

## Efeito da Intensificação do Uso do Solo na comunidade de artrópodes da Ilha Terceira

Francisco O. Dinis<sup>1</sup> & Paulo A.V. Borges<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade dos Açores, Dep. Ciências Agrárias, CITA-A, 9700-851 Angra do Heroísmo, Terceira, Açores; Email: [fdinis71@portugalmail.pt](mailto:fdinis71@portugalmail.pt).

**Sumário:** As actividades económicas têm um impacto no território, verificando-se em estudos na área da conservação da natureza, de fragmentação de habitats e de agro-ecossistemas que as alterações no Uso do Solo afectam a Biodiversidade. O processo histórico de colonização dos Açores é responsável pela redução da área da floresta nativa das ilhas, com consequências na riqueza específica da fauna insular. O objectivo deste trabalho é de analisar a distribuição da riqueza da fauna de artrópodes em diferentes usos do solo na ilha Terceira. Cartografou-se com uma quadrícula de 500X500 m os seguintes usos do solo: Pastagem Intensiva, Pastagem Semi-Natural, Plantação Exótica de Eucalipto, Plantação Exótica de Criptoméria e Floresta Nativa. Na análise efectuada adicionou-se ainda o Prado Natural e a Turfeira, habitats de área mais reduzida. Proporcionalmente à área de cada uso do solo efectuou-se a implantação de transeptos de 150 m, com 30 armadilhas cada, num total de 82 transeptos. Com o recurso ao Software *Spatial Analysis in Macroecology* (SAM), utilizaram-se métodos de regressão para determinar a relação entre a riqueza em espécies do conjunto de artrópodes, das espécies introduzidas, das indígenas e das endémicas e variáveis ambientais (climáticas) e a percentagem de cada uso do solo. Os nossos resultados confirmam que as comunidades de artrópodes são afectadas por um gradiente de intensificação do uso do solo. A pastagem semi-natural funciona como um habitat de transição, podendo ser potencialmente um corredor para um mecanismo de substituição de espécies indígenas por espécies exóticas na floresta Nativa. Quaisquer medidas de conservação e gestão da biodiversidade poderão ser avaliadas com o recurso a técnicas de modelação, a partir das relações quantificadas neste estudo.

## **1. Introdução**

Com o aumento do controlo da superfície terrestre por usos de solo ligados aos sistemas de produção (Vitousek, 1997) – agricultura, silvicultura e pastorícia – muitos dos serviços fornecidos pelos ecossistemas (e.g. biodiversidade, qualidade da água, controlo de erosão dos solos) entram em declínio devido à opção de aumento dos serviços de aprovisionamento dos ecossistemas (e.g. produção de alimentos e fibra) (MA, 2005).

Esta decisão de expandir as áreas dedicadas aos sistemas de produção e à sua intensificação resulta do aumento da procura por este tipo de serviços. O contínuo aumento da população mundial obrigará a uma maior procura por recursos naturais, como é exemplo a produção de alimentos (Tilman, 1999).

Perante este cenário é necessário analisar qual o impacto dos diferentes usos do solo nos outros serviços fornecidos pelos ecossistemas, deixando de focar apenas nos benefícios de curto prazo revelados pelo mecanismo de mercado, e identificar e quantificar as presumíveis perdas globais dos serviços não avaliados pelos agentes económicos nas suas trocas comerciais (Bennett & Balvanera 2007).

Uma das consequências do processo de intensificação e expansão das áreas dedicadas à produção é a ameaça à persistência de espécies através da perda de habitat e da sua fragmentação (Hendrickx et al., 2007). Os objectivos de conservação devem estender a áreas que estão para além do tradicional sistema de áreas protegidas, pois aquelas abrangem 90% do planeta. Assim, as decisões de uso do solo e sua gestão são importantes para a conservação biológica (Polasky et al., 2005).

Este trabalho tem como objectivo identificar as consequências para a riqueza em espécies de diferentes usos do solo na Ilha Terceira: Pastagem Intensificada; Pastagem Semi-Natural; Floresta Exótica - Eucalipto e Criptoméria - (monocultura) e Floresta Nativa (Centro e Margem). A distribuição da riqueza em espécies de vários grupos de artrópodes foi modelada em função dos diferentes usos do solo e de variáveis ambientais.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Bases de dados e amostragem de artrópodes**

Uma base de dados espacial está presentemente armazenada em ambiente SIG por P.A.V. Borges, no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores, utilizando o programa de formatação Idrisi (Clark Labs 2004). A resolução espacial dos

mapas “raster” nesta base de dados é de 100x100 m, tendo sido realizada uma transformação para uma resolução 500x500 m.

Foram utilizadas três categorias de mapas para a análise: i) Modelo de elevação digital (MED) desenvolvido a partir da carta digital dos Serviços Cartográficos do Exército; ii) Os dados de clima foram obtidos a partir do modelo CIELO (Azevedo, 1996; Azevedo et al., 1999). O modelo CIELO simula as variáveis climáticas numa ilha, utilizando dados de referências sinópticas de uma estação meteorológica. O modelo foi calibrado e validado para a Ilha Terceira, e está disponível através do projecto CLIMAAT (CLIMAAT Interreg\_IIIB, MAC 2.3/A3; Azevedo, 2003); iii) Os dados de uso do solo foram obtidos através de imagens de detecção remota e do inventário florestal, da responsabilidade dos Serviços Florestais da Região Autónoma dos Açores (Dinis & Borges, em preparação).

Relativamente aos dados biológicos, os locais de amostragem de artrópodes em cada uso do solo foram seleccionados do seguinte modo: i) Floresta Nativa (Centro e Margem) - Dados do “Projecto Atlántico - Desarrollo de un Banco de Datos de Biodiversidad Macaronésico” (Izquierdo et al., 2001; Borges, 2005); ii) nos restantes usos do solo, em cada um foi utilizado o método de selecção baseado no conceito de “Environmental Diversity” (Faith & Walker, 1996), onde os pontos seleccionados resultam da utilização do algoritmo p-médio, procedendo-se a uma maximização da cobertura da variabilidade ambiental (Dinis et al., em preparação). O número de transeptos em cada uso do solo foi uma função dependente da área.

Estudou-se o gradiente de uso do solo na Ilha Terceira com a seguinte distribuição do número de transeptos (adicionou-se dois habitats com área mais reduzida): Floresta Nativa – 11 Transeptos (T); Floresta Nativa Margem – 11 T; Plantações Exóticas de Criptoméria e Eucalipto, 4 T e 3 T respectivamente; prado natural 2 T; turfeira 2 T; prado semi-natural 11 T; prado intensivo 16 T. Para a amostragem dos artrópodes epígeos utilizou-se a técnica das armadilhas “pitfall”, com os transeptos a cobrirem uma superfície de 150 m, com 30 armadilhas (15 de Turquin e 15 de Etileno), distanciadas entre si 5 metros. As armadilhas permaneceram no solo durante 2 semanas. Para a amostragem dos artrópodes da copa da floresta nativa (11 T) e da sua margem (11 T) recorreu-se à técnica dos batimentos, seleccionando-se 10 locais (nos mesmos Transeptos) distanciados 15 m, nas espécies de árvores/arbustos dominantes. Todos os exemplares de Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Diplopoda, Chilopoda e insectos (excluindo os Collembola, Diplura, Diptera e Hymenoptera) foram agrupados em morfoespécies, para posterior identificação.

## 2.2. Análise de dados

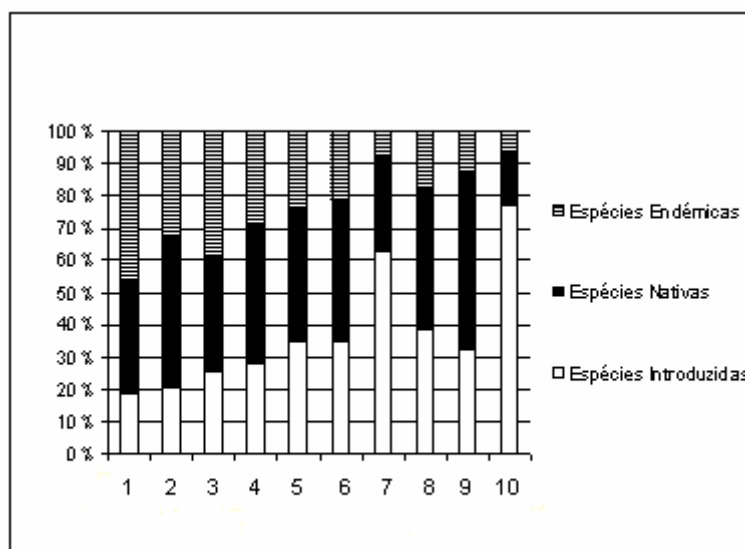
Avaliação do impacto dos diferentes usos do solo na distribuição dos artrópodes na ilha, através da riqueza em espécies alfa ( $S\alpha$ ) da macrofauna indígena (endémicos e nativos) e introduzida.

Modelação, através do método de regressão múltipla (*stepwise*), da riqueza em espécies em função de variáveis ambientais e da proporção de uso do solo em cada quadrícula. Os artrópodes foram agrupados relativamente à sua história de colonização da ilha e ao endemismo, em espécies introduzidas, espécies nativas e espécies endémicas. Foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: temperatura média anual, evapotranspiração potencial, humidade relativa máxima, humidade relativa mínima, precipitação média anual, radiação e altitude. Devido à elevada correlação entre estas variáveis utilizou-se o método de “Análise de Componentes Principais” para obter os principais eixos ambientais. Com base na informação mapeada sobre a ocupação do solo com resolução de 100x100 m, calculou-se a proporção de uso de solo presente nas quadrículas de 500x500 m. Para esta análise foram apenas consideradas, devido à dimensão da área ocupada, a ocorrência da Floresta Nativa, Floresta Exótica, Prado Intensivo e Prado Semi-natural.

Testou-se a normalidade dos dados, detectando-se a necessidade de efectuar a sua normalização nas variáveis: Riqueza em Espécies Introduzidas (log); Riqueza Total de Espécies de Artrópodes (log); Riqueza de Espécies Endémicas (log (x+1)). Todas as variáveis relacionadas com a proporção do uso do solo foram transformadas (arcsen).

## 3. Resultados

A composição das comunidades de artrópodes é alterada ao longo do gradiente de intensificação do uso do solo. Só algumas espécies endémicas generalistas ocorrem em habitats mais perturbados (e.g. aranhas). A ocorrência da maior parte das espécies endémicas está restringida aos habitats menos perturbados (Fig. 1). O mesmo padrão ocorre com as espécies nativas (Fig. 1). Em sentido oposto a presença de prados é responsável pelo aumento do número de espécies introduzidas, verificando-se um predomínio deste grupo ao longo do gradiente de intensificação (Fig. 1).



**Figura 1. Percentagem de espécies Endêmicas, Nativas e Introduzidas por transepto, em cada uso do solo. 1- Floresta Nativa Copa; 2- Floresta Nativa Solo; 3- Floresta Nativa Margem Copa, 4- Floresta Nativa Margem Solo; 5- Prado Natural; 6- Turfeira; 7- Prado Semi-Natural; 8- Plantação Criptoméria Solo; 9- Plantação Eucalipto Solo; 10- Prado Intensivo.**

No prado semi-natural a presença de floresta nativa a uma distância curta, conjuntamente com as variáveis ambientais, explica 82.8% da variação na riqueza espécies nativas (Quadro 1). Na margem da floresta nativa a presença de prados intensivos é um predictor do aumento do número de espécies não endêmicas (Quadro 1).

**Quadro 1. Modelação da riqueza em espécies em função das variáveis ambientais consideradas e da proporção de uso do solo. 1- com todos os usos do solo; 2- Floresta Nativa Solo; 3- Floresta Nativa Margem do Solo; 4- Prado Semi-natural; 5 – Floresta Exótica. 1ª CP – Primeira Componente Principal; 2ª CP Segunda Componente Principal.**

Uso do Solo	V. Resposta	Regressão			V. Predictora		
		n	r <sup>2</sup>	P	Proporção área/ V.A.	t	p
1	N.º Espécies						
	Arthropoda	82	0.331	<0.001	Exótica	-3.337	0.001
	Introduzidas	82	0.734	<0.001	1ª CP	4.214	<0.001
					Prado Semi-Natural	5.803	<0.001
Prado Intensivo					5.411	<0.001	
				1ª CP	2.721	0.009	
2	Endêmicas	11	0.415	<0.001	Floresta Nativa	6.409	<0.001
3	Nativas	11	0.371	0.046	1ª CP	2.306	0.05
	Não	11	0.488	0.017	Prado Intensivo	2.931	0.019

	Endémicas						
4	Endémicas	11	0.376	0.045	1ª CP	-2.331	0.048
	Não Endémicas	11	0.359	0.051	2ª CP	-2.245	0.055
	Nativas	11	0.828	0.004	Floresta Nativa	4.161	0.006
					1ª CP	2.569	0.042
					2ª CP	-5.228	0.002
5	Endémicas	7	0.834	0.004	1ª CP	5.018	0.007

#### 4. Discussão

O padrão que se observou na comunidade de artrópodes da Ilha Terceira de diminuição de diversidade indígena de artrópodes com a intensificação do uso do solo, está documentado em diferentes estudos ecológicos, em que se estudou esse efeito em artrópodes (Hendrickx et al., 2007), abelhas polinizadoras (McIntyre & Hostetler 2001) e invertebrados e pássaros (Manel et al. 2000).

A uma escala local as alterações da estrutura da paisagem terão consequências na composição de espécies, com uma restrição na distribuição de certas espécies indígenas, aumentando a sua vulnerabilidade. Após a ocupação das terras mais produtivas a baixa e média altitude para a agricultura (incluindo o actual predominante sector pecuário) e consequente impacto na biodiversidade, os prados de maior altitude constituem um habitat de transição onde vários mecanismos poderão afectar a composição de espécies. A presença de floresta nativa poderá funcionar como um refúgio, o que será importante para o processo de recolinização de determinadas espécies. Um bom exemplo foi recentemente comprovado por Öckinger & Smith (2007), que verificaram a importância de pequenos fragmentos de habitat semi-natural, como fonte de insectos polinizadores numa matriz de uso agrícola intensivo. Contudo, os processos de intensificação agrícola são relatados como tendo impacto negativo na diversidade local (Duelli et al., 1999). Se tal acontecer na pastagem de maior altitude, esta poderá servir de corredor para um mecanismo de substituição de espécies indígenas por espécies exóticas na floresta nativa (ver ainda Borges et al. 2006).

As medidas de conservação não deverão ter apenas em atenção o número de espécies presentes num determinado local, mas sobretudo devem derivar do entendimento científico dos mecanismos responsáveis pela vulnerabilidade das espécies (Petit & Petit, 2003). Assim, as práticas de gestão agrícola destas áreas deverão ser investigadas, identificando-se

o impacto do uso de determinadas variáveis tecnológicas na distribuição de espécies (e.g. pesticidas, fertilizantes). Também será útil identificar forças motrizes, relacionadas com variáveis económicas, à escala global e local, que poderão influenciar as decisões de uso do solo com consequências no habitat das espécies presentes no território (MA, 2005).

## 5. Agradecimentos

FD foi suportado pela Bolsa de Doutoramento da FCT BD/13197/2003. Os dados climáticos foram obtidos do projecto CLIMAAT, PIC - INTERREG\_3B (MAC 2.3/A3). A informação digital da Terceira foi obtida no âmbito do projecto ATLÂNTICO – INTERREG IIIB, com autorização do Instituto Geográfico do Exército, tendo por base o contrato de cedência de dados nº 047/CCO/2003.

## 6. Referências Bibliográficas

- Azevedo E.B. 1996. *Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*. PhD Thesis. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Azevedo E.B., 2003. Projecto CLIMAAT – Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos. PIC Interreg\_IIIB – Mac 2.3/A3.
- Azevedo E.B., Pereira L.S. & Itier, B. 1999. Modelling the local climate in island environments: water balance applications. *Agricultural Water Management*, 40: 393-403.
- Bennett E.M. & Balvanera P. 2007. The future of production systems in globalized world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 191-198.
- Borges P.A.V., Cunha R., Gabriel R., Martins A.F. et al. (eds.) 2005. *Listagem da Fauna e Flora Terrestres dos Açores*. Direcção Regional do Ambiente e Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo e Ponta Delgada.
- Borges P.A.V., Lobo J.M., Azevedo E.B. et al. 2006. Invasibility and species richness of island endemic arthropods: a general model of endemic vs. exotic species. *Journal of Biogeography*, 33: 169-187.
- Duelli P., Obrist M.K. & Schmatz D.R. 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes; above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 33-64.

- Clark Labs 2004. *Idrisi Kilimanjaro version 14.02. GIS software package*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- Dinis F.O. & Borges P.A.V. em preparação. *Land Use in Terceira Island*. PhD Thesis. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Dinis F.O., Hortal J. & Borges P.A.V. em preparação. *Environmental Diversity as a Biodiversity sampling methodology*. PhD Thesis. Universidade dos Açores.
- Faith D. P. & Walker P. A. 1996. Environmental diversity: on the best-possible use of surrogate data for assessing the relative biodiversity of sets of areas. *Biodiversity and Conservation*, 5: 399–415.
- Hendrickx F., Maelfait J-P., van Wingerden W., Schweiger O., et al. 2007. How landscape structure, land use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44: 340-351.
- Izquierdo I., Martin J.L., Zurita N. & Arechavaleta M. (eds.) 2001. *Lista de especies silvestres de Canaria (hongos, plantas, y animales terrestres)*. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente, Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005. *Our human planet: summary for decision-makers*. Washington, DC, Island Press.
- Manel S., Buckton S.T. & Ormerod S.J. (2000). Testing large-scale hypotheses using: the effects of land use on the habitats, invertebrates and birds of Himalayan rivers. *Journal of Applied Ecology*, 37: 756-770.
- McIntyre N.E. & Hostetler M.E. 2001. Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis. *Basic and Applied Ecology*, 2: 209-218.
- Öckinger E., Eriksson A.K. & Smith H.G. (2007). Effects of grassland abandonment, restoration and management on butterflies and vascular plants. *Biological Conservation*, 133: 291-300.
- Petit L.J. & Petit D.R. 2003. Evaluating the Importance of Human-Modified Lands for Neotropical Bird Conservation. *Conservation Biology*, 17: 687-694.
- Polasky S., Nelson E., Lonsdorf E., Fackler P. et al. 2005. Conserving species in a working landscape: land use with biological and economic objectives. *Ecological Applications*, 15: 1387-1401.
- Tilman D. 1999. Global environmental impacts of agriculture expansion: the need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96: 5995-6000.



Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J. & Melillo J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277: 494-499.