



RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE A RECUPERAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA FAUNA EDÁFICA E DE COLLEMBOLA (HEXAPODA) EM PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NO NORTE DO ES, BRASIL

Queiroz, G. C.

Castro, D. T.; Garay, I.

Laboratório de Gestão da Biodiversidade - IB - UFRJ, Sala 100, Bl. A. Cidade Universitária, Ilha do Fundão. CEP. 21941 - 590, Rio de Janeiro - RJ, Brasil. gabrielcq@biologia.ufrj.br

INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica tem sofrido, desde o início da colonização do país, um intenso processo de destruição e consequente perda de grande parte de sua área original. A destruição de áreas naturais e o subsequente uso da terra para cultivos, em função da expansão da atividade agrícola, além de outras formas de ocupações antrópicas, ocasionaram a intensa fragmentação dos remanescentes florestais. Sendo assim, o que hoje resta são paisagens, dos mais variados ecossistemas de Mata Atlântica, extensa e intensamente modificadas (16).

Em toda a área do bioma, notadamente nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, o desmatamento indiscriminado da Mata Atlântica, por vezes à revelia da legislação ambiental, tem comprometido diversos serviços dos ecossistemas, representando grande ameaça à biodiversidade local e regional (10; 17). Dentre as leis ignoradas, vale destacar as referentes às denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP), as de Reserva Legal (RL) e medidas provisórias associadas (10). Em particular, as APPs, possuem, sobretudo, a função ambiental de preservar os recursos hídricos.

Em virtude dessa situação geral, os esforços das políticas públicas vêm sendo voltados para o desafio da restauração de, entre outros casos, APPs degradadas a fim de restabelecer os serviços ambientais que estas prestam à sociedade (12). Projetos como o dos Corredores Ecológicos do Espírito Santo e o de Conservação e Recuperação de Floresta Atlântica (com apoio do PRONAMA - PROBIO - MMA) implementado no Norte do ES, são exemplos das iniciativas acima citadas. Este último teve como um dos principais objetivos a restauração florestal de 100 hectares de bordas de córregos e nascentes com espécies arbóreas nativas fazendo uso de tecnologias sociais capazes de baixar o custo da implantação e manutenção de tais plantios (7).

No entanto, do ponto de vista ecológico, pouco ou quase nada se sabe sobre a recuperação do funcionamento e sus-

tentabilidade destes sistemas (12). Resultados pioneiros obtidos em alguns dos plantios pluriespecíficos do norte do ES, mencionados acima, revelam que após oito anos houve uma recuperação de parte da fertilidade do solo (1). Entretanto, estudos sobre os componentes biológicos são de suma importância para avaliar a recuperação do subsistema de decomposição e da biodiversidade das populações da fauna edáfica.

Segundo os princípios de restauração florestal publicados pela SER (*Society for Ecological Restoration International*), que servem como guia para projetos dessa natureza, nove atributos são listados para que se possa medir o sucesso de um plantio (19). Entre tais atributos está a diversidade de organismos, pertencentes a diferentes grupos funcionais. Segundo Ruiz - Jaen & Aide (2005), esse atributo, juntamente com a estrutura da vegetação e processos ecológicos, são os mais comumente utilizados como medida do sucesso de um projeto de restauração.

Em virtude da estreita relação existente entre a fauna do solo e a matéria orgânica (juntamente com os microorganismos), as taxocenoses edáficas são utilizadas como indicadores do funcionamento do subsistema decompositor e suas alterações (13). Trabalhos recentes têm mostrado, por exemplo, que o distúrbio causado por vias de passagem em fragmentos florestais altera tanto a diversidade quanto os grupos presentes nas diferentes situações estudadas (11).

No entanto, a enorme diversidade dos grupos componentes da fauna do solo impede o estudo detalhado de todos eles ao mesmo tempo. Torna - se necessário, portanto, escolher conjuntos de populações de um determinado grupo como modelo da recuperação da biodiversidade, assim como da funcionalidade do subsistema em questão.

Sendo assim, o grupo dos Collembola, por ser um táxon tipicamente edáfico, sempre bem representado nas amostras e importante agente nos processos vitais de decomposição da matéria orgânica, vem sendo utilizado como bioindicador em trabalhos dessa natureza (2; 9; 14), representando um excelente material de estudo.

OBJETIVOS

A presente proposta tem como objetivo avaliar a recuperação da fauna edáfica como um todo e, mais especificamente, da taxocenose de Collembola em plantios de espécies arbóreas, servindo como indicador do sucesso de tais projetos de restauração.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza - se no norte do Espírito Santo, nos municípios de Sooretama, Linhares e seus arredores. O bioma dominante é o de Mata Atlântica, com formações florestais peculiares por estarem sobre os Tabuleiros Costeiros. Sooretama e Linhares têm em seus territórios áreas de reserva florestal que, em conjunto, perfazem mais de 45 mil hectares (a REBIO de Sooretama com 24 mil ha e a Reserva Florestal de Linhares, da Companhia Vale do Rio Doce, com 22 mil ha), envoltos por uma matriz agrícola, onde se encontram diversas propriedades particulares utilizando o solo de distintas maneiras, destacando - se o plantio do café e do eucalipto (6).

Três propriedades particulares com plantios de restauração foram analisadas: Fazenda Caliman (CAL), Faz. Pitangueira (PITAN) e Faz. Santa Helena (STAHHEL), todas três com plantios de cerca de 10 hectares. Os plantios de PITAN e CAL ficam a cerca de 100 metros da Reserva de Linhares. PITAN tem cerca de um terço do plantio feito ao redor de uma pequena represa. STAHHEL apresenta uma maior declividade do terreno, em relação às demais áreas, e fica a três quilômetros da REBIO. A Reserva Biológica de Sooretama, por apresentar uma grande extensão de Floresta Atlântica bem preservada, serviu como sítio testemunho do trabalho.

Em cada um dos sítios foram escolhidos seis pontos para amostragem. Cada amostra foi delimitada por um quadrado de 25 cm x 25 cm e houve a separação em sub - amostras das camadas do folhicho (camadas holorgânicas L e F) e do horizonte Ai (de interface), com dois a três centímetros, que é a parte mais superficial do horizonte hemiórgânico do solo A₁. O percentual de água do substrato foi medido (Peso perdido-Peso Seco*100) tanto para o folhicho quanto para o Ai.

As amostras foram submetidas a uma bateria de extratores do tipo Berlese - Tullgren (ver 5) por sete dias e mantidos em álcool 95%.

Os animais extraídos foram então levados para laboratório e triados, com o auxílio de uma lupa binocular. Os Collembola foram identificados até o nível taxonômico de Gênero. Os outros artrópodos até o nível taxonômico de Ordem, a não ser no caso de Hymenoptera, no qual a família Formicidae foi separada do restante. Posteriormente, tais táxons foram separados de acordo com um grupo funcional correspondente: predadores (Araneae, Pseudoscorpiones, Chilopoda e Opiliones), saprófagos (Diplopoda, Isopoda, Blattodea, Psocoptera e larvas), fitófagos (Hemiptera), sociais (Isoptera e Formicidae), vários (hábitos alimentares diversos-Hymenoptera e Coleoptera) e microartrópodos (Diplura, Protura, Symphyla, Pauropoda, Thysanoptera).

Os testes estatísticos de ANOVA e Kruskal - Wallis foram realizados para verificar diferenças significativas na riqueza (total de grupos ou gêneros identificados), abundância e densidade (indivíduos/m²) dos táxons analisados, bem como da porcentagem de água e peso seco do substrato (kg/m²). O *software* Statistica 7.0 foi utilizado. Foi feita ainda uma Análise de Cluster, de espécies indicadoras (ISA) e uma DCA, utilizando - se o *software* PC - ORD 4.0. Entre parênteses aparecerá, além do resultado dos testes estatísticos, o valor médio do parâmetro em questão, seguido de seu respectivo erro - padrão.

Foram realizadas quatro coletas: Abril, Agosto e Novembro de 2008 e Abril 2009. Dessa maneira foi possível amostrar a marcada variação sazonal da região, com um verão chuvoso e um inverno seco. No entanto, até o momento foram analisados apenas os dados de dois plantios (Faz. Pitangueira e Faz. Caliman) e da REBIO, referentes à primeira coleta de 2008. O presente trabalho, portanto, apresenta somente estes resultados preliminares.

RESULTADOS

No total foram identificados 25 táxons de artrópodos edáficos, mais larvas de insetos. O total de indivíduos coletados nas três áreas não teve diferença estatisticamente significativa ($F=0,4$; $p=0,77$). A ANOVA da riqueza de grupos na REBIO ($19,17 \pm 0,48$), em PITAN ($13,33 \pm 0,42$) e em CAL ($15,33 \pm 0,71$) teve um resultado estatisticamente significativo ($F=21,5$; $p < 0,001$). O teste post - hoc de Tukey demonstrou que todos os três sítios têm diferença significativa entre si. No tocante à estratificação vertical, verificou - se diferença significativa ($F=9,1$; $p < 0,001$) em relação à riqueza do folhicho dos três sítios, sendo PITAN diferente das demais. O mesmo não foi verificado no horizonte Ai do solo.

A análise da abundância total dos grupos funcionais apresentou diferença significativa somente em relação aos predadores ($F=8,4$, $p < 0,001$) e ao grupo com hábitos alimentares diversos-Coleoptera e Hymenoptera ($F=4,0$; $p=0,02$). Saprófagos e fitófagos, assim como os insetos sociais (Formicidae e Isoptera), não apresentaram diferenças significativas entre a REBIO e os plantios de PITAN e CAL. O total de macro e microartrópodos (excetuando - se Collembola) também não tiveram diferença. Os predadores, com densidades médias de 293 ± 131 em PITAN e 701 ± 185 em CAL não tiveram diferenças significativas entre si, mas sim quando comparados à REBIO (2600 ± 350). É preciso ressaltar que Pseudoscorpiones, um grupo tipicamente edáfico, e Opiliones, ambos predadores e comuns em folhicho, não foram encontrados nos plantios. Tal ausência era algo esperado, por se tratarem de grupos muito sensíveis à perturbação (8; 11).

O percentual de água presente nos folhichos de PITAN ($13,5 \pm 4,0$) e CAL ($20,6 \pm 3,5$) foram significativamente diferentes ($H=14,8$; $p=0,002$) do percentual da REBIO ($65,3 \pm 5,4$). O mesmo não ocorreu no horizonte Ai do solo. Neste caso, os três sítios apresentaram valores bastante similares no percentual de água (PITAN: $11,0 \pm 2,0$; CAL: $13,1 \pm 1,5$ e REBIO: $10,5 \pm 0,9$). O peso seco desse folhicho, no entanto, não

se mostrou diferente entre os três sítios ($H=4,7$; $p=0,19$)-REBIO: $1,53 \pm 0,17$; PITAN: $1,08 \pm 0,26$ e CAL: $1,48 \pm 0,18$. O horizonte Ai também não teve diferenças em seu peso seco ($H=5$; $p=0,17$). As variáveis microclimáticas do substrato, e.g. umidade, são vitais para a fauna (4) e o seu restabelecimento deve ser um dos pontos chave nos plantios.

Até o momento, foram identificados 47 gêneros de Collembola em 16 famílias. O total de indivíduos coletados não é diferente entre os plantios, mas sim destes em relação à REBIO ($H=12$; $p=0,003$). Esta diferença, porém, se dá em função do total de indivíduos presentes no folhigo da REBIO (8200 ± 1200) quando comparado com PITAN (740 ± 300) e CAL (570 ± 140). Isso porque, no Ai não há diferença significativa ($H=5,2$; $p=0,07$) no total de indivíduos dos plantios (PITAN: 1200 ± 200 ; CAL: 700 ± 200) em relação à REBIO (1500 ± 250).

Essa estratificação vertical verificada na REBIO é evidente não somente no total de indivíduos, mas também na abundância relativa das Ordens e Famílias de Collembola presentes tanto no folhigo quanto no horizonte Ai, quando comparada aos plantios.

O folhigo da REBIO apresenta uma abundância relativa mais equitativa, na qual a Ordem Neelipleona representa 40%, Symphypleona 28%, Entomobriomorpha 24% e Poduromorpha 8%. Já no horizonte Ai, há uma mudança: os Entomobriomorpha passam a dominar, com 57%, seguidos pelos Poduromorpha (36%). Já os Symphypleona e Neelipleona quase desaparecem, representando somente 4% e 3%, respectivamente. No folhigo, as famílias Neelidae (Neelipleona) e jovens Symphypleona (de diversas famílias, principalmente Sminthuridae) dominam com 40% e 28% respectivamente. As famílias Isotomidae, Entomobriidae e Paronellidae, da Ordem Entomobriomorpha, representam, respectivamente 11%, 9% e 4% e têm número médio de gêneros igual a $3,8 \pm 0,2$, $5,1 \pm 0,5$ e $2,7 \pm 0,2$. No Ai, Isotomidae e Entomobriidae passam a dominar com 27% e 23% do total, e uma média de gêneros de $3,8 \pm 0,5$ e $3,0 \pm 0,6$, respectivamente. Há também a família Hypogastruridae (Poduromorpha), representada apenas por um gênero, que responde por 23% do total de indivíduos. Cada uma das famílias restantes não ultrapassa 6% do total.

Já no folhigo e no Ai de PITAN e CAL há um predomínio da Ordem Entomobriomorpha (sempre com mais de 70% do total), seguido por Poduromorpha (6 a 20%) e por último os Symphypleona (5 a 10%), sendo que os Neelipleona sequer têm representatividade, pois apresentaram densidades baixíssimas ($2,7 \pm 0,4$). Tanto no folhigo quanto no Ai dos plantios, as famílias Entomobriidae e Isotomidae têm, respectivamente, 29% ou mais e 32% ou mais do total. Juntas elas representam sempre mais de 70% do total de Collembola e têm em média $3,7 \pm 0,3$ e $2,2 \pm 0,2$ gêneros, respectivamente. As famílias restantes nunca alcançam, individualmente, sequer 15% do total.

Dos 25 gêneros identificados nos plantios, 15 são comuns a ambos os sítios. Tanto PITAN quanto CAL, respectivamente com 22 e 18 gêneros identificados, têm 3 gêneros encontrados exclusivamente em cada sítio. Em conjunto, os plantios apresentam 9 gêneros distintos e 16 gêneros em comum com a REBIO, cujo total identificado é de 36 gêneros. A riqueza de gêneros foi significativamente diferente na com-

paração dos três sítios ($H=12,7$; $p=0,0017$). PITAN, com média de $12,0 \pm 1,3$, e CAL, com $8,3 \pm 1,3$, não diferiram entre si, mas ficaram abaixo da REBIO, cuja média foi $22,7 \pm 1,0$.

Uma análise de Cluster mostrou que a fauna de Collembola presente nos plantios é bastante similar entre si, ao passo que a REBIO fica bastante destacada. A análise de correspondência, do tipo DCA, da fauna de gêneros dos três sítios corroborou tal afirmação de similaridade. O folhigo da REBIO se destaca do restante, estando os gêneros *Cinctocyrtus* (Entomobriidae), *Dicranocentrus* (Paronellidae) e *Neelides* associados a este local. Os pontos referentes ao folhigo e Ai dos plantios ficaram no lado oposto aos pontos da REBIO. A análise de espécies indicadoras (ISA) mostrou que os gêneros *Arlesia* (Neauridae, Poduromorpha), *Coecobrya* (Entomobriidae), *Folsomides* e *Isotomodes* têm relação com as áreas de plantios. Os dois primeiros só foram encontrados nos plantios, e os outros dois, pertencentes à família Isotomidae, tiveram um aumento nas suas densidades. A relação destes gêneros com tais locais é estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A família Entomobriidae é composta por espécies de grande tamanho e mobilidade, em relação ao restante dos Collembola. Já a família Isotomidae apresenta grande número de espécies partenogenéticas. Numa primeira abordagem é razoável inferir que a colonização dos plantios pela fauna de Collembola se deu, principalmente, em função destas características e por isso há tamanha dominância destas duas famílias nos plantios. A capacidade de dispersão é apontada por Ponge *et al.*, (2006) como fator determinante da composição da fauna de Collembola em áreas com diferentes uso do solo. Já Chahartaghi *et al.*, (2008), mostram que espécies partenogenéticas colonizam mais rapidamente novos habitats quando há recurso disponível.

CONCLUSÃO

Apesar de estes serem resultados preliminares em plantios de apenas nove anos de idade, é possível verificar que estes parecem seguir um caminho de sucesso no restabelecimento de sua fauna edáfica e consequente funcionalidade. Após esse tempo, os plantios apresentam uma fauna edáfica com grande parte dos principais grupos funcionais, ao menos em relação ao total de indivíduos. No entanto, ao analisar o grupo dos Collembola com uma maior resolução taxonômica, ficou evidente o fato de a estrutura e composição de gêneros ser não apenas mais pobre, como era de se esperar, mas também bastante distinta da REBIO.

Agradecimentos

Ao Programa de pós - graduação em Ecologia da UFRJ, à CAPES, à FAPERJ, à Reserva Biológica de Sooretama - ES (ICMBio), à Fundação Bionativa de Sooretama - ES e aos proprietários das Fazendas Pitangueira, Caliman e Santa Helena (Sooretama - ES).

REFERÊNCIAS

1. Barbosa, J. C. Avaliação da conservação e restauração de solos por meio de indicadores físicos, químicos e micro-

- biológicos, em Floresta Atlântica de Tabuleiros - ES, Brasil. Dissertação de mestrado, PPGE/ UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2007. 93 p.
2. Cassagne, N.; Gauguelin, T.; Bal - Serin, M - C & Gers, C. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. *Pedobiologia*, 50: 127 - 134. 2005.
 3. Chahartaghi, M.; Maraun, M.; Scheu, S. & Domes, K. Resource depletion and colonization: A comparison between parthenogenetic and sexual Collembola species. *Pedobiologia* 52: 181 - 189. 2008.
 4. Eaton, R.; Barbercheck, M.; Buford, M. & Smith, W. Effects of organic matter removal, soil compaction and vegetation control on Collembolan populations. *Pedobiologia*, 48:121 - 128. 2004.
 5. Edwards, C.A.; Fletcher, D. Assesment of terrestrial invertebrate populations. In: UNESCO. Ed. *Methods of Study in soil Ecology. Proceedings of the Paris Symposium*. Imprimeries Populaires de Genève. 1970.
 6. Garay, I. & Rizzini, C. M. (Org.). *A Floresta Atlântica de Tabuleiros: diversidade funcional da cobertura arbórea*. 2ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2004. 255p.
 7. Garay, I. Construir as dimensões humanas da biodiversidade. Um enfoque transdisciplinar para a conservação da Floresta Atlântica. In: Garay, I & Becker, B. K. (Orgs.) *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade - natureza no século XXI*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2006, pp. 413 - 445.
 8. Jansen, A. Terrestrial invertebrate community structure as an indicator of the success of a Tropical Rainforest Restoration Project. *Restoration Ecology*, 5(2): 115 - 124. 1997.
 9. Majer, J. D. Invertebrates assist the restoration process: an Australian perspective In: Urbanska, K., Webb, N. & Edwards, P. (Eds) *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Cambridge Univ. Press, UK, 1997, pp. 212 - 237.
 10. Medeiros, R. J. & Garay, I. Singularidades do Sistema de Áreas Protegidas para a conservação e uso da biodiversidade brasileira. In: Garay, I & Becker, B. (Orgs.) *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade - natureza no século XXI*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2006, pp. 159 - 184.
 11. Noronha, F.; Queiroz, G.; Leal, A. F. & Garay, I. Impacto das trilhas sobre as características do solo e da fauna edáfica em fragmentos de Floresta Atlântica de Tabuleiros, Sooretama - ES. Anais do I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas, Rio de Janeiro. 2006.
 12. Nunes, M. F. Q. O papel da regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. In: Garay, I. & Becker, B. K. (Orgs.), *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade - natureza no século XXI*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2006, pp. 341 - 351.
 13. Petersen, H. & Luxton, M. A Comparative Analysis of Soil Fauna Populations and Their Role in Decomposition Processes. *Oikos*, 39 (3): 288 - 388. 1982.
 14. Ponge, J - F.; Gillet, S.; Dubs, F.; Fedoroff, E.; Haese, L.; Sousa, J. P. & Lavelle, P. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology & Biochemistry*, 35: 813 - 826. 2003.
 15. Ponge, J - F.; Dubs, F.; Gillet, S.; Sousa, J. P. & Lavelle, P. Decreased biodiversity in soil springtail communities: the importance of dispersal and landuse history in heterogeneous landscapes. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1158 - 1161. 2006.
 16. Rambaldi, D. M. & Oliveira, D. A (orgs.). Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: 2ª ed., MMA/SBF, 2005.
 17. Resende, A.S., Macedo, M.O., Campello, E.F.C. & Franco, A.A. Recuperação de áreas degradadas através da reengenharia ecológica. In: Garay, I. & Becker, B. K. (Orgs.), *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade - natureza no século XXI*. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 2006, pp. 315 - 340.
 18. Ruiz - Jaen, M. C. & Aide, T. M. Restoration Success: How is it being measured? *Restoration Ecology*, 13 (3): 569-577. 2005.
 19. Society for Ecological Restoration International (SER), Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da *SER International* sobre a restauração ecológica. www.ser.org.