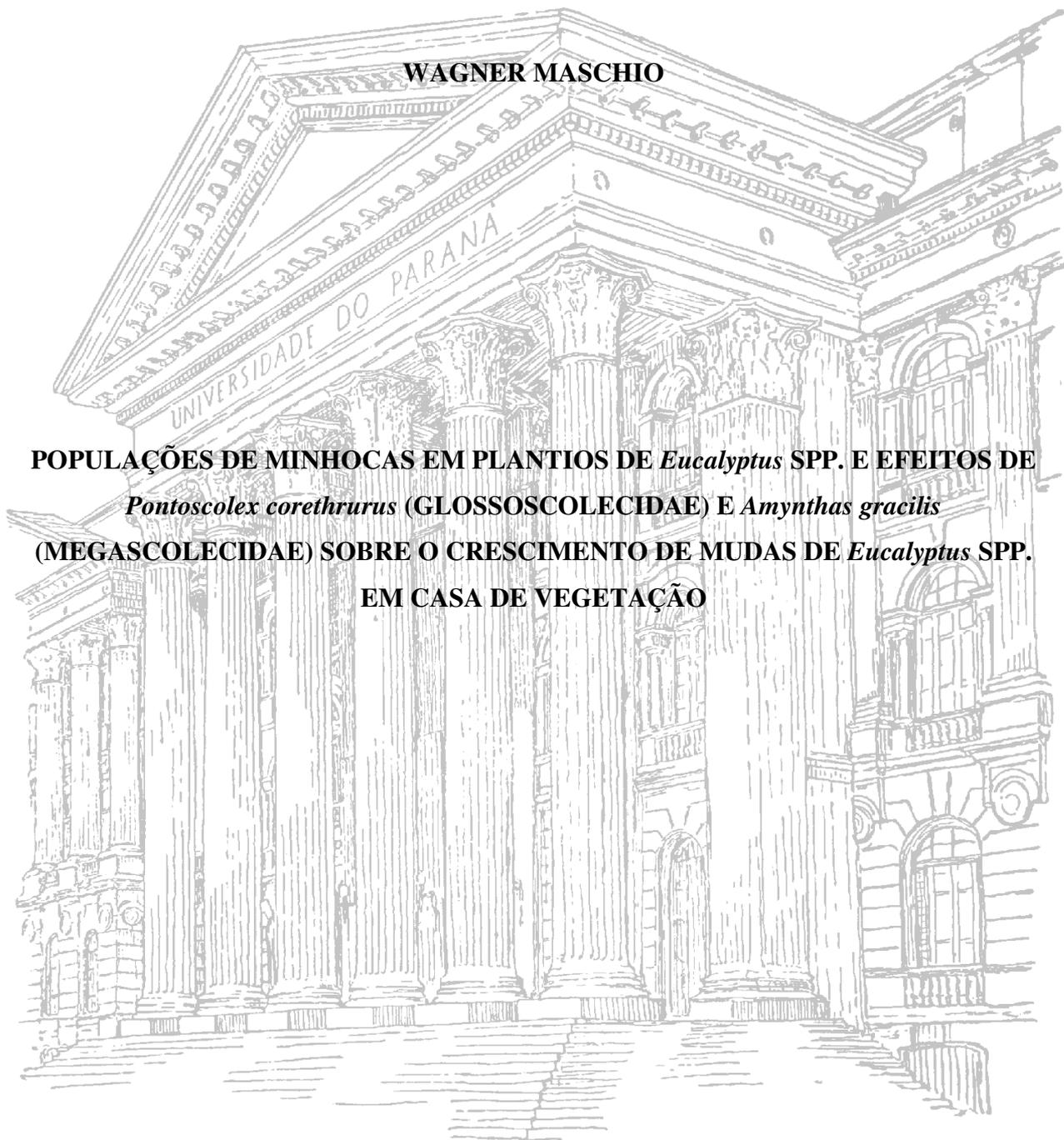


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WAGNER MASCHIO

**POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* SPP. E EFEITOS DE
Pontoscolex corethrurus (GLOSSOSCOLECIDAE) E *Amyntas gracilis*
(MEGASCOLECIDAE) SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus* SPP.
EM CASA DE VEGETAÇÃO**



CURITIBA

2012

WAGNER MASCHIO

**POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* SPP. E
EFEITOS DE *Pontoscolex corethrurus* (GLOSSOSCOLECIDAE) E *Amyntas
gracilis* (MEGASCOLECIDAE) SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE
Eucalyptus SPP. EM CASA DE VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. George Gardner Brown
Co-orientadora: Profa. Dra. Fabiane Machado Vezzani

CURITIBA

2012



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIA DO SOLO

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **WAGNER MASCHIO**, sob o título: **“Populações de minhocas em plantios e efeito da inoculação de minhocas no crescimento de mudas de *Eucalyptus spp.*”**, requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela **“APROVADO”** da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Solo e Ambiente"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 30 de agosto de 2012.

Engº. Agrº Dr. George Gardner Brown , Presidente.

Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter, Iº. Examinador.

Prof. Dr. Alexander Feijoo Martinez, IIº. Examinador.

Dedico este trabalho a minha família, aos meus orientadores e aos meus amigos, e em especial à minha esposa, Dieiny Michelle Crestani, meu pai, Wilson Maschio e à minha querida mãe Vera Lúcia Maschio.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos à Embrapa Florestas e seus funcionários, especialmente, ao meu pai Wilson, Irineu, Paulino, Joel Nunes, Leonides, Nadia, Claudia Mara, Amilton Baggio, Cintia, Guilherme e Lina pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório, a todos os amigos dos Laboratórios de Propagação de Espécies Florestais, Biologia do Solo, Ecologia e Solos da Embrapa Florestas;

Ao setor de informática em especial ao grande amigo Youssef Mazlum.

À UFPR, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo e aos professores e laboratoristas pelas sugestões e críticas; ao SINPAF SSFlorestas pelo suporte e apoio durante o mestrado; a empresa Golden Tree Reflorestadora, pelos mudas clonais de Eucaliptos e ao CNPq pelo suporte;

Aos amigos do mestrado, por nossa evolução durante a imersão nos estudos da Ciência do Solo;

Um agradecimento especial a minha companheira Dieiny que durante todo meu percurso na universidade esteve do meu lado apoiando-me e incentivando-me. Ao professor doutor George Gardner Brown, por aceitar ser meu orientador, pela proposta do trabalho que instigou essa pesquisa e outras mais que virão, pela incrível disponibilidade, atenção e paciência que teve ao longo do mestrado com minhas dificuldades e limitações. À minha família, em especial aos meus pais por acreditarem em mim.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para sua conclusão.

MUITO OBRIGADO A TODOS !

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
LITERATURA CITADA	3
CAPITULO 1 - POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM PLANTIOS DE <i>Eucalyptus</i> SPP.....	5
RESUMO	5
CHAPTER 1 - POPULATIONS OF WORMS IN <i>Eucalyptus</i> spp. PLANTATIONS	6
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1 LOCAL DE ESTUDO	8
2.2 COLETA DE MINHOCAS E SOLO	9
2.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO	11
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1 SOLOS DOS PLANTIOS FLORESTAIS	12
3.1.1 DENSIDADE, BIOMASSA E DIVERSIDADE DE MINHOCAS	12
3.1.2 PRIMEIRA COLETA.....	12
3.1.3 SEGUNDA COLETA.....	18
3.1.4 RELAÇÃO ENTRE AS POPULAÇÕES DE MINHOCAS E OS PARÂMETROS EDÁFICOS	21
3.1.4.1 PRIMEIRA COLETA.....	21
3.1.4.2 SEGUNDA COLETA.....	22
4 CONCLUSÕES	25
5 LITERATURA CITADA	25
CAPITULO 2 - EFEITOS DE <i>Pontoscolex corethrurus</i> (GLOSSOSCOLECIDAE) E <i>Amyntas gracilis</i> (MEGASCOLECIDAE) SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus</i> SPP. EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	30
RESUMO	30
CHAPTER 2 - EFFECTS OF <i>Pontoscolex corethrurus</i> (Glossoscolecidae) And <i>Amyntas gracilis</i> (Megascolecidae) ON THE GROWTH OF SEEDLINGS <i>Eucalyptus</i> SPP. IN GREENHOUSE.....	31
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
2.1 LOCAL DE ESTUDO	33
2.2 ESTUDO DE CASA DE VEGETAÇÃO	34
2.2.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO	35
2.2.2 SEGUNDO EXPERIMENTO	35
2.3 CRESCIMENTO DAS PLANTAS	35
2.4 SOBREVIVÊNCIA DAS MINHOCAS	36
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1 ENSAIO COM E SEM <i>P. CORETHRURUS</i>	36
3.2 ENSAIO COM E SEM <i>A. GRACILIS</i>	40
4 CONCLUSÕES	43
5 LITERATURA CITADA	43
CONCLUSÃO GERAL	46
RESUMO BIOGRÁFICO.....	47

POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* SPP. E EFEITOS DE *Pontoscolex corethrurus* (GLOSSOSCOLECIDAE) E *Amyntas gracilis* (MEGASCOLECIDAE) SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus* SPP. EM CASA DE VEGETAÇÃO¹

Autor: Wagner Maschio

Orientador: Prof. Dr. George Gardner Brown

Co-Orientadora: Profa. Dra. Fabiane Machado Vezzani

RESUMO GERAL

Os reflorestamentos cumprem um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico do País em nível regional e nacional. Sabe-se que a cobertura florestal pode afetar a composição da fauna edáfica, incluindo as espécies de minhocas, devido à sua sensibilidade às condições ambientais. Os plantios florestais podem aumentar as populações da macrofauna do solo, entre elas, as minhocas, porém, existem poucos dados sobre o assunto no país, e desconhecem-se os efeitos das minhocas sobre o crescimento de essências florestais. Portanto, este trabalho avaliou, em duas ocasiões (2010 e 2012), a densidade e diversidade de minhocas em cinco plantios de Eucaliptos na Embrapa Florestas – Colombo (PR): três plantios de *Eucalyptus dunnii*, denominados EDI, EDII e EDIII com 30 a 31 anos de idade, um plantio de eucalipto misto (EM) de 26 anos, sobre Cambissolos distróficos (húmicos e háplicos), um plantio de *Eucalyptus benthamii* (EB) com 28 anos, sobre Latossolo Bruno distrófico. Coletaram-se cinco monólitos de 40x40 cm até 20 cm de profundidade, em cada área, e avaliaram-se as propriedades do solo de cada plantio, visando estudar as relações das populações de minhocas com parâmetros físico-químicos edáficos. Além disso, avaliou-se, em casa de vegetação, o crescimento de mudas de três espécies de Eucaliptos (*E. dunnii*, *E. grandis* e *E. benthamii*) na presença e ausência de minhocas (quatro *Pontoscolex corethrurus* ou duas *Amyntas gracilis* por vaso), após cinquenta dias. Nos plantios de Eucaliptos, encontraram-se seis espécies de minhocas (*P. corethrurus*, *A. gracilis*, *A. corticis*, *Metaphire schmardae*, *Fimoscolex* sp. e *Glossoscolex* sp.), mas predominou a espécie *P. corethrurus*, representando >95% do total de indivíduos coletados em ambas as datas. Somente nos plantios de *E. benthamii* sob Latossolos, não dominou essa espécie, mas sim as nativas *Glossoscolex* sp. e *Fimoscolex* sp. Em casa de vegetação a espécie *E. dunnii* apresentou crescimento mais rápido que *E. grandis* e *E. benthamii*. A inoculação do solo com minhocas promoveu o crescimento das mudas de *Eucalyptus benthamii* (com *P. corethrurus*) e *E. grandis* (com *A. gracilis*), mas não teve efeito significativo sobre o crescimento de *E. dunnii*. Houve mortalidade completa de *P. corethrurus*, mas apenas 10% das *A. gracilis* morreram no final do ensaio. Outros ensaios ainda são necessários, portanto, para esclarecerem os mecanismos dos efeitos dessas espécies sobre o crescimento dos eucaliptos em casa de vegetação.

Palavras-chave: Banco de sementes, plantios florestais, oligoquetas terrestres.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (55 p.) Setembro, 2012.

POPULATIONS OF WORMS IN *Eucalyptus* sp. AND EFFECTS OF *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) And *Amyntas gracilis* (Megascolecidae) ON THE GROWTH OF SEEDLINGS *Eucalyptus* SPP. IN GREENHOUSE²

Author: Wagner Maschio

Advisor: Prof. Dr. George Gardner Brown

Co- Advisor: Profa. Fabiane Machado Vezzani

GENERAL ABSTRACT

Reforestation has an important role in the socio-economic development of Brazil at regional and national levels. It is known that forest cover can affect the composition of edaphic fauna, including species of worms, due of their sensitivity to environmental conditions. These plantations can increase populations of soil macrofauna, among them, earthworms, but there is little data on the subject in the country, and the effects of earthworms on the growth of forest species are unknown. Therefore, this study evaluated on two occasions (2010 and 2012), the abundance and diversity of earthworms in five *Eucalyptus* plantations at Embrapa Florestas - Colombo (PR): three *Eucalyptus dunnii*, called EDI, EDII and EDIII with 30 to 31 years of age, a mixed planting of eucalyptus (EM) 26 yr old on dystrophic (humic and Haplic) Cambisols, and a *Eucalyptus benthamii* plantation (EB) 28 years old on a dystrophic Oxisol. Five monoliths (40x40 cm up to 20 cm depth) were collected in each area, and the properties of soil evaluated in each plantation, to study the relationships of earthworm populations with edaphic physico-chemical parameters. Furthermore, in a greenhouse seedling growth of three species of *Eucalyptus* (*E. dunnii*, *E. grandis* and *E. benthamii*) were evaluated in the presence and absence of earthworms (*Pontoscolex corethrurus* or *Amyntas gracilis*), after fifty days. In the *Eucalyptus* plantations, six species of earthworms (*P. corethrurus*, *A. gracilis*, *A. corticis*, *Metaphire schmardae*, *Fimoscolex* sp. *Glossoscolex* sp.) were found, but the predominant species *P. corethrurus*, represented >95% of all individuals collected on both dates. Only in *E. benthamii* under Oxisols, this species did not dominate; rather the native *Glossoscolex* and *Fimoscolex* sp. were dominant. In the greenhouse *E. dunnii* grew faster than *E. grandis* and *E. benthamii*. Inoculation of soil with earthworms promoted the growth of seedlings of *E. benthamii* (with *P. corethrurus*) and *E. grandis* (with *A. gracilis*), but had no significant effect on the growth of *E. dunnii*. There was complete mortality of *P. corethrurus*, but only 10% of *A. gracilis* died at the end of the trial. Other trials are still needed, therefore, to clarify the mechanisms of the effects of these species on the growth of eucalyptus trees in the greenhouse.

Keywords: Forest plantations and terrestrial oligochaetes.

² Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (55 p.) September, 2012.

INTRODUÇÃO GERAL

Os plantios florestais exercem um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico em nível regional e nacional do País. As atividades do Setor de Florestas Plantadas podem ser consideradas um caso de sucesso dentre os diversos setores da economia nacional. Em 2010, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.510.693 ha, sendo 73% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* (4.754.334 ha) e 27%, a plantios de *Pinus* (1.756.359 ha). No período de 2005 a 2010, o crescimento acumulado foi de 23%, ou seja, 3,5% ao ano (ABRAF, 2011). O eucalipto foi introduzido em muitos países, incluindo o Brasil, devido ao aumento da necessidade de madeira como fonte de celulose e, sobretudo, a energia (Nair e Varma, 1985; Wardell, 1987). Segundo Paludzyszyn Filho et al. (2006), poucas espécies de eucalipto economicamente importantes estão adaptadas para as condições mais frias do Brasil, com clima Cfb (Köppen). Dentre estas, *E. benthamii* e *E. dunnii* possuem boa aptidão, principalmente, no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis.

Atualmente, segundo Quadros et al. (2002) grande parte das empresas florestais que utilizam *Eucalyptus* sp. no País estão substituindo o preparo intensivo do solo por um preparo mínimo, com o objetivo de diminuir perdas de nutrientes e matéria orgânica. Estas técnicas tendem a beneficiar a fauna edáfica, que por sua vez é extremamente importante na ciclagem biogeoquímica de nutrientes. Contudo, estudos sobre os organismos do solo em áreas de plantios de eucalipto ainda são muito escassos, e sabe-se que a cobertura florestal pode afetar a composição da fauna edáfica, incluindo a macrofauna do solo, devido à sua sensibilidade às condições edáficas.

Os macroinvertebrados edáficos são um indicador útil da saúde do solo ou de seu estado de perturbação, já que esses organismos respondem a mudanças em uma ampla gama de propriedades edáficas e do ambiente e ao manejo adotado pelos seres humanos (Paoletti, 1999). Além disso, a composição das comunidades da macrofauna, segundo Brown et al. (2001), é um importante ponto de partida para a compreensão da influência desses animais nas propriedades do solo e na produtividade vegetal, uma vez que cada organismo influi de forma distinta (positiva ou negativamente) sobre os processos edáficos.

A alteração das condições naturais do solo pela transformação de mata nativa ou pastagens em monocultivos agrícolas ou arbóreos, com a introdução de espécies

vegetais exóticas podem levar a um novo estado biológico no solo, alterando a sua biodiversidade e funcionamento (Baretta et al., 2005). Por exemplo, em um trabalho realizado por Da Silva (2010) e Lima (2011), no município de Colombo (PR), a biomassa e a densidade das minhocas foram maiores nas plantações da espécie exótica de *Pinus elliottii*, quando comparadas a Floresta Ombrófila Mista e reflorestamento com a espécie nativa *Araucaria angustifolia*. Nestes plantios de *P. elliotti*, predominaram indivíduos da espécie peregrina de minhoca, *Pontoscolex corethrurus* e sua biomassa superou, em vários casos, o considerado importante para efeitos sobre o crescimento destas plantas (30 g m⁻²; Brown et al., 1999).

As minhocas, grupo preponderante em termos da biomassa da macrofauna do solo (Lavelle et al., 2001), agem em vários processos essenciais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais. Elas atuam na estrutura do solo, afetando sua agregação e porosidade, e alteram a decomposição da matéria orgânica do solo e dos resíduos vegetais, influenciando na disponibilidade de nutrientes. Devido às suas atividades de pedoturbação, transformam as propriedades físicas e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Pashanasi et al., 1996; Lavelle et al., 2001), levando alguns autores a chamá-las de engenheiras do ecossistema (Jones et al., 1994; Lavelle et al., 1997).

Espécies peregrinas ou exóticas de minhocas são geralmente amplamente distribuídas e associadas à perturbação ambiental de origem antrópica (Brown et al., 2006). A espécie *P. corethrurus* é nativa da região Norte do País (Righi, 1984), mas deve ser considerada peregrina e exótica na região Sul (Brown et al., 2006). Muitos trabalhos têm sido escritos sobre a biologia e ecologia desta espécie e sabe-se que ela pode afetar positivamente o crescimento das plantas (Brown et al., 2007). Porém, pouco se sabe do efeito desta minhoca sobre o crescimento de espécies vegetais lenhosas, como os *Eucalyptus* sp. (Brown et al., 1999). Como estas espécies arbóreas são cultivadas em grande escala na região Sul do País, torna-se importante avaliar tanto as populações de minhocas presentes nos cultivos de *Eucalyptus* sp., quanto o efeito da presença de grandes populações de minhocas como *P. corethrurus*, sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus* sp.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi: a) avaliar a abundância (densidade e biomassa) e diversidade de minhocas em plantios de diversas espécies de *Eucalyptus* sp., plantadas na região Sul do Brasil, especificamente, na estação experimental da Embrapa Florestas, em Colombo-PR; e b) determinar os efeitos da inoculação de duas

espécies de minhocas exóticas (*P. corethrurus* e *Amyntas gracilis*) sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus* sp. (*E. benthamii*, *E. grandis* e *E. dunnii*) em casa de vegetação.

LITERATURA CITADA

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2011: ano base 2010. Brasília, DF. 130 p, 2011.

BARETTA, D; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. and KLAUBERG-FILHO. O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. R. Bras. Ci. Solo. 29, 5:715-724, 2005.

BROWN, G. G.; FRAGOSO, Carlos. Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, v. 1. 539p, 2007.

BROWN, G.G., B. PASHANASI, C. VILLENAVE, J.C. PATRÓN, B.K. SENAPATI, S. GIRI, I. BAROIS, P. LAVELLE, E. BLANCHART, R.J. BLAKEMORE, A.V. SPAIN & J. BOYER. 1999. Effects of earthworms on plant production in the tropics. p.87-147. In: P. LAVELLE, L. BRUSSAARD & P.F. HENDRIX (Eds.). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB International, Wallingford.

BROWN, G.G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRON, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zool. Mex., 1:79-110, 2001.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, p. 297-381, 2007.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. Caribbean Journal of Science, 42:339-358, 2006.

DA SILVA, E. Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Paris XII - Créteil, Université Paris XII. p. 44-46, 2010.

JONES CG, LAWTON JH, SHACHAK M. Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 373–386, 1994.

LAVELLE P, BIGNELL D, LEPAGE M, WOLTERS V, ROGER P, INESON P, HEAL OW, DHILLION S. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33:159–193, 1997.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. Soil organic matter management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? *Nutrition Cycl. Agroecosyst*, [S.l.], 61:53-61, 2001.

LIMA, O. G. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e Floresta Ombrófila Mista na Embrapa Florestas, Colombo - PR. (Dissertação, Mestrado). Universidade Federal do Paraná, 67 f, 2011.

NAIR, K.S.S. and VARMA, R.V. Some ecological aspects of the termite problem in Young eucalyptus plantations in Kerala, India. *Forest Ecology and Management*, 12:287-303, 1985.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. dos; FERREIRA, C.A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, (Documentos, 129), 45 p, 2006.

PAOLETTI, M.G. (Ed). Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscape: practical use of invertebrates to assess sustainable land use. Amsterdam: Elsevier, 446 p, 1999.

PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; ALEGRE, J.; CHARPENTIER, F. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input tropical agroecosystem. *Soil Biology Biochemistry*, Elmsford, 28:801-810, 1996.

QUADROS, R.M.B. DE; BELLOTE, A.F.J.; DIONÍSIO, J.A. Observações sobre as propriedades químicas do solo e de excrementos de minhocas em plantios de *Eucalyptus grandis*. *Bol. Pesq. Flor.*, 45:29-39, 2002.

RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. V.19, p. 159-177, 1984.

WARDELL, D.A. Control of termites in nurseries and young plantations in Africa: established practices and alternative courses of action. *Commonw. For. Rev.*, 66:77-89, 1987.

CAPITULO 1 - POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* SPP.

RESUMO

As mudanças na cobertura florestal podem afetar a composição da fauna edáfica, incluindo as espécies de minhocas. Porém, estudos sobre os seres edáficos em áreas de plantios de eucalipto ainda são muito escassos no Brasil. O presente levantamento foi realizado para avaliar a densidade e diversidade de minhocas em cinco plantios de eucalipto na Embrapa Florestas – Colombo (PR): um plantio de *Eucalyptus benthamii* (EB) com 28 anos, sobre Latossolo Bruno distrófico, um plantio de eucalipto misto (EM) de 26 anos e três áreas com *Eucalyptus dunnii*, denominados EDI, EDII e EDIII com 30 a 31 anos, sobre Cambissolos distróficos (húmicos e háplicos). As coletas foram realizadas em fevereiro de 2010 e janeiro de 2012, em 5 monólitos de 40 x 40 cm até 20 cm de profundidade em cada plantio. Foram encontradas seis espécies de minhocas: *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), *Amyntas corticis*, *Metaphire schmardae* (Kinberg, 1867), *Fimoscolex* sp. e *Glossoscolex* sp. Verificou-se que a população de minhocas foi menor nas áreas de *E. benthamii*, provavelmente devido fator edáfico, ainda não determinado. Nesse plantio as espécies nativas *Glossoscolex* sp e *Fimoscolex* sp foram predominantes em número de indivíduos. Nas áreas de *E. dunnii* houve incidência da espécie *P. corethrurus* em mais de 90% do total de indivíduos coletados nessas áreas. A espécie *M. schmardae* apareceu nos tratamentos EM, EDI e EDII, não tendo sido amostrada nos tratamentos EDIII e EB. As espécies *A. gracilis* e *A. corticis* apareceram no EM e EDII e EDIII. Estudos assim como observado em muitos lugares no mundo, os plantios de eucalipto tendem a beneficiar o aparecimento da espécie peregrina *P. corethrurus*, enquanto as espécies nativas são menos frequentes. No presente caso, a predominância de *P. corethrurus* e alta densidade e biomassa de minhocas exóticas/peregrinas como *P. corethrurus* e a presença de outras exóticas como *M. schmardae*, *A. gracillis* e *A. corticis*, nos plantios de *Eucalyptus*, provavelmente são devido ao prévio uso agrícola das áreas, mas outros estudos precisam, ainda, ser realizados para determinar porque essa espécie é amplamente dominante em plantios de muitas espécies de Eucaliptos pelo mundo afora.

Palavra-chave: Plantios florestais, eucaliptos, oligoquetos terrestres.

CHAPTER 1 - POPULATIONS OF WORMS IN *Eucalyptus* spp. PLANTATIONS

ABSTRACT

Changes in forest cover can affect the composition of soil fauna, including species of earthworms. However, studies on the edaphic beings in areas of eucalyptus plantations are still scarce in Brazil. This survey was conducted to evaluate the density and diversity of earthworms in five eucalyptus plantations at Embrapa Florestas - Colombo (PR): a *Eucalyptus benthamii* (EB) with 28 years on dystrophic Oxisol, a mixed plantation of eucalyptus (EM) of 26 years and three areas with *Eucalyptus dunnii*, called EDI, EDII and EDIII 30 to 31 years, on dystrophic Cambisols (humic and Haplic). Samples were collected in February 2010 and January 2012; five monoliths of 40 x 40 cm to 20 cm depth in each planting. We found six species of earthworms: *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), *Amyntas corticis*, *Metaphire schmardae* (Kinberg, 1867), *Fimoscolex* sp. and *Glossoscolex* sp. Earthworm populations were lower in areas of *E. benthamii*, probably due an edaphic factor, not yet determined. In this plantation native species of *Glossoscolex* and *Fimoscolex* sp. were dominant. In areas of *E. dunnii* the incidence of *P. corethrurus* was >90% of all individuals collected. The species *M. schmardae* appeared in EM, EDI and EDII but was not found in EDIII and EB. The species *A. gracilis* and *A. corticis* appeared in EM, EDII and EDIII. As observed in other locations, *Eucalyptus* plantations tend to benefit the appearance of the species *P. corethrurus* while native species are less frequent. In the present case, the prevalence of *P. corethrurus* and high density and biomass of otheexotic/peregrine earthworms (*M. schmardae*, *A. gracillis*, *A. corticis*) in *Eucalyptus*, are probably due to prior agricultural use of the area, but further studies must be conducted to determine why these species are so widely present in *Eucalyptus* plantations around the world.

Keyword: Plantations, eucalyptus, terrestrial oligochaetes

1 INTRODUÇÃO

Os plantios florestais exercem um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico do Brasil. Em 2010, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6,51 milhões de ha, sendo 73% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 27% a plantios de *Pinus*. No período de 2005 a 2010, o crescimento acumulado foi de 23%, ou seja, 3,5% ao ano (ABRAF, 2011). O eucalipto foi introduzido em muitos países, incluindo o Brasil, devido ao aumento da necessidade de madeira como fonte de celulose e, sobretudo, a energia (Nair e Varma, 1985; Wardell, 1987). Porém, segundo Paludzyszyn Filho et al. (2006), são poucas as espécies de eucalipto economicamente importantes adaptadas às condições mais frias do Brasil, com clima Cfb (Köppen). Dentre estas, *E. benthamii* e *E. dunnii* proporcionam boa aptidão, principalmente, no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis.

Atualmente, grande parte das empresas florestais que utilizam Eucaliptos no País, estão substituindo o preparo intensivo por um preparo mínimo do solo, com o objetivo de diminuir as perdas de nutrientes e matéria orgânica (Quadros et al., 2002). Estas técnicas tendem a beneficiar a fauna edáfica, que por sua vez é extremamente importante na ciclagem biogeoquímica de nutrientes. A conversão de pastagens ou florestas naturais para usos agrícolas ou florestais, como as plantações de essências florestais podem causar mudanças na fertilidade do solo e em sua biodiversidade, levando a uma perda de espécies nativas endêmicas, o surgimento de espécies invasoras e a predominância de espécies exóticas (Decaëns et al., 2006; González et al., 2006).

Os macroinvertebrados edáficos são bons indicadores de perturbação ambiental, pois apresentam alta sensibilidade a uma ampla gama de propriedades edáficas e do ambiente e ao manejo adotado pelos seres humanos (Paoletti, 1999). Além disso, a composição das comunidades da macrofauna, segundo Brown et al. (2001), é um importante ponto de partida para a compreensão da influência desses animais nas propriedades do solo e na produtividade vegetal, uma vez que cada organismo influi de forma distinta (positiva ou negativamente) sobre os processos edáficos.

Neste sentido, estudos sobre a fauna edáfica em áreas de plantios de eucalipto ainda são muito escassos tanto no país quanto em nível internacional (ver por ex., Dangerfield, 1990; Soares e Costa, 2001; Warren e Zou, 2002; Mboukou-Kimbatsa et al., 1998, 2007), e sabe-se que a mudança na cobertura florestal pode afetar a

composição da fauna edáfica, incluindo as espécies de minhocas, devido à sua sensibilidade às alterações nas condições edáficas (por ex., Lavelle et al., 1994; Brown et al., 2001, 2009).

Num dos poucos trabalhos abrangendo macrofauna edáfica em plantios de eucaliptos no Brasil, Soares e Costa (2001) encontraram predomínio de insetos (com menor abundância de minhocas) no plantio de *Eucalyptus*, e predomínio de minhocas no plantio de *Pinus*, na região de Santa Maria-RS. Da Silva (2010) e Lima (2011), também encontraram grande abundância de minhocas (das espécies *Pontoscolex corethrurus* e *Amyntas gracilis*) em plantios de *Pinus elliottii* quando comparadas com Floresta Ombrófila Mista na região de Curitiba-PR.

Portanto, visando ampliar o conhecimento do impacto de plantios de essências florestais sobre a fauna edáfica, desenvolveu-se o presente trabalho para avaliar a abundância e a diversidade das populações de minhocas em áreas de reflorestamento com várias espécies de *Eucalyptus* na Embrapa Florestas, e sua possível relação com parâmetros físico-químicos (C, P, K, Ca, Mg, pH, H+Al, Al, textura) do solo. A hipótese a ser testada foi de que nos reflorestamentos com *Eucalyptus* spp., a comunidade de minhocas seria composta principalmente por espécies exóticas, com predominância da espécie *P. corethrurus*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas, no município de Colombo- PR, na Estação Experimental, situada na região metropolitana de Curitiba (25,19°S, 49,09°W), a uma altitude média de 938 m. O clima na região é definido como subtropical úmido (Cfb, de Köppen), com a maioria da precipitação anual (1400-1500 mm) no verão (Dez - Mar), sendo o mês de agosto o mais seco do ano (71 mm). A temperatura média mensal varia de um máximo de 16,7 °C em fevereiro a 8,4 °C em julho.

As áreas de estudo incluíram plantios florestais (banco de sementes) com *E. benthamii*, *E. dunnii* e plantio misto de *E. dunnii*, *E. benthamii* e *E. grandis*. No momento da coleta a área com *E. benthamii* (EB) tinha 0,67 ha, árvores num

espaçamento médio de 5x3 m. As árvores estavam com 41,6 m de altura e 45,4 cm de d.a.p. O plantio foi instalado em 1984 com espaçamento foi de 3x3 m. Três plantios de *E. dunnii* (ED) foram avaliados, o primeiro com 1,59 ha (EDI), o segundo com 0,34 ha (EDII) e o terceiro com 0,18 ha (EDIII). O espaçamento médio das árvores no momento da coleta foi de 6x6 m (EDI), 5x5 m (EDII) e 3x2 m (EDIII). As árvores estavam com 43,1, 45 e 31,2 m de altura e 59, 45,1 e 28,8 cm de d.a.p., respectivamente nos plantios de EDI, EDII e EDIII. Os plantios foram instalados em 1981-1982 com espaçamentos de 2x2 m (EDI), 3x3 m (EDII) e 3x2 (EDIII). No momento da coleta a área do plantio misto (EM) tinha 0,818 ha, e árvores num espaçamento médio de 3x3 m. As árvores estavam com 32,2 m de altura e 35,6 de d.a.p. O plantio foi instalado em 1986 com espaçamento foi de 3x3 m.

Em todos os plantios, diversas podas foram realizadas ao longo do tempo, e se realizam, anualmente, três a quatro roçadas da vegetação espontânea, consistindo basicamente de gramíneas perenes e anuais. No total, estudaram-se cinco plantios florestais com idades de 26 anos (EM), 28 anos (EB) e 30 a 31 anos (ED) (FIGURA 1).

No passado (até 1978), essas áreas foram utilizadas para culturas agrícolas como trigo, arroz e batata em sistema convencional. Portanto, o solo havia sido adubado e calcareado para correção de pH. Nas encostas mais íngremes, as áreas sofreram forte erosão. A partir de 1978, a Embrapa iniciou o plantio, nessas áreas, de várias espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* e de *Araucaria angustifolia*, no intuito de fomentar a pesquisa em conservação e melhoramento genético de espécies florestais no Brasil.

2.2 COLETA DE MINHOCAS E SOLO

As coletas foram realizadas em cinco plantios florestais na época de chuvas, em fevereiro de 2010 e janeiro de 2012. O plantio de EB encontra-se sobre LATOSSOLO BRUNO Distrófico, enquanto os três plantios de *E. dunnii* estão sobre CAMBISSOLOS HÚMICOS Distrófico e o EM sobre CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico (TABELA 1). Na área de EDI, o horizonte A tinha aproximadamente 60-80 cm de profundidade; no EDII, o horizonte A teve 40 cm de profundidade; no EDIII variou de 15-70 cm; no plantio misto e no EB o horizonte A teve em média 40 cm de profundidade.



FIGURA 1- Imagem de satélite com a localização dos locais de coleta nos Plantios de *Eucalyptus* onde foram realizadas as coletas de minhocas e solo, na Estação de Pesquisa, Embrapa Florestas, Colombo – PR: EB (*E. benthamii*), EDI (*E. dunnii*), EDII (*E. dunnii*), EDIII (*E. dunnii*) e EM (Eucalypto Misto).

Retiraram-se cinco amostras de solo para avaliação da comunidade de minhocas, seguindo uma modificação do Método do “TSBF” (Tropical Soil Biology and Fertility) desenvolvido por Anderson e Ingram (1993), cavando-se monólitos de solo, com dimensão de 40 x 40 cm (invés de 25 x 25 cm proposto no método original) até 20 cm de profundidade, distantes pelo menos 20 m entre si. Essa variação foi recomendada por Baretta et al. (2007) para plantios de Araucária, e permite melhor coleta de espécimes maiores como minhocuçus. Os monólitos foram feitos em forma de zigue-zague nos plantios de EDII, EDIII e EM, e em forma de X, no EDI e EB. Procurou-se realizar as amostras sempre a >10 m da borda dos plantios. Acima de cada monólito triou-se a serapilheira para coletar minhocas epigêicas. Subsequentemente retiraram-se as camadas de 0-10 e 10-20 cm e realizou-se a triagem e extração manual das minhocas de cada camada de solo, acondicionando-as em recipientes devidamente identificados, contendo formol a 4%.

As minhocas foram identificadas até o nível de gênero ou espécie no laboratório de biologia do solo da Embrapa Florestas, quantificadas por área e local de coleta e pesadas em balança de precisão de 0,001 g. A estimativa da abundância foi expressa em número de indivíduos (número de indivíduos m⁻²) e biomassa (g m⁻²) por metro quadrado. A riqueza total de espécies em cada plantio foi estimada após a identificação das espécies coletadas. Estimou-se a diversidade das mesmas nos plantios florestais, calculando o número de espécies coletadas em cada monólito (no. espécies monólito⁻¹).

2.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Coletou-se uma amostra de solo da camada superficial (0-20 cm) de cada monólito retirado para coletar as minhocas, ou seja, da mesma profundidade amostrada para as minhocas. O solo foi peneirado, moído e submetido a análises físico-químicas de rotina (pH e a concentração de C, P, K, Ca, Mg, Na, H+Al), no Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, seguindo métodos da EMBRAPA (1997). A análise granulométrica foi feita usando o método da pipeta, conforme EMBRAPA (1997).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A densidade e a biomassa de cada espécie de minhoca, juntamente com os atributos físicos e químicos dos solos nas áreas avaliadas foram submetidos a análise multivariada (ACP) e regressões para avaliar as relações entre as comunidades encontradas e as espécies de eucaliptos e os atributos físico-químicos dos solos das áreas de plantio. As análises foram realizadas usando o programa CANOCO v. 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002) e Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2006). Os parâmetros físico-químicos do solo e a abundância total (densidade e biomassa) e da espécie predominante de minhoca em cada plantio foram comparadas usando ANOVA e/ou o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (quando os dados não puderam ser normalizados e/ou quando as variâncias não foram homogêneas), usando o programa Statistica. Para comparar os parâmetros físicos e químicos dos solos e das minhocas entre os plantios de eucalipto (comparação das espécies), as ANOVAS foram analisadas usando o teste de HSD considerando o número desigual de amostras para os três sistemas, sendo n=5 para EM e EB e n=15 em total, para os plantios e *E. dunnii* (ou seja, consideraram-se os três plantios de ED como um só ecossistema), com valor de

significância de $p < 0,05$. Na ACP, verificou-se a colinearidade entre os parâmetros edáficos e os parâmetros com valores de “inflation factor” maiores que 20 foram excluídos usando a opção de “forward selection” do programa CANOCO.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SOLOS DOS PLANTIOS FLORESTAIS

Apesar dos solos dos plantios de EB e do EM serem ligeiramente diferentes dos solos dos plantios de ED, não foram encontradas diferenças estatísticas nos parâmetros químicos, nem na granulometria entre os plantios nas diferentes classes de solo (Tabela 1). Todos os solos foram considerados argilosos (teor $>35\%$), muito ácidos ($\text{pH} < 4,5$), e com baixo teor de bases e P. Os teores de matéria orgânica de todos os solos foram altos ($>3,1\%$ C), com exceção do plantio de EDIII, que tinha $2,9\%$ C. Esse plantio também tinha o maior teor de areia total e o menor teor de argila, apesar das diferenças não serem significativas.

Como os parâmetros edáficos não diferiram entre os plantios, realizaram-se comparações dos parâmetros biológicos (diversidade e abundância de minhocas) entre os plantios, considerando as repetições de cada sistema ($n=5$ para EM e EB e $n=15$ para ED).

3.1.1 DENSIDADE, BIOMASSA E DIVERSIDADE DE MINHOCAS

3.1.2 PRIMEIRA COLETA

Na primeira coleta (fevereiro de 2010), encontrou-se um total de 855 indivíduos, dos quais 342 foram de EDII, 296 de EDI, 124 de EM, 77 de EDIII e 16 de EB. Cinco espécies foram identificadas: *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), *Metaphire schmardae* (Kinberg, 1867), *Fimoscolex* sp., e *Glossoscolex* sp., sendo estas duas últimas espécies nativas da região (Tabela 2).

TABELA 1 - Atributos químicos do Solo nos Plantios Florestais de Eucaliptos na Estação Experimental da Embrapa Florestas, Brasil, Colombo (média de cinco repetições). Não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros comparando os três tipos de plantio (EM, EB, ED).

Tratamentos	Tipo de solo	pH CaCl ₂	K Cmol _c dm ⁻³	Ca Cmol _c dm ⁻³	Mg Cmol _c dm ⁻³	Ca+Mg Cmol _c dm ⁻³	Al Cmol _c dm ⁻³	H*Al Cmol _c dm ⁻³	C.O. mg dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Argila (%)	Silte g kg ⁻¹	Areia Total (%)	Classe textural
EB	LBd	4,46	0,11	1,3	0,64	1,92	0,84	10,18	31,5	2,04	19,7	31,3	44,8	4,2	51,0	Argilosa
EM	CXvd	4,42	0,05	1,14	0,84	1,96	0,92	11,30	31,2	1,66	21,9	31,5	41,2	5,5	53,3	Argilosa
ED I	CHd	4,04	0,072	0,44	0,34	0,78	2,24	15,66	33,8	3,36	24,3	26,5	38,8	10,5	50,8	Argilosa
ED II	CHd	4,22	0,056	0,94	0,68	1,62	1,2	11,45	30,7	1,48	22,7	27,7	44	5,5	50,5	Argilosa
ED III	CHd	4,32	0,058	0,8	0,54	1,36	0,96	11,22	29,2	1,60	21,3	36,5	34,8	7,5	57,7	Argilosa
ED (média)	CHd	4,19	0,062	0,72	0,52	1,25	1,47	12,78	31,2	2,14	22,8	30,2	39,2	7,8	53,0	Argilosa

CAMBISSOLOS HÚMICOS Distróficos (CHd), CAMBISSOLOS HÁPLICOS *Ta Distróficos (CXvd) e LATOSSOLOS BRUNOS Distróficos (LBd).
C.O.= Carbono orgânico.

Espécies exóticas predominaram em abundância em praticamente todas as parcelas, enquanto as espécies nativas estiveram presentes apenas nos plantios de EB e EM. A *Glossoscolex* sp. foi encontrada somente na área de EB na profundidade 0-10, e a espécie *Fimoscolex* sp. somente nos plantios de EM. A espécie *M. schmardae* foi encontrada nos plantios de EM, EDI e EDII. O número de espécies por monólito variou de 0,4 a 1,2, mas não foram observadas diferenças significativas entre os plantios (TABELA 2).

A densidade total de minhocas (TABELA 2) foi maior nos plantios de *E. dunnii* (média de 298 indiv. m⁻²), intermediária no plantio misto (155 indiv. m⁻²), e menor no *E. benthamii* (20 indiv. m⁻²), sendo as diferenças significativas entre os plantios de *E. dunnii* e *E. benthamii*. A biomassa total das minhocas variou de 2,2 (EB) a 110 g.m⁻² em EDII (TABELA 3), sendo, mais uma vez, diferente entre ED e EB. O mesmo foi observado também para a biomassa de *P. corethrurus*, que representou 96-100% do total nos plantios de ED e eucalipto misto; somente em EB a biomassa desta espécie foi menor (20% do total), sendo dominantes as *Glossoscolex* sp. (FIGURA 2).

Só foram encontrados e identificados casulos da espécie *P. corethrurus*, cuja densidade variou de 25-53 m⁻² nos plantios de *E. dunnii*, 19 m⁻² em EM e 1,3 m⁻² em EB (TABELA 2).

Considerando os trabalhos disponíveis sobre populações de minhocas em plantios de eucaliptos no mundo (TABELA 4), a espécie *P. corethrurus* aparece como uma das mais abundantes e predominantes, ocorrendo em nove dos doze locais onde as espécies foram identificadas. A abundância dessa espécie alcançou 398 indivíduos m⁻² e 13 g m⁻² no Havaí (Zou E Bashkin, 1998). No Brasil, essa é uma das espécies melhor conhecidas (Brown & James, 2007) e, apesar de ser nativa à região Norte do País (Righi, 1984), deve ser considerada peregrina e exótica na região Sul (Brown et al., 2006).

A maioria dos indivíduos foi coletada na profundidade 0-10 cm: 94% em EM, 63% em EB, 77% em EDI 73% em EDII 92% EDIII 89% (TABELA 5). A espécie epigéica *M. schmardae* foi encontrada na serapilheira em plantio de EM, EDI e EDII. Já a epi-endogéica *A. gracilis* foi encontrada somente na profundidade de 0-10 cm.

TABELA 2 – Densidade (No. médio indiv. m⁻² ± erro padrão), diversidade total (Riqueza=no. de espécies) e número de espécies monólito⁻¹ das minhocas coletadas em 2010 e 2012 nos plantios florestais de Eucaliptos na Estação Experimental da Embrapa Florestas, Brasil, Colombo.

Tratamentos	Nativas		Exóticas						Total	Riqueza	Nº espécie Monólito
	<i>Glossoscolex</i>	<i>Fimoscolex</i>	<i>Pontoscolex</i>	Casulos	<i>Pontoscolex</i> total	<i>A. gracilis</i>	<i>A. corticis</i>	<i>Metaphire sp.</i>			
1 ^a coleta	----- No. indiv. m ⁻² -----										
EB	15±15	0	3,8±3,8b	1,3±1,3	5,0±5,0b	0	0	0	20±20	2	0,4
EM	0	2,5±2,5	125±10ab	19±106	151±43ab	0	0	1,3±1,3	155±101	3	1,2
ED I	0	0	339±146	25±13	364±158	5,0±3,8	0	1,3±1,3	370±161	3	1,2
ED II	0	0	404±58	21±14	425±51	0	0	2,5±2,5	428±51	2	1,2
ED III	0	0	44±25	53±46	96±68	0	0	0	96±68	1	0,6
ED (média)	0	0	262±112a	33±28	295±116a	1,9±2,5	0	1,3±1,6	298±118	2	1,0
2 ^a coleta											
EB	0	5,0±3,6	5,0±2,3	0	5,0±2,3	0	0	0	10±3,4	3	1a
EM	0	0	39±37	0	39±37	1,3±1,3	1,3±1,3	0	41±37	3	0,8
ED I	0	0	228±92	24±12	251±95	0	0	0	252±95	1	0,8
ED II	0	0	173±56	8,8±4,7	181±59	0	1,3±1,3	0	183±59	2	1,2
ED III	0	0	21±11	24±10	45±18	2,5±2,5	1,3±1,3	0	49±21	2	1,2
ED (média)	0	0	141±71	19±9	159±73	0,6±1,3	0,6±1,3	0	161±72	1,7	1,1

Letras diferentes em cada plantio (EB, EM e ED) representam diferenças significativas entre os parâmetros comparando os três tipos de plantio (EM, EB e ED), usando ANOVA ou Kruskal-Wallis, com p<0,05.

TABELA 3 – Biomassa média ($\text{g m}^{-2} \pm$ erro padrão) das espécies coletadas em 2010 e 2012 nos plantios florestais de Eucaliptos na Estação de Pesquisa da Embrapa Florestas, Brasil, Colombo.

<i>Tratamentos</i>	<i>Glossoscolex</i>	<i>Fimoscolex</i>	<i>Pontoscolex</i>	Casulos	<i>Pontoscolex</i> total	<i>A. gracilis</i>	<i>A. corticis</i>	<i>Metaphire</i>	Total
1ª coleta	----- g m^{-2} -----								
EB	1,7±1,7	0	0,44±0,44b	0,06±0,06	0,44±0,44b	0	0	0	2,2±2,2
EM	0	0,06±0,06	40,9±32,7ab	0,6±0,5	41,8±32,6ab	0	0	1,4±1,4	43,4±32,4
ED I	0	0	79,6±33,3	1,2±0,6	81,1±34,2	1,1±0,69	0	0,6±0,6	82,7±35
ED II	0	0	106±29,4	0,69±0,44	109±26,6	0	0	1,1±1,1	110±29,2
ED III	0	0	18±10	2,2±1,9	20,3±11,8	0	0	0	20,3±11,8
ED (média)	0	0	68±30a	1,4±1,06	70,4±30,4a	0,31±0,44	0	0,5±0,69	71,4±30,8
2ª coleta									
EB	0	0,06±0,06	0,19±0,19b	0	0,19±0,19b	0	0	0	21,6±21,3
EM	0	0	11,8±11,7ab	0	11,8±11,6	0,44±0,44	1,3±1,3	0	13,4±11,3
ED I	0	0	5,2±18,6	1,8±0,8	52,6±19,5	0	0	0	52,6±19,5
ED II	0	0	41,1±14,3	0,6±0,5	42,9±15,1	0	0,9±0,9	0	43,8±14,6
ED III	0	0	4,3±2,7	1±0,4	5,8±2,8	0,19±0,19	1,9±1,9	0	8,6±3,4
ED (média)	0	0	31,8±15,6a	1,1±0,6	33,8±16,2	0,06±0,06	0,9±1,1	0	34,9±15,8

TABELA 4 – Locais onde se avaliaram populações de minhocas em Plantios de Eucalipto no mundo.

Local/País	Vegetação	Densidade (No. indiv. m ⁻²)	Biomassa (g m ⁻²)	Espécies de minhocas encontradas ¹	Referências
Bargagh, Índia	<i>Eucalyptus</i> sp.	108-459	nd	<i>Lenogaster</i> sp. (92%), <i>Lampito mauritii</i>	Dash e Senapati (1991)
Dezful, Irã	<i>E. camaldulensis</i>	15	1,3	nd	Sayad et al. (2012)
	<i>E. microtheca</i>	57	10,4		
Eshowe, África do Sul	<i>E. grandis</i>	Aprox. 570	Aprox. 820	<i>P. corethrurus</i> (38%), <i>Amyntas rodericensis</i> (52%), <i>A. minimus</i> , <i>Dichogaster saliens</i>	Dlamini e Haynes (2004)
Pointe Noire, Congo	<i>Eucalyptus</i> sp.	30	nd	<i>P. corethrurus</i>	Mboukou-Kimbatsa et al. (2007)
	<i>Eucalyptus</i> spp.	0-58	0-10,5	nd	Mboukou-Kimbatsa et al. (1998)
Loudima, Congo	<i>Eucalyptus</i> sp.	293	74,5	nd	Mboukou-Kimbatsa et al. (1998)
Marondera, Zimbábue	<i>E. grandis</i>	7	0,4	nd	Dangerfield (1990)
Hakalau, Havai	<i>E. saligna</i>	91	nd	<i>P. corethrurus</i>	Zou (1993)
		1	nd	<i>A. gracilis</i>	
	<i>E. saligna</i> (75%) + <i>Paraserianthes falcataria</i> (25%)	276	Nd	<i>P. corethrurus</i>	
	<i>E. grandis</i>	5	nd	<i>A. gracilis</i>	
	<i>E. urophylla</i>	12-398	4,2-136	<i>P. corethrurus</i>	
Kamae'e, Havai	<i>E. saligna</i>	154	53	<i>P. corethrurus</i>	Zou e Bashkin (1998)
		Aprox. 68-95	Aprox. 40-50	<i>P. corethrurus</i>	
		2-14	0,5-13	<i>A. gracilis</i>	Li et al. (2010)
Huimanguillo, México	<i>E. grandis</i>	166	36,8	<i>P. corethrurus</i>	Uribe-López et al. (2012)
Toa Baja, Porto Rico	<i>E. robusta</i>	0-196	4,7	<i>P. corethrurus</i>	Warren e Zou (2002)
Joanicó, Uruguai	<i>Eucalyptus</i> sp.	0-733	nd	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>A. rosea</i> , <i>E. fetida</i>	Grosso et al. (2006)
Santa Maria, Brasil	<i>Eucalyptus</i> sp.	16	nd	<i>Allolobophora</i> sp.	Soares e Costa (2001)
São Mateus do Sul, Brasil	<i>Eucalyptus</i> sp.	0-2	nd	nd	Sautter et al. (1995), Dionísio et al. (1995)
Rolândia, Brasil	<i>Eucalyptus</i> sp.	12	0,7	nd	Brown et al. (2003)

¹Valor em parênteses se refere à proporção estimada de cada espécie encontrada.

TABELA 5 - Número médio de minhocas (No. indiv. m⁻²) coletados (total de todas as espécies) na Liteira (L) e nas diferentes profundidades (0-10 e 10-20 cm) em 2010 e 2012 nos plantios florestais de Eucaliptos na Estação de Pesquisa da Embrapa Florestas, Brasil, Colombo.

Tratamentos	Profundidade		
	L	0-10 cm	10-20 cm
1ª coleta			
EB	0	12,5	7,5
EM	1,3	146	7,5
ED I	2,5	270	98
ED II	1,3	395	31
ED III	0	85	11
ED (média)	1,3	250	47
2ª coleta			
EB	0	7,5	2,5
EM	1,3	40	0
ED I	0	189	63
ED II	1,3	119	63
ED III	0	35	14
ED (média)	0,4	114	46

3.1.3 SEGUNDA COLETA

Na segunda coleta (janeiro de 2012), encontrou-se um total de 536 indivíduos, dos quais 252 foram de EDI, 183 de EDII, 49 de EDIII, 41 de EM e 10 de EB. Quatro espécies foram identificadas: *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), *Amyntas corticis* e *Fimoscolex* sp., sendo esta última espécie nativa da região (TABELA 2).

O número de espécies por monólito variou de 0,8 a 1,2 (maior que na primeira coleta) mais não houve diferenças significativas entre os plantios (TABELA 2). A espécie exótica *P. corethrurus* novamente dominou em praticamente todos os plantios (FIGURA 3), representando >97% do total das espécies encontradas. A espécie nativa (*Fimoscolex* sp.) foi encontrada em EB (na profundidade 0-10 cm). A espécie A.

gracilis foi encontrada na liteira e na profundidade 10-20 cm. A espécie *M. schmardae* não foi encontrada nesta segunda coleta, no entanto encontrou-se a espécie *A. corticis* na liteira e na profundidade 0-10 cm nos plantios de EM, EDII e EDIII.

A densidade total de minhocas (TABELA 2) foi novamente maior nos plantios de *E. dunnii* (média de 161 indiv. m⁻²), intermediária no plantio misto (41 indiv. m⁻²), e significativamente menor em EB (10 indiv. m⁻²). A biomassa total foi de 21,6 (EB) a 52,6 g.m⁻² (EDI) (TABELA 3), sendo significativamente menor em EB que em plantios de *E. dunnii*. A biomassa de *P. corethrurus* (+ casulos) também foi também significativamente maior nos plantios de *E. dunnii* comparado ao *E benthamii*.

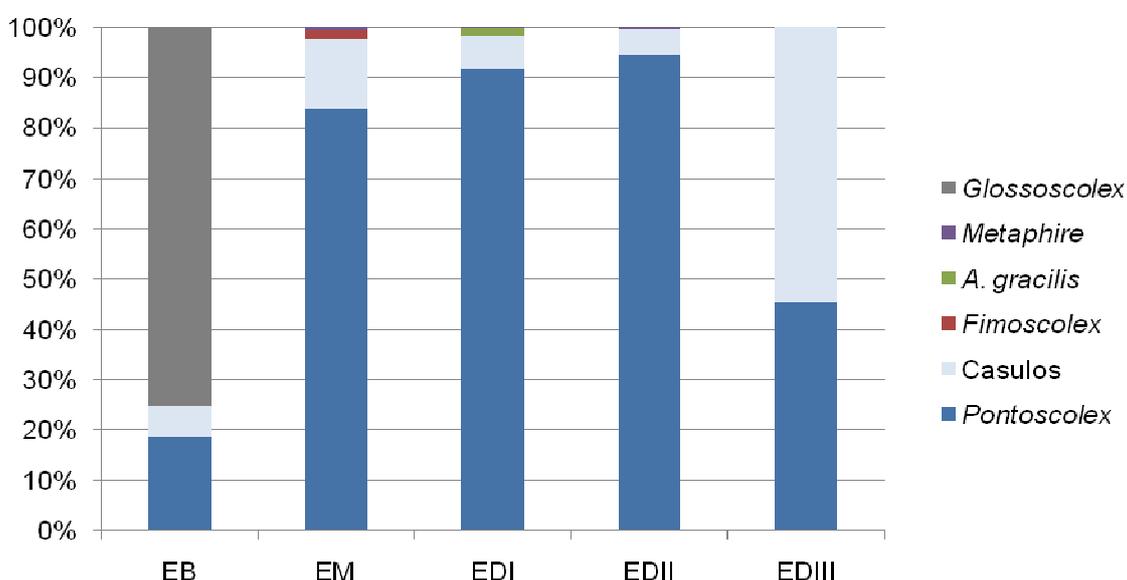


FIGURA 2 – Proporção da densidade das diferentes espécies de minhocas coletadas em fevereiro de 2010, nos Plantios de Eucalyptus na Estação de Pesquisa, Embrapa Florestas, Colombo – PR: EB (*E. benthamii*), EDI (*E. dunnii*), EDII (*E. dunnii*), EDIII (*E. dunnii*) e EM (Eucalipto Misto).

Assim como observado na ocasião anterior, a maioria das minhocas foi coletada na profundidade 0-10 cm: 97% do total em EM, 75% em EB, 75% em EDI, 65% em EDII e 71% em EDIII (TABELA 4). Os casulos identificados novamente foram todos da espécie *P. corethurus* e encontrados somente nos plantios de *E. dunnii*, com abundância de 8 a 24 m⁻² (TABELA 2).

Portanto, confirmou-se somente parcialmente a hipótese inicial de que nos plantios de Eucaliptos haveria predominância da espécie *P. corethrurus*: no plantio misto e nos plantios de *E. dunnii*, houve predomínio dessa espécie, mas no plantio de *E.*

benthamii dominaram as espécies nativas dos gêneros *Fimoscolex* e *Glossoscolex*, apesar de não haverem diferenças significativas entre os parâmetros físico-químicos medidos. É possível que algum outro fator edáfico, ainda não determinado, como, por exemplo, a compactação do solo ou o teor de N do solo e da liteira (Sayad et al., 2012), seja importante para a presença dessas espécies. Contudo, *P. corethrurus* também foi dominante nos plantios *Pinus elliottii* na Embrapa Florestas (Da Silva, 2010; Lima, 2011), ressaltando a importância do manejo agrícola prévio utilizado na estação experimental para determinar as populações das minhocas presentes.

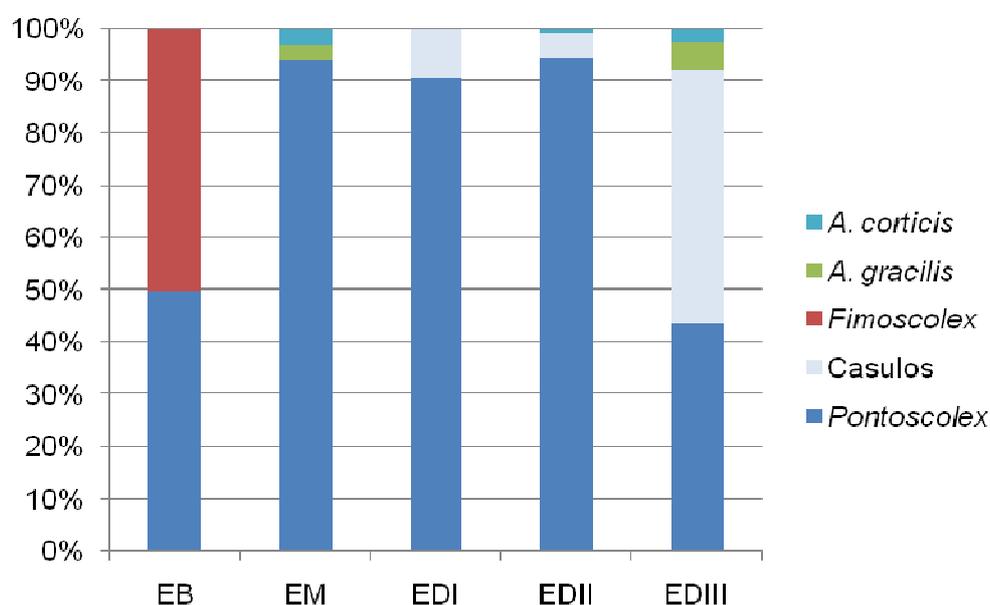


FIGURA 3 - Proporção da densidade das diferentes espécies de minhocas coletadas em janeiro de 2012, nos Plantios de Eucalyptus na Estação de Pesquisa, Embrapa Florestas, Colombo – PR: EB (*E. benthamii*), EDI (*E. dunnii*), EDII (*E. dunnii*), EDIII (*E. dunnii*) e EM (Eucalipto Misto).

P. corethrurus é uma espécie partenogenética, invasora e facilmente encontrada nas regiões tropicais da América Latina (Fragoso e Brown, 2007) e no mundo todo (Gates, 1973). Há mais de 150 anos atrás, quando foi descrita da região sul do Brasil, Müller (1857) já havia relatado que essa espécie uma das minhocas mais comuns na região, particularmente nas áreas que sofreram ações antrópicas. Esta espécie geralmente se adapta bem em solos perturbados por vários fatores como temperatura, radiação solar e precipitação e a variações no pH, matéria orgânica, N, P, S, entre

outros, bem como as diversas intervenções antrópicas (Fragoso 2001, Lavelle & Spain 2001, Edwards & Bohlen 1996).

A abundância e diversidade das minhocas varia de acordo com o grau de perturbação do ambiente. A elevada densidade e biomassa de minhocas exóticas/peregrinas como *P. corethrurus* e a presença de outras exóticas como *M. schmardae*, *A. gracillis* e *A. corticis*, nos plantios de *Eucalyptus*, comprovam o histórico e o nível de perturbação antrópica ocorrido na região (Brown et al., 2006). A presença em massa dessas espécies tem sido já verificada em alguns ecossistemas derivados da Mata Atlântica, especialmente áreas com interferência antrópica (Brown; James, 2007; Fernandes et al., 2010). As comunidades de minhocas são modificadas quando as florestas tropicais são transformadas em agroecossistemas. Lavelle et al. (1997), comenta que em áreas de pastagens Manaus, Brasil, que a presença da *P. corethrurus* é mais abundante em nichos abandonados pelas espécies nativas, promovido pela perturbação do solo. Em geral, o número de espécies diminui nos sistemas antrópicos, e há um decréscimo do número de espécies nativas, e substituição parcial ou quase total por espécies exóticas (Fragoso et al. 1997).

3.1.4 RELAÇÃO ENTRE AS POPULAÇÕES DE MINHOCAS E OS PARÂMETROS EDÁFICOS

3.1.4.1 PRIMEIRA COLETA

Devido ao baixo número de indivíduos coletados das outras espécies, a relação entre os parâmetros edáficos e as minhocas foi estudada apenas para *P. corethrurus*. As regressões entre o teor de areia fina e areia grossa e a densidade, biomassa, densidade e biomassa totais (incluindo casulos) de *P. corethrurus* foram altamente significativas, apesar de serem, em geral baixas (TABELA 6). A abundância tendeu a diminuir com valores maiores de areia fina e aumentar com valores maiores de areia grossa. Não foram observadas relações significativas entre os atributos químicos e a abundância de *P. corethrurus*.

A Análise de Componentes Principais (ACP; FIGURA 4), mostra melhor essa relação, evidenciando uma relação positiva das populações de *A. gracilis*, *M. schmardae* e *P. corethrurus* (e total de minhocas) e a diversidade (no. espécies monólito⁻¹) de minhocas com a areia grossa, além dos teores de H+Al e P do solo. Já os atributos pH, Mg, C.O. e argila, estão mais associados às espécies *Glossoscolex* sp. e *Fimoscolex* sp.

O teor de Al e Ca no solo foram eliminados da análise (usando o “forward selection”) devido à sua colinearidade com outras variáveis. O total de variabilidade explicada pela análise foi de 86,4% em quatro eixos, sendo 72,1% nos primeiros dois eixos (47,1% no eixo 1 e 25% no eixo 2, respectivamente) (FIGURA 4). A porcentagem da variabilidade total explicada pelos parâmetros ambientais (edáficos) representou 46%.

TABELA 6 – Valores de R^2 e significância (valores de p) das regressões entre seletos atributos químicos e físicos do solo nos plantios florestais de Eucaliptos e alguns parâmetros populacionais da minhoca *P. corethrurus*. Dados da primeira e segunda coleta na Estação experimental da Embrapa Florestas, Brasil, Colombo.

Fator	Areia fina	Areia grossa	Al	P	pH
1ª Coleta					
Densidade	-0,33***	0,43***	ns	ns	ns
Biomassa	-0,23**	0,45***	ns	ns	ns
Densidade total (inclui casulos)	-0,26**	0,39***	ns	ns	ns
Biomassa total (inclui casulos)	-0,22**	0,44***	ns	ns	ns
2ª Coleta					
Densidade	-0,27**	0,25**	0,13*	ns	-0,14*
Biomassa	-0,28**	0,33***	ns	ns	-0,14*
Densidade total (inclui casulos)	-0,25**	0,28**	0,14*	0,12*	-0,16*
Biomassa total (inclui casulos)	-0,27**	0,34***	0,12*	ns	-0,14*

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

3.1.4.2 SEGUNDA COLETA

Novamente, encontrou-se relação significativa entre a abundância de *P. corethrurus* e os teores de areia grossa (positiva) e areia fina (negativa), mas nessa data

também foram observadas relações significativas entre os teores de Al e P (positiva) e o pH do solo (negativa) com a densidade, biomassa, densidade total e biomassa total de *P. corethrurus* (TABELA 6), apesar dos valores de R^2 serem menores que aqueles observados para a areia grossa e fina.

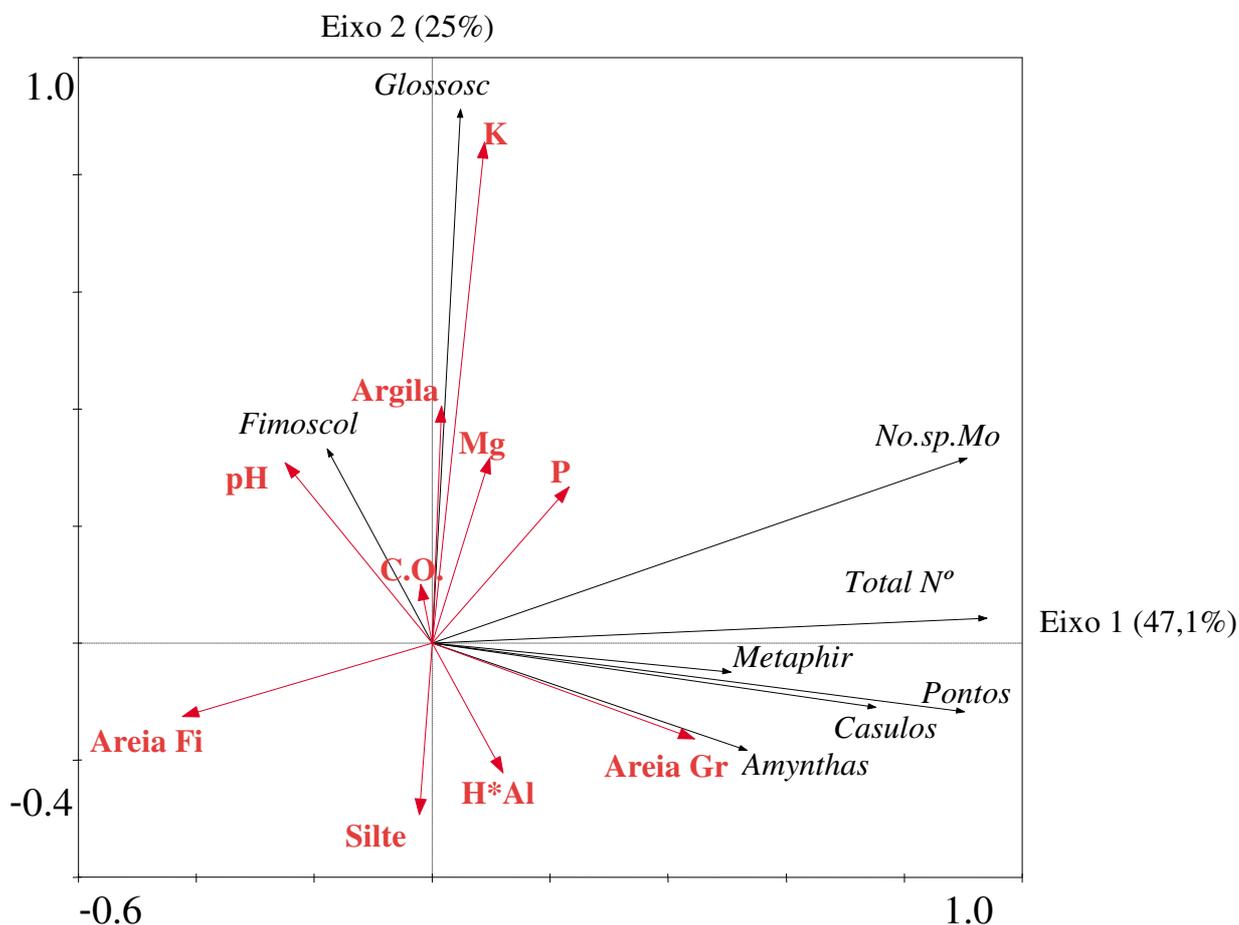


FIGURA 4 - Análise de componentes principais (ACP) usando as variáveis ambientais explicativas e os parâmetros químicos, físicos e biológicos de cada ecossistema – Primeira Coleta. Areia Fi=Areia fina; Areia Gr=Areia grossa; C.O.=carbono orgânico; Pontos=*P. corethrurus*; No.sp.Mo= número de espécies monólito⁻¹; Metaphir=*Metaphire* sp.; Fimoscol= *Fimoscolex* sp.; Glossosc= *Glossoscolex* sp.; Amynths= *A. gracilis*; Total No= Abundância total.

A Análise de Componentes Principais (ACP; FIGURA 5), novamente ilustra bem a relação positiva entre os atributos químicos H+Al, P e a areia grossa e o número de *P. corethrurus* e seus casulos e o número total de minhocas coletadas, e a relação

negativa da areia fina e pH com esses parâmetros. Como na primeira coleta, os teores de Al e Ca no solo foram eliminados da análise (usando o “forward selection”) devido à sua colinearidade com outras variáveis. O total de variabilidade explicada pela análise foi de 93,7% em quatro eixos, sendo 77,4% nos primeiros dois eixos (51,6% no eixo 1 e 25,8% no eixo 2, respectivamente) (FIGURA 5). A porcentagem da variabilidade total explicada pelos parâmetros ambientais (edáficos) representou 53%.

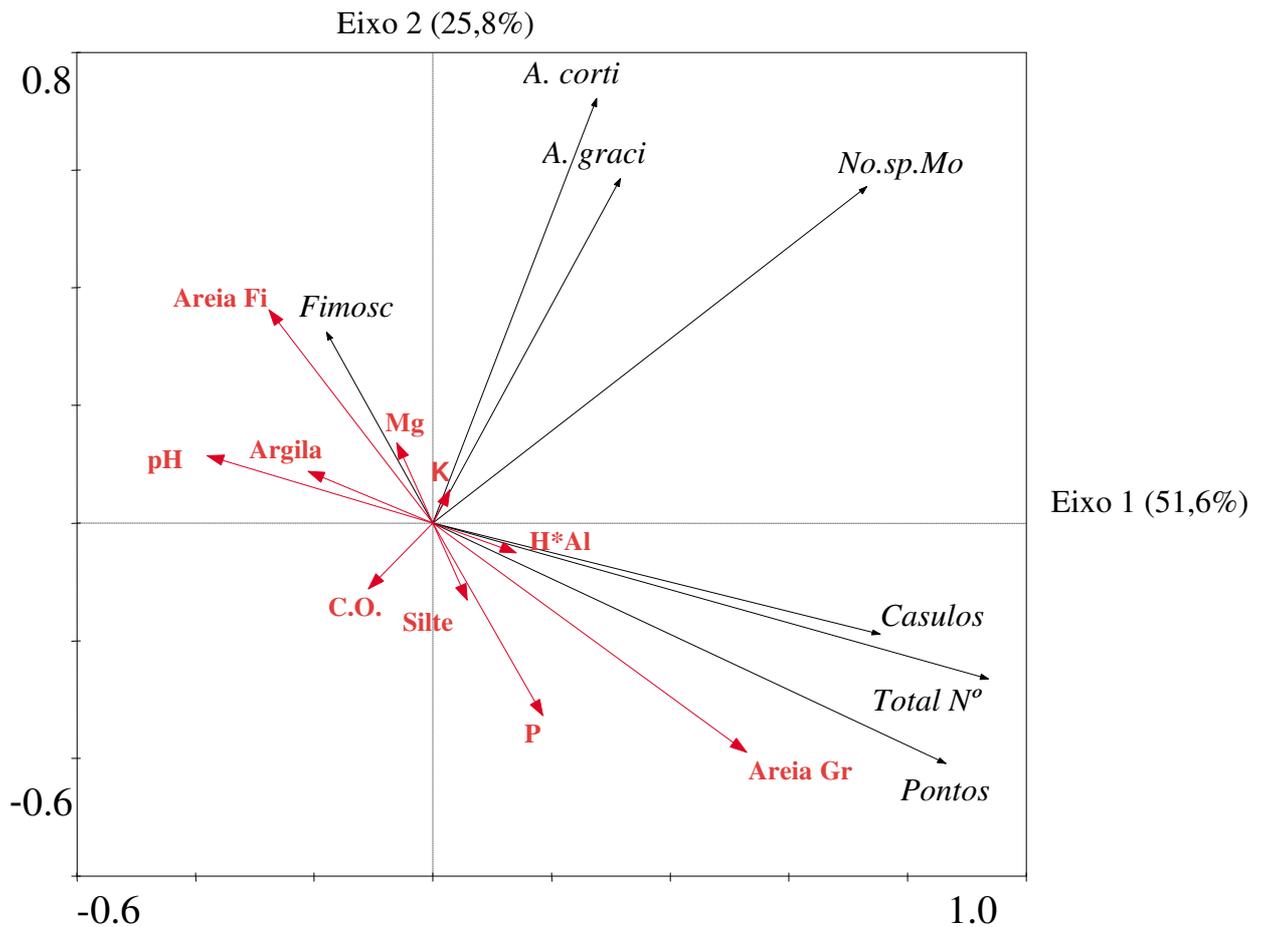


FIGURA 5 - Análise de componentes principais (ACP) usando as variáveis ambientais explicativas e os parâmetros químicos, físicos e biológicos de cada ecossistema – Segunda Coleta. Areia Fi= Areia fina; Areia Gr= Areia grossa; C.O.= carbono orgânico; Pontos= *P. corethrurus*; No.sp.Mo= número de espécies monólito⁻¹; *Fimosc*= *Fimoscolex* sp.; *A. graci*= *A. gracilis*; *A. corti*= *A. corticis*; Total No= Abundância total.

4 CONCLUSÕES

Nos trabalhos de campo sobre o levantamento das populações de minhocas em Plantios de Eucaliptos na Embrapa Florestas, foi evidenciada a predominância de uma espécie de minhoca nestes ecossistemas: *P. corethrurus*, com exceção dos plantios de *E. benthamii* sob Latossolo, onde predominaram as espécies nativas (*Glossoscolex* sp e *Fimoscolex* sp.). Portanto, confirmou-se somente parcialmente a hipótese inicial: em plantios de Eucaliptos haveria predominância da espécie *P. corethrurus*.

A alta densidade e biomassa de minhocas exóticas/peregrinas como *P. corethrurus* e a presença de outras exóticas como *M. schmardae*, *A. gracillis* e *A. corticis*, nos plantios de *Eucalyptus*, comprovam o histórico e o nível de perturbação antrópica ocorrido na região.

Para trabalhos futuros devem-se pesquisar melhor a relação da espécie *P. corethrurus* com a areia grossa e suas relações com outros atributos físicos e químicos do solo.

5 LITERATURA CITADA

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2011: ano base 2010. Brasília, DF. 130 p, 2011.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 171 p., 1993.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S.W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in atlantic forests with *Araucaria angustifolia*. Scientia Agricola, v. 64, p. 384-392, 2007.

BROWN, G.G.; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. Pedobiologia, v. 47, n.5-6, p. 764-771, 2003.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do solo em sistemas agrofloretais e Mata Atlântica em regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. Colombo: Embrapa Florestas (Embrapa Florestas. Documentos, 184), 51 p, 2009.

BROWN, G.G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRON, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol

funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zool. Mex.*, 1:79-110, 2001.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. *In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia.* Londrina: Embrapa Soja, p. 297-381, 2007.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. *Caribbean Journal of Science*, 42:339-358, 2006.

DA SILVA, E. Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Paris XII - Créteil, Université Paris XII. p. 44-46, 2010.

DANGERFIELD J.M, Abundance, biomass and diversity of soil macrofauna in savanna woodland and associated managed habitats. *Pedobiologia* 34, p 141-150, 1990.

DASH, M. C. AND SENAPATI, B. K. Impact of Eucalyptus litter on earthworm activity. *In: Advances in Management and Conservation of Soil Fauna.* Veeresh, G.K., Rajgopal, D. and Viraktamaath, C.A. (Editors), Oxford and IBH Publication Company Private Limited, New Delhi. p 349-355, 1991.

DECAËNS, T., JIMENEZ, J.J., GIOIA, C., MEASEY, G.J., LAVELLE, P. The value of soil animals for conservation biology. *Eur. J. Soil Biol.* 42, S23-S38, 2006.

DIONÍSIO, J. A.; TANCK, B. C. B.; dos SANTOS, A.; SILVEIRA, V. I.; dos SANTOS, H. R. Avaliação da população de oligochaeta (terrestres) em áreas degradadas. *Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba*, v. 13, n. (1-2), p. 35-40, 1994.

DLAMINI, T. C., AND R. J. HAYNES. Influence of agricultural land use on the size and composition of earthworm communities in northern KwaZulu-Natal, South Africa. *Applied Soil Ecology* 27:77-88, 2004.

EDWARDS, C.A. & P.J. BOHLEN. *Biology and Ecology of Earthworms.* Chapman & Hall, London, United Kingdom, 1996.

EDWARDS, C. A., AND J. R. LOFTY. *Biology of earthworms.* Chapman & Hall, London, 1977.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 212p, 1997.

FERNANDES, J. O.; UEHARA-PRADO, M.; BROWN, G. G. Minhocas Exóticas como Indicadoras de Perturbação Antrópica em Áreas de Floresta Atlântica. *Acta zool. Mex[online]*. VOL.26, pp 211-217, 2010.

FRAGOSO, C.; BROWN G. G. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latino-América: el primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetas (ELAETAO1), p. 33-75, 2007.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology*, v. 6, p. 17-35, 1997.

FRAGOSO, C. Las Lombrices de Tierra de México (annelida, oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo. *Rev. Acta Zool. Mex.* 1: 131-171, 2001.

GATES, G. E. Contributions to North American Earthworms N° 6. Contributions to a revision of the earthworm family Glossoscolecidae. I. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). *Bull. Tall Timbers Res. Stn.* 14:1-12, 1973.

GONZÁLEZ, G.; HUANG C. Y.; ZOU, X; RODRÍGUEZ, C. Earthworm invasions in the tropics. *Biological Invasions.* 8:1247-1256, 2006.

GROSSO, E., G. JORGE AND G.G. BROWN: Exotic and native earthworms in various land use systems of central, southern and eastern Uruguay. *Carib. J. Sci.*, 42, 294-300, 2006.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZHERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: J. Wiley, p. 137-169, 1994.

LAVELLE, P., D. BIGNELL, M. LEPAGE, V. WOTERS, P. ROGER, P. Ineson, O.W. Heal & S. Dhillon. Soil function in a changing world: the role of invertebrates ecosystems engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33: 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; SPAIN, Av. *Soil Ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 642p, 2001.

LI, Y. A. SHIMABUKURO AND B. MATHEWS. The effects of tree plantation rotation on earthworm abundance and biomass in Hawaii. *Applied Soil Ecology* 46: 151-154, 2010.

LIMA, O. G. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e Floresta Ombrófila Mista na Embrapa Florestas, Colombo - PR. (Dissertação, Mestrado). Universidade Federal do Paraná, 67 f, 2011.

MBOUKOU-KIMBATSA, I., BERNHARD-REVERSAT, F., LOUMETO, JJ., NGAO, J AND LAVELLE, P. Understory vegetation, soil structure and soil invertebrates in Congolese eucalypt plantations, with special reference to the invasive plant

Chromolaena odorata and earthworm populations. *European Journal of Soil Biology*, 43: 48-56, 2007.

MBOUKOU-KIMBATSA, I. M. C.; BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J. J. Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils. *Forest Ecology and Management*, Netherlands, v. 110, n. 1-3, p. 1-12, 1998.

NAIR, K.S.S. and VARMA, R.V. Some ecological aspects of the termite problem in Young eucalyptus plantations in Kerala, India. *Forest Ecology and Management*, 12:287-303, 1985.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. dos; FERREIRA, C.A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, (Documentos, 129), 45 p, 2006.

PAOLETTI, M.G. (Ed). Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscape: practical use of invertebrates to assess sustainable land use. Amsterdam: Elsevier, 446 p, 1999.

QUADROS, R.M.B. DE; BELLOTE, A.F.J.; DIONÍSIO, J.A. Observações sobre as propriedades químicas do solo e de excrementos de minhocas em plantios de *eucalyptus grandis*. *Bol. Pesq. Flor.*, 45:29-39, 2002.

RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. V.19, p. 159-177, 1984.

SAUTTER, K. D.; TANCK, B. C. B. ; DIONISIO, J. A.; SANTOS, H. R. Estudo da população de Oribatei (Acari: Cryptostigmata), Collembola (Insecta) e Oligochaeta, em diferentes ambientes de um solo degradado pela mineração de xisto a céu aberto. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, v. 13, n.1-2, p. 171-174, 1994.

SAYAD E., HOSSEINI S.M., HOSSEINI V., SALEHE-SHOOSHTARI M.-H. Soil macrofauna in relation to soil and leaf litter properties in tree plantations. *Journal of Forest Science*, 58, p. 170–180, 2012.

SOARES, M. I. J. S.; COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliotti*, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, 11, 29-43, 2001.

STATSOFT. *STATISTICA* for Windows. version 7.1. Tulsa: StatSoft Inc., Software, 2006.

TER BRAAK, C.J.F. & P. SMILAUER. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca, Microcomputer Power, 500p, 2002.

WARREN, M. W.; ZOU, X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, v.170, p.161-171, 2002.

URIBE-LÓPEZ, S.A.; HUERTA-LWANGA, E.; GEISSEN, V.; GODOY, R.; DENDOOVEN, L.; JARQUÍN, A. Efecto de las quemas sobre las lombrices de tierra (*Oligochaeta*) en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. *Mesoamericana* v.14, n.2, p.90-91, 2010.

ZOU, X. M. Tree species effects on earthworm density in tropical tree plantations in Hawaii. *Biology and Fertility of Soils* 15:35-38, 1993.

ZOU, X. M. AND M. BASHKIN. Soil carbon accretion and earthworm recovery following revegetation in abandoned sugarcane fields. *Soil Biology and Biochemistry* 30:825-830, 1998.

WARDELL, D.A. Control of termites in nurseries and young plantations in Africa: established practices and alternative courses of action. *Commonw. For. Rev.*, 66:77-89, 1987.

CAPITULO 2 - EFEITOS DE *Pontoscolex corethrurus* (GLOSSOSCOLECIDAE) E *Amyntas gracilis* (MEGASCOLECIDAE) SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus* SPP. EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO

Várias espécies de eucalipto são cultivadas em todo o Brasil como fonte de celulose, para a produção de madeira e como um recurso para a bio-energia, mas pouco se sabe sobre os efeitos potenciais de animais do solo sobre o crescimento de mudas de eucalipto. Os reflorestamentos cumprem um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico do País em nível regional e nacional e estes plantios podem aumentar as populações da macrofauna do solo, entre elas, as minhocas, que poderiam influenciar o crescimento das essências florestais. Portanto, este trabalho avaliou em casa de vegetação na Embrapa Florestas em Colombo – PR o efeito da inoculação de minhocas no crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii*, *E. grandis* e *E. benthamii*, em cambissolo, durante 50 dias. Duas espécies de eucaliptos foram testadas com cada espécie de minhoca: *E. dunnii* e *E. benthamii* com e sem *Pontoscolex corethrurus* (quatro indivíduos vaso⁻¹) e *E. dunnii* e *E. grandis* com e sem *Amyntas gracilis* (dois indivíduos vaso⁻¹). Cada tratamento teve 10 (ensaio com *P. corethrurus*) ou 15 (ensaio com *A. gracilis*) repetições. A inoculação do solo com minhocas promoveu o crescimento das mudas de *Eucalyptus benthamii* (com *P. corethrurus*) e *E. grandis* (com *A. gracilis*), mas não teve efeito significativo sobre o crescimento de *E. dunnii*. Houve mortalidade completa de *P. corethrurus*, mas apenas 10% das *A. gracilis* faleceram no final do ensaio. Outros ensaios ainda são necessários para esclarecerem os mecanismos dos efeitos dessas espécies sobre o crescimento dos eucaliptos em casa de vegetação.

Palavra-chave: Oligochaeta, casa de vegetação, eucaliptos

CHAPTER 2 - EFFECTS OF *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) And *Amyntas gracilis* (Megascolecidae) ON THE GROWTH OF SEEDLINGS *Eucalyptus* SPP. IN GREENHOUSE.

ABSTRACT

Several species of *Eucalyptus* are cultivated throughout Brazil as a source of cellulose for the production of timber and as a resource for bio-energy, but little is known about the potential effects of soil animals on the growth of eucalyptus seedlings. Reforestation plays an important role in the socio-economic development of Brazil at regional and national level and forest plantations may increase populations of soil macrofauna, including earthworms, which could affect the growth of trees. Therefore, this study evaluated in a greenhouse at Embrapa Florestas in Colombo - PR the effect of earthworm inoculation on the growth of seedlings of *Eucalyptus dunnii*, *E. grandis* and *E. benthamii* in a Cambissol over a 50 day period. Two species of eucalyptus were tested with each earthworm species: *E. dunnii* and *E. benthamii* with and without *Pontoscolex corethrurus* (four individuals pot⁻¹) and *E. dunnii* and *E. grandis* with and without *Amyntas gracilis* (two individuals pot⁻¹). Each treatment had 10 (*P. corethrurus* trial) or 15 (*A. gracilis* trial) replicates. Earthworm inoculation promoted the growth of seedlings of *Eucalyptus benthamii* (with *P. corethrurus*) and *E. grandis* (with *A. gracilis*), but had no significant effect on the growth of *E. dunnii*. There was complete mortality of *P. corethrurus*, but only 10% of *A. gracilis* died at the end of the trial. Other trials are still needed to clarify the mechanisms of the effects of these species on the growth of eucalyptus trees in the greenhouse.

Keyword: Oligochaeta, greenhouse, eucalyptus

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto foi introduzido em muitos países, incluindo o Brasil, devido ao aumento da necessidade de madeira como fonte de celulose e, sobretudo, a energia (Nair e Varma, 1985; Wardell, 1987). Os plantios florestais tem um papel importante no desenvolvimento sócio-econômico em nível regional e nacional do País. As atividades do Setor de Florestas Plantadas podem ser consideradas um caso de sucesso dentre os diversos setores da economia nacional. Em 2010, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.510.693 ha, sendo 73% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* (4.754.334 ha) e 27%, a plantios de *Pinus* (1.756.359 ha). No período de 2005 a 2010, o crescimento acumulado foi de 23%, ou seja, 3,5% ao ano (ABRAF, 2011). Segundo Paludzyszyn Filho et al. (2006), poucas espécies de eucalipto economicamente importantes estão adaptadas para as condições mais frias do Brasil, com clima Cfb (Köppen). Dentre estas, *E. benthamii* e *E. dunnii* possuem boa aptidão, principalmente, no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis.

As mudanças no uso da terra e na cobertura florestal afetam a composição da fauna edáfica, incluindo a comunidade de minhocas, devido à sua sensibilidade às alterações nas condições ambientais (Lavelle et al., 1994). Por exemplo, Soares e Costa (2001) encontraram o predomínio de insetos em Plantios de *Eucalyptus* e o predomínio de minhocas em plantios de *Pinus* na região de Santa Maria-RS. Na região de Curitiba, Maschio et al. (dados não publicados), Da Silva (2010) e Lima (2011) encontraram grandes populações de minhocas, especialmente das espécies *Pontoscolex corethrurus* e *Amyntas gracilis* em plantios de *Eucalyptus* spp., *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*, com biomassas alcançando valores superiores, em vários casos, ao considerado importante para efeitos sobre o crescimento de plantas (30 g m^{-2} ; Brown et al., 1999).

É sabido que as minhocas tem um efeito positivo em relação ao crescimento de plantas (James; Seastedt, 1986). Uma revisão bibliográfica realizada por Scheu (2003), constatou que a presença/inoculação de minhocas geralmente auxilia no desenvolvimento de plantas, mas que existem poucos estudos com plantas lenhosas e perenes.

As minhocas possuem um importante papel na regulação estrutural e funcional dos solos de ecossistemas agrícolas e florestais (Stork & Eggleton, 1992; Park &

Cousins, 1995), porque atuam na agregação e decomposição da matéria orgânica do solo e resíduos vegetais, influenciando na disponibilidade de nutrientes. Suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias e coprólitos) que transformam as propriedades físicas e alteram a disponibilidade de recursos para outros organismos (Pashanasi et al., 1996; Lavelle et al., 2001), incluindo as plantas.

Duas das espécies mais abundantes e conhecidas do Brasil, *P. corethrurus* e *A. gracilis* (Brown & James, 2007), tem conhecido efeito positivo sobre o crescimento das plantas (Brown et al., 1999; 2007). Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito destas minhocas no crescimento de espécies vegetais lenhosas, como o eucalipto (Brown et al., 1999). *A. gracilis* é uma espécie exótica, epi-endogeica, vulgarmente chamada de minhoca “louca” ou “puladeira”, e que vive em solos com maior teor de matéria orgânica e serapilheira. Já *P. corethrurus*, é uma espécie endogeica polihúmica (Lavelle et al., 1987), conhecida como “minhoca mansa” ou “rabo de escova” e, apesar de ser nativa ao Brasil, deve ser considerada exótica na região Sul do país (Brown et al., 2006). Como estas espécies de minhocas são predominantes em plantios de essências florestais exóticas no Sul do País, e essas essências estão sendo cultivadas em grande escala nessa região, torna-se importante avaliar a relação entre a presença de minhocas e o crescimento de mudas florestais, algo que tem sido investigado em apenas alguns trabalhos até o momento (Principe, 1984; Pashanasi et al., 1992; Kobiyama et al., 1995; Azevedo, 2011). Portanto, este trabalho foi desenvolvido para avaliar os efeitos dessas duas espécies de minhocas sobre o crescimento e biomassa de mudas de três espécies de eucalipto em casa de vegetação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na Casa de Vegetação do Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas, no município de Colombo- PR, região metropolitana de Curitiba (25,19°S, 49,09°W), localizada a 938 m de altitude. O clima na região é definido como subtropical úmido (Cfb de Köppen), com a maioria da precipitação anual (1400-1500 mm) no verão (Dez - Mar), sendo o mês de agosto o mais seco do ano (71 mm). A

temperatura média mensal varia de um máximo de 16,7 °C em fevereiro a 8,4 °C em julho.

2.2 ESTUDO DE CASA DE VEGETAÇÃO

Coletou-se aproximadamente 400 kg da camada 0-20 cm de Cambissolo húmico e háplico proveniente de quatro plantios de eucalipto na Embrapa Florestas (três de *E. dunnii* e um plantio de eucalipto misto). Esse solo coletado foi utilizado para preencher os vasos dos experimentos e foi chamado de solo inicial (SI), este solo utilizado para os dois experimentos apresentava textura argilosa (25% areia grossa, 29% areia fina, 38% argila e 9% silte), pH altamente ácido (4,2), e teores de C.O. de 31,9 g/kg, 0,06 cmol/dm³ de K, 1,4 cmol/dm³ de Ca+Mg, 1,6 cmol/dm³ de Al, 13,11 cmol/dm³ de H*Al e 2,22 mg/dm³ de P. O solo foi secado ao ar, peneirado a 2 mm e homogenizado.

As unidades experimentais foram vasos com altura de 18 cm, boca de 20 cm e fundo de 14,50 cm, com volume total de 4 litros, preenchidos com 3,5 kg solo inicial.

Em cada vaso plantou-se uma muda de jardim clonal de *Eucalyptus* spp., e o solo das parcelas experimentais (vasos) foi mantido a 75% da capacidade de campo, determinada usando o método descrito em EMBRAPA (1997). Todos os vasos receberam proteção feita de pano tipo TNT (FIGURA 6) para impedir a fuga das minhocas pela borda superior dos vasos.

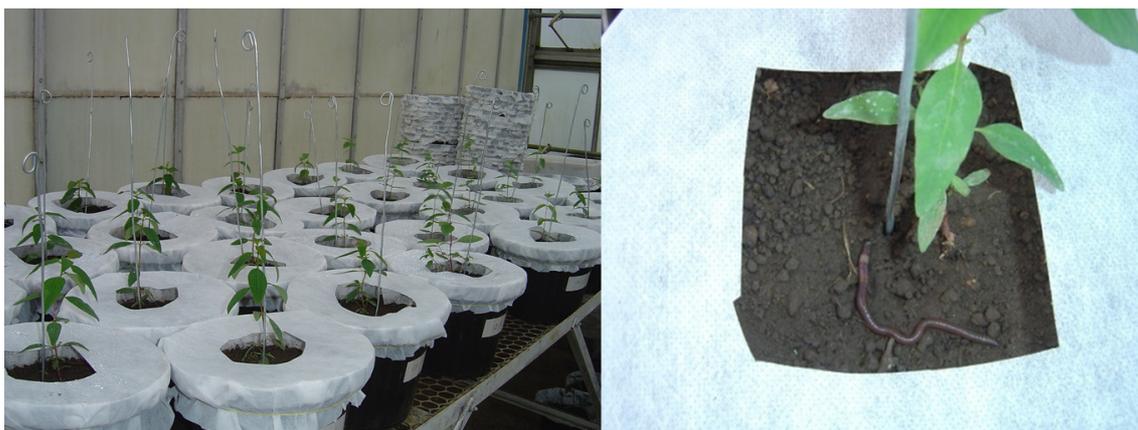


FIGURA 6 - Vista de um dos ensaios em casa de vegetação da Embrapa Florestas (esquerda), mostrando a proteção especial de pano (TNT) usada para inibir a fuga das minhocas pelas bordas superiores. A direita, vaso com inoculação de *Amyntas gracilis*.

2.2.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO

O primeiro experimento foi realizado de Abril a Junho de 2011, seguindo um desenho experimental fatorial de 2 x 2, com duas espécies de eucaliptos (*E. dunnii* e *E. benthamii*) e dois tratamentos de minhocas (com e sem *P. corethrurus*). O ensaio durou 50 dias e cada tratamento teve dez repetições, para um total de 40 vasos.

Inoculou-se, em cada vaso, quatro indivíduos de *P. corethrurus*, sendo dois adultos e dois indivíduos juvenis, provenientes de uma propriedade particular vizinha à Embrapa Florestas. Nos vasos com *E. dunnii*, a biomassa média adicionada foi de 1,79 g e nos vasos com *E. benthamii* foi 2,05 g.

2.2.2 SEGUNDO EXPERIMENTO

O segundo experimento foi realizado de Agosto a Outubro de 2011 seguindo também um desenho fatorial 2 x 2, com duas espécies de eucaliptos (*E. dunnii* e *E. grandis*) e dois tratamentos de minhocas (com e sem *A. gracilis*). O ensaio durou 50 dias e cada tratamento teve quinze repetições, para um total de 60 vasos.

Inoculou-se, em cada vaso, dois indivíduos adultos de *A. gracilis*, provenientes de uma propriedade particular vizinha à Embrapa Florestas. Nos vasos com *E. dunnii*, a biomassa média adicionada foi de 2,25 g e nos vasos com *E. benthamii* foi 1,97.

2.3 CRESCIMENTO DAS PLANTAS

Na ocasião do transplante dos clones de Eucaliptos, as raízes foram lavadas para remover o substrato industrial, e as mudas plantadas nos vasos. Apenas as mudas do segundo experimento tiveram medições de altura e diâmetro do colo na ocasião do plantio.

A partir do plantio as mudas foram acompanhadas diariamente com medição da temperatura dentro da casa de vegetação e manutenção da umidade do solo nos vasos. Aos 50 dias após o plantio, mediu-se o diâmetro das mudas com paquímetro digital na altura do solo, cortou-se a parte aérea na altura do solo, o solo foi triado para remover as raízes manualmente, e estas foram lavadas, secadas (60° C, 48 h) e pesadas. A altura da parte aérea foi medida com fita métrica, e a parte aérea foi secada (60° C, 48 h) e pesada.

Para a determinação da quantidade de água a ser aplicada em cada vaso, foi determinada a capacidade de campo do solo (vaso), segundo o método descrito pela EMBRAPA (1997). A reposição da água foi feita mediante a pesagem dos vasos em balança digital. Os vasos foram pesados aleatoriamente por no mínimo três vezes na semana para poder determinar a quantidade de água a ser acrescentada para manter o solo contido nos vasos na capacidade de campo esperada.

2.4 SOBREVIVÊNCIA DAS MINHOCAS

A sobrevivência das minhocas foi aferida após o peneiramento do solo dos vasos que foram triados manualmente e todos os indivíduos (e casulos) de *P. corethrurus* e de *A. gracilis* foram coletados, lavados em água corrente, secos em papel toalha, quantificados e sua biomassa fresca determinada em balança de precisão de 0,001 g.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os atributos biológicos (abundância e biomassa de *P. corethrurus* e *A. gracilis*), físicos e químicos dos solos dos vasos com *E. dunnii*, *E. benthamii* e *E. grandis* foram analisados usando ANOVA ou testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (quando os dados não puderam ser normalizados ou as variâncias não foram homogêneas), para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos com e sem minhocas, e diferenças devido à espécie de eucalipto utilizada. As análises foram realizadas usando o programa Statistica v.7 (Statsoft, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ENSAIO COM E SEM *P. CORETHRURUS*

Aos 39 dias, houve uma forte queda de temperatura na casa de vegetação (FIGURA 7) e suspeitou-se que as minhocas tivessem sido negativamente afetadas. Portanto, o ensaio foi finalizado aos 50 dias e observou-se que todos os indivíduos inoculados de *P. corethrurus* haviam morrido. Foram encontrados apenas 3 casulos no total de 20 vasos inoculados com minhocas. A espécie pode suportar temperaturas de até 28 °C, além de uma ampla gama de condições edáficas, ou seja, pH (5,9-7,2),

umidade (50-90%), matéria orgânica (0,5-8,53%) e textura do solo (silte argiloso para arenoso) (Lavelle et al., 1987; Chaudhuri & Bhattacharjee 1999). Contudo, essa espécie não suporta bem o frio (Lavelle et al., 1987), havendo alta mortalidade (acima de 60%) se a temperatura permanecer abaixo de 12,5 °C por mais de 72 h (Zhang et al., 2008).

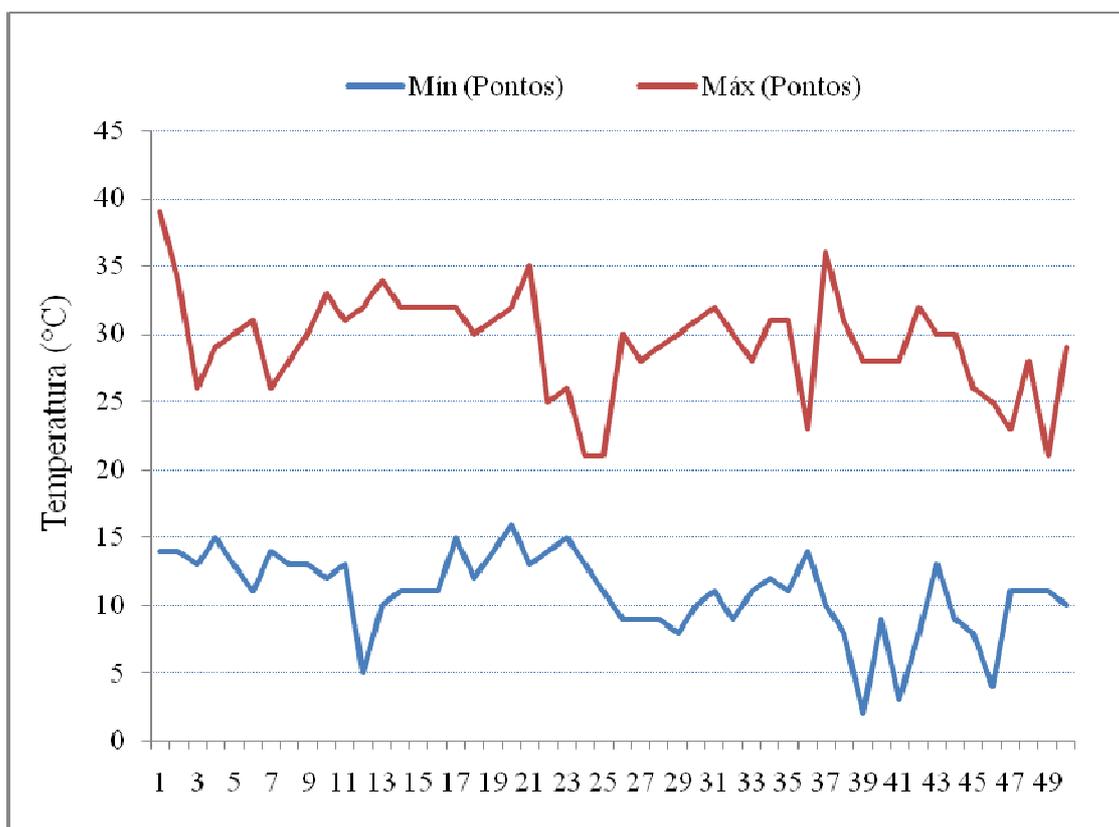


FIGURA 7 - Temperaturas (°C) máximas (Máx) e mínimas (Mín) nos meses de Abril a Junho na casa de vegetação na Embrapa Florestas, durante os ensaios com e sem inoculação de *P. corethrurus* (Pontos) e duas espécies de eucaliptos.

Observaram-se diferenças significativas quanto ao diâmetro das plantas em presença das minhocas e para a altura e biomassa aérea e das raízes entre as duas espécies de eucalipto testadas (TABELA 7). O diâmetro das mudas foi afetado pelas minhocas, sendo maior no tratamento *E. benthamii* com minhocas (BM) que sem minhocas (BS) (FIGURA 9). Entre as espécies de Eucaliptos não houve diferenças significativas no que se refere ao diâmetro (TABELA 7).

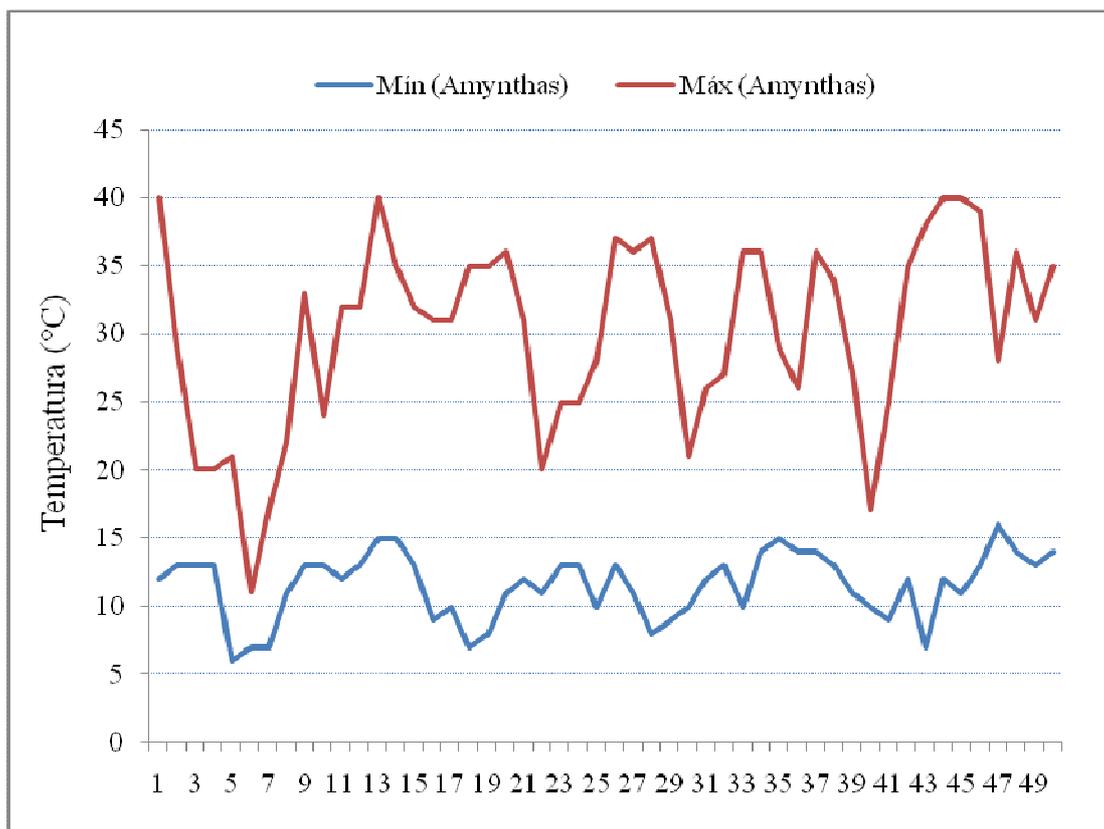


FIGURA 8 - Temperaturas (°C) máximas (Máx) e mínimas (Mín) nos meses de Agosto a Outubro na casa de vegetação na Embrapa Florestas, durante os ensaios com e sem inoculação de *A. gracilis* (Amynthas) e duas espécies de eucaliptos.

A altura das plantas variou de 33,3cm (BS) a 42,8cm (DM), havendo diferença significativa entre as espécies, sendo que *E. dunnii* se desenvolveu melhor que *E. benthamii* na casa de vegetação, no período avaliado (50 d) (TABELA 7). As minhocas também tiveram um efeito significativo sobre o desenvolvimento das plantas, com maior altura em BM (38,8 cm) que BS (33,3 cm) (FIGURA 10).

A biomassa da parte aérea e da raiz das mudas foi afetada significativamente apenas dependendo da espécie de eucalipto (TABELA 7), sendo maior com *E. dunnii* que com *E. benthamii*.

Não foram observadas interações significativas entre as minhocas e as espécies para nenhum dos parâmetros vegetais avaliados (TABELA 7).

TABELA 7 – Resultados da ANOVA fatorial dos dois ensaios com ou sem inoculação de *P. corethrurus* ou *A. gracilis* em solo com mudas de *E. dunnii*, *E. grandis* ou *E. benthamii*.

Parâmetro	Espécie <i>Eucalyptus</i>	Minhoca	Espécie*Minhoca
1º Ensaio (<i>E. benthamii</i> e <i>E. dunnii</i>) (<i>P. corethrurus</i>)			
Diâmetro	ns	*	ns
Altura	***	*	ns
Biomassa aérea	***	ns	ns
Biomassa raiz	**	ns	ns
2º Ensaio (<i>E. dunnii</i> e <i>E. grandis</i>) (<i>A. gracilis</i>)			
Diâmetro	ns	*	ns
Altura	***	ns	*
Biomassa aérea	ns	ns	*
Biomassa raiz	ns	ns	ns

Resultados da ANOVA ou teste de Kruskal-Wallis, com valor de p indicado, quando significativo.

*p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

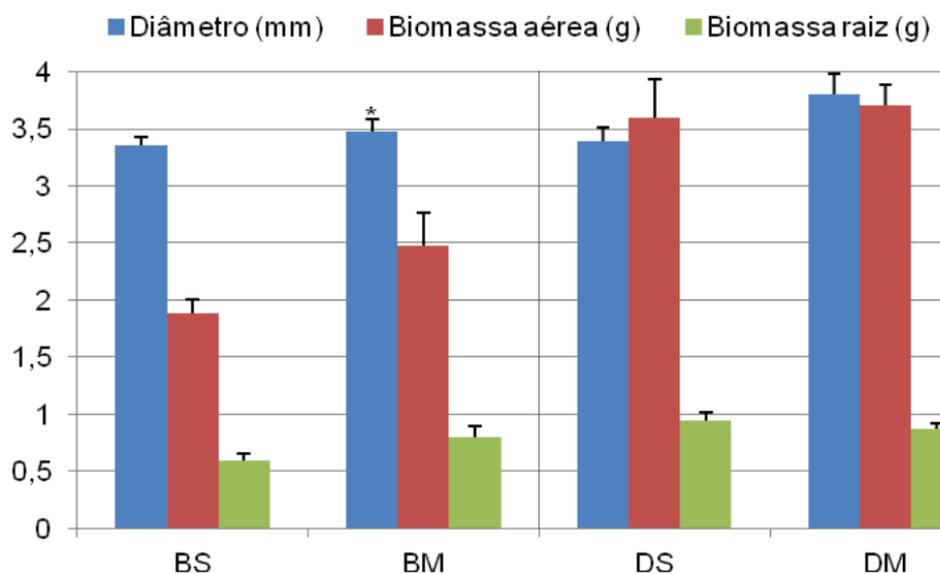


FIGURA 9 - Diâmetro, biomassa aérea e das raízes de *E. benthamii* (B) e *E. dunnii* (D) na presença ou ausência de *P. corethrurus*. *E. dunnii* com minhoca (DM), *E. dunnii* sem minhoca (DS), *E. benthamii* com minhoca (BM), *E. benthamii* sem minhoca (BS).

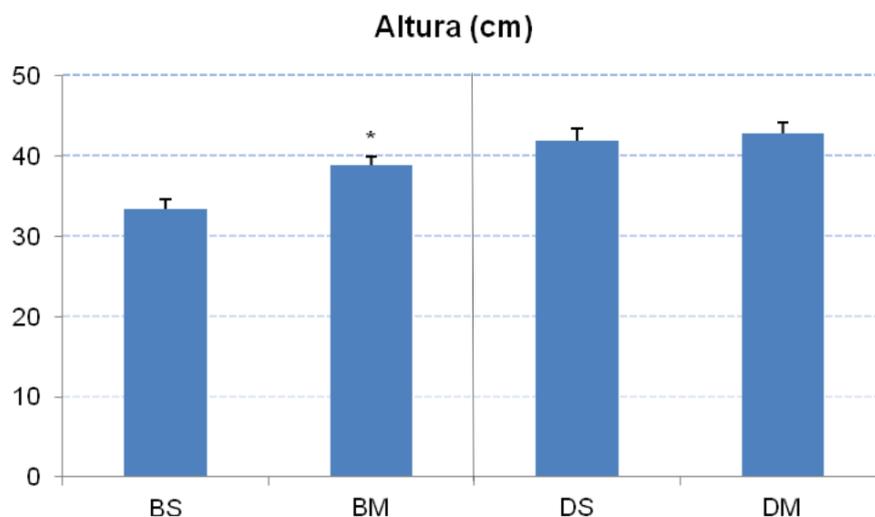


FIGURA 10 - Altura de *E. benthamii* (B) e *E. dunnii* (D) na presença ou ausência de *P. corethrurus* (M). *E. dunnii* com minhoca (DM), *E. dunnii* sem minhoca (DS), *E. benthamii* com minhoca (BM), *E. benthamii* sem minhoca (BS).

3.2 ENSAIO COM E SEM *A. GRACILIS*

Aos 50 dias, encontrou-se apenas 10% de mortalidade em média para *A. gracilis*. Contudo, houve perda significativa na biomassa das minhocas no final do experimento, provavelmente indicando condições não ideais para sua atividade nos vasos. Dos aproximadamente 2 g total vaso⁻¹ inoculados, recuperaram-se aprox. 1,4 a 1,6 g minhocas vaso⁻¹.

Assim como o observado com *P. corethrurus*, encontraram-se diferenças significativas para o diâmetro das mudas devido à presença de minhocas e entre a altura das espécies avaliadas (TABELA 7). *A. gracilis* afetou positivamente o diâmetro das mudas de *E. grandis* (GM>GS), mas não de *E. dunnii* (FIGURA 11).

A altura das espécies foi significativamente maior para as mudas de *E. dunnii* que *E. grandis* e houve interação significativa entre a espécie da planta e a presença/ausência de minhocas (TABELA 7, FIGURA 12). Essa interação também foi significativa para a biomassa aérea, já que o efeito das minhocas foi positivo com *E. grandis* mas negativo com *E. dunnii* (TABELA 7, FIGURA 12). A altura das mudas de *E. grandis* foi afetada positivamente pelas minhocas, mas as de *E. dunnii* não (FIGURA 12).

Para a biomassa da raiz não houve nenhum efeito significativo da espécie ou das minhocas (TABELA 7, FIGURA 11).

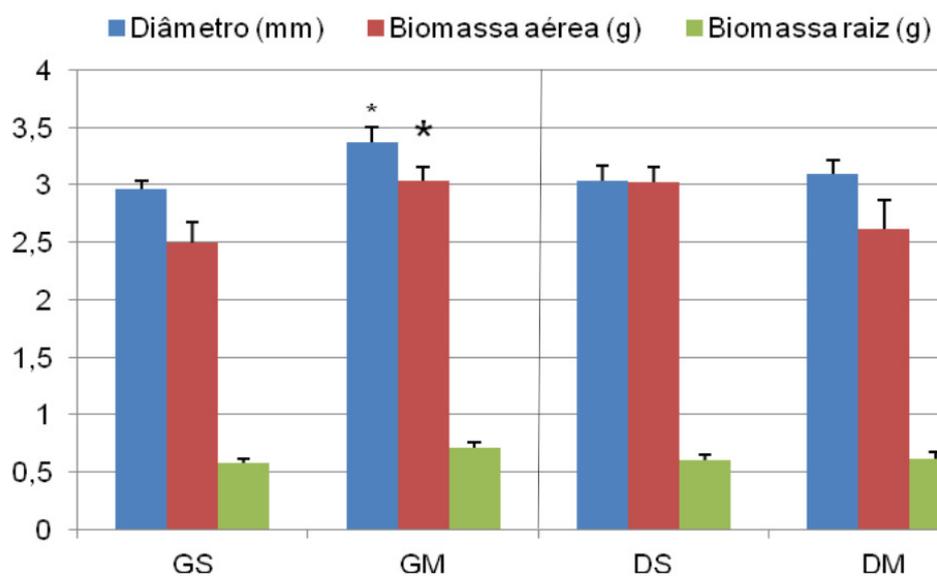


FIGURA 11 - Diâmetro, biomassa aérea e das raízes de *E. grandis* e *E. dunnii* na presença ou ausência de *A. gracilis*. *E. dunnii* com minhoca (DM), *E. dunnii* sem minhoca (DS), *E. grandis* com minhoca (GM), *E. grandis* sem minhoca (GS).

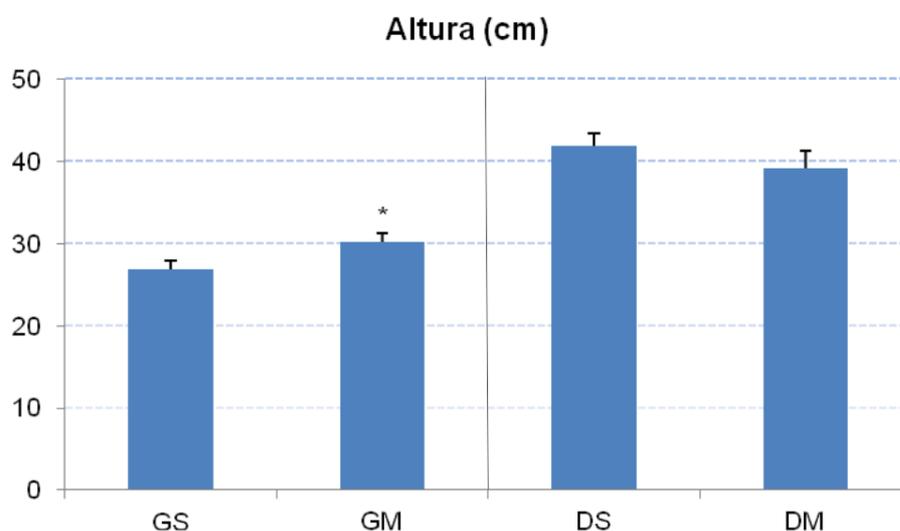


FIGURA 12 - Altura de *E. grandis* e *E. dunnii* na presença ou ausência de *A. gracilis*. *E. dunnii* com minhoca (DM), *E. dunnii* sem minhoca (DS), *E. grandis* com minhoca (GM), *E. grandis* sem minhoca (GS).

Portanto, ambas as espécies de minhocas afetaram significativamente o crescimento das mudas de eucaliptos, mas os efeitos diferiram conforme a espécie e à parte da planta avaliada: efeitos positivos foram observados para *E. grandis* e *E.*

benthamii, mas não houve efeitos observáveis com *E. dunnii*. Isso se deva, possivelmente, a uma melhor adaptação de *E. dunnii* às condições do solo e clima usados no ensaio, e a que os efeitos das minhocas no crescimento das plantas tendem a ser mais importantes quando as condições não são ideais para as plantas e elas conseguem melhorar essas condições (Brown et al., 1999).

Não em todos os casos as plantas se beneficiam da presença das minhocas. Por exemplo, Príncipe (1984) não observou efeito da inoculação de *P. corethrurus* no crescimento do mogno e de *Gmelina arborea* após 2 meses em casa de vegetação. Já Pashanasi et al. (1992) encontraram efeitos positivos de *P. corethrurus* no crescimento das mudas de pupunha e urucum, mas efeitos negativos nas mudas de araçá-boi, após 120 d. Em alguns casos, *P. corethrurus* pode causar maior compactação do solo e complicações para a infiltração de água e o crescimento das raízes (Pashanasi et al., 1992; Chauvel et al., 1999), reduzindo o crescimento das plantas. No entanto, na maioria dos casos, considera-se que *P. corethrurus* tem efeitos positivos sobre o crescimento das plantas, especialmente se o solo está amplamente provido de matéria orgânica, como no presente estudo (Brown et al., 1999).

No caso de *A. gracilis*, nos poucos estudos envolvendo essa espécie, houve benefício para as plantas na maioria dos casos (e.g., Kobiyama et al., 1995, Peixoto e Marochi, 1996; Brown et al., 1999), mas ainda existem muito poucos trabalhos sobre a influência das minhocas sobre o crescimento de mudas florestais. Isso é principalmente porque os ensaios precisam, em muitos casos, para espécies de lento crescimento, ter longa duração (vários meses), e porque as minhocas normalmente não suportam estar em vasos por tanto tempo. As mudas de eucaliptos se desenvolvem rapidamente e são ideais para esse tipo de ensaio. No entanto, as condições dos ensaios não foram ideais para *P. corethrurus*, e este ensaio deve ser repetido para garantir que os efeitos não foram devidos a uma fertilização com minhocas mortas. Com *A. gracilis*, as condições foram melhores e as minhocas sobreviveram, apesar de uma perda de peso. Contudo, essa espécie não é a predominante nos plantios de eucaliptos na Embrapa Florestas, apesar de ser abundante em plantios de outras espécies florestais (*Pinus*, *Araucaria*; Brown et al., observação pessoal). Não obstante, o ensaio mostra que ambas as espécies têm potencial para afetar o crescimento de eucaliptos, mas que outros ensaios ainda são necessários para determinar os mecanismos dos efeitos, e as razões das diferenças entre as espécies (*dunnii* vs. *benthamii* e *grandis*).

4 CONCLUSÕES

Minhocas (*P. corethrurus* e *A. gracilis*) promoveram o crescimento de *Eucalyptus benthamii* e plantas de *E. grandis*, mas não tiveram efeito significativo sobre o crescimento de *E. dunnii*.

Devem-se realizar mais experimentos em casa de vegetação para comparar o efeito de minhocas mortas em relação com minhocas vivas no crescimento das plantas.

5 LITERATURA CITADA

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2011: ano base 2010. Brasília, DF. 130 p, 2011.

AZEVEDO, P. T. M. Minhocas, fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em mudas de *Araucaria angustifolia*. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 77f, 2010

BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; GILOT, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R.; SPAIN, A.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: P Lavelle; L Brussaard; P F Hedrix. (Org.). Earthworm management in tropical agroecosystems. Earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford: CAB Internacional, v, p. 87-147, 1999.

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. Colombo: Embrapa Florestas (Embrapa Florestas. Documentos, 184), 51 p, 2009.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (Ed.). Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, p. 297-381, 2007.

CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. Pasture degradation by an Amazonian earthworm. Nature, v. 389, p. 32-33, 1999.

CHAUDHAURI, P. S., AND G. BHATTACHARJEE. Earthworm rResources of Tripura. Proceedings of National Academy Of Science, India 69(B), II:159–170, 1999.

DA SILVA, E. Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Paris XII - Créteil, Université Paris XII. p. 44-46, 2010.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. 1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 212p, 1997.

KOBIYAMA, M., C. BARCIK & H.R. SANTOS. Influência da minhoca (*Amyntas hawayanus*) sobre a produção de matéria seca de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth). Revista do Setor de Ciências Agrárias. 13: 199–203, 1995.

JAMES, S.W.; SEASTEDT, T.R. Nitrogen mineralization by native and introduced earthworms: Effects on big bluestem growth. Ecology, Washington, v. 67, 1094-1097, 1986.

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. Soil organic matter management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? Nutrient Cycl. Agroecosyst., [S.l.], 61:53-61, 2001.

LAVELLE, P., BAROIS, I., CRUZ, I., FRAGOSO, C., HERNANDEZ, A., PINEDA, A., RANGEL, P., Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligocheata), a peregrine geophageous earthworm of the humid tropics, Biol. Fertil. Soils 5. p188e194, 1987.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZHERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). The biological management of tropical soil fertility. Chichester: J. Wiley, p. 137-169, 1994.

LIMA, O. G. Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em plantios florestais e Floresta Ombrófila Mista na Embrapa Florestas, Colombo - PR. (Dissertação, Mestrado). Universidade Federal do Paraná, 67 f, 2011.

NAIR, K.S.S. and VARMA, R.V. Some ecological aspects of the termite problem in Young eucalyptus plantations in Kerala, India. Forest Ecology and Management, 12:287-303, 1985.

PARK, J.; COUSINS, S. H. Soil biological health and agroecological change. Agriculture, ecosystems and environment, Amsterdam, 56, p.137-148, 1995.

PASHANASI, B.; MELENDEZ, G.; SZOTT, L.; LAVELLE, P. Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. Soil Biology Biochemistry, v.24, n.12, p.1655-1659, 1992.

PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; ALEGRE, J.; CHARPENTIER, F. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input tropical agroecosystem. *Soil Biology Biochemistry*, Elmsford, 28:801-810, 1996.

PEIXOTO, R.T.G.; MAROCHI, A.I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti-PR. *Revista Plantio Direto* 35, 23-25, 1996.

PRINCIPE, E.B. Effects of earthworm activities on some chemical and physical properties of a grassland soil and on the growth of mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) and yemane (*Gmelina arborea* Roxb.) seedlings. (Tese, Doutorado). State University of New York, Syracuse. 86 f. 1984.

SCHEU, S.; PARKINSON, D. Effects of invasion of an aspen forest (Canada) by *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae) on plant growth. *Ecology*, Washington, v. 75, 2348-2361, 1994.

SOARES, M. I. J. S.; COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii*, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, 11, 29-43, 2001.

STATSOFT. STATISTICA for Windows. version 7.1. Tulsa: StatSoft Inc., Software, 2006.

STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, v.7, p. 38-47, 1992.

ZHANG, H.; YANG, X.; DU, J.; WU, Y. Influence of soil temperature and moisture on the cocoon production and hatching of the exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus*. *Zoological Research*, v.29, n.3 : 305-312, 2008.

WARDELL, D.A. Control of termites in nurseries and young plantations in Africa: established practices and alternative courses of action. *Commonw. For. Rev.*, 66:77-89, 1987.

CONCLUSÃO GERAL

Populações de minhocas em Plantios de Eucaliptos na Embrapa Florestas evidenciou-se a predominância da espécie *P. corethrurus*, com exceção dos plantios de *E. benthamii* sob Latossolo, onde predominaram as espécies nativas como a *Glossoscolex* sp e *Fimoscolex* sp. Isto pode ter ocorrido devido ao tipo de solo, ou outro fator edáfico, ainda não determinado.

A alta densidade e biomassa de *P. corethrurus* e a presença de outras exóticas como *M. schmardae*, *A. gracilis* e *A. corticis*, nos plantios de *Eucalyptus*, comprovam o histórico e o nível de perturbação antrópica ocorrido nas mesmas.

Em casa de vegetação as espécies de minhocas (*P. corethrurus* e *A. gracilis*) promoveram o crescimento de *Eucalyptus benthamii* e de *E. grandis*, mas não tiveram efeito significativo sobre o crescimento de *E. dunnii*.

Ocorreu mortalidade total da espécie *P. corethrurus* no primeiro experimento, e deve-se realizar outro experimento para comparar o efeito de minhocas mortas em relação a minhocas vivas no crescimento das plantas.

RESUMO BIOGRÁFICO

Wagner Maschio, filho de Wilson Maschio e Vera Lúcia Maschio, nasceu em 27 de Fevereiro de 1982, em Colombo (PR).

Viveu a infância na cidade, sempre morou na região rural de Colombo – PR.

Em 2002 ingressou no curso de técnico/profissionalizante em Meio Ambiente no Centro de Educação Nacional Latino Americano, em 2006 ingressou no curso de Geografia da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), graduando-se no ano de 2010. Em 2010 realizou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo, na Área de Concentração: Solo e Ambiente, Linha de Pesquisa: Propriedades e processos biogeoquímicos nos ecossistemas, sob orientação do Prof. George G. Brown, no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná – UFPR.