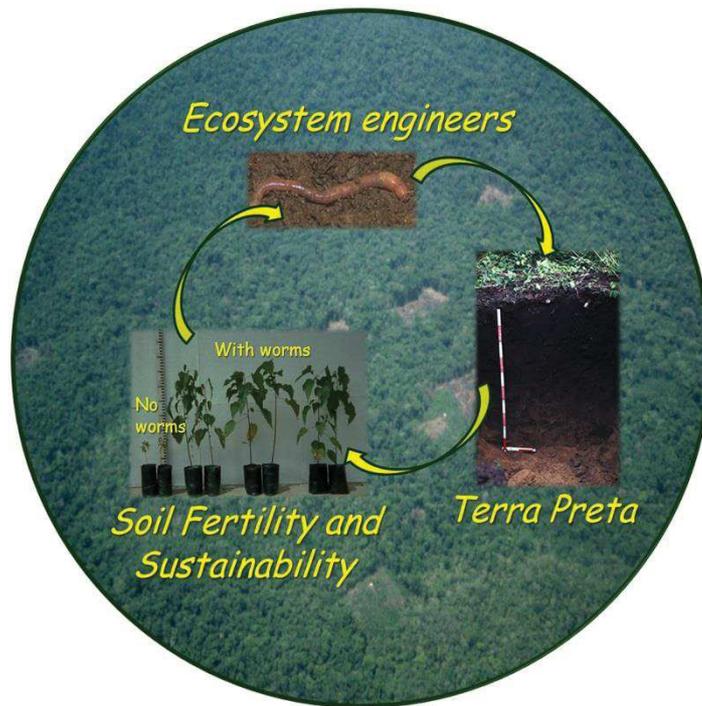


PROMOÇÃO E ORGANIZAÇÃO:



# ELAETAO

08 e 09 de junho de 2015



## SIMPÓSIO ENGENHEIROS EDÁFICOS, FERTILIDADE DO SOLO E TERRA PRETA DE ÍNDIO (TPI)

10 e 11 de junho de 2015

APOIO:





## Minhocas como Bioindicadoras da Qualidade dos Solos Brasileiros

**Herlon Nadolny<sup>(1)</sup>; George Gardner Brown<sup>(2)</sup>; Fabiane Vezzani<sup>(3)</sup>; Marie Luise Carolina Bartz<sup>(4)</sup>; Dilmar Baretta<sup>(5)</sup> & Patrick Lavelle<sup>(6)</sup>**

(1) Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Bolsista CAPES - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Rua dos Funcionários 1540, CEP: 80035-050, [herlonnadolny@gmail.com](mailto:herlonnadolny@gmail.com); (2) Pesquisador Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira 111, Colombo, PR, [minhocassu@gmail.com](mailto:minhocassu@gmail.com); (3) Professora do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Rua dos Funcionários 1540, CEP 80035-050 Curitiba (PR), [vezzani@ufpr.br](mailto:vezzani@ufpr.br); (4); Professora no Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo - UP, Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300 - Cidade Industrial, Curitiba - PR, 81280-330, [bartzmarie@gmail.com](mailto:bartzmarie@gmail.com); (5) Professor do Departamento de Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Catarina - UDESC/CEO, Rua: Benjamin Constant, 164-D, Chapecó, SC, [dilmar.baretta@udesc.br](mailto:dilmar.baretta@udesc.br); (6) IRD, UMR BIOEMCO 211, Centre IRD Ile de France, 32 Av. Henri Varagnat, 93143 BONDY Cedex, France, [Patrick.Lavelle@ird.fr](mailto:Patrick.Lavelle@ird.fr)

### INTRODUÇÃO

O solo é habitado por inúmeras espécies de invertebrados que contribuem para um bom funcionamento dos processos ecossistêmicos (Swift et al., 2010; Lavelle, 1997). Esses processos envolvem a melhoria da qualidade física (estruturação), qualidade química (fertilidade) e aumentam as interações bióticas no solo (Rousseau et al., 2013). As minhocas participam ativamente na agregação e porosidade do solo e por esses e outros motivos fazem parte do grupo dos engenheiros do ecossistema (Velásquez et al., 2012; Lavelle, 1997). Sendo membros da fauna edáfica, qualquer modificação no solo, realizada pelas ações humanas como por exemplo pelas práticas florestais, agrícolas ou pecuárias, pode afetar as populações de minhocas e, conseqüentemente, seu papel no solo. A demanda crescente pela maior produção de alimentos, frequentemente leva ao uso de produtos químicos nocivos para as minhocas e o preparo intensivo do solo. Essas ações podem diminuir ou até mesmo excluir minhocas presentes nesses locais (Paoletti, 1999; Tanck et al., 2000; Pasqualin, 2007).

Devido a sua sensibilidade a mudanças ocorridas no ambiente edáfico, as comunidades de minhocas podem ser usadas como indicadoras ambientais e da qualidade do solo (Paoletti, 1999). Em alguns países, existem programas que avaliam e monitoram a qualidade do solo, usando a abundância e diversidade de minhocas encontradas (Shepherd et al., 2008; Fründ et al., 2011). Porém, no Brasil, esse tipo de programa ainda é inexistente, sendo que existe apenas um trabalho publicado com uma proposta de uso de minhocas como indicadoras da qualidade do solo em sistemas de plantio direto (Bartz et al., 2013). Para usar as minhocas como bioindicadoras da qualidade do solo, é necessário associar suas populações em diversas condições de solo/clima/ecossistemas/manejo com a qualidade físico-química do solo (Römbke et al., 2009, Brown & James, 2007). Esse tipo de associação tem sido feita somente em poucas ocasiões no Brasil como em plantios de café e comparações entre plantio convencional e direto (Pimentel et al., 2011; Blanchart et al., 2007) e até o momento não foi feita uma revisão geral para as diferentes condições físico-químicas do solo e comunidades de minhocas em diversos ecossistemas brasileiros.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi de reunir dados sobre populações de minhocas (abundância e diversidade), atributos ambientais e propriedades físico-químicas do solo, coletados por pesquisadores distribuídos pelo país e avaliá-los conjuntamente. A análise conjunta desses dados permitirá mostrar as interações entre as minhocas e os atributos ambientais, assim como os efeitos do manejo sobre as populações de minhocas. Desse modo, espera-se esclarecer o real valor das minhocas como bioindicadoras da fertilidade e qualidade do solo, nas diferentes condições ambientais prevalentes no país (Brown & Domingues, 2010).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Síntese dos dados disponíveis**

Foram realizados levantamentos bibliográficos em busca de artigos científicos e outros trabalhos publicados na literatura nacional e estrangeira sobre populações de minhocas em ecossistemas brasileiros. Em alguns ecossistemas ou regiões do país foram realizadas coletas complementares pela equipe dos autores para avaliação mais rigorosa do uso das minhocas como bioindicadoras em determinados sistemas de uso e manejo do solo.

Todas as coletas de minhocas foram realizadas usando o método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility; Anderson e Ingram (1993), ou ligeiramente modificado. Esse método também foi proposto pela ISO (2006) como método padrão de coleta de minhocas em regiões tropicais. Nele, são retirados monólitos de solo, de 20 até 50 cm quadrados, até 10, 20 ou 30 cm de profundidade, e o solo é triado manualmente no campo ou em local próximo.

As minhocas encontradas foram preservadas em álcool (70 a 99%) ou formol (4-10%). Quando possível, as minhocas coletadas foram identificadas em nível de espécie ou em nível genérico. Dos mesmos buracos de coleta, ou da área coletada, amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 10, 0-20 ou 0-30 cm foram retiradas para análises físico-químicas usando método padrão da Embrapa (1997) ou (Marques & Motta, 2003).

Como resultados desse trabalho construiu-se uma base de dados com variáveis biológicas, edáficas e ambientais, incluindo os seguintes parâmetros/atributos:

- Variáveis edáficas físicas e químicas. Os atributos químicos foram: teores de K, Ca, Mg, P, C, N, valor de H+Al, S, V%, CTC, relação C:N e pH (CaCl<sub>2</sub>) conforme Embrapa (2009). Os atributos físicos foram: quantidade de areia, silte e argila em gramas por quilograma (g<sup>-kg</sup>), a classificação do solo conforme Embrapa (2013), umidade do solo e classe textural.
- Variáveis ambientais: topografia, altitude, localização geográfica (longitude e latitude), precipitação média (mês de coleta e anual), temperatura média (mês de coleta e anual), clima da região (Köppen), ecossistema, sistema de uso do solo (tipo de vegetação/cultura agrícola), nível de perturbação do solo com dados referentes ao último manejo realizado e o tempo de pousio (tomados do proprietário da área ou com o vizinho mais próximo).
- Variáveis biológicas, contendo os dados das populações de minhocas de cada local (densidade e biomassa total e riqueza de espécies).

### **Análises estatísticas**

Os dados foram organizados em diferentes tabelas temáticas usando os parâmetros acima (biológicos, físico-químicos e ambientais). Realizaram-se análises de componentes principais, cruzando todas as variáveis das tabelas, usando o software livre "R" e o pacote de dados ade4, que possuem todas as ferramentas necessárias para obtenção dos resultados (Borcard et al., 2011).

Para algumas análises estatísticas foram usadas ferramentas descritas por Velasquez et al. (2007), onde uma tabela com diferentes subindicadores permite uma análise global da qualidade do solo. O índice geral de qualidade do solo (GISQ) é baseado em uma seqüência de

análises de componentes principais (PCA) para identificação das variáveis que melhor diferenciam os locais e a criação de subindicadores que posteriormente são usados para calcular os indicadores da qualidade do solo (Velasquez et al., 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram reunidos dados de mais de 700 pontos de coletas, distribuídos pelo Brasil e realizados por diversos pesquisadores. Em alguns locais, os autores realizaram coletas em mais de 1 estação (seca e úmida) e em outros casos em mais de um ou dois anos, acompanhando a sucessão e rotação de culturas. Após compiladas todas as informações sobre populações de minhocas, observaram-se algumas lacunas na tabela principal. Esses espaços são decorrentes da seleção de parâmetros/atributos diferentes nos trabalhos realizados por diversos autores, resultando em locais de coleta com um número menor de atributos avaliados. Portanto, apenas selecionou-se um número mínimo de 12 atributos (densidade de minhocas= n° indiv. m<sup>-2</sup>; C, pH, Ca, Mg, K, P, CTC, V%, areia, silte, argila) para os quais havia 650 (pontos) locais de coleta.

O GISQ foi calculado usando sub-índices químicos, físicos e biológicos de qualidade do solo, e relacionaram-se os dados químicos e físicos separadamente com a populações de minhocas (Fig. 1).

Na figura 1, observa-se que o eixo 1 da PCA relacionou as populações de minhocas positivamente com os atributos químicos do solo. Os dois primeiros fatores da PCA explicaram 59% da variação, provavelmente devido a variabilidade nos dados, que contemplam uma ampla gama de tipos e manejos de solos no país analisados conjuntamente (Velasquez et al., 2007). Portanto, os nutrientes do solo foram importantes determinantes da abundância de minhocas, considerando todos os dados para os quais havia análise de solo mais completa (n= 700 locais). Enquanto aos dados físicos, não se encontraram relações positivas entre as minhocas e a % areia, silte e argila no solo. Os dois primeiros eixos desta análise explicaram 67% da variação dos dados, que foram basicamente determinados pela textura do solo (eixo 1) e as populações de minhocas (eixo 2).

Não houve diferença significativa, considerando o p=5%, contudo a 1%, pelo teste de Fisher LSD a Pastagem (P) com n=158 e 94 ind m<sup>-2</sup> e os sistemas integrados (SI), com n=28 e 118 ind m<sup>-2</sup> diferenciaram da vegetação nativa (VN), com n=329 e 73 ind m<sup>-2</sup> e as culturas agrícolas (CA), com n=486 e 71 ind m<sup>-2</sup>. Os plantios florestais (PF), com n=83 e 87 ind m<sup>-2</sup> não diferiram significativamente de todos os ecossistemas. Houve pouca variação conforme os ecossistemas (Fig. 2). Os SI, demonstraram os maiores valores populacionais de oligoquetos corroborando com os dados encontrados por Brown et al., (2009) que realizaram coletas de minhocas em sistemas agroflorestais no Paraná e São Paulo.

As áreas sob CA tiveram grande variação, por se tratar de áreas com uma grande variedade de culturas e sistemas de manejo (plantio convencional, plantio direto), considerados simultaneamente.

Ao contrário do esperado (Krabbe et al., 1993; Hendrix et al., 1992), o C no solo (derivado da matéria orgânica) não teve relação positiva direta com as populações de minhocas (Fig. 1).

## CONCLUSÕES

As populações de oligoquetas tem grande variação conforme as características químicas do solo e o ecossistema. Houve tendência de aumento das populações em áreas onde a mobilização do solo é menor. Para um melhor entendimento e uso das minhocas como bioindicadoras da qualidade do solo, devem ser feitas mais análises utilizando melhor todos os parâmetros disponíveis, na tabela de dados que está sendo construída. Com o maior número de informações sobre os ecossistemas brasileiros se poderá utilizar dados populacionais de minhocas como

bioindicadoras da qualidade do solo. E ainda saber quais as espécies que se adaptam melhor a determinados tipos de solo em regiões do Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os professores e técnicos do Departamento de Ciência do Solo da UFPR, que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho, aos pesquisadores e técnicos da Embrapa Florestas que também contribuíram com as pesquisas, aos colegas da pós graduação e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq pelos custos de viagens de coleta.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2ª ed. UK, Oxford University, 1993, 240p.

BARTZ, M.L; PASINI, A; BROWN, G.G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. *Applied Soil Ecology*, 69:39-48, 2013.

BLANCHART, E; BERNOUX, M; SARDA, X; NETO, M. S; CERRI, C. C; PICCOLO, M; DOUZET, J-M; SCOPEL, E; FELLER, C. Effect of Direct Seeding Mulch-Based Systems on Soil Carbon Storage and Macrofauna in Central Brazil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72-1:81-87, 2007

BORCARD, D., GILLET, F., LEGENDRE, P. *Numerical Ecology With R*, Springer. 2011, 306 p.

BROWN, G.G. & JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G. & FRAGOSO, C., (Eds), *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, 2007, 297-381.

BROWN, G. G; MASCHIO, W; FROUFE, L. C. M; Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e mata atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP e Adrianópolis, PR. *Documentos 184*, Embrapa Florestas, 2009, Colombo-PR, ISSN:1517-526X, 51p. 1ªed.

BROWN, G. G. & DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. *Acta Zoologica Mexicana*, 26-2:1-18, 2010.

FRÜND, HEINZ-CHRISTIAN, GRAEFE, U, TISCHER, S.; Earthworms as Bioindicators of Soil Quality; Ayten Karaca (Ed), In: *Biology of Earthworms*, SPRINGER, 2011, P. 261-278

HENDRIX, P.F; MUELLER, B. R; BRUCE, R. R; LANGDALE, G. W; PARMELEE, R, W. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. *Soil Biology Biochemistry*, 24-12:1357-1361, 1992.

JIMÉNEZ, J. J; LAVELLE, P; DECAËNS, T. The efficiency of soil hand-sorting in assessing the abundance and biomass of earthworm communities. Its usefulness in population dynamics and cohort analysis studies. *European Journal of Soil Biology*, 42:s225-s230, 2006.

KRABBE, E. L; DRIEMEYER, D. J; ANTONIOLLI, Z. I; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. *Ciência Rural*, 23-1:21-26, 1993.

LAVELLE, P., Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That Determine Ecosystem Function. In: *Advances in Ecological Research*. Ed. Elsevier, v. 27, 1997, p. 93-132

MARQUES, R; & MOTTA, A. C. V. Análise química de solo para fins de fertilidade. Lima, M. R; Sirtoli, A. E; Serrat, B. M; Wisniewski, C; Almeida, L; Machado, M. A. M; Marques, R; Motta, A. C. V; Krieger, K. I; Oliveira, A. C; & Ferreira, F. V. (Eds), *Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas*, 2 ed. Curitiba, UFPR, 2003, p. 81-102.

MELLONI, R; MELLONI, E. G. P; ALVARENGA, M. I. N; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da Qualidade de Solos Sob Diferentes Coberturas Florestais e de Pastagem no Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2461-2470, 2008.

PAOLETTI, M. G., The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Padova – Italy, 74:137–155, 1999.

PASQUALIN, L.A; DIONÍSIO, J. A; ZAWADNEAK, M. A. C; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 33-1:7-18, 2012.

PIMENTEL, M. S; DE-POLLI, H; AQUINO, A. M. DE; CORREIA, M. E. F; ROUWS, J. R. C. Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 46-5:546-553, 2011

RÖMBKE, J.; SCHMITT, P. & HOEFER, H. The Earthworm Fauna of Forests and Anthropogenic Habitats in the Coastal Region of Paraná (southern Mata Atlântica), an Example of Sincere Biodiversity Reduction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1040-1049, 2009.

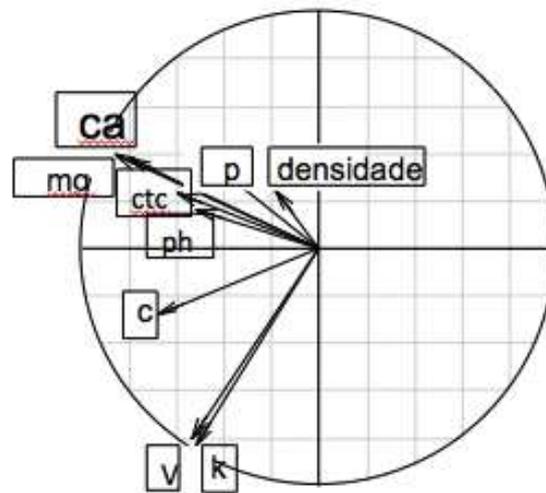
ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZC, O.; HOEK, R. VAN DER; LAVELLE, P. Soil Macrofauna as Indicators of Soil Quality and Land Use Impacts in Smallholder Agroecosystems of Western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27:71-82, 2013.

SHEPHERD, G.; STAGNARI, F.; PISANTE, M.; BENITES, J. *Visual Soil Assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome - Italy, 2008

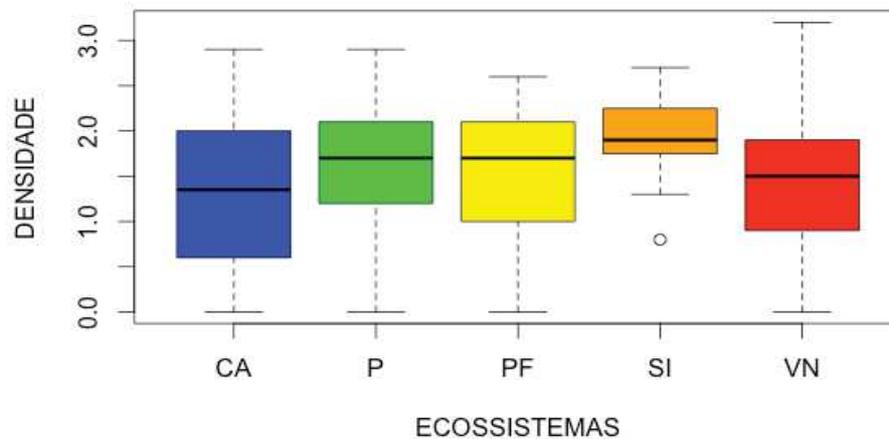
SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. de S.; HUISING, J. O Inventário da Diversidade Biológica do Solo: Conceitos e Orientações Gerais. Moreira, F. M. S.; Huising, E. J.; Bignell, D. E. (Ed), In: *Manual de Biologia dos Solos Tropicais – Amostragem e Caracterização da Biodiversidade*, Ed. UFLA, Lavras – MG, 2010, 368 p.

TANCK, B.C.B., SANTOS, H.R., DIONÍSIO, J.A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligoqueta edáfico *Amyntas* spp. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:409-415, 2000.

VELASQUEZ, E; LAVELLE, P; ANDRADE, M. GISQ, a Multifunctional Indicator of Soil Quality. *Soil Biology & Biochemistry*, 39:3066–3080, 2007.



**Figura 1.** PCA dos atributos químicos e densidade populacional de minhocas nos solos brasileiros.



**Figura 2.** Box-plot da densidade populacional de minhocas em função dos ecossistemas brasileiros. (CA)- cultura agrícola, (P)- pastagem, (PF)- plantio florestal, (SI)- sistemas integrados, (VN)- vegetação nativa.