essa gama de comportamentos pode ter influenciado para não termos encontrado um efeito cascata na remoção de matéria orgânica.

Observamos que existe uma sobreposição das espécies nos dois processos ecossistêmicos. Portanto, pode ser que na falta de espécies especialistas em remover sementes ou matéria orgânica, aquelas que conseguem remover os dois recursos (Silva et., al 2015), conseguem manter os processos acontecendo no ecossistema (Christianini, 2015). Tabarelli et al. (2008) relatam que trocas e perda de espécies taxonômicas e funcionais provocadas por impactos antrópicos, como desmatamento, podem levar a uma diminuição nos processos sucessionais. O grupo das poneromorfas, por exemplo, é descrito pela literatura como composto de espécies predadoras e carnívoras, mas são consideradas também como boas dispersoras de sementes, (Christianini, 2015), necessitando de ambientes mais íntegros para desempenharem seus papéis no funcionamento do ecossistema.

Assim, vimos que formigas removedoras de sementes e consumidoras de matéria orgânica respondem de maneira diferente aos distúrbios do ambiente, mostrando a importância de se avaliar diferentes processos ecossistêmicos e diferentes parâmetros da comunidade (riqueza e composição de espécies). Além disso, sugerimos que o efeito da antropização nos ecossistemas de Cerrado pode gerar efeitos negativos no funcionamento do ecossistema.

#### **4.1 Efeito cascata e a conservação de processos ecossistêmicos no Cerrado**

Entender o efeito cascata testando diferentes parâmetros da comunidade bem como diferentes processos ecossistêmicos nos ajuda a prever o funcionamento do ecossistema frente a esses distúrbios. Isso também nos auxilia a propor estratégias para conservação conciliando o uso do solo em ambientes naturais e ambientes já antropizados.

Apesar da APA em que coletamos apresentar 23 anos de criação, ainda não dispõe de um plano de manejo, o qual poderia levar em conta a permanência das áreas construídas dentro deste espaço, uma vez que detectamos o efeito cascata no processo de remoção de sementes. Considerando que processo de remoção de semente é chave para a função ecossistêmica de dispersão de sementes, a morosidade de processos burocráticos pode levar a perda de funções ecossistêmicas. Sugerimos que as políticas públicas de áreas de proteção ambiental contenham em seus planos de manejo um controle para o crescimento e instalação de residências, visto que esse atributo do habitat foi o que mais contribuiu para um efeito cascata e diminuição do processo de remoção de sementes. Além disso, é importante avaliar a perda de habitat natural dessas áreas, uma vez que quanto maior a substituição de ambientes naturais, maior será a dissimilaridade na composição de espécies de formigas em relação a ambientes menos antropizados. Visto que o Cerrado tem sido cada vez mais degradado por pressão da produção agrícola, criar e revisar leis e projetos que visem manter a integridade desse ecossistema é uma estratégia importante para a conservação. Além do mais acreditamos que a implementação de projetos que integrem a gestão desses ambientes protegidos e participação da comunidade pode ser um passo importante para a proteção de áreas naturais.

### **Agradecimentos**

À Ananza Mara Rabelo, Carolina Souza de Oliveira, Felipe Ferreira Lopes pela ajuda das coletas em campo. À Rafaela Guimarães por nos disponibilizar o mapeamento da área, ao Ângelo Monteiro pela ajuda com as análises estatística. As agências de fomento (Fapemig, Capes e CNPq) pelas bolsas de estudo e financiamento. *“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”*

## Referências

- Alonso, L.E. (2010) Ant Conservation: Current Status and a Call to Action. Chapter 4 In: Lach, L. et al. *Ant Ecology*, p. 59-74
- Angotti, M.A., Rabello, A.M., Santiago, G.S., Ribas, C.R. (2018) Seed removal by ants in Brazilian savanna: optimizing fieldwork. *Sociobiology*, 65(2), p. 155-161
- Arnan, X., Arcoverde, G.B., Pie, M.R., Ribeiro-Neto, J.D., Leal, I.R. (2018) Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry Forest. *Science of the Total Environment*, p. 429–438, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.037>
- Baccaro F.B., Feitosa R.M., Fernandez F., Fernandes I.O., Izzo T.J., Souza J.L.P., Solar R. (2015) Guia para gêneros de formigas do Brasil. Ed: INPA, 338 p. doi: 10.5281/zenodo.32912
- Baselga, A. (2010) Multiplicative partition of true diversity yields independent alpha and beta components; additive partition does not. *Ecology*, 91(7), p. 1974–1981.
- Cammeraat, E.L.H., Risch, A.C. (2008) The impact of ants on mineral soil properties and processes at different spatial scales. *Jornal Appl. Entomology*, doi: 10.1111/j.1439-0418.2008.01281.x
- Chen, C.D., Nazni, W.A., Lee, H.L., Hashim, R., Abdullah, N.A., Ramli, R., Lau, K.W., Heo, C.C., Goh, T.G., Izzul, A.A. and Sofian-Azirun, M. (2014) A preliminary report on ants (Hymenoptera: Formicidae) recovered from forensic entomological studies conducted in different ecological habitats in Malaysia. *Tropical Biomedicine*, 31(2), p. 381–386
- Christianini, A.V. (2015) Dispersão de sementes por poneromorfas. In: Delabie, J. H. C. et al. *As formigas poneromorfas do Brasil*, p. 345-36
- Dias, L.C.C., Moschini, L.E., Trevisan, D.P. (2017) A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG – Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v.6, n.2, p. 85-105, doi <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p85-105>
- Duflot R., Georges, R., Ernoult, A., Aviron, S., Burel, F. (2014) Landscape Heterogeneity as an ecological filter of species traits. *Acta Oecologica*, v. 56, p. 19-26, <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.01.004>
- El-Sabaawi, Rana (2018) Trophic structure in a rapidly urbanizing planet. *Functional Ecology*, (32), p. 1718-172, doi: 10.1111/1365-2435.13114
- Farnese, F.S., Faria, R.B., Fonseca, G.A. (2011) Dispersão de diásporos não mirmecocóricos por formigas: influência do tipo e abundância do diásporo. *Revista Árvore*, 35, p. 125-130
- França, F., Louzada, J., Barlow, J. (2018) Selective logging effects on ‘brown world’ faecal-detritus pathway in tropical forests: A case study from Amazonia using dung beetles. *Forest Ecology and Management*, 410, p. 136–143, doi: [10.1016/j.foreco.2017.12.027](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.027)

- Franco, A.L.C., Bart, M.L.C., Cherubin, M.R., Baretta, D., Cerri, C.E.P., Feigl, B.J. Wall, D.H., Davies, C.A., Cerria, C.C. (2016) Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage, v. 563–564, p.160-168 doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.116
- Gerlach, J.; Samways, M.; Pryke, J. (2013) Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups *Journal of Insect Conservation*, v. 17, Issue 4, p. 831–850
- Gomes, L. Desuó, I.C.; Gomes, G.; Giannotti, E.; (2009) Behavior of *Ectatomma brunneum* (Formicidae: Ectatomminae) Preying on Dipterans in Field Conditions *Sociobiology*, v. 53 n.3, p. 913-926
- Henao-Gallego, N.; Escobar-Ramírez, S.; Calle, Z.; Montoya-Lerma, J. & Armbrrecht, I. (2012) An artificial aril designed to induce seed hauling by ants for ecological rehabilitation purposes. *Restoration Ecology*, 20, p. 555–560
- Hoffmann, B.D., Andersen, A.N. (2003) Responses of ants to disturbance in Australia with particular reference to functional groups. *Austral Ecology*, 28, p. 444–464, doi:10.1046/j.1442-9993.2003.01301.x
- Holldodler, B. and Wilson, E.O. (1990) *The ants*. Harvard University, Cambridge, Massachusetts
- Instituto Nacional de Meteorologia- INMET (2018) disponível em <http://www.inmet.gov.br> acesso em: novembro de 2018
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. Coordenação Geral de Observação da Terra. PRODES – Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>. Acesso em: 14 Jan. 2019
- Kirika, J.M., Bleher, B., Böhning-Gaese, K., Chira, R., Farwig, N. (2008) Fragmentation and local disturbance of forests reduce frugivore diversity and fruit removal in *Ficus thonningii* trees. *Basic and Applied Ecology*, 9, p. 663–672
- Kowarik, I. (2011) Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution*, 159, p. 1974-1983
- Leal, I.R.; Wirth, R., Tabarelli, M. (2014) The Multiple Impacts of Leaf-Cutting Ants and Their Novel Ecological Role in Human-Modified Neotropical Forests. *Biotropica*, 46, p. 516 – 528
- Longino, J.T. (2003) The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa*, 151, p.1-150
- Malheiros, R. (2016) A influência da sazonalidade na dinâmica da vida no bioma cerrado. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 12– v. 19

- Moretti, T.C. & Ribeiro, O.B. (2006). *Cephalotes clypeatus* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae): hábitos de nidificação e ocorrência em carcaça animal. *Neotropical Entomology*, 35, p. 412-415
- Nichols, E., Uriarte, M., Peres, C.A., Louzada, J., Braga, R.F., Schiffler, G., Endo, W., Spector, S.H. (2013) Human-Induced Trophic Cascades along the Fecal Detritus Pathway *Plos one*, 8(10), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075819>
- Nunes, Y.R.F. et al., (2009) Pandeiros: O Pantanal Mineiro. *MG Biota*, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.4-17
- Paolucci, L.N., Schoereder, J.H., Brando, P.M., Andersen, A.N. (2017) Fire-induced forest transition to derived savannas: Cascading effects on ant communities *Biological Conservation*, v.214, p.295-302, doi: 10.1016/j.biocon.2017.08.020
- Passos, L. and Oliveira, P.S. (2002) Blackwell Science, Ltd Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree *Journal of Ecology*, 90, p.517–528
- Philpott, S.M.; Perfecto, I.; Armbrecht, I.; Parr, C.L. (2010) Ant Diversity and Function in Disturbed and Changing Habitats. Chapter 8. In Lach, L et al *Ant Ecology*, p. 137-156
- Pie, M.R. (2004) Foraging ecology and neighbor of the ponerine ant *Ectatomma opaciventre* Roger in a Brazilian savannah. *Journal of Natural History*, 38, p. 717–729
- Puttker T., Bueno A.D.A., Prado P.I., Pardini R. (2015) Ecological filtering or random extinction? Beta-diversity patterns and the importance of niche-based and neutral processes following habitat loss. *Oikos*, 124 p. 206–215. 10.1111/oik.01018
- R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rabello, A.M; et al (2015) When is the best period to sample ants in tropical areas impacted by mining and in rehabilitation process? *International Journal for the Study of Social Arthropods*, doi 10.1007/s00040-015-0398-2
- Ribas, C.R.; Campos, R.B.F.; Schmidt, F.A.; Solar, R.C.; (2012) Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in Environmental Monitoring Programs, *A Jornal of Entomology*, p.1- 23, doi.org/10.1155/2012/636749
- Rodríguez, V.A.; Melo, F.P.L; Martínez - Ramos, M.; Bongers, F.; Chazdon, R.L.; Meave, J.A.; Norden, N.; Santos, B.A.; Leal, I.R.; Tabarelli, M. (2015) Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, Forest fragmentation and landscape ecology research *Biological reviews*, p. 336-340, doi: 10.1111/brv.12231
- Silva, J.A., Pereira, E.K.C., Silva, O., Santos, C.L.C., Delabie, J.H.C., Rabêlo, J.M.M. (2015) Ants (Hymenoptera: Formicidae) Associated with Pig Carcasses in an Urban Area *Sociobiology*, 62(4), p. 527-532, doi: 10.13102/sociobiology.v62i4.795

Silva, R.; Silvestre, R.; Brandão, C.R.F.; Morini, M.S.C; Delabie, J.H.C. (2015) Grupos tróficos e guildas em formigas poneromorfas cap.13 . In: Delabie, J.H.C. et al. As formigas poneromorfas do Brasil, p. 162-179

Silvestre, R., Brandão, C.R.F., Silva, R.R. da (2003) Grupos funcionales de Hormigas: El caso de los eighbo Cerrado. In: Fernando Fernández. (Org.). Introducción a ei Hormigas de Región Neotropical. Bogotá: Instituto Humboldt, v. 1, p. 113-148

Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC (2000) Lei 9.985 de 18 de julho de 2000; Ministério do Meio Ambiente

Sousa-Souto, L., Schoereder, J.H., Schaefer, C.E.G.R. (2007) Leaf-cutting ants, seasonal burning and nutrient distribution in Cerrado vegetation. *Austral Ecology*, v. 32, n. 7, p. 758-765

Specht, M.J., Santos, B.A.S., Marshall, N., Melo, F.P.L., Leal, I.R., Tabarelli, M., Baldauf, C. (2019) Socioeconomic differences among resident, users and eighbor populations of a protected area in the Brazilian dry forest *Journal of Environmental Management*, v 232, p. 607-614, doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.101

Spiesman, BJ e Cumming, G.S (2008) Communities in context: the influences of multiscale environmental variation on local ant community structure, *Landscape Ecol*, 23, p.313–325, doi 10.1007/s10980-007-9186-3

Tabarelli, M., Lopes, A.V. e Peres, C.A. (2008) Edge effects generate forest fragments towards an early onset system. *Biotropica*, 40, p. 657-661

Tabor, K.L., Fell, R.D., Brewster, C.C. (2005) Insect fauna visiting carrion in Southwest Virginia. *Forensic Science International*, 150(1), p. 73–80, doi:10.1016/j.forsciint.2004.06.041

Tiede, Y. et al. (2017) Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes *Ecological Indicators*, 83, p.527-537, doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.029

Wang, S., Wang, H.; Li, J. Zhang, Z. (2017) Ants can exert a diverse effect on soil carbon and nitrogen pools in a Xishuangbanna tropical forest *Soil Biology & Biochemistry*, 113, p. 45-52, doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.05.027

Wu, X., Duffy, J. E. ;Reich, P. B., Sun, S. (2011) A brown-world cascade in the dung decomposer food web of an alpine meadow: effects of predator interactions and warming. *Ecological monographs*, v.81, n.2, p.313-328, doi.org/10.1890/10-0808.1

### Material suplementar

Tabela S1: Correlação entre as variáveis explicativas (atributos do habitat), valores em negrito expressa correlações significativas.

Variáveis (Atributos do habitat)	Valor de p	R valor
Distância da estrada X Distância do povoado	0.699	- 0.101
Distância da estrada X % Área não natural	0.996	0,001
Distância da estrada X Quantidade de casas	0.760	-0.079
Distância da estrada X % Solo exposto	0.115	0.396
Distância da estrada X Compactação do solo	0.924	-0.025
Distância da estrada X Presença humana	0.834	-0.054
Distância do povoado X % Área não natural	0.315	0.258
Distância do povoado X Quantidade de casas	<b>0.013</b>	-0.587
Distância do povoado X % Solo exposto	0.755	0.081
Distância do povoado X Compactação do solo	0.060	-0.463
Distância do povoado X Presença humana	0.625	-0.127
% Área não natural X Quantidade de casas	0.516	-0.169
% Área não natural X % Solo exposto	<b>0.029</b>	0.528
% Área não natural X Compactação do solo	0.210	-0.320
% Área não natural X Presença humana	0.148	-0.365
Quantidade de casas X % Solo exposto	0.950	-0.016
Quantidade de casas X Compactação do solo	0.716	-0.095
Quantidade de casas X Presença humana	0.298	0.267
% Solo exposto X Compactação do solo	0.907	-0.030
% Solo exposto X Presença humana	0.289	-0.273
Compactação do solo X Presença humana	0.525	-0.165





<i>Camponotus renggeri</i> (Emery, 1894)	MO		MO														
<i>Camponotus</i> sp1				MO			MO									MO	
<i>Camponotus</i> sp10						MO											
<i>Camponotus</i> sp14		MO		MO								MO					
<i>Camponotus</i> sp15	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO			MO		MO	MO	MO	
<i>Camponotus</i> sp16		MO															
<i>Camponotus</i> sp17				MO			MO	MO									
<i>Camponotus</i> sp18	MO																
<i>Camponotus</i> sp5				MO											MO		
<i>Carebara brevipilosa</i> (Fernández, 2004)		MO															
<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)							S	S									
<i>Cephalotes clypeatus</i> (Fabricius, 1804)																S	
<i>Crematogaster chodati</i> (Forel, 1921)	MO												MO				
<i>Crematogaster rochai</i> (Forel, 1903)	MO																
<i>Crematogaster</i> sp1	S						MO			S				S			
<i>Crematogaster</i> sp2	S		S-MO		S		MO					S-MO		MO		S	S-MO
<i>Crematogaster</i> sp3									S								



<i>Nomamyrmex esenbeckii</i> (Westwood, 1842)															MO		
<i>Ochetomyrmex</i> (Mayr, 1878)	MO			S													
<i>Odontomachus bauri</i> (Emery, 1892)	S		MO	S- MO					S	S							
<i>Oxyepoecus</i> sp1																S	
<i>Oxyepoecus</i> sp5													S				
<i>Pheidole aberrans</i> (Mayr, 1868)															MO		
<i>Pheidole aff camptostela</i> (Kempf, 1972)						S											
<i>Pheidole aff oxyops</i> (Forel, 1908)					S- MO	S- MO											
<i>Pheidole aff schwarzmaieri</i> (Borgmeier, 1939)							S-MO										
<i>Pheidole aff triconscripta</i> sp3 (Forel, 1886)													S				
<i>Pheidole aff triconstricta</i> sp1 (Forel, 1886)							MO										
<i>Pheidole aff triconstricta</i> sp4 (Forel, 1886)	S- MO			S		S		S			S		S		S		
<i>Pheidole aff valens</i> (Wilson, 2003)	MO	MO		S- MO													
<i>Pheidole biconstricta</i> (Mayr, 1870)						S											MO
<i>Pheidole cf radoszkowskii</i> (Mayr, 1884)												MO					MO

<i>Pheidole cf radoszkowskii</i> sp1		S													S		S
<i>Pheidole cf radoszkowskii</i> sp2	S																
<i>Pheidole cf zelata</i> (Wilson, 2003)	S- MO											MO					
<i>Pheidole exígua</i> (Mayr, 1884)								S									
<i>Pheidole fracticeps</i> (Wilson, 2003)	S- MO	S- MO	S-MO	S- MO	S	S- MO	S-MO	S-MO	S- MO	S		S-MO			S-MO	MO	
<i>Pheidole fracticeps</i>		MO	MO				MO									MO	
<i>Pheidole gr diligens</i> (Smith, 1858)				MO		S- MO	MO					S					
<i>Pheidole jelskii</i> (Mayr, 1884)							S						S				S
<i>Pheidole obscurithorax</i> (Naves, 1985)															MO		
<i>Pheidole pr triconscripta</i>	S- MO					S	S	S						S			
<i>Pheidole rochai</i>											S						
<i>Pheidole scapulata</i>							S										
<i>Pheidole</i> sp3	S	S													S	S	S
<i>Pheidole</i> sp56							S										
<i>Pheidole</i> sp57			MO												MO		
<i>Pheidole</i> sp58		S- MO	S									S-MO		MO	S		

<i>Pheidole</i> sp60													MO				
<i>Pheidole</i> sp62							S				S						
<i>Pheidole</i> sp63												S	S		S		
<i>Pheidole triconscripta</i> (Forel, 1886)				MO		S		MO									
<i>Sericomyrmex</i> sp1 (Mayr, 1865)		MO															
<i>Solenopsis</i> sp1 (Westwood, 1840)		S	S							MO	S	S			S-MO		
<i>Solenopsis</i> sp2											S		S				
<i>Solenopsis</i> sp3			S	MO	S	S- MO											
<i>Solenopsis</i> sp4	MO												S-MO				
<i>Solenopsis</i> sp5	S													MO	S- MO		
<i>Solenopsis substituta</i> (Santschi, 1925)	MO		MO	MO	S- MO	S- MO	S	S- MO	S	S- MO	S	MO			S	MO	MO
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)			S-MO						S- MO								
<b>Total de espécies</b>	25	19	19	21	13	18	26	15	13	11	11	15	10	14	20	22	9

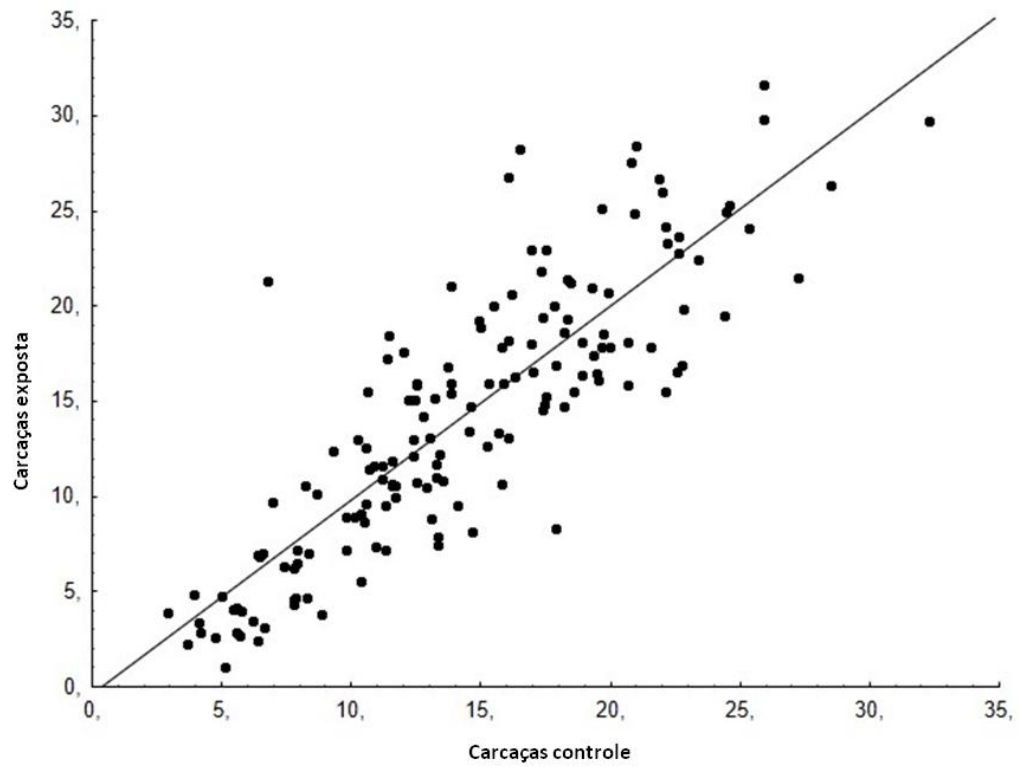


Figura S1: Regressão linear utilizando o resíduo do peso das carcaças (pés de galinha) comparando as carcaças controle (pés controle) com as carcaças expostas (pés de galinha expostos) após ação das formigas.

**Artigo 3- Uso de colagens como ferramenta para avaliação de conhecimento de estudantes de escolas públicas sobre ambientes naturais**

Preparado de acordo com as normas da revista Environmental Education Research

Versão preliminar



**Uso de colagens como ferramenta para avaliação de conhecimento de estudantes de escolas públicas sobre ambientes naturais**

**G.S.SANTIAGO<sup>1</sup>; E.O.CANEDO-JR<sup>1, 2</sup>; C.A.NUNES<sup>3</sup>; C.V.OLIVEIRA<sup>1</sup>; & C.R.RIBAS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia de Formigas, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil, e-mail: grazielesantiago@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) campus Poços de Caldas, departamento de pedagogia.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados, Setor de Ecologia e Conservação, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37200-000 – Lavras, M G, Brasil.

## **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi investigar o conhecimento de estudantes do ensino fundamental de escolas rurais e urbanas sobre ambiente natural e se eles consideram a figura humana como parte desse ambiente. O estudo foi realizado no ano de 2017, em Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho na região norte do estado de Minas Gerais em três escolas da rede pública de ensino. A pesquisa foi realizada com 129 estudantes do ensino fundamental (sexto ano), com idades entre 11 e 12 anos. Em cada município, selecionamos uma escola urbana e uma escola rural, e ao todo avaliamos seis escolas (três urbanas e três rurais), sendo 44 estudantes de escolas rurais e 85 de escolas urbanas. Utilizando a metodologia de recortes e colagem de figuras. A porcentagem de acertos das colagens nos ambientes “Natural” e “Não Natural” considerando a localização das escolas (rural e urbana) não diferiu. O simples fato de estudantes não conseguirem discernir elementos “naturais” dos “não naturais” nos faz pensar em deficiências na conceituação de temas básicos para o entendimento de conceitos biológicos. Estudantes de escolas rurais colaram a figura humana no ambiente “Não Natural” 65% a mais do que os estudantes de escolas urbanas. Isso pode ser interpretado como uma visão da natureza como algo intocável e impossível de interagir de forma harmônica. Com nossos resultados percebemos que para a construção do conhecimento é essencial que estes conceitos sejam trabalhados de forma que a realidade dos mesmos seja levada em consideração. Atividades práticas, como a colagem utilizadas neste trabalho, podem ser usadas como forma de investigação do conhecimento, bem como uma ferramenta para se trabalhar conceitos básicos em sala de aula.

**Palavras chave:** Rede pública de ensino, Ensino, Professores, Figura humana.

## 1 Introdução

O tema educação ambiental (EA) é conhecido desde a década de 70 e foi difundido em reuniões como a Conferência de Meio Ambiente Humano de Estocolmo, ECO 92 e Rio Mais 20. No ano de 1999, com a promulgação da política nacional de educação ambiental, veio com a proposta de se trabalhar este tema em todos os níveis de educação básica brasileira (Brasil, 1999). Visto que a escola é um espaço fundamental para o desenvolvimento, formação, valorização e estímulo dos estudantes, formando cidadãos cientes dos seus deveres e obrigações voltados para a sustentabilidade ecológica e social, essa proposta se tornou válida como forma de trabalhar usos conscientes dos recursos naturais (Guisso, 2011).

Grande parte dos humanos vê a natureza somente como uma grande fonte de recursos, ou seja, os mesmos usufruem dos serviços ecossistêmicos, explorando os produtos gerados de maneira indiscriminada e destrutiva (Bins Neto e Lima, 2007). Apesar de existir trabalhos mostrando que é possível uma relação harmoniosa entre os seres humanos e os ambientes naturais (Souto, 2004 e Casal e Souto, 2018), o mais comum é o ambiente natural sempre perder espaço para o ambiente construído, no qual o homem está presente alterando paisagens naturais e ciclos biogeoquímicos (Vitousek et al., 1997). Nesse sentido, a percepção dominante é de que a espécie humana governa todos os ambientes e não se considera como parte do ambiente natural, por possuímos uma formação cultural antropocêntrica, nos colocamos como centro de tudo e não como parte integrante da natureza (Grün, 1996).

Entender, conhecer e avaliar o conhecimento ou percepção humana em relação ao meio ambiente é importante para contribuir no processo de uso sustentável/racional dos recursos naturais. Uma vez que o conhecimento tradicional representa o saber e fazer em relação ao mundo natural e sobrenatural (Diegues e Arruda, 2001). A partir do conhecimento empírico desses atores pode-se auxiliar na elaboração de práticas e propostas pedagógicas voltadas à conservação que levem em conta o contexto e realidade nas quais esses atores estão inseridos (Baptista, 2007). A EA incorpora a perspectiva dos sujeitos sociais, permite o estabelecimento de uma prática pedagógica contextualizada e crítica, a qual expõe os problemas estruturais de nossa sociedade e as consequências da utilização do patrimônio natural como uma mercadoria.

Considerando as diretrizes do Ministério da Educação e Cultura (MEC) a educação ambiental é (ou deveria ser) desenvolvida através de projetos, disciplinas específicas e inserção temática ambiental nas demais disciplinas (Lei nº 9.795/99). Apesar de ser uma obrigatoriedade (PNEA, 2002), 94 % das escolas conseguiram de fato aplicar a educação

ambiental, porém esse dado não garante que esta aplicação esteja de acordo com os principais objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental (Lipai et al., 2007). Embora seja uma ferramenta importante, a maneira como é trabalhado a EA precisa ser rediscutida e levar em conta a realidade social dos envolvidos no processo, para não se tornar uma prática localizada, pontual e que não se aplica a realidade vivida por eles (Loureiro et al., 2009).

Uma vez que o ambiente escolar é composto por diferentes e diversificadas formas de cultura, socioeconomia, política, religião e raça/etnia, o modelo simplificado e engessado de aprendizagem precisa ser revisto, para alcançar um maior número de estudantes. Assim, uma das formas de se trabalhar educação ambiental levando em consideração estas vertentes, é buscar um papel articulado entre escola-comunidade (conhecimento escolar = conhecimento científico/sistemizado + conhecimento tradicional/popular do entorno), auxiliando a entender a real aplicabilidade do conhecimento ambiental.

Os conhecimentos empíricos, gerados por observações e experiências individuais ou trazidos de casa, passados e construídos por gerações, nem sempre são levados em consideração no momento do aprendizado escolar (Coelho et al., 2000). Desta forma, investigar conhecimentos tradicionais e entender o entorno escolar, como um todo, se faz necessário (Gohn, 2006). Campiani (2001) ressalta que a capacitação dos atores sociais envolvidos, no caso dos professores, deve incorporar novos conceitos e metodologias que venham ao encontro da realidade, para que eles sejam atuantes e críticos diante das situações socioambientais e possam atuar e influenciar nas mudanças de atitudes.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar o conhecimento de estudantes do ensino fundamental de escolas rurais e urbanas sobre ambiente natural. Além disso, avaliar se os estudantes envolvidos consideram a figura humana como parte desse ambiente. Uma vez que acreditamos que haja um maior contato com a natureza por parte dos estudantes que estão nas escolas rurais, elaboramos as seguintes hipóteses: i) estudantes de escolas rurais conseguirão discernir melhor o que é “Natural” do que “Não Natural” do que estudantes das escolas urbanas; ii) a presença da figura humana como parte do ambiente “Natural” será mais frequente nas colagens dos estudantes de escolas rurais do que nas colagens dos estudantes de escolas urbanas, bem como em ambientes “Não Naturais”, a presença da figura humana será mais frequente nas colagens dos estudantes de escolas urbanas.

## **2 Metodologia**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado no ano de 2017, na região norte do estado de Minas Gerais nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho. Os três municípios estão incluídos na maior área de proteção ambiental (APA Pandeiros) do estado e possuem escolas estaduais nas áreas urbanas e rurais, sendo um cenário propício para o desenvolvimento deste estudo.

Januária apresenta uma área de 6.691 km<sup>2</sup> com uma população de 67.875 habitantes (IBGE, 2010), possui 32 escolas estaduais distribuídas nos perímetros urbanos e rurais. Bonito de Minas possui uma área de 3.905 km<sup>2</sup>, com uma população de 10.535 habitantes (IBGE, 2010) e cinco escolas estaduais. Cônego Marinho por sua vez apresenta uma área de 1.618 km<sup>2</sup>, com população de 7.089 habitantes, segundo IBGE (2010), contando com quatro escolas estaduais.

Esta região está inserida na bacia hidrográfica do rio São Francisco e apresenta vegetação natural de cerrado, mata seca (floresta estacional decidual) e caatinga. A região apresenta um potencial para expansão agrícola com monocultivo de eucalipto por grandes fazendeiros, siderurgias e diversos grupos empresariais. Além disso, a pecuária também se faz forte na região (Brito, 2012).

Januária, seus distritos e demais municípios da microrregião, além das comunidades e distritos urbanos, apresentam comunidades tradicionais como: quilombolas, vazanteiros e indígenas. Mediante este cenário de expansão agrícola, a região apresenta diversos conflitos socioambientais.

### **2.2 Participantes**

Submetemos o projeto ao comitê de ética da Universidade Federal de Lavras, o qual foi aprovado e autorizado (CAAE: 62593516.0.0000.5148). Para cada estudante participante da pesquisa, solicitamos que o responsável legal assinasse o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) autorizando a participação na pesquisa (anexo I material suplementar).

A pesquisa foi realizada com 129 estudantes do ensino fundamental (sexto ano), com idades entre 11 e 12 anos, devido ao fato desses estudantes estarem em período de transição entre diferentes módulos que compõem a educação no Brasil (Lei de Diretrizes e bases-LDB, 2017), isto é, entre o ensino fundamental I e o ensino fundamental II. Além disso, nesta fase, os estudantes estão aprendendo os conteúdos relacionados à disciplina de Ciências, que por

sua vez trabalha com o conhecimento sobre o meio ambiente (Base Nacional Comum Curricular, 2017).

### **2.3 Desenho amostral**

Em cada um dos municípios selecionamos uma escola urbana e uma escola rural. Ao todo, avaliamos estudantes de seis escolas (três urbanas e três rurais), sendo 44 estudantes de escolas rurais e 85 de escolas urbanas.

Utilizamos uma aula de 50 minutos para desenvolvimento da pesquisa em cada uma das seis escolas. Em cada turma, distribuimos revistas que continham diversas figuras como: animais, frutas, computadores, celulares e humanos. Tivemos o cuidado de que as escolas dentro de cada município (uma escola urbana e uma rural) recebessem sempre as mesmas revistas (metodologia adaptada de Biondi et al. em preparação). A única intervenção feita com os estudantes foi solicitar que eles colassem as figuras de acordo com suas vontades e conhecimento. Distribuimos para cada estudante uma folha de papel A3 dobrada ao meio, tesoura, cola branca e revistas “Minas faz Ciência” que traz conteúdos de ciências e tecnologia, de distribuição gratuita. Solicitamos aos estudantes que na parte superior da folha, do lado direito escrevessem a palavra “Natural” e do lado esquerdo “Não Natural”, e após isso, pedimos a eles que fizessem recortes de figuras contidas nas revistas do que eles consideravam que se encaixasse em cada definição (Natural e Não Natural). Sem ter um número mínimo ou máximo de colagens, a única instrução foi a de que não ultrapassassem o espaço estabelecido previamente. As colagens foram feitas individualmente por cada estudante.

### **2.4 Análises**

Para análise das colagens utilizamos o conceito e definição de “Natural” e “Não Natural” com base no dicionário Oxford dictionaries onde consta “Natural”=“Existing in or derived from nature; not made or caused by human kind” (existindo ou derivado da natureza, não feito ou causado pela humanidade) e “Não Natural”= “Not existing in nature; artificial” (não existe na natureza, artificial). Mediante isso, contamos a porcentagem de acertos das colagens dos estudantes segundo a definição de cada um dos termos (“Natural” e “Não Natural”).

Para avaliar se existe diferença entre a porcentagem de acertos de estudantes de escolas rurais e urbanas em cada ambiente (“Natural” e “Não Natural”), fizemos dois modelos

lineares generalizados de efeito misto (GLMMs) com distribuição binomial, tendo como variável resposta a porcentagem de acertos (no primeiro modelo o ambiente “Natural” e no segundo o “Não Natural”), como variável explicativa a região de localização da escola (rural ou urbana), e as escolas como variável aleatória. As escolas foram utilizadas como variável aleatória para excluirmos os efeitos que cada escola particularmente poderia ter sobre os estudantes.

Realizamos um GLMM (Modelo Linear Generalizado Misto) para testar se existe diferença entre a quantidade de vezes que a figura humana aparece nas colagens do ambiente “Natural” e “Não Natural”, utilizamos como variável resposta a presença/ausência de figura humana, como variável explicativa o ambiente (“Natural” / “Não Natural”) e como variáveis aleatórias as escolas e os estudantes. Os estudantes também foram considerados como variável aleatória, porque cada um fez colagens tanto no ambiente “Natural” quanto no “Não Natural”.

Para avaliar a presença da figura humana como parte do ambiente “Natural” e “Não Natural” entre estudantes de escolas rurais e urbanas nós realizamos dois modelos (GLMMs) (um modelo para o ambiente “Natural” e outro para o ambiente “Não Natural”), utilizando a distribuição binomial, tendo como variável resposta a presença/ausência da figura humana nas colagens dos estudantes, como variável explicativa a região de localização da escola (rural e urbana) e como variável aleatória as escolas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (Core R 2018).

### 3 Resultados

Avaliamos no total 129 colagens dos estudantes, sendo 44 colagens feitas por estudantes de escolas rurais e 85 feitas por estudantes de escolas urbanas. No geral, sem considerar se os estudantes são de escola rural ou urbana, conforme nossas definições, em relação às colagens no ambiente “Natural”, 70.5% dos estudantes acertaram as colagens de figuras nesse ambiente, e 95.5% dos estudantes acertaram as colagens para o ambiente “Não Natural”.

Quando analisamos a porcentagem de acertos das colagens nos dois ambientes (“Natural” e “Não Natural”) levando em consideração a localização das escolas (rural e urbana) observamos que o número de acertos em relação às imagens coladas nos dois ambientes não diferiu (“Natural”:  $X^2=0.498$ ;  $p=0.480$  e “Não Natural”:  $X^2= 0.731$ ;  $p= 0.392$ ) refutando nossa hipótese.

Em relação à presença da figura humana, 30% dos estudantes não colaram a figura humana em nenhum dos ambientes (“Natural” e “Não Natural”) e 21% colaram a figura humana nos dois ambientes. Não existe diferença na quantidade de vezes que os estudantes colaram a figura humana no ambiente “Natural” (44% dos estudantes) ou no “Não Natural” (47% dos estudantes) quando desconsideramos a localização da escola, i.e. se rural ou urbana ( $X^2=0.266$ ;  $p=0.606$ ) (Figura 1).

Quando analisamos a presença da figura humana levando em consideração a localização das escolas (rural e urbana), vimos que no ambiente “Natural” a presença da figura humana foi colada de forma parecida entre os estudantes das escolas rurais (56%) comparado à urbanas (37%) ( $X^2=1.743$ ;  $p=0.186$ ) (Figura 2A). Já no ambiente “Não Natural”, estudantes de escolas rurais colaram mais vezes (65% dos estudantes) a figura humana e sendo assim, estudantes de escolas urbanas colaram relativamente menos vezes (37%) a figura humana nesse ambiente ( $X^2=7.938$ ;  $p=0.004$ ) (Figura 2B).

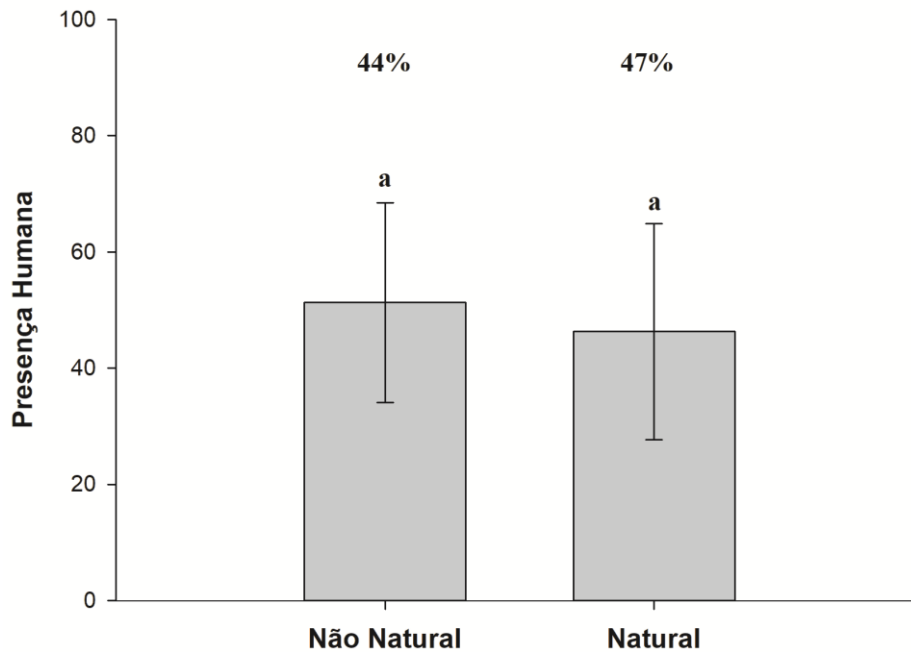


Figura 1: Representação da figura humana (presença/ausência) nas colagens feitas por estudantes desconsiderando a localização das escolas, barras com o desvio padrão nas comparações.



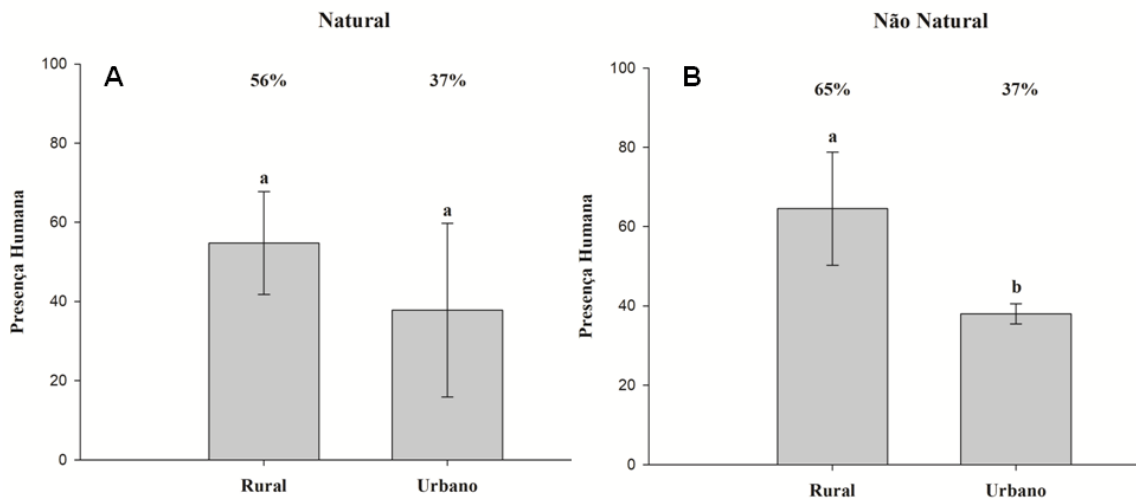


Figura 2: Representação das colagens da figura humana (presença/ausência) nos ambientes “Natural” e “Não Natural” analisando separadamente o contexto no qual a escola está inserida rural ou urbana. “A” para ambientes “Natural” e “B” para ambientes “Não Natural” barras com a presença do desvio padrão.

#### 4 Discussão

Não observamos diferença entre o conhecimento sobre ambiente “Natural” e “Não Natural” de estudantes de escolas da rede pública estadual de ensino, situadas em áreas rurais e urbanas. No entanto, os estudantes das escolas situadas nas áreas rurais, consideram a presença da figura humana como parte do ambiente “Não Natural” mais do que os estudantes de escolas urbanas.

No geral, sem considerar se os estudantes são de escola rural ou urbana, os estudantes acertam uma maior quantidade de colagens nos ambientes “Não Naturais”. Isto pode ser causado pelo fato do mundo moderno valorizar e manter o ser humano em uma maior proximidade com esse ambiente construído e tecnológico (Arruda, 1999). Esta valorização por parte das mídias pode estar causando um distanciamento dos ambientes naturais, ainda mais que este tem perdido espaço por ações antrópicas a ambientes modificados, o que provoca um maior contato com ambientes modificados (Oliveira, 2002).

Não existe uma diferença entre o conhecimento de estudantes de escolas rurais e urbanas quanto aos elementos que fazem parte do ambiente “Natural” ou “Não Natural”,

portanto eles não conseguiram demonstrar uma definição clara de ambiente “Natural” e “Não Natural”. Desta forma percebemos que a deficiência em entender conceitos básicos em biologia/ ecologia, podem ser defasados desde fases iniciais do ensino. Apesar de haver um investimento em ações para trabalhos com educação ambiental, como a implantação do programa nacional de educação ambiental – ProNEA (2005), vimos que estas medidas não parecem ser suficientes para auxiliar na diferenciação destes termos (“Natural” e “Não Natural”) para os estudantes envolvidos na prática. Viegas e Guimarães (2004) ressaltam que apesar dos estudantes verem conteúdos relacionados ao meio ambiente, os processos de alfabetização e aprendizagem ainda são feitos de forma teórica. Acreditamos que para colocarmos em prática a teoria aprendida, teremos que mudar estes pensamentos de aprendizagem hierarquizado e autoritário dos professores, e tornar nossas práticas de ensino alinhadas com a realidade dos diferentes atores (Cobern, 1996).

Seguindo esse raciocínio, é sabido que educadores investiram nas suas formações e capacitação, no entanto, muitos deles ainda insistem em ministrar aulas somente expositivas. O que poderia ser uma opção para mudar essa situação seria a formação continuada para professores de ciências, uma vez que estes professores tem o conceito prático de como ensinar muito bem definido (Carvalho, 2013). No entanto para os conceitos e aplicabilidade do conteúdo científico estas questões precisam ser mais trabalhadas, nesse sentido, a formação continuada seja regional e em conjunto com ONGs, universidades e secretarias de educação, auxilia no empoderamento dos atores sociais fortalecendo as políticas de educação ambiental (Sorrentino e Trajber, 2007).

Freitas e colaboradores (2009) dizem que o educador tem que estar capacitado à avaliar o conhecimento prévio do educando afim de desenvolver metodologias específicas para cada turma e realidade dos estudantes. Jacobi (2004) traz que os professores devem estar cada vez mais preparados para reelaborar as informações que recebem, e entre elas as questões ambientais, para poder decodificar e transmitir para os alunos a expressão dos significados em torno do meio ambiente e da ecologia nas suas múltiplas determinações e intersecções. O autor ainda diz que a educação ambiental trata-se de um aprendizado social, baseado no diálogo e interação em constante processo de recriação e reinterpretção de informações, conceitos e significados, que podem se originar do aprendizado em sala de aula ou da experiência pessoal do estudante.

De forma geral, os estudantes retratam a figura humana nos dois ambientes de forma similar, ou seja, não existe uma preferência por colar a figura do ser humano como

pertencente a um ou outro ambiente. Porém, quando analisamos por localidade da escola, aqueles que estudam em escolas rurais consideraram o ser humano mais pertencente ao ambiente “Não Natural”. Isso refuta nossas hipóteses, uma vez que achamos que estudantes de escolas rurais, que estão inseridos dentro de uma unidade de conservação, teriam uma relação mais íntima com o ambiente (Tuan, 1980) e os mesmos conseguiriam expressar de forma mais coerente estes conceitos. Apesar dos estudantes de escolas rurais estarem em contato com esse ambiente “conservado” dentro de uma unidade de proteção, eles não conseguiram perceber ou pelo menos expressar este conhecimento. Talvez pelo fato deles estarem inseridos em um ambiente de proteção ambiental mesmo que de uso sustentável e tendo algumas atividades restritas, eles não consigam se perceber como parte do meio. Silva e Almeida (2016) viram que estudantes de escolas dentro de áreas de proteção e do entorno, sequer tem conhecimento da existência dessas áreas. Além disso, a visão deles em relação ao meio no qual estão inseridos, seja de distanciamento com um espectro de que a natureza seja algo intocável e impossível de se interagir de forma harmônica. Ou ainda pelo fato das mídias mostrarem muito pouco a importância do homem no campo, quando os fazem é para mostrar o produto gerado no meio rural que abastece parte das cidades. Breitench e Corazza (2017) observaram que somente 30% dos jovens entrevistados pretendem permanecer em área rural.

Uma pergunta importante a ser feita em relação aos aspectos discutidos em relação ao conhecimento destes estudantes é: Como estes conceitos têm sido trabalhados em sala de aula? Apesar dos livros didáticos abordarem esses aspectos e conceitos com os quais nos propusemos a trabalhar, nessa pesquisa conseguimos ver que estes conceitos não estão bem formados na mente desses estudantes. Um conteúdo para ser assimilado, precisa ser entendido e aplicado no cotidiano de cada estudante (Baptista, 2007). Ou seja, o estudante precisa estar motivado a aprender, uma vez que as pessoas aprendem aquilo que faz sentido pra vida e pra realidade a qual estão inseridas (Dietz e Tamaio, 2000).

Loureiro (2004) diz que para construirmos um novo patamar societário e integrativo com as demais espécies vivas, precisamos superar as formas de alienação que propiciam a dicotomia sociedade/natureza. Segundo Reigota (1995), é no efetivo diálogo entre as diferentes culturas, conhecimentos científicos e tradicionais, e as várias formas de entendimento, que poderemos encontrar possibilidades de ações inovadoras e transformadoras. Além disso, Higuchi e Azevedo (2004) alertam que a escola é um ambiente mediador do conhecimento, da consciência crítica e promotora de ação de cidadania. Quando

a visão de que a natureza é intocada e que o natural se faz a parte do social, percebemos a necessidade de se trabalhar vinculação educação-cidadania – participação.

Concluindo, apesar da proximidade dos estudantes de escolas rurais com o ambiente natural, uma vez que os mesmos estão inseridos em unidades de conservação da biodiversidade, este contato não foi suficiente para que eles conseguissem perceber os elementos naturais do entorno de forma diferente dos estudantes de escolas urbanas. Mesmo quando houve diferença, os estudantes de escolas rurais perceberam a figura humana mais como parte do ambiente “Não Natural” do que estudantes de escolas urbanas, que teoricamente teriam uma vivência menor de ambientes naturais. Por isso ressaltamos que os conhecimentos (e não só sobre meio ambiente) devem fazer sentido aos estudantes, para que os mesmos expressem e apliquem os seus conhecimentos. Para a construção do conhecimento é essencial que estes conceitos sejam trabalhados de forma que a realidade dos mesmos seja levada em conta. Apesar dos livros didáticos trazerem conceitos e termos relacionados ao meio ambiente, isso não foi suficiente para que estes estudantes tivessem uma opinião assertiva dos termos “Natural” e “Não Natural”. Atividades práticas, como as de colagem utilizadas neste trabalho, podem ser usadas como forma de investigação do conhecimento, bem como uma ferramenta para se trabalhar conceitos básicos, sendo uma atividade prática aplicável em sala de aula e que pode ajudar na investigação da realidade dos estudantes como um ponto de partida para o ensino de educação ambiental de forma efetiva.

### **Agradecimentos**

À secretária regional de educação de Januária por ter recebido o projeto e indicado as escolas; Às professoras, professores, diretoras e estudantes das escolas envolvidas na pesquisa; À professora doutora Mirlaine Freitas, a doutora Ruanny Casarim por contribuírem com discussão para construção do manuscrito. A Fapemig, Capes e Cnpq pela concessão das bolsas de estudos “*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001*”.

## Referências

- Arruda, R. (1999) “Populações Tradicionais” E a Proteção dos Recursos Naturais em Unidades de Conservação. *Ambiente & Sociedade - Ano II - n 5 – 2º Semestre* p.79-252
- Baptista, G.C.S. (2007) A Contribuição da etnobiologia para o ensino e a aprendizagem de Ciências: estudo de caso em uma escola pública do Estado da Bahia. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia - Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador
- Base Nacional Comum Curricular (2017) acesso em 22/01/2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_20dez\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf) p.322-355
- Bins Neto, R.C., Lima, V.M.R. (2007) Concepções de alunos sobre ambiente e relação entre o ser humano e a natureza. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p465.pdf> acesso em: 18/12/2018
- Biondi, M.C.N., Mendes, A.F., Guimarães, L.C.A., Querido, B.M., Cavalcanti e Ribas, C.R. (em preparação) Metodologias alternativas de ensino: Valorizando a biodiversidade local do Sul de Minas Gerais, Lavras, MG - Brasil
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Lei n. 9.795/1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 02/05/2018
- Breitenbach, R., Corazza, G. (2017) Perspectiva de permanência no campo: Estudo dos jovens rurais de Alto Alegre, Rio Grande do Sul/Brasil. *Revista Espacios*, v. 38 n. 29, INNQN 07981015
- Brito, I.C.B. (2012) O Reordenamento Socioambiental dos Geraizeiros em Conflito com a Monocultura de Eucalipto no Norte de Minas Gerais publicado em 36º Encontro Anual da Anpocs
- Casal, F.C., Souto, F.B. (2018) Conhecimentos etnoecológicos de pescadores da RESEX Marinha Baía do Iguape sobre ecologia trófica em ambiente de manguezal. *Ethnoscintia*, 3, doi: 10.22276/ethnoscintia.v. 3
- Campiani, M.C. (2001) Os temas transversais na educação. São Paulo: Códex
- Carvalho, A.M.P. (2013) Ensino de Ciências por Investigação: condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning
- Cobern, W.W. (1996) Constructivism and non-Western science education research. In: *International Journal of Science Education*, v. 4, n 3, p. 287-302
- Coelho, S.M. et al. (2000) Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. *caderno catarinense de ensino de física*, v. 17, n. 2, p. 122-149

Diegues, A.C., Arruda, R.S.V. (2001) (Orgs). Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo

Dietz, L.A., Tamaio, I. (2000) (Coord.) Aprenda fazendo: apoio aos processos de educação ambiental. WWF Brasil

Freitas, M.R., Macedo, R.L.G., Ferreira, E.B. (2009) Da Teoria À Ação: Materiais Didáticos Em Percepção Ambiental, Educação ambiental em ação, n.30, ano VIII, ISSN 16780701

Gohn, M.G. (2006) Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.14, n.50, p. 27-38

Guisso, H., Lima, V. (2014) A Educação Ambiental e Práticas Sociais para a Preservação e Valorização da Água em Os Desafios da Escola pública Paranaense na perspectiva do Professor PDE, v. 1 Versão Online ISBN 978-85-8015-080-3

Grün, M. (1996) Ética e educação ambiental: a Conexão necessária 11ª edição – Campinas São Paulo coleção magistério: Formação e trabalho pedagógico

Higuchi, M.I.G., Azevedo, G.C. (2004) Educação como processo na construção da cidadania ambiental p.63-70 em Revista brasileira de educação ambiental / Rede Brasileira de Educação Ambiental – Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, v.28, 140 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/MG2010> acesso em 15/08/2017

Jacobi, P. (2004) Educação e meio ambiente – transformando as práticas. em Revista brasileira de educação ambiental / Rede Brasileira de Educação Ambiental – Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, 140 p.

Lei de diretrizes e bases da educação Nacional – LDB acesso em 22/01/2016 disponível em: [http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei\\_de\\_diretrizes\\_e\\_bases\\_1ed.pdf](http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf) - Brasília, senado Federal, Atualiza em março de 2017

Lipai, E.M., Layrargues, P.P.; Pedro, V.V. (2007) Educação ambiental na escola: tá na lei...in Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola / [Coordenação: Soraia Silva de Mello, Rachel Trajber]. – Brasília: Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental: UNESCO

Loureiro, C.F.B (2004) Educar, participar e transformar em educação ambiental p.17-20 in Revista brasileira de educação ambiental / Rede Brasileira de Educação Ambiental– Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, v.28, 140 p.

Loureiro, C.F.B., Layrargues, P.P., Castro, R.S de. (2009) Repensar a educação ambiental: um olhar crítico. São Paulo: Cortez

Oliveira, A.M.S. (2002) Relação homem/natureza no modo de produção capitalista Espaço acadêmico, n.11 Maringá

Oxford living dictionaries disponível em:  
<https://en.oxforddictionaries.com/definition/natural> acesso em: 07/12/2017

Programa Nacional de Educação Ambiental - ProNEA / Ministério do Meio Ambiente, Diretoria de Educação Ambiental (2005); Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental, Ed. 3. - Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.102

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Reigota, M. (1995) Meio ambiente e representação social. Cortez, São Paulo

Silva, L.O., Almeida, E.A. (2016) Percepção Ambiental e Sentimento de Pertencimento em Área de Proteção Ambiental Litorânea no Nordeste Brasileiro Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambiental, E-ISSN 1517-1256, v. 33, n.1, p. 192-212

Sorentino, M., Tajber, R. (2007) Políticas estruturantes de educação ambiental Vamos cuidar do Brasil: Conceitos e práticas em educação ambiental na escola, v. 216 Coordenação: Soraia Silva de Mello, Rachel Trajber. – Brasília:

Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental: UNESCO, 248 p.: il.; 23 x 26 cm. Vários colaboradores. ISBN 978-85-60731-01-5

Souto, F.J.B. (2004) A ciência que veio da lama: uma abordagem etnoecologica abrangente das relações ser humano/manguezal na comunidade pesqueira de Acupe, Santo Amaro, Bahia. 319 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

Tuan, Yi-Fu. (1980) Topofilia - Um Estudo da Percepção, Atitudes e valores do Meio Ambiente. São Paulo: DIFEL

Viégas, A., Guimarães, M. (2004) Crianças e educação ambiental na escola: associação necessária para um mundo melhor? p.56-62 in Revista brasileira de educação ambiental / Rede Brasileira de Educação Ambiental – n. 0 – Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental 140 p. v.:il.; 28 cm

Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M. (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, 277, p. 494-499



## Material Suplementar (Anexo I)

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

**I - Título do trabalho experimental:** Percepção de estudantes acerca de áreas de proteção ambiental e funcionamento do ecossistema

**Pesquisadores responsáveis:** Grazielle Santiago da Silva e Carla Rodrigues. Ribas

**Instituição/Departamento:** Universidade Federal de Lavras – Depto. de Biologia

**Telefone para contato:** 35 992467490/35 3829-1927

**Local da coleta de dados:** Januária, Bonito de Minas e Conêgo Marinho.

Prezado (a) Senhor (a):

- Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa, de forma totalmente voluntária, da Universidade Federal de Lavras.
- Antes de concordar em participar desta pesquisa, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento.
- Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decida a participar.
- Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira.
- Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito, não acarretando qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

As informações contidas neste termo visam firmar acordo por escrito, mediante o qual **o responsável pelo menor ou o próprio participante da pesquisa, autoriza sua participação**, com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação. O TCLE deve ser redigido em linguagem acessível ao voluntário de pesquisa.

### II - Objetivos

O objetivo desta pesquisa é avaliar a percepção ambiental de alunos do ensino fundamental I e II de escolas situadas dentro de unidades de conservação (zona rural) e escolas situadas fora de unidades de conservação (cidade).

### III - Justificativa

Saber como os estudantes se relacionam, entendem e percebem o meio ambiente, bem como as relações entre os seres vivos, com outros seres vivos, e dos seres vivos com o ambiente. Fazer essa avaliação se torna uma boa ferramenta para auxiliar nos processos de conservação ambiental.

#### **IV - Procedimentos do Experimento**

##### **Amostra**

Estudantes de 6º e 9º anos de escolas estaduais localizadas nas cidades de Bonito de Minas, Cônego Marinho e Januária, no Norte do estado de Minas Gerais.

##### **Metodologia**

Os estudantes do sexto ano irão realizar colagens de revistas os quais serão solicitados a colarem imagens de recortes naturais e não naturais. Já os estudantes do nono ano faram desenhos lúdicos com a seguinte pergunta para desenvolver o desenho: como você vê o meio ambiente?

#### **V - Riscos Esperados**

Não adesão dos menores pelo fato dos pais ou responsáveis não concordarem com a sua participação.

#### **VI – Benefícios**

Auxiliar no entendimento de questões acerca do funcionamento do ecossistema como as relações entre os seres vivos e destes com o meio ambiente e preencher possíveis lacunas do conhecimento de estudantes sobre os temas abordados na pesquisa.

#### **VII - Retirada do Consentimento**

O responsável pelo menor ou o próprio sujeito tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo ao atendimento a que está sendo ou será submetido.

#### **VIII – Critérios Para Suspender Ou Encerrar A Pesquisa**

Não adesão dos participantes por falta de interesse ou por se sentirem coagidos.

#### **IX - Consentimento Pós-Informação**

##### **PARTICIPANTE MENOR DE IDADE**

Eu(Responsável pelo menor)\_\_\_\_\_,  
responsável pelo menor (nome do  
estudante)\_\_\_\_\_, certifico que,  
tendo lido as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou  
plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do  
trabalho de pesquisa exposto acima.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

NOME (legível do responsável) \_\_\_\_\_

RG do responsável \_\_\_\_\_

ASSINATURA (do responsável) \_\_\_\_\_

**ATENÇÃO:** A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da UFLA. Endereço – Campus Universitário da UFLA, Pró-reitoria de pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 3829-5182.

**Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.**

*No caso de qualquer emergência entrar em contato com o pesquisador responsável no Departamento de Biologia. Telefones de contato: 035 3829-1927/1924*