



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

PPG Ecologia & Conservação

Universidade Estadual de Santa Cruz

**EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO E PERDA DE HABITAT SOBRE A
DIVERSIDADE DE GRUPOS FUNCIONAIS DE FORMIGAS DE SOLO NA
MATA ATLÂNTICA**

Orientador/e-mail: Prof. Dr. Jacques Hubert Charles Delabie/ jacques.delabie@gmail.com

Nome do Candidato/e-mail: Roberta de Jesus Santos/ beta.biologia@gmail.com

Nível: Doutorado

Linha de pesquisa do curso na qual o projeto se encaixa: Ecologia e conservação de comunidades, ecossistemas e paisagens

Ilhéus 25/10/2016

RESUMO

A Mata Atlântica figura entre as florestas tropicais que têm sua biodiversidade ameaçada pelos processos de fragmentação e perda habitat. Alterações na paisagem modificam também aspectos diversos das comunidades biológicas, como é o caso da estrutura e composição de grupos funcionais. Os grupos funcionais são utilizados com sucesso em estudos de bioindicação e possibilitam uma compreensão mais abrangente e preditiva das respostas das comunidades biológicas a uma perturbação. Esse projeto tem como objetivo principal verificar o efeito da fragmentação e perda de habitat e/ou dos fatores geográficos (latitude, altitude, precipitações, principalmente) sobre diversidade de grupos funcionais de Formicidae na Mata Atlântica da Bahia. Com base em um banco de dados de Formicidae da Mata Atlântica e de um estudo preliminar sobre a influência de fatores geográficos sobre os grupos funcionais de formigas desse bioma no estado da Bahia, serão feitas inferências sobre a organização das comunidades de formigas em grupos funcionais quando submetidas à influência antrópica, as alterações na composição e/ou perda de componentes e a sensibilidade desses grupos à fragmentação e perda de habitat. Serão utilizados diferentes modelos estatísticos (NMDS, regressões, etc) a fim de avaliar a influência da fragmentação e perda de habitat e/ou dos fatores geográficos sobre grupos funcionais de formigas da Mata Atlântica. Com esse estudo será produzida uma ferramenta de biomonitoramento de ambientes florestais e conhecimentos que poderão fornecer subsídios à elaboração de estratégias de gestão que visem à conservação da biodiversidade e dos processos ecológicos relacionados à mesma.

Palavras-chave: Grupos funcionais, Fragmentação, Perda de habitat, Formicidae, Mata Atlântica, Biomonitoramento.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica brasileira é um bioma com alta diversidade, taxa de endemismo e variedade de paisagens (Morellato & Haddad, 2000; Pinto & Brito, 2005), porém tem sua integridade e biodiversidade ameaçadas pela fragmentação e perda de habitat. Esses processos, juntamente com outras ameaças, são responsáveis pela redução da biodiversidade em escalas locais, regionais e globais (Primack & Rodrigues, 2001; Crist, 2008).

A remoção de determinados organismos pode enfraquecer a estrutura do ecossistema (Cox & Moore, 2005), em virtude de alguns serviços serem peculiares, particularmente dependentes e realizados por espécies com habilidades únicas ou com um papel chave em diferentes processos ecossistêmicos, como fixação de oxigênio e predação por espécies chaves, respectivamente (Jeffries, 1997). Uma forma de agrupar espécies com efeitos ecológicos semelhantes sobre determinados processos de ecossistemas é a classificação destas em guildas e/ou grupos funcionais (Wilson, 1999).

Os agrupamentos de espécies em guildas e/ou grupos funcionais podem ser utilizados para compreender como os organismos são afetados pela ação antrópica. Segundo Brandão *et al.* (2012), componentes ou mesmo guildas inteiras podem desaparecer quando ocorre perda de habitat e simplificação dos ambientes. Guildas são agrupamentos de espécies que utilizam os mesmos recursos de forma semelhante, com estratégias similares na ocupação de seus nichos (Root, 1967; Terborgh & Robinson, 1986). Os grupos funcionais caracterizam agrupamentos de diferentes espécies que utilizam um mesmo recurso e proveem uma determinada função ecossistêmica similar (Blondel, 2003).

Animais com elevada abundância e capacidade de resposta a modificações na estrutura dos sistemas naturais, tais como as formigas (Hymenoptera: Formicidae), podem ser agrupados em categorias funcionais, permitindo avaliar o estado e a condição do ambiente (Longino & Colwell, 1997; Delabie *et al.*, 2000). As formigas destacam-se, também, por sua onipresença, diversidade e papéis funcionais que desempenham nos ecossistemas (Hölldobler & Wilson 1990; Fowler *et al.*, 1991; Crist, 2008); além de serem um componente valioso para qualquer proposta de biomonitoramento (Underwood & Fisher, 2006).

Estudos realizados na Austrália evidenciaram a variação da abundância de grupos funcionais de formigas em ambientes afetados por estresse e distúrbios (Greenslade, 1978;

Andersen, 1995). Na região neotropical, a utilização do conceito de grupos funcionais ou guildas facilitou a compreensão da estrutura e dos fatores que determinam a organização das comunidades de formigas (Brandão *et al.*, 2012). No Brasil, já foram realizados estudos de caracterização de guildas de formigas na Mata Atlântica (Delabie *et al.*, 2000; Silva & Brandão 2010) e no Cerrado (Silvestre *et al.*, 2003). Tais estudos contribuíram para a elaboração do esquema de classificação da mirmecofauna da Mata Atlântica em guildas (Brandão *et al.*, 2012).

Os grupos funcionais conferem uma compreensão mais abrangente e preditiva das respostas das comunidades biológicas a uma determinada perturbação (Andersen 1997) e sofrem alterações em sua composição devido à perda e fragmentação de habitat (Crist, 2008). Assim, o presente estudo permitirá a compreensão de como os grupos funcionais de formigas da Mata Atlântica são afetadas pela fragmentação e redução de habitat. Além de possibilitar a produção de conhecimento de cunho científico, útil no embasamento de políticas públicas que visem à proteção e à conservação da biodiversidade da Mata Atlântica.

OBJETIVOS

O objetivo principal deste projeto é verificar se a distribuição dos grupos funcionais de Formicidae na Mata Atlântica da Bahia é influenciada por um gradiente de redução de cobertura florestal decorrente da fragmentação e perda de habitat e/ou é sustentada pela geografia (latitude, altitude e precipitação) da região estudada.

Objetivos específicos

- Examinar se existe um padrão de distribuição de grupos funcionais de Formicidae na Mata Atlântica da Bahia relacionado a aspectos geográficos (latitude, altitude e precipitação) da região de estudo;
- Verificar se existe uma relação entre o número de grupos funcionais e a diminuição de cobertura vegetal/ perda de habitat na Mata Atlântica;
- Investigar se ocorre o desaparecimento de grupos funcionais de Formicidae ou de seus componentes em função da redução da quantidade de floresta ao nível de paisagem, regional e local, na Mata Atlântica da Bahia;

- Averiguar como a diversidade dos grupos funcionais varia ao longo do gradiente de diminuição cobertura florestal ao nível de paisagem, regional e local, na Mata Atlântica da Bahia;
- Inferir se a diversidade morfológica das comunidades de Formicidae é influenciada pela quantidade de cobertura florestal em um contexto de fragmentação e perda de habitat na Mata Atlântica;
- Identificar quais grupos funcionais são sensíveis à fragmentação e perda de habitat na Floresta Atlântica;
- Desenvolver uma ferramenta de biomonitoramento de ambientes florestais da Mata Atlântica baseada em grupos funcionais de formigas.

JUSTIFICATIVA

Com este projeto, pretende-se produzir informações e ferramentas práticas que poderão ser usados para embasar a elaboração de políticas públicas mais eficazes com a finalidade de conservar os remanescentes da fragilizada Mata Atlântica e, conseqüentemente, a biodiversidade presente nesse bioma. Pois o mesmo investigará como a fragmentação e perda de habitat afetam os grupos funcionais, responsáveis por processos ecológicos importantes. Isso se dá porque as formigas estão relacionadas à manutenção da biodiversidade e importantes papéis ecológicos, tais como reciclagem de nutrientes, dispersão de sementes, controle de populações de outros artrópodes e formação e estruturação das camadas superficiais do solo (Hölldobler & Wilson, 1990; Caetano *et al.*, 2002). Além disso, a utilização dos grupos funcionais tem um caráter de bioindicação mais confiável, uma vez que estes têm sua composição alterada ou até mesmo desaparecem em resposta a determinadas perturbações ambientais (Andersen 1997, Brandão *et al.*, 2012). Desse modo, este estudo contribuirá para a criação de uma ferramenta de biomonitoramento de ambientes florestais.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, será utilizado um banco de dados (>5000 registros) obtido a partir de séries de coletas realizadas nos anos de 2011 e 2012 em 11 municípios (Figura 2) localizados no bioma da Mata Atlântica estado da Bahia.

Área de estudo

A área de estudo corresponde à região de abrangência da Mata Atlântica no estado da Bahia, definida com base no mapa da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de 2008. No mapa, foram distribuídos aleatoriamente, de maneira virtual, 1.500 quadrados de 6x6 km, dispostos ao longo dessa região, que constituíram o centro de quadrados maiores de 18x18 km (Figura 1). Isso permitiu que o quadrado de porcentagem diferente de cobertura florestal da área amostral (quadrados de 6x6 km) não funcionasse como uma área fonte de espécies.

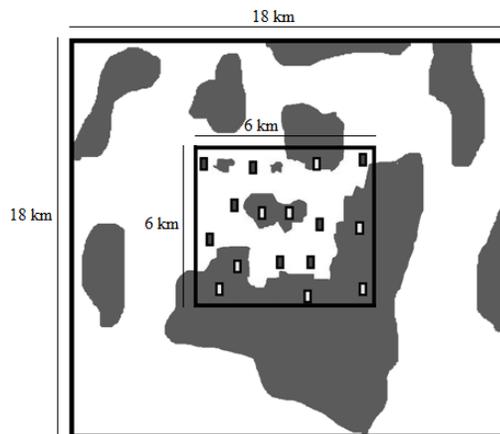


Figura 1. Modelo de amostragem das paisagens da Floresta Atlântica estudadas

O controle da porcentagem de cobertura florestal dos quadrados de 6x6 km, variou ao longo de um gradiente de 5% a 60%, com intervalos de 5% da cobertura de floresta. Por fim, foi obtido um universo amostral com quadrados de 6x6 km (totalizando 39 km² ou 3.600 ha) ao longo do estado da Bahia, a partir do qual foram sorteadas 11 localidades (quadrados de 6x6 km) (Figura 2). Para a validação das localidades, foram usados três critérios adicionais: controle da qualidade da fisionomia não florestal circundante mais comum (matriz formada apenas por pasto

e/ou plantações herbáceas), controle do estágio de sucessão vegetal dos remanescentes florestais, limitando os estágios médio e avançado de regeneração e controle da distância mínima entre réplicas espaciais dentro da paisagem. Para manter a independência espacial entre as réplicas e sortear as unidades amostrais, cada fragmento de paisagem de 6x6 km foi dividida em quadrículas de 600x600 m (totalizando 100 amostras quadradas), sendo adotados intervalos mínimos de 600m. Em uma escala local, as quadrículas também apresentam proporções distintas de cobertura florestal entre elas e em relação à escala de paisagem.

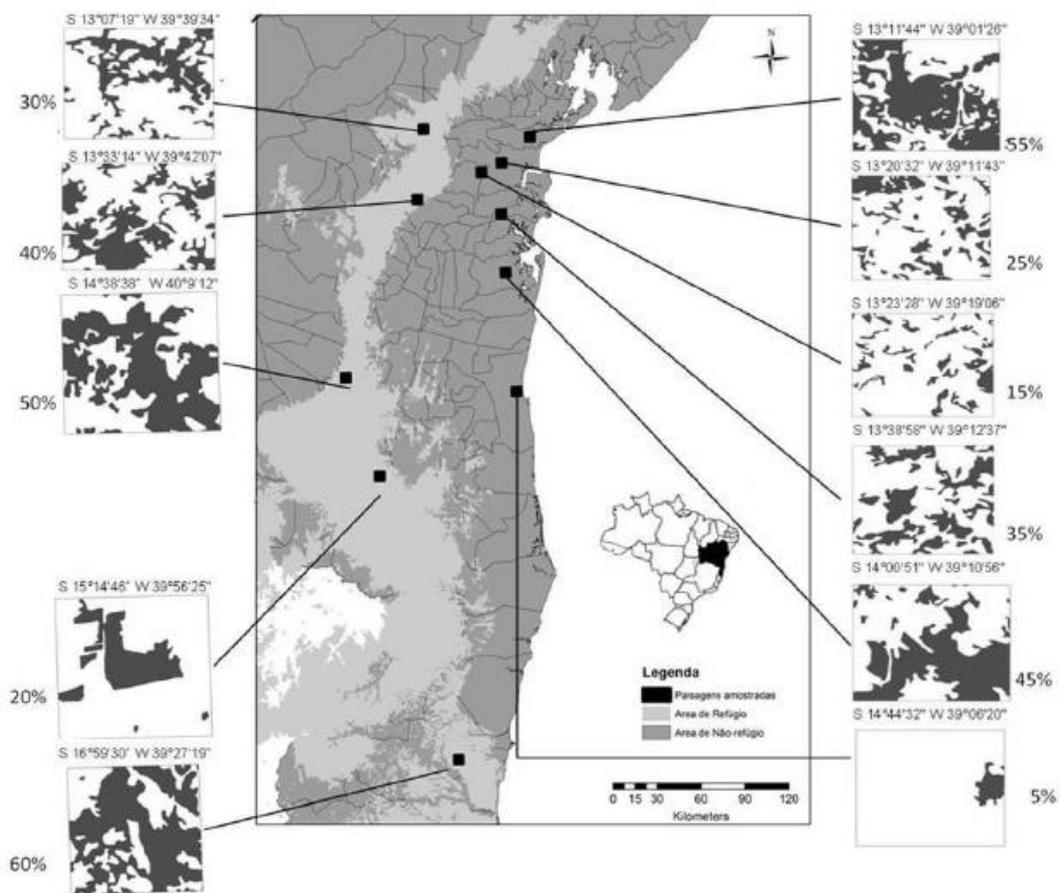


Figura 2. Localização das paisagens amostradas (Ilhéus (5%), Presidente Tancredo Neves (15%), Itapetinga (20%), Valença (25%), Ubaíra (30%), Nilo Peçanha (35%), Wenceslau Guimarães (40%), Camamu (45%) Iguaí (50%), Jaguaripe (55%) e Itamaraju (60%)) na Mata Atlântica do estado da Bahia.

Delineamento amostral

As localidades (Tabela 1) foram definidas por sorteio, de maneira escalonada, ao longo de

um gradiente de 5% a 60% de cobertura florestal, variando a cada 5%. Em cada localidade foram sorteadas 16 quadrículas, destas, oito em área de floresta e oito na matriz não florestada. A amostragem na matriz permite que se tenha a composição das formigas raras ou que não ocorram na matriz, ou seja, a mirmecofauna típica de floresta. Foram amostradas 10 paisagens no ano de 2011 e duas paisagens no ano de 2012. A sequência das paisagens amostradas em cada ano foi determinada por sorteio aleatório.

Tabela 1. Localidades amostradas na Mata Atlântica do estado da Bahia

Localidades	Porcentagem de cobertura florestal	Coordenadas Geográficas
Ilhéus	5%	S14°44'32" W39°06'20"
Presidente Tancredo Neves	15%	S13°23'28" W39°19'06"
Itapetinga	20%	S15°14'46" W39°56'25"
Valença	25%	S13°20'32" W39°11'43"
Ubaíra	30%	S13°07'19" W39°39'34"
Nilo Peçanha	35%	S13°38'58" W39°12'37"
Wenceslau Guimarães	40%	S13°33'14" W39°42'07"
Camamu	45%	S14°00'51" W39°10'56"
Iguaí	50%	S14°38'38" W40°09'12"
Jaguaripe	55%	S13°11'44" W39°01'26"
Itamarajú	60%	S16°59'30" W39°27'19"

Amostragem da mirmecofauna

A coleta das formigas foi realizada com armadilhas de queda e amostras de serapilheira (autorizada pela licença de coleta de número 12023-1 do IBAMA/ICMBio). Nos ambientes de floresta e matriz de cada parcela, foi marcado um transecto de 90 m, com sítio de amostragem a cada intervalo de 10 metros. Em cada sítio de amostragem, foram montadas quatro armadilhas do tipo pitfall, totalizando 40 delas por parcela. Como armadilhas deste tipo, utilizaram-se potes plásticos de 500 ml e 15 cm de altura, dispostos em forma de Y, ligados por uma faixa de lona rente ao solo que ficaram em campo por 5 dias. Em cada pote foi colocado 150 ml de álcool a 90%, com a finalidade de conservar as formigas capturadas, e a cada dois dias, foi realizada uma

vistoria do transecto para acompanhamento e complementação da quantidade de álcool nos pitfalls.

Foi coletado, também, folhiço em quatro pontos do transecto, em intervalos de 20 metros, totalizando 1m² de serapilheira, posteriormente colocada no extrator de Winkler, por 48 horas. As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos contendo álcool a 90% e seu conteúdo posteriormente triado no laboratório.

As formigas coletadas foram primeiramente separadas em morfoespécies, sendo posteriormente identificadas no Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisa do Cacau, tendo como bases uma coleção de referência e a literatura especializada consultável em Antwiki [www.mediawiki.org, 20.viii.2015].

Morfometria e diversidade morfológica de Formicidae

A classificação de espécies de formigas em grupos funcionais será realizada de acordo com critérios morfológicos similares ou derivados de informações obtidas em estudos já publicados, como por exemplo: Hölldobler & Wilson, 1990; Majer & Delabie, 1994; Silva & Brandão, 2010; Agosti, 2015. A diversidade morfológica será estimada com base nas características morfológicas de cada espécie de formigas das diferentes localidades, para isso serão utilizados 18 caracteres quantitativos relativos ao tamanho e também comportamento de forrageamento das espécies (Silva & Brandão, 2010). Na ausência de castas completas, comum em algumas espécies polimórficas, serão medidas as operárias menores. As medições serão feitas com o estereomicroscópio binocular (Leica M165C), equipado com micrômetros oculares de diferentes níveis de aproximação de modo que seja possível manter todas as estruturas medidas dentro da gama do micrômetro ocular adequado.

Grupos funcionais de formigas como bioindicadores

Nos trabalhos de biomonitoramento, diferentes métricas como, riqueza, abundância, diversidade, composição de comunidades e de grupos funcionais de Formicidae já foram utilizados para avaliar as respostas desse taxa a impactos de mineração e de pastoreio, manejo florestal, manejo para restauração e reabilitação de áreas de mineração (Majer 1983; Majer, 1992;

Burbidge et al. 1992; Neumann, 1992; Read, 1996; Majer & Nichols 1998; Hoffmann *et al.*, 2000; Read & Andersen 2000; Vanderwoude *et al.*, 2000; Woinarski *et al.* 2002; Pereira *et al.*, 2007). Desse modo, os dados obtidos sobre riqueza, composição, diversidade e sensibilidade dos grupos funcionais de Formicidae relacionado com a redução de cobertura de floresta, ao longo das localidades da Mata Atlântica, sob um contexto de fragmentação e perda de habitat, possibilitarão o uso de tais informações como parâmetro indicativo da qualidade dos ambientes florestais.

Análises de dados

O número de grupos funcionais usado nas análises será obtido através da frequência de ocorrência de espécies de cada grupo funcional no total de amostras de cada parcela por localidade estudada. Para identificar se existe relação do número de grupos funcionais com latitude, altitude e precipitação, serão utilizados os modelos lineares generalizados (GLMs), ou não lineares, com distribuição de erros de Poisson, uma vez que os dados de contagem de grupos funcionais são discretos. As análises serão realizadas separadamente para cada variável geográfica citada acima. Também será usado modelo linear generalizado ou não linear, com distribuição de erros de Poisson, para verificar a existência de relação do número de grupos funcionais com o gradiente de redução de cobertura florestal/perda de habitat. Para selecionar o modelo mais parcimonioso que melhor se adequa a distribuição dos dados será utilizado critério de informação Akaike (AIC) e será selecionado o modelo que apresentar o menor valor de AIC (AKAIKE, 1983).

Para investigar se ocorre o desaparecimento dos grupos funcionais de Formicidae e de seus componentes ao longo do gradiente de redução da quantidade de floresta ao nível de paisagem, regional e local, na Mata Atlântica da Bahia, será realizado o teste qui-quadrado ($\alpha = 0,05$) com fator de correção de Yates. Com isso, será investigado se o número de grupos funcionais e o número de espécies por grupo funcional diferem entre cada transecto dentro de cada localidade (escala local), parcela por localidade (escala regional) e localidade (escala de paisagem).

Para testar como varia a diversidade de grupos funcionais em função da redução de cobertura vegetal/ perda de habitat ao nível de paisagem, regional e local será realizada uma

análise de partição aditiva da diversidade (Veech *et al.*, 2002). Para isso, será usado o particionamento aditivo $\text{gama} = \text{alfa} + \text{beta}$, onde gama representa número de grupos funcionais no total, alfa representa a média do número de grupos funcionais em escala local, e beta representa uma medida para a diferenciação o número de grupos funcionais nas parcelas. Neste estudo, a diversidade de grupos funcionais de formigas será dividida nas seguintes escalas espaciais: número de grupos funcionais no total de amostras em cada transecto dentro de cada localidade (escala local - diversidade alfa), número de grupos funcionais em cada parcela por localidade (escala regional - beta 1) e número de grupos funcionais em cada localidade (escala de paisagem - beta 2). As análises serão realizadas com o uso do pacote Vegan no software R v. 3.0 (R Development Core Team 2013).

A diversidade morfológica será estimada com base nas características morfológicas de cada espécie de formigas presente nas diferentes localidades do estudo. A diversidade morfológica para cada espécie, consiste nos valores médios que serão calculados a partir das medidas das características individuais (Silva & Brandão, 2010). Será utilizado o modelo generalizado linear, com distribuição de erros de Poisson, para avaliar os efeitos da redução de cobertura florestal devido à fragmentação e perda de habitat, sobre diversidade morfológica.

A sensibilidade dos grupos funcionais à fragmentação e perda de habitat na Floresta Atlântica será verificada com a utilização da Análise Multivariada Permutacional de Variância (PERMANOVA, anteriormente conhecida como Manova não-paramétrica) (Anderson 2001) que avaliará se existe mudança na composição dos grupos funcionais ao longo das diferentes localidades. A significância estatística será obtida através de comparações com um modelo nulo (999 permutações da matriz original). Para ilustrar o padrão da composição de grupos funcionais nas localidades, será usado um NMDS (non-metric multidimensional scaling) usando o índice de similaridade de Jaccard, adequado para matrizes de presença e ausência. As análises de dados serão feitas com o software R 3.0.1 (R Development Core Team, 2013), com o auxílio do pacote Vegan. Com a finalidade de identificar as espécies bioindicadoras dos grupos funcionais ao longo do gradiente de cobertura florestal será utilizado o Indicador Species Analysis (IndVal), que em consideração a presença e frequência das espécies dos grupos funcionais nas amostras de cada localidade. Cada espécie recebe um valor indicador (que varia de 0%, ou nenhuma indicação, a 100%, ou uma indicação perfeita). A significância dos valores máximos de indicação para cada espécie será avaliada utilizando testes de aleatorização de Monte Carlo (499 Interações e nível de

significância = 0,01). Os testes serão realizados no software PC-ORD (v. 6.0) (McCune & Mefford, 2011).

As informações relativas as espécies bioindicadoras dos grupos funcionais e a vulnerabilidade de alguns grupos funcionais à diminuição da quantidade de floresta tem um caráter bioindicativo. Desse modo, ausência e/ ou presença de determinados componentes e/ou grupos funcionais constitui um parâmetro confiável que poderá ser usado como ferramenta de biomonitoramento da qualidade dos ambientes florestais.

FINANCIAMENTOS OBTIDOS OU FONTES QUE PRETENDE PEDIR FINANCIAMENTO:

Caso seja necessário completar as informações e o banco de dados já disponíveis, coletas suplementares poderão ser custeadas parcialmente pelo projeto da FAPESB (já aprovado): “Padrões de distribuição e diversidade de formigas em diferentes biomas do estado da Bahia”.

REFERÊNCIAS

AGOSTI, D. Antbase.org / Social Insects World Wide Web. <http://www.antbase.org>. 2015.

AKAIKE, H. Information measures and model selection. International Statistical Institute, v.44, p.277 - 291, 1983.

ANDERSEN, A.N. A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *J. Biogeogr.* 20, 15-29. 1995.

ANDERSEN, A.N. Ants as indicators of ecosystem restoration following mining: a functional group approach. *Pacific Conservation Biology*, in press. 1997.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46. 2001.

BRANDAO, C. R. F.; SILVA, R. R. & DELABIE, J. C. Neotropical Ants (Hymenoptera) Functional Groups: Nutritional and Applied Implications. In: Panizzi, A. R.; Panizzi, J. R. P. (Eds.). *Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management*. Boca Raton: CRS Press, v. p. 213-236. 2012.

- BLONDEL, J. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos* 100: 223-231. 2003.
- BURBIDGE A. H.; LEICESTER K.; MCDAVITT S. & MAJER J. D. Ants as indicators of disturbance at Yanchep National Park, Western Australia. *J. R. Soc. WA* 75, 89–95. 1992.
- CAETANO, F. H.; K. JAFFÉ & F. J. ZARA. *Formigas: biologia e anatomia*. Rio Claro: Editora Topázio, 131 p. 2002.
- COX, B. C. & P. D. MOORE. *Biogeography: An ecological and evolutionary approach*. 7th ed., Blackwell Scientific, Oxford. 326 p. 2005.
- CRIST, T. O. Biodiversity, species interactions, and functional roles of ants (Hymenoptera: Formicidae) in fragmented landscapes: a review. *Myrmecological News*. 12, 3-13. 2008.
- DELABIE, J. H. C., D. AGOSTI & I. C. NASCIMENTO. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In *Sampling Ground-Dwelling Ants: Case Studies from the World's Rain Forests*, ed. D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. T. ALONSO, & T. R. SCHULTZ, 1–17. Perth, Australia: Curtin University, School of Environmental Biology Bulletin No. 18. 2000.
- FOWLER, H. G; FORTI, L. C; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C. & VASCONCELOS, H. L. *Ecologia Nutricional de formigas*, *In: Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Maneio de Pragas*. Ed. Manole, São Paulo, 1991.
- GREENSLADE, P.J.M. Ants. The physical and biological features of Kunoth paddock in central Australia (ed. by W.A. Low), pp. 109-113. CSIRO Division of Land Resources Technical Paper No. 4, Canberra, Australia. 1978.
- HOFFMANN B. D., GRIFFITHS A. D. & ANDERSEN A. N. Response of ant communities to dry sulfur deposition from mining emissions in semi-arid northern Australia, with implications for the use of functional groups. *Austral Ecol.* 25, 653–63. 2000.
- HÖLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press, 1990.
- JEFFRIES, M. J. *Biodiversity and Conservation: Routledge Introductions to Environment*. London and New York: Routledge. 208p. 1997.
- LONGINO, J.T. & COLWELL, R. K. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications*, 6(4): 1263-77. 1997.
- MAJER J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environ. Manage.* 7, 375–83. 1983.
- MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Pocos de Caldas, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 8:97-108. 1992.

MAJER, J. D. & DELABIE, J. H. C. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forest at Trombetas in the Brazilian Amazon. *Insectes Sociaux* 343-339. 1994.

MAJER J. D. & NICHOLS O. G. Long-term recolonisation patterns of ants in Western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success. *J. Appl. Ecol.* 35, 161–82. 1998.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. version 6.0. Glenden Beach, Oregon, U.S.A.: MjM Software, 2011.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32: 786-792. 2000.

NEUMANN F. G. Responses of foraging ant populations to high intensity wildfire, salvage logging and natural regeneration processes in *Eucalyptus regnans* regrowth forest of the Victorian central highlands. *Aust. For.* 55, 29–38. 1992.

Pereira, M.P.S.; Queiroz, J.M.; Valcarcel, R.; Mayhé-Nunes, A.J. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na olha da madeira, Itaguaí, RJ. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, jul-set, 2007.

PINTO, L. P. & BRITO, M. C. W. Dinâmica da perda da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira: uma introdução. In: *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*. (ed. por Galindo-Leal, C., Câmara, I. G), Belo Horizonte: Conservação Internacional, p. 27-30. 2005.

PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. Ameaças à diversidade biológica. *Biologia da*

R Development Core Team. 2015. R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, <http://www.r-project.org>. Accessed 03/06/2013.

READ J. J. Use of ants to monitor environmental impacts of salt spray from a mine in arid Australia. *Biodivers. Conserv.* 5, 1533–43. 1996.

READ J. L. & ANDERSEN A. N. The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed cattle grazing at an Australian arid zone locality. *J. Arid Environ.* 45, 231–51. 2000.

ROOT, R. B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. – *Ecol. Monogr.* 37: 317–350. 1967.

SILVA, R. R. & C. R. F. BRANDÃO. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. *Ecol. Monogr.* 80:107–24. 2010.

SILVESTRE, R.; C. R. F. BRANDÃO, & R. R. SILVA. Gremios funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. In *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*, ed. F. Fernández, 113–48. Bogotá, Colombia: Fundación Humboldt. 2003.

TERBORGH, & J.ROBINSON, S. Guilds and their utility in ecology. – In: Kikkawa, J. and Anderson, D. J. (eds), Community ecology: pattern and process. Blackwell, pp. 65–90. 1986.

UNDERWOOD, E. C. & FISHER, B. L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biological conservation* 132, 166-182. 2006.

VANDERWOUDE C.; LOBRY DE BRUYN L. A. & HOUSE A. P. N. Long-term ant community responses to selective harvesting of timber from spotted gum (*Corymbia variegata*)-dominated forests in south-east Queensland. *Ecol. Manage. Restor.* 1, 204–13. 2000.

VEECH, J. A.; SUMMERVILLE, K. S.; CRIST, T. O.; GERING, J. C. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99: 1-9. 2002.

WILSON, J. B. Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos* 86: 507-522. 1999.

WOINARSKI J. C. Z.; ANDERSEN A. N.; CHURCHILL T. B. & ASH A. J. Response of ant and terrestrial spider assemblages to pastoral and military land use, and to landscape position, in a tropical savanna woodland in northern Australia. *Austral Ecol.* 27, 324–33. 2002.

