

TESTANDO O ÍNDICE “VALOR INDICADOR INDIVIDUAL” DE DUFRÊNE & LEGENDRE SOBRE UMA GRANDE SÉRIE DE DADOS DE FORMIGAS DA SERAPILHEIRA DO SUDESTE DA BAHIA

I.C. Nascimento^{1*}, S. Campiolo², J.H.C. Delabie^{1,3}

¹Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/Convênio Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Pesquisas do Cacau, Laboratório de Mirmecologia, CP 7, CEP 45600-000, Itabuna, BA, Brasil. E-mail: icardoso@hotmail.com

A utilização de organismos como indicadores biológicos vêm tomando uma posição de destaque na biologia da conservação e ecologia aplicada. Em função da ação do homem sobre os ambientes naturais como nas práticas agrícolas, implantações de grandes projetos urbanos ou construção de estradas, técnicas são necessárias para medir o impacto causado nos ambientes naturais. Nesse contexto, espécies que são fortemente relacionadas com locais de alta diversidade são especialmente úteis como bioindicadoras, porque podem ser priorizadas nas medidas de conservação e monitoramento dos ambientes (OLIVIER & BEATTIE, 1996).

Em ecossistemas aquáticos, a utilização de organismos bioindicadores apresenta uma longa história de sucesso (ANDERSEN, 1999), onde a estrutura e a composição de assembléias de macroinvertebrados são comumente utilizadas como medida de “saúde” dos ecossistemas. Em ambientes terrestres, os estudos têm sido intensificados nos últimos anos, sendo os artrópodes, em especial a classe Insecta, um grupo onde se têm dispensado atenção especial, sobretudo nos taxa mais diversos (ROSENBERG *et al.*, 1986), com destaque para Lepidoptera (BASSET *et al.*, 1998), Coleoptera (MCGEOCH *et al.*, 2002; HOLLAND, 2007) e Hymenoptera, especialmente formigas (MAJER, 1983; KASPARI & MAJER, 2000; ANDERSEN, 2002; UNDERWOOD & FISHER, 2006).

O uso de formigas está sendo cada vez mais reconhecido como ferramenta útil para monitorar a conservação ou degradação dos ecossistemas em função de uma série de fatores atribuídos as suas características ecológicas (UNDERWOOD & FISHER, 2006). Entre as quais, podemos destacar i) é rapidamente amostrada e monitorada (AGOSTI & ALONSO, 2000); ii) representa um grupo diverso e de importância biológica nos ecossistemas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990); iii) apresenta uma relação de diversidade com outros taxa (MAJER, 1983); e iv) responde rapidamente à perturbação do ambiente (PECK *et al.*, 1998).

Um método relativamente simples de ser utilizado para quantificar o “valor de bioindicação” de um organismo é seu Valor Indicador Individual (*IndVal*), desenvolvido por DUFRÊNE & LEGENDRE (1997). Este método combina o grau de especificidade de uma determinada espécie para um status ecológico, por exemplo, tipo de habitat e sua fidelidade dentro do status, medida através da sua percentagem de ocorrência (MCGEOCH *et al.*, 2002). O método de *IndVal* apresenta algumas vantagens quando comparado com outros métodos de bioindicação (MCGEOCH & CHOWN, 1998). Por exemplo, o *IndVal* é calculado para cada espécie de maneira independente e não há restrição do modo de categorização dos sítios (habitats), que podem ser agrupar subjetivamente ou quantitativamente (MCGEOCH & CHOWN, 1998).

Nesse trabalho foi testado o *IndVal* para 383 espécies de formigas coletas em diferentes paisagens sob domínio da Mata Atlântica do Sudeste da Bahia, com o objetivo de determinar quais espécies são capazes de melhor categorizar (medida de bioindicação) ambientes com diferentes graus de antropização.

As coletas foram realizadas entre os anos de 1997 e 2002 na faixa litorânea limitada ao norte pelo Município de Marau (14°10'S 39°04'W) e ao sul pelo Município de Canavieiras (15°39'S 38°58'W) no sudeste do Estado da Bahia. As amostras foram realizadas em 39 sítios amostrais, sendo 13 para cada um dos ambientes estudados (Mata, Cacaual e Pastagem). Em cada fragmento foram retiradas 50 amostras de 1 m² de serapilheira, a intervalos de 50 metros. Posteriormente, a serapilheira de cada amostra foi acondicionada numa armadilha de Winkler (“Mini-Winkler”) (BESTELMEYER *et al.*, 2000) onde permaneceu por um período de 72 horas. O material biológico foi processado no Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau CEPLAC/CEPEC, onde a coleção de referência encontra-se depositada.

O *IndVal* foi calculado como proposto por DUFRÊNE & LEGENDRE (1997) utilizando o PCOrd (MCCUNE & MEFFORD, 1997). Neste caso, cada espécie recebeu uma

²Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Biológicas, Ilhéus-Bahia, Brasil.

³Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Ilhéus-Bahia, Brasil.

*Bolsista de Pós-Doutorado – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

codificação diferente, e os ambientes, também codificados, foram confrontados diante da matriz geral de espécies coletadas. Esta análise de espécies indicadoras emite um valor de 0 a 100%, onde zero equivale à não-indicação da espécie como indicador para determinado ambiente e 100 indica que a ocor-

rência de determinada espécie é característica do ambiente. Foi então realizada uma análise estatística de significância usando o teste de Monte Carlo. Foram realizadas 1.000 randomizações para determinar a significância estatística dos indicadores ($p < 0,05$).

Tabela 1 - Valor individual de indicação (*IndVal*) de formigas amostradas com armadilhas de Winkler no Sudeste da Bahia, entre os anos de 1997 a 2002, em áreas de mata, cacaua e pastagem.

Espécies	Valor da indicação (<i>IndVal</i>)	Ranking de indicação	p	Ambiente indicado
<i>Acropyga fuhrmanni</i>	71,6	4	<0,000	Mata
<i>Apterostigma auriculatum</i>	71,6	5	<0,000	Mata
<i>Hylomyrma immanis</i>	58,2	7	0,001	Mata
<i>Pheidole</i> sp. gp. <i>flavens</i>	58,2	9	0,002	Mata
<i>Pheidole</i> sp. gp. <i>transversostrata</i>	54,9	11	0,001	Mata
<i>Pyramica crassicornis</i>	53,8	12	0,001	Mata
<i>Hypoponera</i> sp. gp. <i>foreli</i>	47,1	22	0,001	Mata
<i>Pheidole</i> sp.19	46,2	24	0,003	Mata
<i>Apterostigma</i> sp. complexo <i>pilosum</i>	41,9	32	0,009	Mata
<i>Blepharidatta</i> sp.	41,9	33	0,009	Mata
<i>Prionopelta antillana</i>	41,5	35	0,017	Mata
<i>Camponotus canescens</i>	38,5	43	0,007	Mata
<i>Wasmannia lutzi</i>	38,5	45	0,008	Mata
<i>Apterostigma acre</i>	38,5	42	0,01	Mata
<i>Azteca</i> sp.1	34,6	48	0,032	Mata
<i>Cryptomyrmex longinodus</i>	30,8	54	0,023	Mata
<i>Pheidole</i> sp.21	30,8	58	0,024	Mata
<i>Paratrechina</i> sp.12	30,8	57	0,026	Mata
<i>Dolichoderus lutosus</i>	30,8	55	0,03	Mata
<i>Pheidole</i> sp.7	30,8	59	0,03	Mata
<i>Brachymyrmex</i> sp.2	30,8	53	0,034	Mata
<i>Pachycondyla venusta</i>	51,7	13	0,003	Mata/Cacaua
<i>Dolichoderus imitator</i>	48,2	18	0,006	Mata/Cacaua
<i>Cyphomyrmex peltatus</i>	48,2	17	0,007	Mata/Cacaua
<i>Rogeria subarmata</i>	48,1	20	0,005	Mata/Cacaua
<i>Odontomachus meinerti</i>	46,4	23	<0,000	Mata/Cacaua
<i>Hylomyrma sagax</i>	44,5	26	0,01	Mata/Cacaua
<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	44,5	27	0,013	Mata/Cacaua
<i>Hypoponera</i> sp.#366	44,3	28	0,017	Mata/Cacaua
<i>Pheidole</i> sp.1	44,3	29	0,033	Mata/Cacaua
<i>Pachycondyla arhuaca</i>	41,5	34	0,016	Mata/Cacaua
<i>Pyramica rugithorax</i>	38,9	41	0,046	Mata/Cacaua
<i>Anochetus simoni</i>	37,9	46	0,036	Mata/Cacaua
<i>Trachymyrmex cornetzi</i>	32,1	52	0,021	Mata/Cacaua
<i>Crematogaster</i> sp.9	41	36	0,013	Mata/Cacaua
<i>Paratrechina</i> sp.5	41	37	0,013	Mata/Cacaua
<i>Pheidole</i> sp. gp. <i>flavens</i>	38,9	40	0,033	Mata/Cacaua
<i>Stegomyrmex vizottoi</i>	34,6	49	0,037	Cacaua
<i>Octostruma petiolata</i>	37,9	47	0,032	Cacaua/Mata
<i>Solenopsis</i> sp.7	50,3	15	0,002	Cacaua/Pastagem
<i>Pyramica eggersi</i>	48,1	19	0,009	Cacaua/Pastagem
<i>Hypoponera</i> sp.#10	42,7	30	0,018	Cacaua/Pastagem

Continua

Tabela 1 - Continuação

Espécies	Valor da indicação (IndVal)	Ranking de indicação	p	Ambiente indicado
<i>Ectatomma brunneum</i>	92,3	1	<0,000	Pastagem
<i>Camponotus leydigii</i>	76,9	2	<0,000	Pastagem
<i>Camponotus crassus</i>	73,8	3	<0,000	Pastagem
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	69,2	6	<0,000	Pastagem
<i>Pheidole</i> sp.24	58,2	8	<0,000	Pastagem
<i>Brachymyrmex</i> sp.3	54,9	10	0,002	Pastagem
<i>Pheidole</i> sp. gp. <i>flavens</i>	51,3	14	0,002	Pastagem
<i>Brachymyrmex</i> sp.11	49,2	16	0,002	Pastagem
<i>Acromyrmex balzani</i>	47,1	21	0,002	Pastagem
<i>Hypoponera opaciceps</i>	45,2	25	0,012	Pastagem
<i>Anochetus inermis</i>	39,6	38	0,012	Pastagem
<i>Monomorium floricola</i>	38,9	39	0,041	Pastagem
<i>Rogeria</i> sp.#229	38,5	44	0,009	Pastagem
<i>Solenopsis globularia</i>	32,1	51	0,028	Pastagem
<i>Dorymyrmex thoracicus</i>	32,1	50	0,033	Pastagem
<i>Strumigenys louisianae</i>	42,3	31	0,042	Pastagem/Cacau
<i>Neivamyrmex</i> sp.1	30,8	56	0,028	Pastagem

Do total das espécies analisadas, 59 (15,4%) apresentaram níveis de indicação significativos (Tabela 1). Dessas, 21 (36%) das espécies eram indicadoras exclusivamente de áreas de mata, 16 (4,2%) de áreas de pastagem e somente uma espécie, *Stegomyrmex vizottoi*, foi exclusivamente indicadora do cacau. Dezesesseis espécies (4,2%) apareceram simultaneamente como indicadoras de mata/cacau (Tabela 1).

Quando observado o ranking de ordenação de indicação, *Ectatomma brunneum*, *Camponotus leydigii* e *Camponotus crassus* foram as espécies que apresentaram maior IndVal, com 92,3%, 76,9% e 73,8%, respectivamente, todas representando exclusivamente áreas de pastagem (Tabela 1). *Ectatomma brunneum* é comum em toda a faixa litorânea do Estado da Bahia e bem adaptada a ambientes altamente antropizados, tais como restingas não arbóreas e todas as formações vegetais secundárias onde predominam gramíneas ou ciperáceas (DELABIE *et al.*, no prelo). *Camponotus crassus* também é uma espécie comum em ambientes naturais que sofreram ação antrópica (MARINHO *et al.*, 2002; LUTINSKI & GARCIA, 2005) e amplamente distribuída também em ambientes urbanos (SOARES *et al.*, 2006).

Das espécies indicadoras exclusivamente de mata *Acropyga fuhrmanni* (IndVal = 71,6%), *Apterostigma auriculatum* (IndVal = 71,6%), *Hylomyrma immanis* (IndVal = 58,2) e *Pheidole* sp. gp. *pallens* (IndVal = 58,2) foram as que apresentaram maior valor de indicação. *Acropyga fuhrmanni* vive em associação com o Pseudococcidae *Neochavesia caldasiae* (DELABIE *et al.*, 2004), sendo encontrada também em cacauais, mas aparece com ampla distribuição nos remanescentes de Mata Atlântica do Sudeste da Bahia. Quanto a *A.*

auriculatum, não descartamos a possibilidade de se tratar na verdade de um complexo de espécies. O grupo é bastante diversificado (LATTKE, 1997), sendo as diferenças entre as espécies que compõem o complexo *auriculatum* bastante discretas. Portanto, é desejável uma investigação mais detalhada de nossos espécimes. No entanto, isso não invalida o status do complexo como todo ser um bom indicador.

Várias espécies foram encontradas como indicadoras de mata e cacau simultaneamente. Apesar de constituir um agro-ecossistema, o plantio do cacau contribui para conservar uma mirmecofauna que se assemelha à da mata nativa (DELABIE *et al.*, 1999, 2007), isso porque a complexidade estrutural de sua vegetação, principalmente dos cacauais plantados sobre o sistema "cabruca" (DELABIE *et al.*, 2007), é bastante parecido, porém simplificado, quando comparado à estrutura da floresta.

Nenhuma espécie foi indicadora simultaneamente para pastagem e mata. A grande especificidade das faunas encontradas nesses dois ambientes reforça a idéia da viabilidade da utilização das formigas como indicadores biológicos. Idealmente seria desejável também que as espécies que foram somente morfotipadas sejam identificadas ao nível específico. No entanto, sabemos que uma ferramenta criada para ser utilizada em ecologia aplicada deve poder ser utilizada por não-especialistas (=não taxonomistas). Portanto espécies ou grupos de espécies com características facilmente definidas são as que devem ser prioritariamente selecionadas para este fim.

Uma gigantesca série amostral com armadilhas de Winkler (aproximadamente 2.750 amostras) provieni-

entes da mesma região onde foi desenvolvido esse estudo, encontra-se atualmente em fase de análise e os resultados poderão ser confrontados com os encontrados no presente estudo, com a fim de afunilar nossas conclusões.

AGRADECIMENTOS

Estudos desenvolvidos com auxílio da CEPLAC, CNPq e FAPESB. ICN agradeço a FAPESB por sua bolsa de Pós-Doutorado, JHCD é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. The All protocol: a standart protocol for colletion of ground-dwelling ants. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T. (Eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Institution Smithsonian Press, 2000. p.204-206.
- ANDERSEN, A.N. My bioindicator or yours? Making the selection. *Journal of Insect Conservation*, v.3, n.2, p.61-64, 1999.
- ANDERSEN, A.N.; HOFFMANN, B.D.; MULLER, W.J.; GRIFFITHS, A.D. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, v.39, p.8-17, 2002.
- BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; MILLER, S.E.; SPRINGATES, N.D. Assessing the impact of forest disturbance on tropical invertebrates: some comments. *Journal of Applied Ecology*, v.35, p.461-466, 1998.
- BESTELMEYER, B.; AGOSTI, D.; ALONSO, L.; BRANDÃO, R.; BROWN, W.; DELABIE, J.H.C.; SILVESTRE, R. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T. (Eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Institution Smithsonian Press: Washington, 2000. p.122-154.
- DELABIE, J.H.C.; NASCIMENTO, I.C.; MARIANO, C.S.F. Importance de l'agriculture cacaoyère pour le maintien de la biodiversité: étude comparée de la myrmécophage de différents milieux du sud-est de Bahia, Brésil (Hymenoptera: Formicidae). In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 12., 1999, Salvador, BA. *Proceedings* Lagos: Cocoa Producer's Alliance, 1999, p.23-30.
- DELABIE, J.H.C.; MARIANO, C.S.F.; SERRÃO, J.E.; POMPOLO, S.G. The karyotype of the aberrant obligate ant-attend mealybug, *Neochavesia caldasiae* (Coccoidea: Pseudococcidae: Rhizoecinae). *Caldasia*, v.26, n.1, p.185-190, 2004.
- DELABIE, J.H.C.; ALVES, H.S.R.; FRANÇA, V.C.; MARTINS, P.T.A.; NASCIMENTO, I.C. Biogeografia das formigas predadoras do gênero *Ectatomma* (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) no leste da Bahia e regiões vizinhas. *Agrotropica*, (no prelo).
- DELABIE, J.H.C.; JAHYNY, B.; NASCIMENTO, I.C.; MARIANO, C.S.F.; LACAU, S.; CAMPIOLO, S.; PHILPOTT, S.M.; LEPONCE, M. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Animal Biodiversity Conservation*, v.16, p.2359-3284, 2007.
- DUPRÉNE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v.67, n.3, p.345-366, 1997.
- HOLLAND, J.D. Sensitivity of Cerambycid biodiversity indicators to definition of high diversity. *Animal Biodiversity Conservation*, v.16, p.2599-2609, 2007.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. *The ants*. Cambridge, Harvard University Press, 1990, 732p.
- KASPARI, M. & MAJER, J.D. Using ants to monitor environmental change. 2000. p.89-98. apud AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T. (Eds.). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Institution Smithsonian Press, 2000.
- LATTKE, J.E. Revisión del género *Apterostigma* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Archivos de Zoología*, v.35, n.5, p.121-221.
- LUTINSKI, J.A. & GARCIA, F.R.M. Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistemas degradados no município de Chapecó, Santa Catarina. *Biotemas*, v.10, n.2, p.73-86, 2005.
- MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N.S.; RAMOS, L.C. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) e área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology*, v.31, n.2, p.187-195, 2002.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. *Multivariate Analysis do Ecological Data*. Version 3.04. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA. 1997.
- MCGEOCH, M.A. & CHOWN, S.L. Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology Evolution*, v.13, p.46-47, 1998.
- MCGEOCH, M.A.; RENSBURG, B.J.V.; BOTES, B. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, v.39, n.4, p.661-672, 2002.
- MAJER, J.D. Ants: bioindicators of minesite rehabilitation, landuse, and land conservation. *Environmental Management*, v.7, n.4, p.375-383, 1983.
- PECK, S.L.; MCQUAID, B.; CAMPBELL, C.L. Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as a biological indicator of Agroecosystem condition. *Environmental Management*, v.27, n.5, p.1102-1110, 1998.
- OLIVIER, I. & BEATTIE, A.J. Designing a cost-effective invertebrates survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applications*, v.6, n.2, p.594-607, 1996.
- ROSENBERG, D.M.; DANKS, H.V.; LEHMKUHL, D.M. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management*, v.10, n.6, p.773-783, 1986.
- SOARES, N.S.; ALMEIDA, L.O.; GONÇALVES, C.A.; MARCOLINO, M.T.; BONETTI, A.M. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. *Neotropical Entomology*, v.35, n.3, p.324-328, 2006.
- UNDERWOOD, E.C. & FISHER, B.L. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biological Conservation*, v.32, p.66-62, 2006.