


SERGIO DA SILVA FIUZA



**ECOLOGIA DE *Chibui bari* (ANNELIDA: OLIGOCHAETA)
E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
DE SEUS COPRÓLITOS**

RIO BRANCO

2009

SERGIO DA SILVA FIUZA

**ECOLOGIA DE *Chibui bari* (ANNELIDA: OLIGOCHAETA)
E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
DE SEUS COPRÓLITOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO

2009

Aos meus pais
Elizabeth da Silva Fiuza e José Claro Fiuza
Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Jorge Ferreira Kusdra pela referência, incentivo e orientação.

À Denise Temporim Furtado, que participou desde o início da pesquisa. À Rafael da Silva Fiuza, Frankel Mendes de Santana e Marcos Alberto Azevedo de Assis pelas participações nas coletas de dados. À Marília Temporim Furtado pela colaboração e amizade.

À Fundação de Ciência e Tecnologia do Acre - FUNTAC, pela aprovação de projeto de apoio a formação de pesquisas locais, com recursos do Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Governo do Estado do Acre. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos. Ao Curso de Pós-graduação em Agronomia - Produção Vegetal - CPGA-PV da Universidade Federal do Acre - UFAC pela oportunidade e ao CPGA - Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ pela atenção durante o período de intercâmbio.

Ao professor Me. Manuel Alves Ribeiro Neto e ao Eng. Agrônomo Luís Paiva da Costa pela colaboração dada nas análises físico-químicas realizadas no laboratório de solos da UFAC.

Aos professores da Universidade Federal do Acre e aos pesquisadores da Embrapa - Acre responsáveis pela concepção e implantação do CPGA-PV.

RESUMO

A espécie *Chibui bari* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) é um minhocucu encontrado no Estado do Acre em habitats de floresta e áreas alteradas. Quanto à classificação ecológica é um animal geófago e endogéico, que se dispersa nas camadas minerais do solo em profundidades que podem ser superiores a 1,5 m, construindo galerias com diâmetro médio de 8,2 mm. As minhocas, de forma geral, são responsáveis por efeitos físicos, químicos e biológicos no solo que, direta ou indiretamente, interferem no crescimento das plantas. No caso das espécies endogéicas, estas produzem estruturas biogênicas permanentes que são sítios de sequestro de carbono e de nutrientes. Devido as características dos coprólitos e das galerias de *Chibui bari* esta espécie pode ser capaz de tornar o solo mais apto e adequado à produção vegetal. Sabendo da possibilidade desses benefícios, os objetivos das pesquisas foram estudar a ecologia da espécie e avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos dos seus coprólitos. Estudos foram realizados em três áreas de habitats da espécie - floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem - localizadas na Universidade Federal do Acre, para avaliação da condição química, física e biológica dos coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm. A produção de massa total de coprólitos foi de 9,12 t ha⁻¹, 23,57 t ha⁻¹ e 141,13 t ha⁻¹ nas áreas de seringal, floresta e pastagem, respectivamente. A quantidade de argila nos coprólitos da área de pastagem foi maior que a do solo, indicando que pode haver formação de camada adensada na superfície desta área devido a atividade da espécie. Não houve, contudo, diferença entre a densidade do solo da área de pastagem e o seringal. Foi observado a eclosão de duas minhocas por casulo de *Chibui bari*. A densidade média de animais foi de 0,69 animais m⁻² no seringal, 3,99 animais m⁻² na floresta e 18,44 animais m⁻² na pastagem. Os resultados mostram que os coprólitos são sítio de alta atividade microbiana, concentração e mineralização de nutrientes. Verificou-se aumentos significativos nos teores de Ca, Mg, K, P e nos valores de SB, V e CTC. A acidez devida ao pH e ao Al foi reduzida nos coprólitos em relação ao solo. O carbono orgânico total, a matéria orgânica e respiração microbiana nos coprólitos das três áreas avaliadas foram maiores nos coprólitos.

Palavras-chave: Minhocucu. Coprólito. Galeria. Casulo. Fertilidade do solo.

ABSTRACT

The species *Chibui bari* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) is a minhocuçu found in the State of Acre in forest habitats and in changed areas. The ecorating is a geophagus and endogeic animal, which is dispersed in the mineral soil layers at depths that can exceed 1.5 m, building burrows with an average diameter of 8.2 mm. Earthworms, in general, are responsible for the physical, chemical and biological effects in the soil that directly or indirectly, interfere in plant growth. In the case of endogeic species, they produce biogenic structures that are permanent sites of sequestration of carbon and nutrients. Due the characteristics of the casts and burrows *Chibui bari* this species may be able to make the soil more capable and suitable for crop production. Knowing the possibility of such benefits, the objectives of the research were to study the ecology of the species and to evaluate the physical, chemical and biological of their casts. Studies were conducted in three areas of habitat of the species - secondary forest, rubber plantation and pasture - located at the Federal University of Acre, to assess the condition of chemical, physical and biological of casts of *Chibui bari* and adjacent soil at depths of 0 - 10 cm and 10-20 cm. The production of the total mass of casts earthworm was 9.12 t ha⁻¹, 23.57 t ha⁻¹ and 141.13 t ha⁻¹ in the areas of rubber plantation, forest and pasture, respectively. The amount of clay in the casts of the pasture area was higher than the soil's, indicating that there may be formation of dense layer on the surface of this area due to the activity of the species. However there was not difference between the density of the soil in the area of pasture and rubber plantation. It was observed the emergence of two earthworms by cocoon *Chibui bari*. The average density of animals was 0.69 animals m⁻² in the rubber plantation, 3.99 animals m⁻² in the forest and 18.44 animals m⁻² in the pasture. The results show that the casts are the site of high microbial activity, concentration and mineralization of nutrients. There have been significant increases the levels of Ca, Mg, K, P and the values of SB, V, and CTC. The acidity due to pH and Al was reduced in casts in relation to the soil. The total organic carbon, organic matter and microbial breathing in the casts of the three assessed areas were higher in casts.

Keywords: Minhocuçu. Casts. Burrows. Cocoon. Soil Fertility.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Massa seca de coprólitos de <i>Chibui bari</i> produzida em área de pastagem no período de setembro de 2008 a maio de 2009.....	50
GRÁFICO 2 - Massa seca de coprólitos de <i>Chibui bari</i> produzida em área de floresta secundária no período de setembro de 2008 a maio de 2009	50
GRÁFICO 3 - Massa seca de coprólitos de <i>Chibui bari</i> produzida em área de seringal de cultivo no período de setembro de 2008 a maio de 2009..	51
GRÁFICO 4 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de <i>Chibui bari</i> em área de pastagem.....	54
GRÁFICO 5 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de <i>Chibui bari</i> em área de seringal de cultivo.....	55
GRÁFICO 6 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de <i>Chibui bari</i> na área de floresta secundária.....	55
GRÁFICO 7 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de <i>Chibui bari</i> nas áreas de pastagem, seringal de cultivo e floresta secundária	56
GRÁFICO 8 - Correlação entre o carbono orgânico total e o teor de P disponível em coprólitos de <i>Chibui bari</i> e o solo de 0-10 cm e solo de 10-20 cm de profundidade, avaliados em área de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.....	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Áreas onde foi estudada a espécie <i>Chibui bari</i> : pastagem de <i>Brachiaria</i> spp (A, B), seringal de cultivo (C, D, E) e floresta secundária (F).....	36
FIGURA 2 - Câmara experimental constituída por tubos de PVC, onde animais da espécie <i>Chibui bari</i> foram introduzidos para avaliação da profundidade de galerias.....	38
FIGURA 3 - Detalhe do esquema de amostragem para análise granulométrica do coprólito de <i>Chibui bari</i> , do solo adjacente a 10 cm, nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm, realizado nas áreas de pastagem, seringal e floresta.....	39
FIGURA 4 - Animais adultos de <i>Chibui bari</i> , com mais de 40 cm de comprimento (A) e no solo, observado nas galerias (B, C, D e E). Na figura B, um comportamento comumente observado quando o solo está encharcado, ocasião em que os animais utilizam o coprólito como mecanismo de fuga do excesso de umidade.....	41
FIGURA 5 - Clitelo desenvolvido de um minhocoçu indicados pelas setas brancas (A e B), autotomia e regeneração dos segmentos de <i>Chibui bari</i> (C).	42
FIGURA 6 - Casulos de <i>Chibui bari</i> : características e estágios de desenvolvimento até a eclosão das minhocas.....	43
FIGURA 7 - Eclosão de <i>Chibui bari</i> , características e tamanho das minhocas ao nascer.....	44
FIGURA 8 - <i>Chibui bari</i> em estado de estivação, com o corpo enrolado na forma de “nós” em câmara subterrânea.....	45
FIGURA 9 - Características dos coprólitos de <i>Chibui bari</i> em área de pastagem	47
FIGURA 10 - Características de coprólitos de <i>Chibui bari</i> na área de floresta secundária.....	48
FIGURA 11 - Mercado de iscas de Rio Branco.....	56
FIGURA 12 - Diâmetro de galerias de <i>Chibui bari</i> e características permanentes dos efeitos físicos no solo.....	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Precipitação (mm) avaliada na estação meteorológica da UFAC, Rio Branco, Acre.....	37
TABELA 2 - Umidade gravimétrica média dos coprólitos avaliada durante as coletas nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem.....	38
TABELA 3 - Densidade de minhocas <i>Chibui bari</i> encontradas nas áreas de pastagem, floresta e seringal no período de dezembro de 2008 a maio de 2009.....	52
TABELA 4 - Diâmetro e volume médio das galerias construídas por <i>Chibui bari</i> nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, calculados considerando a profundidade média da galeria igual a 150 cm.....	57
TABELA 5 - Número de galerias (NG), volume médio (VMG) e volume total (VTG) de galerias, massa total de coprólitos (MTC) de <i>Chibui bari</i> produzidos nas áreas de floresta, pastagem e seringal de cultivo....	57
TABELA 6 - Resultados da análise textural dos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo adjacente na profundidade de 0-10 cm e de 10-20 cm na área de floresta secundária.....	72
TABELA 7 - Resultados da análise textural dos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo adjacente nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm na área de pastagem.....	72
TABELA 8 - Resultado da análise textural de coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo adjacente nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm na área de seringal de cultivo.....	73
TABELA 9 - Resultado da análise textural de coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo adjacente nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais.....	73
TABELA 10 - Teores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e P em coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem..	76
TABELA 11 - Teores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e P em coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo adjacente nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais.....	77
TABELA 12 - Valores de pH em H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions ($\text{CTC}_{\text{efetiva}}$) e saturação por bases (V) dos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.....	78

- TABELA 13 - Valores médios de pH em H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais 79
- TABELA 14 - Valores de Al³⁺, hidrogênio (H), acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em coprólitos de *Chibui bari*, e no solo adjacente, coletado nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem..... 80
- TABELA 15 - Valores médios Al³⁺, H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais..... 80
- TABELA 16 - Carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em coprólitos de *Chibui bari*, e no solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem..... 82
- TABELA 17 - Carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem avaliados por contrastes ortogonais..... 82

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de floresta secundária de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado..... 102
- APÊNDICE B - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado..... 102
- APÊNDICE C - Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados no coprólito de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de seringal de cultivo de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado..... 102
- APÊNDICE D - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de seringal de cultivo, de experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado..... 103
- APÊNDICE E - Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados no coprólito de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de pastagem de experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado..... 103
- APÊNDICE F - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de pastagem, de experimento instalado no delineamento em inteiramente casualizado..... 103
- APÊNDICE G - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível nos coprólitos de *Chibui bari*, do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco..... 104

APÊNDICE H -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados, com repetições por bloco.....	104
APÊNDICE I -	Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	104
APÊNDICE J -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível em área de seringal de cultivo, de experimento instalado o delineamento em blocos casualizados, com repetições por bloco.....	105
APÊNDICE K -	Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área pastagem referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	105
APÊNDICE L -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível em área de pastagem de um experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	105
APÊNDICE M -	Análise de variância do pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> , do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária referentes a experimento instalado em delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	106
APÊNDICE N -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	106

APÊNDICE O - Análise de variância do pH H ₂ O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC _e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado em delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	106
APÊNDICE P - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes C ₁ = T ₁ vs T ₂ , T ₃ e C ₂ = T ₂ vs T ₃ , onde T ₁ = coprólitos, T ₂ = solo de 0-10 cm e T ₃ = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H ₂ O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC _e) e saturação por bases (V) em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	107
APÊNDICE Q - Análise de variância do pH H ₂ O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC _e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> , do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado em delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	107
APÊNDICE R - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes C ₁ = T ₁ vs T ₂ , T ₃ e C ₂ = T ₂ vs T ₃ , onde T ₁ = coprólitos, T ₂ = solo de 0-10 cm e T ₃ = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H ₂ O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC _e) e saturação por bases (V) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	107
APÊNDICE S - Análise de variância do Al ³⁺ , H, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco	108
APÊNDICE T - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes C ₁ = T ₁ vs T ₂ , T ₃ e C ₂ = T ₂ vs T ₃ , onde T ₁ = coprólitos, T ₂ = solo de 0-10 cm e T ₃ = solo de 10-20 cm em relação ao Al ³⁺ , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	108

APÊNDICE U -	Análise de variância do Al^{3+} , H e acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco	108
APÊNDICE V -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	109
APÊNDICE W -	Análise de variância do Al^{3+} , H, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio em coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	109
APÊNDICE X -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	109
APÊNDICE Y -	Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados na área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco	110
APÊNDICE Z -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de floresta secundária, de um experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	110
APÊNDICE AA -	Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado em delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	110

APÊNDICE AB - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de seringal de cultivo, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	111
APÊNDICE AC - Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de <i>Chibui bari</i> e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado em delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco.....	111
APÊNDICE AD - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco	111

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 CATEGORIAS ECOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DAS MINHOCAS.....	20
2.2 ESTRUTURAS BIOGÊNICAS DE MINHOCAS.....	21
2.3 ESTADO DE ESTIVAÇÃO DE MINHOCAS.....	23
2.4 SERVIÇOS AMBIENTAIS DAS MINHOCAS.....	24
2.5 INTERAÇÃO DE MINHOCAS COM MICRORGANISMOS DO SOLO.....	26
2.6 MINHOCAS DA ESPÉCIE <i>Chibui bari</i>	28
3 CAPÍTULO I	30
REPRODUÇÃO E ECOLOGIA E ESTRUTURAS BIOGÊNICAS DE <i>Chibui bari</i> ..	30
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
3.1 INTRODUÇÃO.....	33
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.4 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
4 CAPÍTULO II	64
CONDIÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DE COPRÓLITOS DE <i>Chibui bari</i> ..	64
RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	66
4.1 INTRODUÇÃO.....	67
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
4.4 CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	85
5 CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES	101
ANEXOS	112

1 INTRODUÇÃO

A manutenção dos ecossistemas é garantida pela interação entre os processos de produção primária, decomposição e ciclagem de nutrientes no solo, que são mediados e ajustados pela alta diversidade de organismos edáficos cujas atividades constituem uma complexa rede de serviços ambientais.

A qualidade de um solo está diretamente relacionada à manutenção dos organismos que o usam como habitat sendo estes, geralmente, muito sensíveis a alterações antrópicas. Portanto, o esgotamento da fertilidade natural dos solos poderia ser minimizado com a adoção de práticas de manutenção de organismos benéficos. Entre estes organismos, as minhocas se destacam como sendo o grupo de invertebrados mais importantes e de maior influência sobre aspectos físicos, químicos e biológicos do solo.

A dificuldade de manutenção da produtividade dos solos da Amazônia após a retirada da cobertura vegetal original constitui-se em fator limitante à produção de alimentos. As práticas produtivas de baixo impacto ambiental, sustentáveis sob o ponto de vista econômico, social e técnico, são obrigatórias na Amazônia, devido a sua importância nos aspectos relacionados ao aquecimento global pois as plantas, o solo, os invertebrados e os microrganismos atuam na imobilização do carbono em compostos orgânicos.

O manejo do solo e da matéria orgânica, de modo geral, é inadequado, tornando-se um fator limitante na produção de alimentos em todo o mundo, especialmente, em regiões tropicais. É neste contexto que se apóia a manutenção dos organismos e processos biológicos do solo, sendo esta a opção mais acessível e eficaz quando se considera a recuperação da capacidade produtiva das terras.

Existem na Amazônia muitas espécies de minhocas nativas e exóticas. Porém, poucos estudos foram realizados com objetivo de conhecer sua ecologia e potencial de contribuição na agricultura.

As minhocas são os animais de maior poder de escavação na natureza. A mediação de muitas funções do solo por invertebrados, com destaque para minhocas as tornam merecedoras da denominação de “engenheiras do ecossistema”.

Os efeitos das minhocas no solo são atribuídos aos seus excrementos e galerias, que recebem a denominação de estruturas biogênicas, e proporcionam serviços ambientais (LAVELLE et al., 2006) que regulam, direta e indiretamente, os outros grupos de organismos, a formação do solo, a decomposição de resíduos orgânicos, a ciclagem de nutrientes, o suprimento de água, a produção de plantas e a regulação do clima. As estruturas biogênicas inicialmente são sítios preferenciais de ciclagem acelerada de nutrientes e posteriormente se tornam estruturas de sequestro e imobilização de carbono.

Por ser uma espécie geófaga e endogéica oligohúmica a *Chibui bari* se aprofunda nos horizontes minerais do solo onde constrói extensas galerias verticais e horizontais e se alimenta de terra e partículas orgânicas misturadas, principalmente, com microrganismos.

Os minhocuçus têm distribuição endêmica em algumas regiões, especialmente no Estado de Minas Gerais e na Amazônia. Embora estas espécies sejam nativas, a maioria dos estudos sobre estes animais no Brasil restringe-se a espécies exóticas e pequenas como *Eisenia andrei* (“vermelha da Califórnia”), uma minhoca detritívora explorada com objetivo comercial de obtenção de vermicomposto e, *Pontoscolex corethrurus* (“rosa mansa”), a espécie geófaga predominante nos solos brasileiros.

Minhocas grandes como *Chibui bari* são mais comumente conhecidas devido ao seu uso como iscas por pescadores. Esta situação promove a formação de uma cadeia informal de captura, estoque e comercialização desses animais.

É de se esperar que a magnitude do efeito de minhocuçus como *Chibui bari* seja maior e mais duradouro no solo quando comparado ao promovido por espécies pequenas. O problema é que o interesse comercial por parte do mercado de iscas prevalece sobre o papel ecológico e potencial agronômico da espécie.

As linhas gerais dos estudos ecológicos, biológicos e agronômicos da espécie *Chibui bari* no Acre foram apontadas durante a palestra intitulada “Ecologia e Potencial Agronômico de Minhocas da Amazônia” (KUSDRA, 2007) apresentada no Workshop Pan-Amazônico de Biodiversidade do Solo, realizado em 2007 na Universidade Federal do Acre, Rio Branco. Foi levantada neste evento a preocupação com possibilidade de redução dos estoques populacionais deste animal em função de sua captura para atender o mercado de iscas. Destacou-se a necessidade de estudos da biologia da espécie *Chibui bari* (ciclo de vida, tempo

para atingir a maturidade sexual, número médio de casulos/ano e de ovos/casulo) e de pesquisas destinadas a avaliar a possibilidade de a reprodução em cativeiro e seu potencial agrônomo. A maioria das atividades necessárias para alcançarem as metas do “Projeto *Chibui bari*” estão, atualmente, sendo executadas.

Esta pesquisa teve o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre a ecologia e reprodução de *Chibui bari* em áreas de habitats da espécie e avaliar os atributos físicos, químicos e biológicos de seus coprólitos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As minhocas pertencem ao reino Animalia, filo Annelida, classe Clitellata, subclasse Oligochaeta (EDWARDS; LOFTY, 1977). Entre as principais famílias de minhocas destacam-se Megascolecidae, Lumbricidae e Glossoscolecidae (LEE, 1985). De modo geral, as minhocas grandes, de comprimento maior que 30 cm são conhecidas como minhocuçus. No Brasil há pelo menos 53 espécies de minhocuçus, sendo duas pertencentes à família Oclerodrilidae e 51 à família Glossoscolecidae (JAMES; BROWN, 2008).

2.1 CATEGORIAS ECOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DAS MINHOCAS

Em relação à categoria nutricional, referente à estratégia alimentar, as minhocas podem ser divididas em dois grandes grupos: a) detritívoras, que se alimentam próximo à superfície do solo, principalmente de serapilheira, raízes de plantas mortas e outros resíduos vegetais e, b) geófagas, que se alimentam no subsolo, ingerindo maiores quantidades de solo mineral (LEE, 1985).

Tanto as espécies detritívoras como as geófagas consomem material orgânico e mineral. Porém, as detritívoras apresentam predominância de matéria orgânica no trato digestório, enquanto que nas geófagas a maior parte do alimento é mineral.

As espécies são agrupadas ainda em três categorias ecológicas, relativas à estratificação vertical (BOUCHÉ, 1977; LEE, 1985): a) epigéicas, que habitam a serapilheira, acima da camada superficial do solo, b) anécicas, que vivem em galerias nas camadas superficiais e intermediárias do solo e, c) endogéicas, que habitam os horizontes minerais do solo onde constroem e vivem em galerias semi-permanentes e permanentes em profundidade.

As espécies endogéicas podem ainda serem divididas em oligohúmicas, mesohúmicas e polihúmicas que dependem, respectivamente, de quantidades pequenas, moderadas e altas de húmus vinculado ao solo mineral (LAVELLE, 1981).

As minhocas epigéicas e anécicas agrupam as espécies detritívoras e as endogéicas incluem as geófagas.

Em função do menor valor energético do material mineral, em relação ao orgânico, as minhocas endogéicas ingerem grande quantidade de alimento para poder atender suas exigências energéticas, resultando em alta produção de excrementos que são liberados na superfície e subsuperfície do solo (LEE, 1985).

2.2 ESTRUTURAS BIOGÊNICAS DE MINHOCAS

As minhocas interferem na regulação de sistemas biológicos, possuem a capacidade de remover partículas do solo e produzir compostos organominerais chamados de estruturas biogênicas (ROSSI et al., 2006). Estas incluem os coprólitos (excrementos na forma de “pellets” fecais) e galerias (canais permanentes ou semipermanentes), ambos considerados sítios de atividade microbiológica e microsítios preferenciais de sequestro de carbono e de nutrientes (BLANCHART et al., 1999).

A construção de galerias e a produção de coprólitos estão entre as atividades das minhocas que causam maiores alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (LAFONT, 2007). A drilosfera corresponde à região do solo sob influência da atividade das minhocas e de suas estruturas biogênicas (LAVELLE et al., 1997).

Segundo Lavelle (1997) as minhocas são capazes de promover a formação do solo combinando seus coprólitos (bioestruturas) com outros componentes edáficos. As minhocas atuam por meio da abertura de galerias, que facilitam o transporte de água e gases, da incorporação de serapilheira ao solo, misturando materiais orgânicos e minerais e da liberação de excrementos na superfície e subsuperfície do solo (BOHLEN, 2002; BROWN et al., 2000; LAFONT, 2007). Neste mesmo sentido, Fragoso et al. (1997) afirmam que as minhocas, por sua atividade de alimentação, escavação de galerias e produção de coprólitos, modificam profundamente o solo, influenciando assim a produção vegetal.

As minhocas produzem canais durante sua movimentação no solo que recebem a denominação de galerias. As galerias das espécies anécicas e endogéicas são abertas nos horizontes minerais do solo. A profundidade que atingem as galerias é variável entre as espécies, sendo que podem alcançar até 3 m. No entanto, a dimensão real das galerias não pode ser considerada igual a profundidade no solo, visto que estas também possuem extensões horizontais.

A durabilidade das galerias varia entre os tipos texturais do solo. Contudo, consideram-se como sendo permanentes ou semi-permanentes os canais feitos pelas espécies endogéicas. Estes, mesmo obstruídos, mantêm estrutura diferenciada do solo original. A resistência a deformação deve-se a exsudados orgânicos liberados pelo corpo das minhocas que agregam o solo das paredes das galerias.

As galerias construídas pelas minhocas produzem importantes efeitos na porosidade, influenciando na infiltração de água e na aeração, que estão entre os aspectos físicos mais importantes para a proteção do solo contra processos de erosão (LEE, 1985). As galerias aumentam a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, minimizando a perda de terra por erosão (BOHLEN, 2002).

A região sob influência das minhocas, denominada drilosfera, está localizada nas margens das galerias desses animais (LAVELLE, 2004). A disponibilidade de gases, água e materiais orgânicos que penetram nas galerias e que são excretados pelas minhocas tornam esta estrutura um sítio preferencial de crescimento das raízes das plantas.

Os coprólitos são montículos de composição organomineral resultantes das excreções das minhocas geófagas na superfície do solo. Quando os excrementos são deixados dentro das galerias, estes chamam-se pedotúbulos ou crotovinas. Os coprólitos são importantes fontes de nutrientes para as raízes das plantas e, também, zonas de alta atividade microbiana (JAMES; BROWN, 2008).

Os coprólitos possuem, geralmente, maior estabilidade que o solo original (MARASHI; SCULLION, 2003). A maior agregação está ligada à contribuição de substâncias orgânicas, cátions polivalentes (Al, Fe, Ca e Mg) e colonização de fungos.

A abertura de galerias profundas por minhocas endogêicas traz subsolo à superfície podendo, com o passar do tempo, em função deste processo, alterar a composição granulométrica do solo (BOHLEN, 2002) sendo esta bioturbação considerada um dos mais importantes efeitos das minhocas.

A fragmentação da matéria orgânica, a dispersão de argila, a adição de polissacarídeos e a intensa mistura de materiais minerais e orgânicos no trato digestório da minhoca, estimulam a formação de macro e microagregados nos coprólitos (BAROIS et al., 1993; PULLEMAM et al., 2004) que protegem a matéria orgânica do solo (GILOT, 1997) dificultando sua perda (BOSSUYT et al., 2004).

No sistema digestório das minhocas os alimentos são umedecidos, desestruturados, modificados física, química e biologicamente, alguns digeridos por enzimas e, quando excretados, assumem nova conformação.

O aumento de matéria orgânica nos coprólitos depende da categoria nutricional da espécie de minhoca, sendo maior em detritívoras e menor em geófagas (BUCK et al., 1999).

A quantidade de excrementos produzidos varia de acordo com a idade e tamanho do animal, estrutura da população, época do ano, qualidade e quantidade de alimento, umidade, temperatura e ainda com a textura e a densidade do solo (LEE, 1985). Em regiões temperadas, as quantidades de excrementos encontradas nos campos variam de 1,5 a 120 t ha⁻¹ ano⁻¹ e, em regiões tropicais, de 50 a 2600 t ha⁻¹ ano⁻¹ (BAL, 1982).

2.3 ESTADO DE ESTIVAÇÃO DE MINHOCAS

A estivação corresponde a um período de inatividade no ciclo de vida de muitos organismos do solo. Ela pode ser definida como a capacidade de um organismo em cessar sua atividade por um período variável de tempo, em resposta a fatores ambientais adversos à sua sobrevivência. Quase todas as espécies de minhocas possuem este mecanismo como resposta às variações sazonais de temperatura e umidade (JIMENÉZ et al., 2000).

Os tipos de estivação das minhocas podem ser classificados como quiescência, diapausa, paradiapausa . A quiescência ocorre em resposta a seca ou a baixa temperatura do solo. A diapausa é iniciada em resposta apenas à seca

diferenciando-se da quiescência pelo fato dos animais com este tipo de inatividade construírem câmaras de estivação no fundo de suas galerias onde enrolam o corpo, em forma de nós, esta estratégia diminui o contato com o solo seco e minimiza a dessecação dos tecidos. A paradiapausa é similar à diapausa, diferenciando-se desta pelo fato do caráter facultativo deste estado que pode ser encerrado à qualquer tempo, desde que as condições de umidade voltem a ser favoráveis. No caso da diapausa este estado é obrigatório, não sendo encerrado mesmo quando as condições de umidade voltam a ser favoráveis, pois depende de mecanismos fisiológicos (JIMENÉZ et al., 2000; LEE, 1985).

2.4 EFEITOS DAS MINHOCAS NO SOLO E NAS PLANTAS

A presença de minhocas é um importante indicador da função e qualidade do solo (LAVELLE et al., 2006) sendo um dos principais grupos de organismos capazes de alterarem suas propriedades estruturais (VELASQUEZ et al., 2007).

Os invertebrados, entre eles as minhocas, são mediadores de diversos processos como os relatados por Lavelle et al. (2006) que incluem a fragmentação e incorporação da matéria orgânica, a formação e manutenção da porosidade do solo, a agregação de partículas minerais e orgânicas, a construção de galerias, o controle sobre a atividade de microrganismos e a proteção de plantas contra algumas pragas e doenças.

Os efeitos das minhocas em processos do solo ocorrem de forma direta pela incorporação e redistribuição de vários materiais orgânicos e minerais, aeração e infiltração de água e, indireta, pela formação de comunidades microbianas, inibição de patógenos, transporte e dispersão de microrganismos (BYZOV et al., 2007).

Junto com outros invertebrados, as minhocas são consideradas engenheiras do ecossistema, devido ao controle na disponibilidade de recursos a outras espécies e pelas mudanças físicas no estado dos materiais (JIMÉNEZ, 2006; JOUQUET et al., 2005). As minhocas endogéicas são os principais componentes da fauna do solo na maioria dos ecossistemas tropicais úmidos (LAVELLE et al., 1992). Os seus efeitos resultam da regulação da matéria orgânica do solo (MARTIN, 1991).

As minhocas são os invertebrados habitantes do solo mais importantes em

termos de influência na formação e manutenção da fertilidade em agroecossistemas (HENDRIX, 1995). Geralmente estes animais favorecem o crescimento das plantas disponibilizando nutrientes, melhorando as propriedades físicas do solo e estimulando a atividade microbiana (LONGSDON; LINDEN, 1992; NARDI et al., 2002).

Blouin et al. (2006), em pesquisa realizada para avaliar o crescimento de plantas, verificaram acréscimo de 20% no arroz cultivado na presença de minhocas. Estes autores concluíram que o aumento do crescimento observado não teve relação com a mineralização do nitrogênio e outros nutrientes devendo, portanto, haver atuação de outros mecanismos na interação minhoca-planta.

Lafont (2007) avaliou o efeito de *Pontoscolex corethrurus* no crescimento da bananeira e observou significativo aumento da área superficial da folha, da massa seca da raiz e da parte aérea das plantas nos tratamentos com presença de minhocas.

As raízes estão muitas vezes restritas em relação a captação de água no subsolo e as galerias abertas em profundidade por algumas espécies de minhocas permitem obter condições favoráveis de umidade pela exploração de maior volume de solo (LOGSDON; LINDEN, 1992).

O incremento da mineralização da matéria orgânica do solo pelas minhocas, resulta em maior quantidade de nutrientes para as plantas, especialmente o nitrogênio, elemento menos disponível nos ecossistemas terrestres (BLOUIN et al., 2006).

Coprólitos da espécie *Chibui bari* foram utilizados na composição de substratos para produção de mudas de mamoeiro, alface e couve-manteiga (KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008). A caracterização química realizada nos substratos contendo coprólito e solo distrófico, mostrou que no primeiro havia maior concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e matéria orgânica, além deste possuir pH mais elevado e menor teor de Al^{3+} .

Existe relação, quase sempre positiva, das minhocas com o crescimento das plantas, devido à modificação na porosidade e agregação do solo (LOGSDON; LINDEN, 1992) que proporciona melhor ambiente para o desenvolvimento radicular, devido à disponibilidade de água e oxigênio (BLOUIN et al., 2006).

As minhocas, segundo Jouquet et al. (2005), são consideradas importantes fatores, influenciando diversos mecanismos como mudanças nas propriedades hídricas do solo, controle de pragas e liberação de nutrientes na rizosfera, surgindo daí a possibilidade destas aumentarem o crescimento das plantas.

Blouin et al. (2007) verificaram efeito positivo de minhocas no cultivo de arroz devido à melhoria da tolerância à infestação de nematóides, resultado este que os autores atribuíram a um efeito sistêmico na fisiologia das plantas. Estes autores constataram redução de plantas infestadas por nematóides nos tratamentos com presença de minhocas.

Outros efeitos das minhocas no crescimento de plantas podem ser relacionados ao condicionamento das propriedades do solo pela matéria orgânica (LEE, 1985). Direta e indiretamente as minhocas aceleram os processos de decomposição e humificação, uma vez que conseguem concentrar e estimular a atividade microbiológica nos seus excrementos.

2.5 INTERAÇÃO DE MINHOCAS COM MICRORGANISMOS DO SOLO

As minhocas possuem grande diversidade de bactérias dentro do seu trato digestório. A participação de microrganismos no intestino de minhocas é de grande importância pois muitos destes estão envolvidos na decomposição da matéria orgânica (BYZOV et al., 2007). No sistema digestório das minhocas a atividade enzimática é estimulada e pode promover ou inibir a proliferação da comunidade de certos fungos e bactérias (BAROIS, 1992; BYZOV et al., 2007). Foram identificados no trato digestório de minhocas microrganismos dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Klebsiela*, *Azobacter*, *Serratia*, *Aeromonas*, *Enterobacter* e *Rhizobium* (VALLE-MOLLINARES et al., 2007). Estas bactérias são as principais promotoras do crescimento de plantas, fixadoras de nitrogênio e solubilizadoras de fosfato (BRITO-VEGA; ESPINOSA-VICTORIA, 2009; FERNÁNDEZ et al., 2005; LORENO-OSTI et al., 2004; MARTÍNEZ-ROMERO, 2001).

As minhocas, por sua atividade de fragmentação dos resíduos, funcionam como catalisadoras da atividade dos microrganismos decompositores influenciando, portanto, nos processos de ciclagem, mineralização e liberação de nutrientes para as plantas. A ativação microbiana é considerada um dos mais importantes efeitos das minhocas no solo (AQUINO et al., 2005).

No trato digestório das minhocas há seleção e ativação de microrganismos do solo, ingeridos junto ao material orgânico e mineral. Este material, ao ser excretado

forma o coprólito, sendo este um sítio preferencial de atividade biológica e de mineralização da matéria orgânica.

A participação de microrganismos no trato digestório de minhocas é de grande importância considerando que muitos estão envolvidos na decomposição de resíduos orgânicos (BYZOV et al., 2007). A passagem de materiais pelo sistema digestório das minhocas promove ativação microbiológica e enzimática e favorece sua decomposição promovendo, geralmente, a concentração de nutrientes e microrganismos (BUCK et al., 1999). Schrader e Zhang (1997), em pesquisa em que avaliaram o potencial de estabilização ou desestabilização da estrutura do solo pelas minhocas, concluíram que o efeito causado depende da sensibilidade do solo às perturbações físicas.

As minhocas influenciam as comunidades de microrganismos, interferindo na dinâmica da matéria orgânica do solo, dos nutrientes e, conseqüentemente, no crescimento e produção das plantas (BARROS et al., 2001; LAVELLE et al., 1992; LAVELLE et al., 2004).

No sistema digestório das minhocas o material ingerido passa por desestruturação e reestruturação física, química e biológica (BAROIS et al., 1993), intensificação da atividade microbiana (LAVELLE et al., 2005) e mineralização e humificação de materiais orgânicos nas bioestruturas produzidas por esses animais (BLANCHART et al., 1999; BROWN et al., 2000).

A ciclagem de nutrientes envolve reações bioquímicas, químicas e fisicoquímicas em processos mediados por microrganismos, raízes de plantas e animais do solo. A fauna do solo participa na fragmentação e decomposição dos resíduos orgânicos por meio da produção de enzimas e da ativação microbiana (BUCK et al., 1999).

A alimentação e digestão dos alimentos, deposição de excrementos e abertura de galerias são atividades das minhocas que contribuem para a incorporação de resíduos no solo. Substâncias hormonais semelhantes a exsudados de raízes, presentes no muco e saliva de minhocas, podem ser promotoras de crescimento de plantas (LAVELLE, 2006).

2.6 MINHOCAS DA ESPÉCIE *Chibui bari*

A espécie *Chibui bari* é um oligochaeta edáfico geófago e endogéico, da família Glossoscolecidae, que foi descrita por Righi e Guerra (1985) em Rio Branco, Acre, sendo um animal nativo da região Amazônica.

A *Chibui bari* é ativa no solo durante o período da estação chuvosa que tem duração entre seis e oito meses no Acre. A espécie produz excrementos durante este período, conhecidos como coprólitos após endurecidos, sendo montículos de constituição organomineral produzidos na forma de torre com altura que pode ultrapassar 30 cm. Segundo James e Brown (2008), além da *Chibui bari*, apenas *Rhinodrilus motucu*, *Glossoscolex paulistus* e *Fimoscolex sacii* produzem coprólitos superficiais em forma de torre.

O período de inatividade da espécie *Chibui bari* coincide com a estação seca do ano. Este animal fica em câmara de estivação a 96 cm de profundidade no solo (GUERRA, 1988) podendo esta ser ainda maior dependendo do rigor do período seco do ano.

Os primeiros estudos ecológicos sobre a espécie *Chibui bari* foram realizados por Guerra (1985, 1988a, 1988b, 1994) que avaliou a migração horizontal e vertical, a densidade e biomassa, a estivação e o período de atividade por meio da produção de coprólitos. Após estas pesquisas houve longo tempo (15 anos) sem publicação de outros estudos sobre *Chibui bari*. Os trabalhos mais recentes tiveram como objetivo avaliar o efeito do uso de coprólitos desta espécie na composição de substratos para produção de mudas (KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008).

A produção de coprólitos desta espécie é uma das características que mais chama a atenção pela possibilidade de importantes efeitos físicos, químicos e biológicos no solo que podem ser derivados desta atividade. Guerra (1988a) relatou a produção de 88 t de massa seca de coprólito por ano em área de floresta secundária em Rio Branco, Acre.

Os coprólitos são abundantes em habitats de alta densidade de animais dessa espécie. Guerra (1988b) encontrou densidade de 17,8 animais m⁻² em área de floresta secundária, 22,6 animais m⁻² em seringal de cultivo e 20,8 animais m⁻² em pastagem.

Guerra (1994) encontrou densidade de *Chibui bari* maior em área de pastagem do que em floresta secundária. O autor concluiu que os processos de antropização não são limitantes para a espécie, podendo até exercer influência benéfica. Esta conclusão justifica a possibilidade de manutenção dessa espécie em solos de áreas agrícolas e de pastagem não se restringindo, portanto, às florestas. Porém, entre as limitações ao uso desta espécie em maior escala em áreas agrícolas e de pastagem, está o fato da dispersão dos indivíduos nos habitats onde são encontrados ocorrer de forma concentrada, o que parece ser característica não somente dessa espécie mas, também, de alguns outros minhocuçus, que ocupam pequenas áreas geográficas, conforme afirmam James e Brown (2008).

Existem várias ameaças e pressões sobre os estoques populacionais de minhocas nativas destacando-se, dentre estes, o manejo agrícola inadequado, a captura para uso como isca de pescaria e a invasão de espécies exóticas.

CAPÍTULO I

REPRODUÇÃO, ECOLOGIA E ESTRUTURAS BIOGÊNICAS DE *Chibui bari*

RESUMO

A ecologia e a reprodução da espécie *Chibui bari* necessitam ser melhor conhecidos para que a sobrevivência e os serviços ambientais desses animais sejam mantidos. Os coprólitos excretados por estes animais na superfície do solo alteram a constituição original do horizonte superficial e, dependendo da densidade de animais, podem constituir uma nova camada formada por excrementos. Na subsuperfície as galerias aumentam a porosidade e funcionam como canais envolvidos na dinâmica de água e de gases no solo. O objetivo desta pesquisa foi estudar a ecologia, a reprodução e as estruturas biogênicas de *Chibui bari*. Foram realizadas pesquisas de monitoramento da atividade da espécie em áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem, para determinação da densidade populacional, período de atividade no solo, reprodução e avaliação da massa de coprólitos e volume de galerias produzidas. Foram realizadas coletas mensais de coprólitos, no período de setembro de 2008 a maio de 2009, nas três áreas, no interior de parcelas de 1 m². As amostras foram secas em estufa para determinação da umidade e correção da massa coletada. Os resultados mostram que a espécie tem baixa taxa reprodutiva sendo que, de cada casulo, eclodem duas minhocas. Verificou-se que a estivação da espécie é do tipo diapausa e que a retomada de sua atividade (produção de excrementos) ocorre no início do verão. Observou-se que os coprólitos produzidos por *Chibui bari* possuem, entre outras funções, a de proteção da espécie. Não foi observada produção de casulos em condições de cativeiro. A baixa taxa de reprodução da espécie, associada à intensidade de sua captura para atender ao mercado de iscas, constitui ameaça de redução populacional e até esgotamento dos animais nos habitats explorados. A quantidade de massa seca de coprólito produzida nos oito meses de avaliação foi de 9,12 t ha⁻¹, 23,57 t ha⁻¹, 141,43 t ha⁻¹, no seringal, floresta e pastagem, respectivamente. Observou-se que a espécie *Chibui bari* produz galerias que podem ultrapassar 1,5 m de profundidade. Verificou-se que a densidade de animais adultos pode ser avaliada pela amostragem do número de coprólitos. Constatou-se a existência de relação significativa ($p < 0,05$) entre a produção de massa de coprólitos e a densidade de animais.

Palavras-chave: Casulo. Coprólito. Estivação. Galerias. Minhoca.

ABSTRACT

The ecology and reproduction of the species *Chibui bari* need to be better known so that the survival and environmental services of these animals are kept. The casts excreted by these animals on the soil surface change the original constitution of the surface horizon and, depending on the density of animals may form a new layer formed by excrement. In the subsurface burrows increase the porosity and work as channels involved in the dynamics of water and gas in the soil. The objective of this research was to study the ecology, reproduction and biogenic structures of *Chibui bari*. Some researches have been done to monitor the activity of the species in secondary forest areas, rubber plantation and pasture to determine population density, period of activity in the soil, reproduction and assessment of mass and volume of earthworm burrows produced. Some monthly have been done from casts, from september 2008 to may 2009, in the three areas within the plots of 1 m². The samples were oven-dried for moisture content determination and correction of the collected mass. The results show that the species has a low reproductive rate that of each cocoon, two earthworms hatch. It was found that the aestivation of the species is diapause kind and the recapture its activity (production of excrement) occurs in early summer. It was observed that the casts produced by *Chibui bari* have, among other functions, the protection of the species. It was not observed production of cocoons in conditions of captivity. The low rate of reproduction of the species associated with the intensity of its capture to please the bait market, is threatening to reduce population and until exhaustion of animals in habitats exploited. The amount of dry mass of casts produced the eight-month assessment period was 9.12 t ha⁻¹, 23.57 t ha⁻¹, 141.43 t ha⁻¹, in the rubber plantation, forest and pasture, respectively. It was observed that the species *Chibui bari* produces burrows that can exceed 1.5 m deep. It was found that the density of adult animals can be evaluated by sampling the number of casts. It was found the existence of significant relationship ($p < 0.05$) between the production casts mass and density of animals.

Keywords: Cocoon. Casts. Aestivation. Burrows. Earthworm.

3.1 INTRODUÇÃO

Após a classificação da espécie *Chibui bari* (RIGHI; GUERRA, 1985) as únicas pesquisas sobre sua biologia e ecologia trataram da migração horizontal e vertical no solo (GUERRA, 1985), da estivação e produção de coprólitos (GUERRA, 1988a), da densidade e biomassa (GUERRA, 1988b) e da comunidade de minhocas do campus da Universidade Federal do Acre (GUERRA, 1994).

A espécie *Chibui bari* é um invertebrado considerado geófago, em função do hábito alimentar, e endogéico, devido profundidade e característica permanente da galeria que constrói e habita. Também é conhecido como minhocuçu em função do seu grande tamanho, entre 30 a 60 cm de comprimento e diâmetro de até 14 mm.

Sabe-se que os efeitos no solo provocados pelas minhocas geófagas são resultantes do seu hábito alimentar, da construção de canais e deposição interna (na galeria) e externa (na superfície do solo) de coprólitos. Em se tratando de minhocas de grande biomassa, esses efeitos podem ser ainda mais impactantes e duráveis considerando a alta massa de coprólitos produzidos e a grande profundidade e diâmetro das galerias construídas por esta espécie.

A densidade e a massa de coprólitos nos habitats da minhoca *Chibui bari* depende do número de animais por m² existente em cada área. Cada montículo de excrementos é resultante dos dejetos de um único animal que após um determinado período de deposição no solo. O coprólito dessa espécie é característico, uma vez que possui formato de torre de 20 cm a 30 cm de altura e com massa entre 1 e 2 kg.

Os efeitos da atividade desses animais resultam em muitos processos que determinam as características físicas do solo e até mesmo a formação de seus horizontes. A massa de coprólitos e as galerias interferem em maior ou menor grau na textura, na porosidade e na densidade do solo, que são fatores físicos que influenciam na quantidade de gases e água disponível para as raízes das plantas.

A profundidade de deslocamento vertical dos minhocuços e a alta capacidade de escavação de solo promovem uma bioturbação devido ao revolvimento, mistura e homogeneização de materiais orgânicos e minerais, sendo este um importante processo na formação de agregados estáveis e no desenvolvimento e proteção física dos horizontes do solo.

A alta massa de coprólitos produzida por *Chibui bari* pode contribuir para a melhoria das propriedades do solo mas, por outro lado, pode ser prejudicial pela possibilidade de formar uma camada superficial compactada.

Os minhocuçus são capturados e comercializados de forma indiscriminada para uso como isca de pescarias. Esta atividade constitui, inclusive, um mercado informal que envolve o trabalho de várias famílias. Como são desconhecidas técnicas de criação e reprodução em cativeiro, o que se constitui em impedimento à exploração sustentável desses animais, estes são capturados diretamente da natureza. Os impactos da captura intensiva nos habitats não são conhecidos e estudos sobre a reprodução e capacidade de recomposição populacional nas áreas exploradas são necessários para evitar ameaças e pressões sobre os estoques populacionais. Embora a captura e a comercialização sejam feitas em larga escala, estas práticas não são fiscalizadas pelos órgãos ambientais.

Os possíveis benefícios ao solo e às plantas proporcionados pela *Chibui bari* justificam estudos que viabilizem a adoção de práticas de manejo compatíveis com a manutenção de características favoráveis à produção vegetal nos solos da Amazônia.

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a densidade de animais, a produção de coprólitos, as dimensões das galerias e as características reprodutivas da espécie *Chibui bari* em áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem localizadas em Rio Branco, Acre.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de dois anos, entre 2007 e 2009, em área de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem (FIGURA 1) localizadas na Universidade Federal do Acre – UFAC, em Rio Branco. O clima do Estado do Acre é quente e úmido, com duas estações: seca e chuvosa. A estação chuvosa prolonga-se de novembro a abril. Na estação seca a temperatura cai bruscamente e chega a 10 °C, um fenômeno de curta duração. A temperatura média anual está em torno de 24,5 °C, enquanto que a temperatura máxima fica em torno de 32 °C. Os totais pluviométricos anuais em Rio Branco variam entre 1600 mm e 2000 mm anuais (ACRE, 2000).

A vegetação da pastagem é composta por *Brachiaria* spp (FIGURAS 1A e 1B), que eventualmente é pastejada por cavalos. Tanto no seringal (FIGURAS C e D) como na pastagem, ocorre trânsito de trator que realiza roçagem mensal. O capim cortado na área de pastagem é mostrado na FIGURA 1E. O solo apresenta camada compactada de difícil penetração com sonda quando fica seco e possui restrição à drenagem com formação de cores acinzentadas a 10 cm da superfície. A área de floresta secundária é mostrada na FIGURA 1F.

Nas três áreas descritas foram avaliados o período de atividade da espécie *Chibui bari* por meio da quantificação da massa de coprólitos e dimensionamento da densidade de animais, diâmetro, profundidade e volume de galerias. Além das observações de campo e obtenção de informações junto às pessoas que realizam captura e fazem comércio dos animais, foi avaliada a reprodução da espécie por meio da coleta, incubação de casulos e verificação da eclosão de minhocas para determinação do número de animais por casulo.

Para observação da sobrevivência e reprodução das minhocas, animais jovens e adultos foram mantidos em cativeiros, construídos em caixas de madeira, com dimensões de 60 x 60 x 40 cm. A profundidade do deslocamento vertical foi observada em câmaras experimentais, constituídas por tubos de PVC de 200 mm de diâmetro por 1,5 m altura (FIGURA 2).

A terra utilizada nas câmaras experimentais e nas caixas de madeira foi coletada numa área de habitat da espécie em profundidade de 0 a 1,5 m. O arranjo da terra nas câmaras foi mantido simulando a mesma estratificação das camadas do

solo retiradas do campo, por meio do seccionamento dos tubos de PVC em três partes de 50 cm cada.

Em cada câmara foram colocadas oito minhocas e, após 60 dias da introdução dos animais, avaliou-se sua sobrevivência e dispersão vertical, retirando-se o solo de cada uma das três sequências da câmara, contando-se os animais e medindo-se a profundidade que alcançaram.

O volume individual e por área das galerias foi obtido por estimativa, considerando o diâmetro de 105 galerias avaliadas nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem e a profundidade média das galerias avaliada nas câmaras experimentais.

Os casulos foram coletados por meio de escavação manual e incubados em condições de temperatura ambiente. A observação da eclosão e do número de minhocas por casulo foi realizada em laboratório. Outras informações sobre a sobrevivência dos animais em condições de cativeiro foram obtidas com os comerciantes de iscas de pescaria. Nestes locais também foram pesquisadas as variações de preços ao longo do ano, o tempo que os animais permanecem vivos em cativeiro, a quantidade demandada pelos pescadores, a identificação das áreas e períodos do ano mais favoráveis à captura e a possibilidade de redução e/ou esgotamento populacional em áreas exploradas.

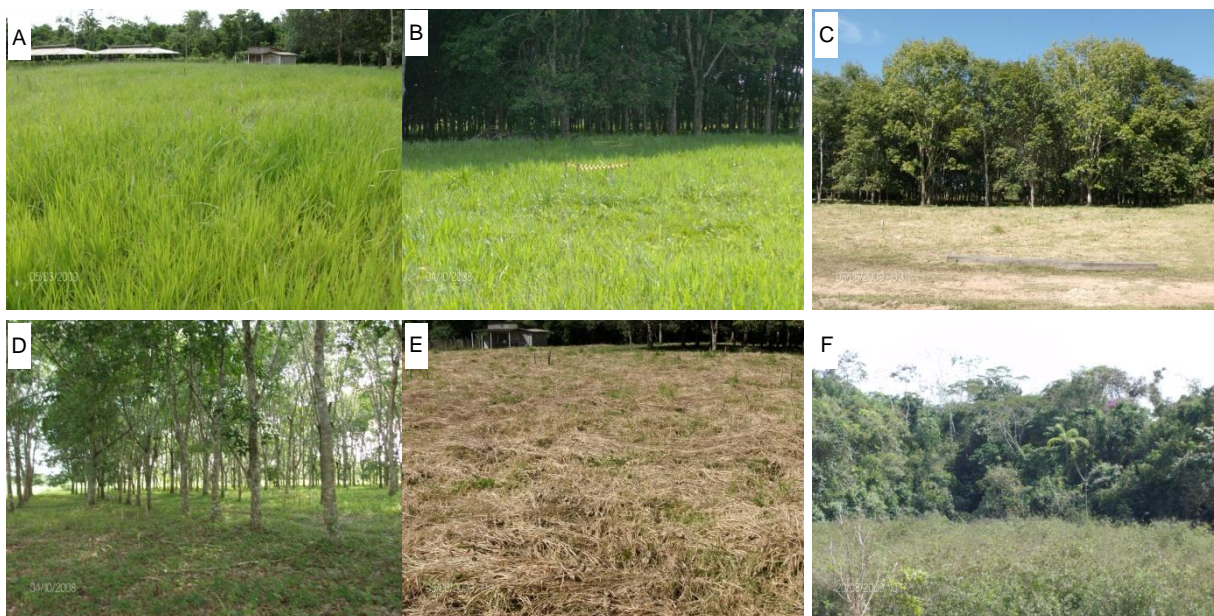


FIGURA 1 - Áreas onde foi estudada a espécie *Chibui bari*: pastagem (A, B), seringal de cultivo (C,D e E) e floresta secundária (F).

A massa de coprólitos produzida pela espécie *Chibui bari* foi coletada durante oito meses, no período compreendido entre outubro de 2008 a maio de 2009, sendo este correspondente ao período chuvoso da região. Foram definidas aleatoriamente 15 parcelas em cada área pesquisada, com dimensões de 1 m x 1 m. O coprólitos acumulados nas parcelas foram retirados do interior destas para que fosse contabilizada a produção apenas a partir do início do estudo evitando-se, portanto, a interferência do período anterior.

Efetuaram-se coletas mensais dos coprólitos para avaliação de sua massa seca. Para a pesagem foi utilizada balança digital portátil, com graduação de 1 g de precisão. Uma amostra homogênea de cada parcela foi separada em saco plástico e levada ao laboratório para avaliação da umidade gravimétrica obtida por meio de secagem das amostras em estufa a 105 °C, conforme metodologia da Embrapa (1997). Os dados de precipitação da cidade de Rio Branco no período da realização das coletas foram obtidos na estação meteorológica da UFAC (TABELA 1). A umidade (TABELA 2) foi utilizada para correção para massa seca em estufa.

TABELA 1 - Precipitação (mm) avaliada na estação meteorológica da UFAC, Rio Branco, Acre

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	mm											
2008	437	270	235	143	61	16	90	42	46	287	233	313
2009	201	286	247	389	8	5	3					

A densidade de animais foi avaliada no período de dezembro de 2008 a maio de 2009 nas mesmas parcelas onde foram coletados os coprólitos. A amostragem foi realizada por contagem dos coprólitos na superfície do solo, considerando que cada galeria é produzida e habitada por um único animal. A contagem foi efetuada em galerias ativas identificadas pela presença de material úmido e escuro no topo do coprólito, o que indica que um animal está habitando aquela galeria.

Foi avaliado o diâmetro de galerias de *Chibui bari*, medidos no mês de agosto de 2008, rente a superfície do solo. As galerias foram localizadas por meio da remoção do coprólito. Foram realizadas 35 avaliações em cada uma das três áreas pesquisadas.

TABELA 2 - Umidade gravimétrica média do coprólito avaliada durante as coletas nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem

MÊS	FLORESTA	SERINGAL	PASTAGEM
		%	
OUTUBRO	28,20 ± 2,93	28,27 ± 1,88	15,33 ± 2,07
NOVEMBRO	37,73 ± 0,78	37,22 ± 2,51	30,64 ± 1,85
DEZEMBRO	36,36 ± 1,76	36,17 ± 2,49	26,60 ± 1,49
JANEIRO	34,59 ± 1,54	35,06 ± 5,02	24,78 ± 2,60
FEVEREIRO	29,56 ± 2,52	37,44 ± 3,95	31,47 ± 1,23
MARÇO	35,33 ± 2,10	39,25 ± 2,71	33,79 ± 0,84
ABRIL	44,20 ± 3,73	52,92 ± 3,28	43,25 ± 3,56
MAIO	25,69 ± 2,01	10,41 ± 1,70	5,28 ± 0,68

Nota: Valores apresentados na forma de média ± erro padrão.



FIGURA 2 - Câmara experimental constituída por tubos de PVC, onde animais da espécie *Chibui bari* foram introduzidos para avaliação da profundidade de galerias.

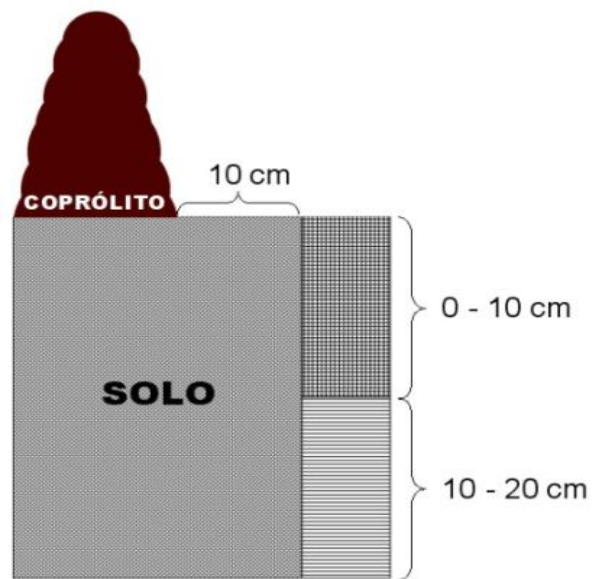


FIGURA 3 - Detalhe do esquema de amostragem para análise granulométrica do coprólito de *Chibui bari*, do solo adjacente a 10 cm, nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm, realizado nas áreas de pastagem, seringal e floresta.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitiram conhecer melhor a espécie *Chibui bari*, especialmente em relação a aspectos de sua reprodução, ecologia e estruturas biogênicas. Verificou-se que espécie *Chibui bari* possui comprimento de 30 e 60 cm, com diâmetro corporal e a biomassa de $8,18 \pm 0,17$ mm e $9,16 \pm 0,38$ g, respectivamente (valores apresentados na forma de média \pm erro padrão). As características gerais da espécie *Chibui bari* podem ser observadas na FIGURA 4.

Mesmo durante o período de reprodução as minhocas dessa espécie geralmente não apresentam o clitelo¹ evidente. Entretanto foram encontradas minhocas com clitelo facilmente perceptível conforme se verifica nas FIGURAS 5A e 5B. Porém não foi totalmente elucidado se os indivíduos com esta característica se tratavam da espécie *Chibui bari* ou *Rhinodrilus curiosus*.

Em relação à reprodução a espécie *Chibui bari* libera casulos, que são ovóides e tem tamanho que varia entre 15 e 20 mm (FIGURA 6). A biomassa do casulo da espécie *Chibui bari* no estágio inicial de incubação foi de 1,39 g (FIGURA 6D), enquanto que a de um casulo em fase final de incubação foi de 2,68 g (FIGURAS 6F e 6G).

Os casulos são liberados próximos a superfície do solo, durante os três meses iniciais do período chuvoso. Inicialmente os casulos são túrgidos, preenchidos com um conteúdo interno viscoso de coloração inicial branco-leitosa (FIGURA 6D), que posteriormente assume um aspecto translúcido (FIGURAS 6E, 6F e 6G) momento a partir do qual o embrião já pode ser visto dentro do casulo.

A minhoca completamente desenvolvida pode ser observada dentro do casulo, onde ela se movimenta, principalmente quando luzes são utilizadas para melhorar a observação. O pulso do sistema circulatório pode ser visto por meio dos movimentos de dilatação e contração dos vasos sanguíneos.

Os casulos têm orifícios nas duas extremidades por onde saem e, ou eclodem as minhocas (FIGURAS 6B, 6C, 6E e 6F). Os orifícios são cicatrizes resultantes do fechamento da película externa que recobre o casulo.

Próximo da eclosão a minhoca é desprovida ou tem pouca pigmentação avermelhada (FIGURAS 6F, 6H e 7).

¹ Clitelo - Anéis esbranquiçados que ficam localizados próximo à boca e que são identificados nos animais maduros sexualmente.

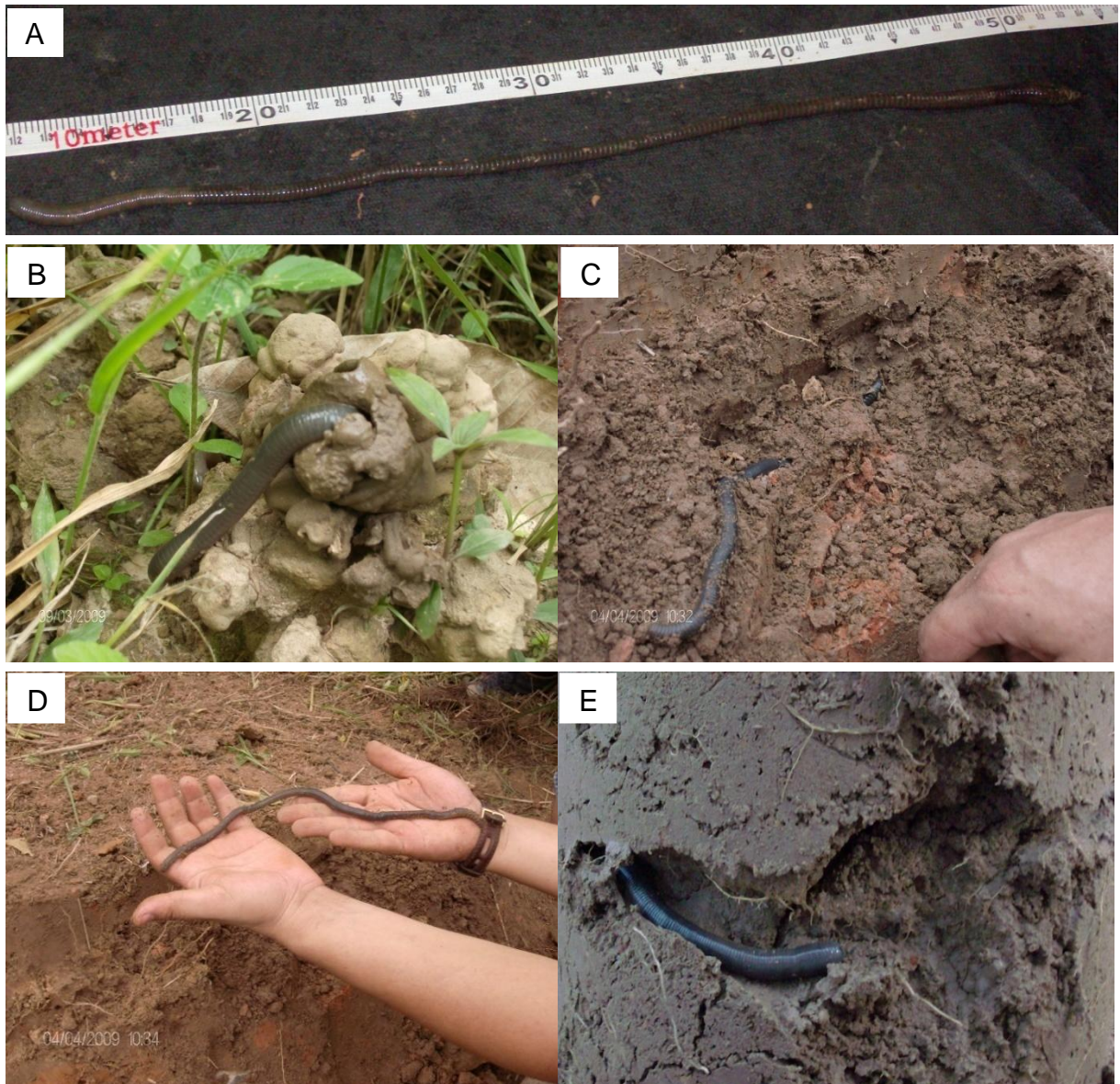


FIGURA 4 - Animais adultos de *Chibui bari*, com mais de 40 cm de comprimento (A) e no solo, observado nas galerias (B, C, D e E). Na figura B, um comportamento comumente observado quando o solo está encharcado, ocasião em que os animais utilizam o coprólito como mecanismo de fuga do excesso de umidade.



FIGURA 5 - Clitelo desenvolvido de um minhocoçu indicados pelas setas (A e B), autotomia² (C) e regeneração dos segmentos de *Chibui bari* (D)

A minhoca recém eclodida possui comprimento entre 7 e 10 cm (FIGURA 7), sendo desprovida ou apresentando pouca pigmentação. Foi observado a eclosão de duas minhocas por casulo. O tempo de incubação dos casulos de *Chibui bari* não foi determinado porque foram coletados no campo em estágios diferentes e desconhecidos. Pelo tempo decorrido da observação da produção de casulos até serem encontradas minhocas recentemente eclodidas, o período de incubação dos casulos deve variar de 20-40 dias.

Não foi constatada a produção de casulos da espécie *Chibui bari* em condições de cativeiro durante o período observado. A sobrevivência em caixas variou de três a quatro meses. Tem sido observado maior tempo de sobrevivência da espécie em caixas quando se utiliza terra retirada do seu habitat.

² Autotomia - recurso utilizado por certos animais para escapar de predadores que consiste na mutilação voluntária de partes do corpo.

A espécie *Chibui bari* tem baixa taxa de reprodução, provavelmente de apenas um casulo minhoca⁻¹ ano⁻¹, uma vez que são observados casulos no solo apenas no início do período chuvoso. A baixa taxa reprodutiva pode ser estratégia adotada por minhocas grandes para investirem a energia derivada do alimento em crescimento corporal e produção de prole bem nutrida. A espécie gigante *Eutyphoeus gammiei* (Octochaetidae), geófaga, nativa da Índia, que tem comprimento de 20-40 cm e habita permanentemente sua galeria, também produz apenas um casulo por ano, enquanto que espécies de minhocas pequenas apresentam produção contínua de casulos durante o ano, como, por exemplo, *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae), que também é geófaga e tem comprimento de 7-9 cm, e produziu em condições de laboratório 118 casulos por ano (BHATTACHARJEE; CHAUDHURI, 2002).



FIGURA 6 - Casulos de *Chibui bari*: características e estágios de desenvolvimento até a eclosão das minhocas.



FIGURA 7 - Eclosão de *Chibui bari*, características e tamanho das minhocas ao nascer.

A espécie apresenta alta atividade no solo durante o período de maior precipitação do ano. Esta atividade inclui a ingestão de grande quantidade de alimento e acúmulo de energia que resulta no crescimento corporal. Com a chegada do inverno, seco, a espécie se aprofunda no solo e entra em estado de inatividade (estivação). Segundo Jiménez et al. (2000), a estivação é uma estratégia apresentada por muitas espécies de minhocas em consequência de fatores ambientais adversos. No caso de *Chibui bari* este período tem duração de quatro a seis meses, ocorrendo durante o inverno seco.

As minhocas entraram em inatividade, no mês de julho de 2009, dentro de tubos de PVC de 50 cm de altura, mantidos com condições favoráveis de umidade. A área corporal foi reduzida pelo enrolamento do corpo na forma de nós em câmaras de estivação (FIGURA 8). O enrolamento que a espécie dá no corpo, diminui o volume de contato com o solo e a perda de água dos tecidos durante o período de inatividade (JIMÉNEZ et al., 2000).

A profundidade de construção da galeria por *Chibui bari* alcançou toda a extensão da câmara experimental que tinha 1,5 m. Este resultado é um indicativo de que esta espécie tem capacidade de se aprofundar ainda mais no solo em condições naturais, mesmo em solos que apresentam horizontes com camadas de difícil escavação.



FIGURA 8 - *Chibui bari* em estado de estivação, com o corpo enrolado na forma de “nós” em câmara subterrânea.

Em se tratando de minhocas grandes, como *Chibui bari*, os efeitos físicos, principalmente, são muito intensos, e alcançam profundidades muito superiores que as atingidas por minhocas pequenas, de forma que a menor densidade dessa espécie não pode ser comparada às altas densidades de minhocas no geral.

A condição variável de umidade do solo pode determinar a necessidade de produção maior ou menor profundidade das galerias durante o período seco. O fundo da galeria é o local onde será estabelecida a câmara de estivação. Guerra (1988a) encontrou minhocas da mesma espécie em estivação a 96 cm de profundidade, e os resultados encontrados neste trabalho indicam que esta profundidade pode ser ainda maior.

O fato de a espécie entrar em estivação mesmo estando em boas condições de umidade demonstra que o desencadeamento do processo não é causado unicamente por este fator. Além disso, Guerra (1988) observou a permanência de *Chibui bari* em estado de inatividade mesmo quando o solo foi mantido úmido artificialmente. Por este motivo, o autor propôs que a estivação dessa espécie poderia ser classificada como obrigatória.

Não está claro, porém, se o desencadeamento da estivação e o retorno das atividades da espécie *Chibui bari* ocorre em função de um mecanismo fisiológico ou

em resposta a condições edáficas. Todavia, os resultados apontam para a possibilidade do mecanismo de estivação dessa espécie ser induzido por condições adversas e encerrado fisiologicamente, podendo ser classificado, segundo Lee (1985) como diapausa.

É importante destacar que as condições adversas que determinam o início do processo de estivação, não incluem, necessariamente, a deficiência de água no solo, uma vez que foi constatada a estivação de animais mantidos em condições favoráveis de umidade.

Os coprólitos são construídos na superfície do solo na forma de torre (FIGURAS 9 e 10) e alcançam entre 30 e 40 cm de altura. Os maiores são geralmente observados apoiados em troncos de árvores.

A espécie *Chibui bari* aumenta a altura e largura dos coprólitos, construídos na forma de torres, parecendo ajustar suas excreções para equilibrar a estrutura. Uma só minhoca dessa espécie pode produzir um aglomerado de coprólitos com massa seca de até 2 kg durante o período de atividade no solo, que coincide com a estação chuvosa. Onde a densidade de animais é alta os coprólitos ocupam toda a superfície do solo tornando, inclusive, difícil a caminhada nessas áreas sem que se pise nos montículos.

A construção da torre é conseqüência da necessidade fisiológica da minhoca de excretar os dejetos, composto, na maior parte, por material mineral, pelo fato desta ser geófaga, misturado a partículas orgânicas. A terra é ingerida não apenas por exigência nutricional da minhoca. Este material é, inclusive, pobre para o fornecimento de energia exigida pelo animal. Considerando assim, o “turnover” no solo e a produção de coprólitos na forma de torres pelo minhocuçu ocorre, também, em função da ampliação da galeria que é preparada buscando as condições de sobrevivência durante o período seco.

O diâmetro das galerias e da abertura no topo dos coprólitos é de $8,18 \pm 0,17$ (média \pm erro padrão). No centro da torre há abertura que é a continuidade da galeria existente no subsolo. Esta abertura pode ser fechada com excrementos para evitar a entrada de predadores e de água em excesso, e reaberta quando há necessidade.

O formato de torre que tem o coprólito não é definido por acaso. A cada vez que a minhoca expele excrementos, ela o faz de forma controlada, equilibrando as bordas no entorno da abertura da galeria. Sendo assim, a excreção de coprólito é

realizada, além da necessidade fisiológica, visando formação e ampliação da torre. A torre seria uma adaptação evolutiva de estratégia de escape da saturação do solo e do ataque de predadores. Foram observadas minhocas acima da superfície do solo, apoiadas nas torres, quando as chuvas saturaram o solo.



FIGURA 9 - Características dos coprólitos de *Chibui bari* em área de pastagem.

A *Chibui bari* é encontrada, geralmente, concentrada em alta densidade em pequenas áreas, condição que está de acordo com James e Brown (2008) que afirmam que as espécies de minhocuçus ocupam, geralmente, pequenas áreas geográficas.

Estes habitats concentrados facilitam a captura dos animais para o mercado de isca. Os relatos e as observações mostraram que a exploração termina por esgotar os estoques do minhocuçú, momento em que nova área de captura é requerida.

Outra facilidade de localização dos habitats deve-se a boa adaptação da espécie em áreas alteradas e de fácil acesso, seja em pastagens, gramados de parques, capoeiras e transição de florestas. Guerra (1994) verificou que as

alterações provocadas pelo homem para implantação de pastagens na região não devem atuar como fatores limitantes, uma vez que foi observado maior densidade e biomassa de minhocas, inclusive *Chibui bari* em áreas alteradas.



FIGURA 10 - Características dos coprólitos de *Chibui bari* na área de floresta secundária.

A produção de coprólitos de *Chibui bari* foi observada por todo o período do verão, quando o nível de umidade do solo aumenta. No período seco não se verificou a produção de coprólitos novos, sendo estes observados na superfície do solo somente a partir do mês de outubro de 2008. Como a produção de coprólitos de *Chibui bari* é o indicativo de atividade da espécie esta se limita também ao período chuvoso.

O volume de chuvas no período anterior ao início do trabalho e durante as avaliações da massa seca de coprólito é apresentado na TABELA 1. Não foi observada atividade da espécie no período seco, quando esta permanece em estado de estivação em câmaras subterrâneas.

Não houve produção de coprólito em setembro de 2008 em nenhuma das três áreas avaliadas. O total de chuvas deste mês foi de 46 mm. Esta situação indica que a atividade da espécie é concentrada no período chuvoso. No Acre, as chuvas são bem distribuídas durante todo o ano, sem uma estação seca definida na maior parte do Estado. Contudo, em Rio Branco, localizado na regional Baixo Acre, o período

de estação seca se estende, normalmente, entre os meses de maio a outubro (ACRE, 2006; ARAÚJO et al., 2005).

A atividade da espécie é iniciada tão logo exista umidade no solo adequada para o animal, condição que foi observada a partir de outubro de 2008, mês que teve precipitação de 287 mm. A umidade do solo neste mês foi de 15,33%, na área de pastagem (TABELA 2). Este percentual de água no solo, baixo quando comparado com os da área de floresta e seringal no mesmo mês foi, contudo, suficiente para a espécie iniciar a atividade de produção de coprólitos.

Os resultados de produção de massa seca de coprólitos da área de pastagem são apresentados no GRÁFICO 1. Foram produzidos 141,43 t ha⁻¹ nos oito meses avaliados, tendo como média mensal 17,68 t ha⁻¹, excluindo o mês de setembro que não teve produção.

A massa seca total produzida na floresta foi 23,57 t ha⁻¹ com média de 2,94 t ha⁻¹. Os resultados mensais dessa área são apresentados no GRÁFICO 2.

No seringal a produção total foi 9,12 t ha⁻¹ e teve média mensal igual a 1,14 t ha⁻¹ (GRÁFICO 3).

A produção de coprólitos na área de pastagem foi 6 e 15,5 vezes maior que a observada no seringal e na floresta, respectivamente. Esta situação pode ser explicada pela diferença na densidade de animais entre as áreas, sendo esta superior na pastagem (TABELA 3).

A produção de coprólitos de *Chibui bari* em área de cobertura florestal e em campo estudada por Guerra (1988a) na Universidade Federal do Acre, foi de 88,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 23,7 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Este autor observou aparente preferência da espécie por ambientes antrópicos, em função da maior densidade de animais nas áreas de campo e seringal de cultivo, em relação a floresta.

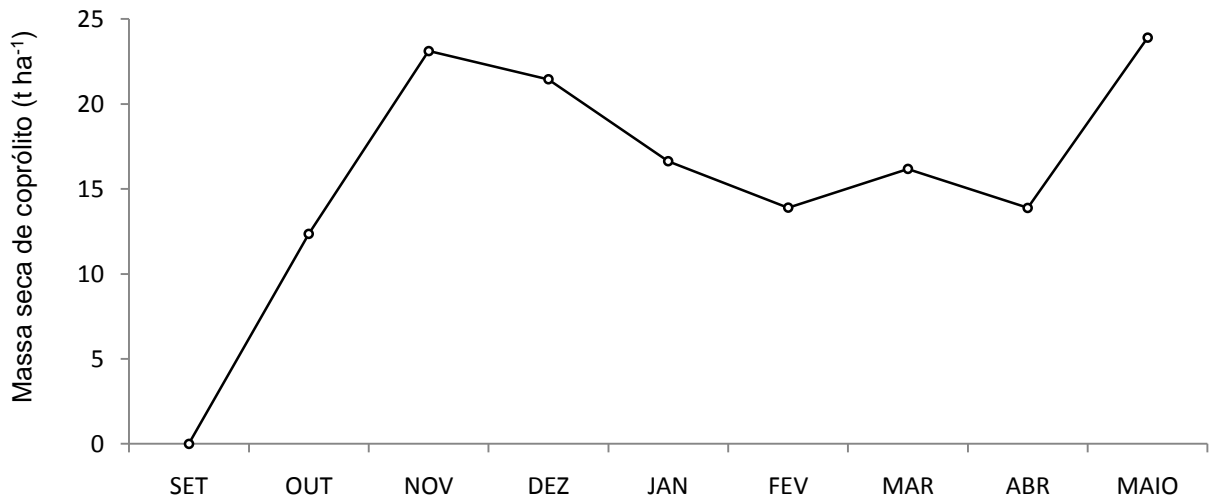


GRÁFICO 1 - Massa seca de coprólitos de *Chibui bari* produzida na área de pastagem no período de setembro de 2008 a maio de 2009.

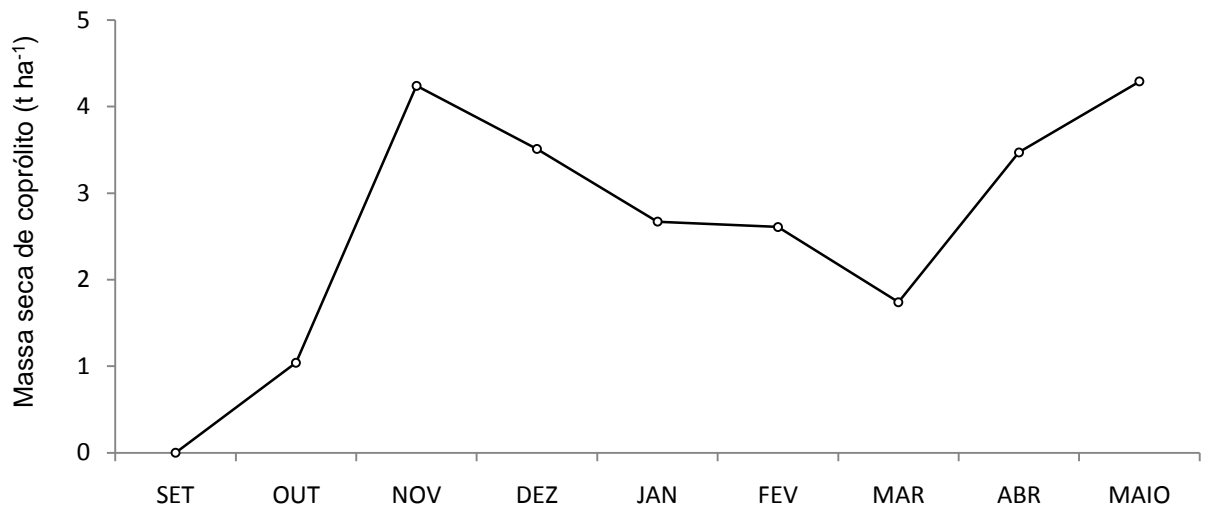


GRÁFICO 2 - Massa seca de coprólitos de *Chibui bari* produzida na área de floresta secundária no período de setembro de 2008 a maio de 2009.

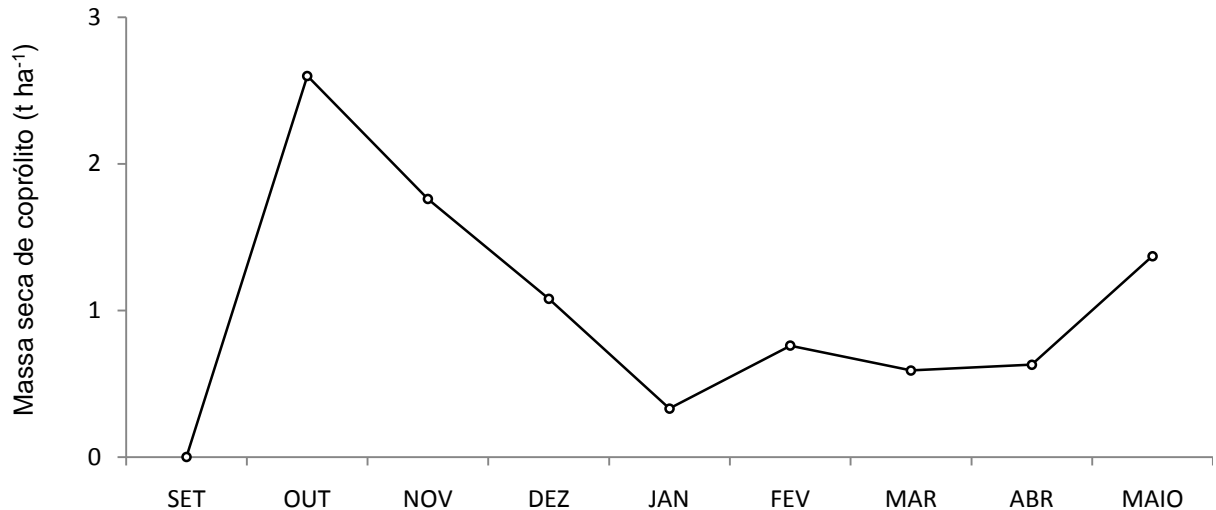


GRÁFICO 3 - Massa seca de coprólitos de *Chibui bari* produzida na área de seringal de cultivo no período de setembro de 2008 a maio de 2009.

A diminuição na densidade populacional explica a menor produção de massa seca de coprólito encontrada nas áreas de floresta e seringal em relação ao total descrito por Guerra (1988a).

Nos habitats de maior densidade populacional de *Chibui bari* como, por exemplo, na área de pastagem, a superfície do solo é completamente coberta pelos montículos de coprólito. Pela quantidade de massa de coprólitos observada nesta área estima-se que, caso mantida esta produção, em menos de 20 anos todo o horizonte superficial será renovado (considerando-se a densidade do solo igual a 1,0 g cm⁻³ a camada de 0-20 cm possui 2000 m³). Segundo Bohlen (2002) a massa de terra subterrânea trazida para a superfície do solo anualmente pode promover a alteração na composição mineralógica do horizonte superficial e até mesmo resultar na renovação completa da camada superficial do solo. Esta estimativa também está coerente com o que afirmam Lavelle et al. (2006) sobre a intensidade das minhocas endogéicas em solos tropicais, que podem causar bioturbação na parte superior do solo em poucos anos.

Pela contagem dos coprólitos foi possível estimar a densidade de *Chibui bari* (animais m⁻²) sem a retirada de blocos de solo conforme o procedimento recomendado pelo método do Tropical Soil Biology and Fertility - TSBF (ANDERSON; INGRAM, 1993), o mais difundido e aplicado na avaliação da macrofauna do solo, que consiste da retirada de blocos de solo e extração das

minhocas, separando-as da serapilheira e da camada de solo. Este método foi adaptado para uso de um extrator metálico (EMBRAPA, 2001).

O método TSBF adaptado tem como desvantagem, considerando a espécie em estudo, o corte e mortalidade de muitas minhocas pela caixa metálica utilizada para retirada dos blocos de solo. Por se tratar de uma espécie de minhocucu, as dimensões de 25 x 25 cm ou até as de 50 x 50 cm da caixa metálica se demonstram inadequadas. A profundidade das galerias das espécies de minhocucos, por outro lado, facilita a fuga dos animais durante a amostragem por este método. As minhocas são ágeis e escapam se deslocando verticalmente a profundidades maiores que 1 metro.

Foi possível avaliar a densidade dessa espécie pela contagem de coprólitos e, ou galerias em função do conhecimento de que os animais ocupam galerias individuais. A identificação de galerias ativas ou habitadas é feita pela observação da presença de material recente, que se apresenta úmido e escuro no ápice do coprólito, onde se encerra a galeria.

A densidade de animais nas áreas de pastagem, floresta e seringal, avaliada pela contagem de coprólitos é apresentada na TABELA 3. A pastagem foi a que teve a maior densidade de minhocas, com média de 18,44 animais m^{-2} mês⁻¹. Na floresta foi encontrada a média de 3,99 animais m^{-2} mês⁻¹ e no seringal 0,69 animais m^{-2} mês⁻¹.

TABELA 3 - Densidade de minhocas *Chibui bari* encontradas nas áreas de pastagem, floresta e seringal em dezembro de 2008 e de janeiro a maio de 2009

MÊS	PASTAGEM	FLORESTA	SERINGAL
	Média de animais.m ⁻²		
DEZEMBRO	17,33 ± 2,13	3,60 ± 0,84	1,13 ± 0,51
JANEIRO	17,73 ± 2,08	3,53 ± 0,86	0,33 ± 0,19
FEVEREIRO	17,53 ± 2,75	2,93 ± 0,95	0,60 ± 0,24
MARÇO	19,27 ± 2,16	2,27 ± 0,88	0,53 ± 0,22
ABRIL	20,73 ± 1,83	5,87 ± 1,48	0,80 ± 0,40
MAIO	18,07 ± 1,35	5,73 ± 0,89	0,73 ± 0,41
Média	18,44 ± 0,84	3,99 ± 0,42	0,69 ± 0,14

Nota: Valores apresentados na forma de média ± erro padrão.

Quando são comparados os resultados de densidade deste trabalho com os de Guerra (1988b), que encontrou 17,8 animais m^{-2} na área de floresta, 22,6 animais m^{-2}

no seringal e 20,8 animais m⁻² em área de pastagem, localizadas também na UFAC, constata-se que houve expressiva redução no número de animais nas duas primeiras áreas.

Por se tratar de um animal de hábito alimentar geófago, a camada de serapilheira encontrada na floresta e no seringal podem não oferecer nenhuma vantagem com relação à pastagem. Por outro lado, devido ao grande volume de chuvas do verão, não se verificou deficiência de umidade no solo em nenhuma das áreas, podendo ter havido, pelo contrário, excesso de água no solo. Mesmo os resultados de umidade do solo sendo superiores nas áreas de floresta e seringal (TABELA 2), quando comparados aos de pastagem, esta situação não resultou em maior densidade de animais e produção de massa de coprólitos nessas áreas.

Os efeitos físicos no solo provocados pela atividade das minhocas são tão mais intensos quanto maior for a densidade destes animais. A maior porosidade pode promover a saturação do solo mais rapidamente durante as chuvas, situação que força a migração dos animais para a superfície em função do encharcamento e inundação da galeria. Tem sido observado, devido a isso, um comportamento nômade da espécie, que proporciona a redução na densidade numa área e explosão populacional em locais próximos, além de provocar mortalidade de indivíduos devido ao ataque de predadores.

Uma característica da espécie *Chibui bari* é a concentração de animais em áreas pequenas, observação que está de acordo com o que afirmam James e Brown (2008) sobre a dispersão de minhocuçus em pequenas áreas geográficas. Este comportamento pode promover mudanças físicas no solo prejudiciais à sua permanência. Para conclusões definitivas sobre a densidade e dispersão seria necessário monitorar, por alguns anos, áreas próximas com alta e baixa densidade de animais.

A avaliação da densidade pela contagem do número de coprólitos na superfície do solo foi eficiente para quantificação dessa espécie. Com exceção dos indivíduos recém eclodidos, cada animal adulto produz um coprólito proveniente da escavação de uma galeria. A constatação de que cada coprólito é produzido por um único animal também foi relatada por Guerra (1985).

O método de coleta para avaliação da massa de coprólitos durante o período de produção é muito trabalhoso e demorado. Para determinação da produção são necessárias coletas durante todo o período chuvoso, que tem duração de 6 a 8

meses na Amazônia. A densidade de animais, avaliada pelo método descrito neste trabalho, se mostrou de mais fácil execução e propiciou resultados confiáveis.

Foi possível estimar a massa de coprólitos utilizando os dados de densidade de animais dessa espécie, sendo altamente significativa ($p < 0,01$) a relação entre densidade de animais e massa de coprólitos nas áreas de pastagem (GRÁFICO 4), seringal (GRÁFICO 5) e floresta (GRÁFICO 6). A quantidade de minhocas na pastagem teve pouca variação no período avaliado (TABELA 3). Nos dois últimos meses o aumento na densidade de animais reflete o início da atividade dos indivíduos jovens, caracterizado pela presença de coprólitos com menor diâmetro e altura.

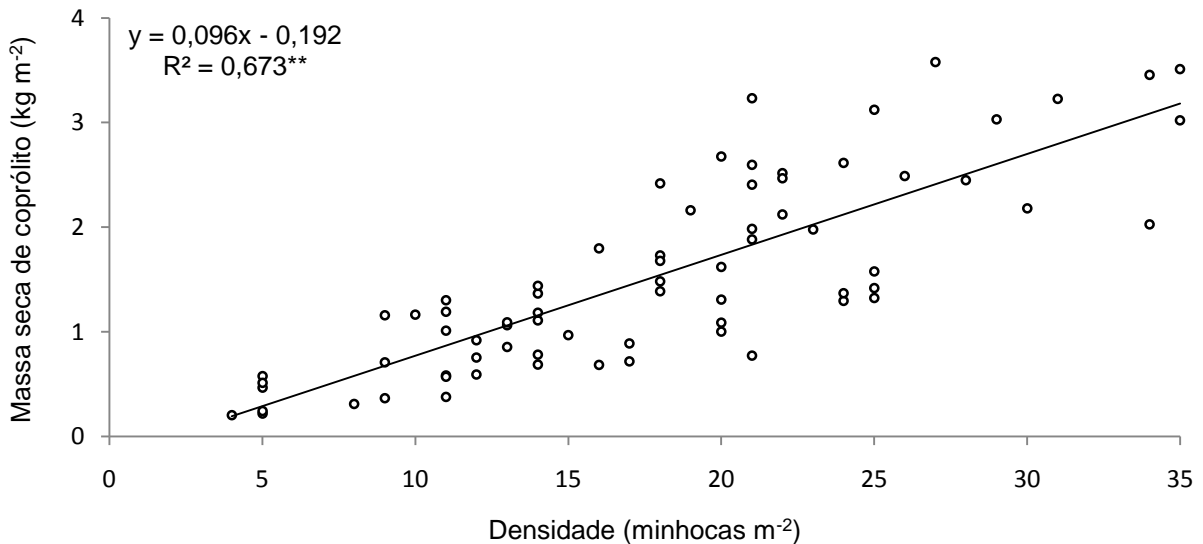


GRÁFICO 4 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de *Chibui bari* em área de pastagem.

A análise de todos os valores de densidade de animais e de massa de coprólitos nas três áreas estudadas também apresentou interação altamente significativa ($p < 0,01$) e ajuste linear (GRÁFICO 7). Considerando a diferença existente entre as áreas avaliadas, principalmente quanto à cobertura vegetal, representativa de ecossistema de floresta e sistemas de seringal de cultivo e pastagem, os resultados apontam para a possibilidade de utilização de uma equação de regressão geral para a determinação da produção de coprólitos da espécie com obtenção de resultados confiáveis a partir dos dados de densidade de animais.

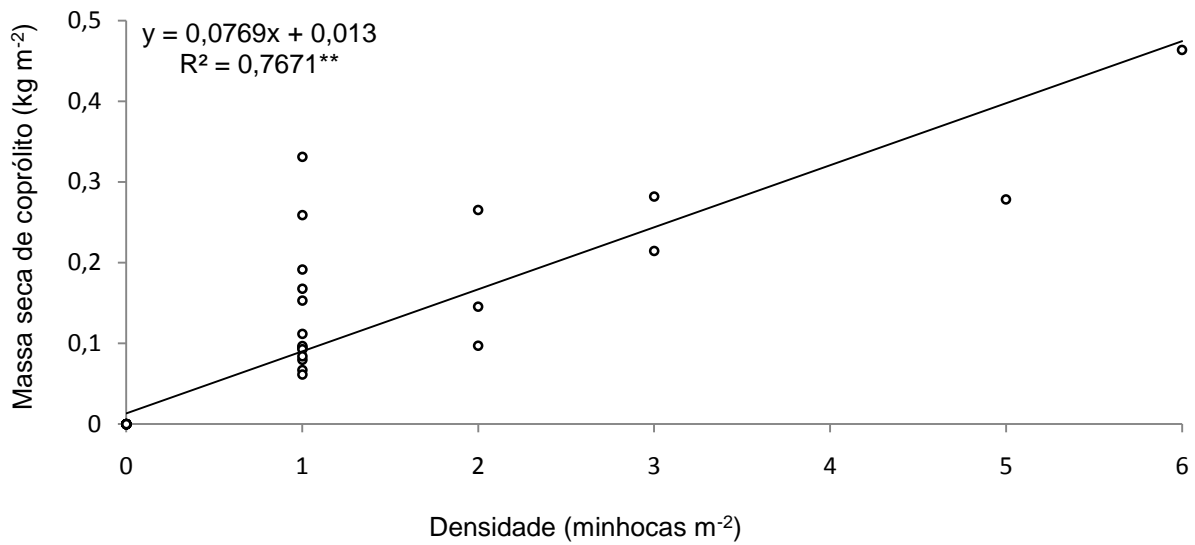


GRÁFICO 5 -Relação entre a densidade de minhocas e a produção total de coprólitos de *Chibui bari* em área de seringal de cultivo.

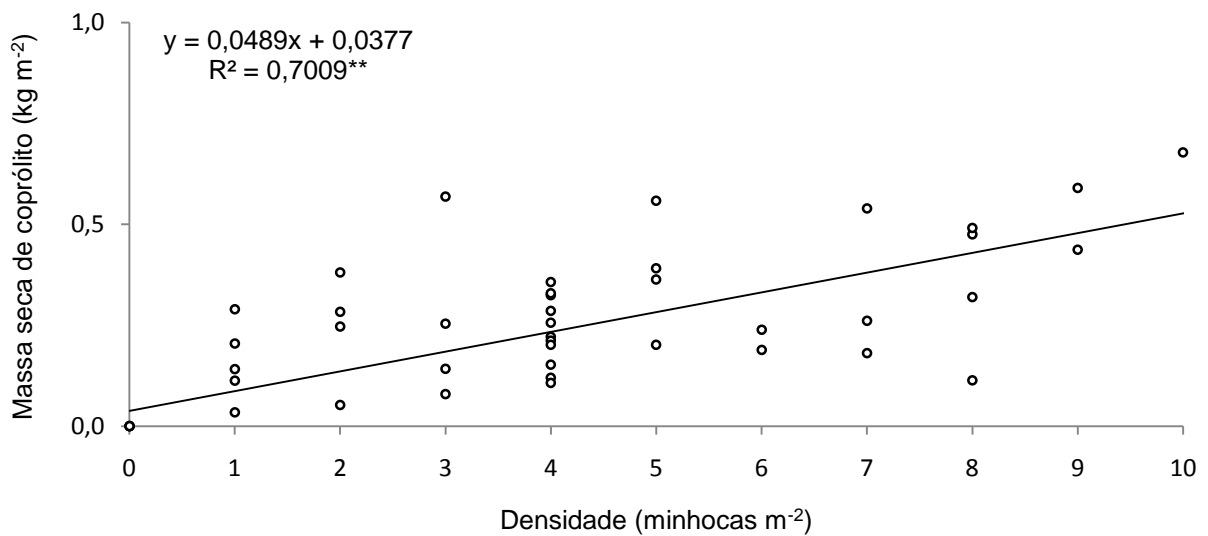


GRÁFICO 6 -Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de *Chibui bari* na área de floresta secundária.

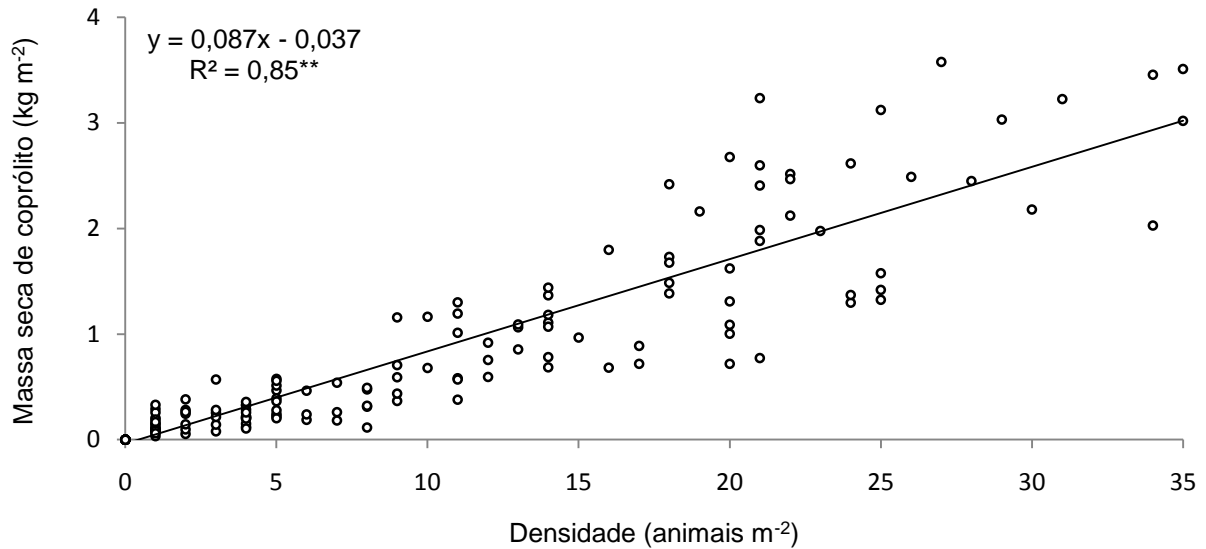


GRÁFICO 7 - Relação entre a densidade de minhocas e a produção de coprólitos de *Chibui bari* nas áreas de pastagem, seringal de cultivo e floresta secundária.

O volume das galerias tem relação direta com a massa de coprólito que é produzida. O diâmetro, profundidade dos canais e a densidade alta da espécie *Chibui bari* são fatores que podem determinar maior intensidade e durabilidade dos efeitos físicos e pedológicos, biológicos e químicos produzidos por estes animais (FIGURA 11).

A espécie *Chibui bari* tem grande potencial de escavação de galerias devido a sua biomassa, comprimento, diâmetro e força. Estas características associadas a intensidade da atividade do animal no período em que a umidade é alta, promovem alterações físicas e pedológicas no solo mais intensas e permanentes que as observadas por outras espécies de minhocas. Verificou-se que esta espécie constrói galerias que atingem profundidade maior que 150 cm. O diâmetro médio e volume de galerias observado nas três áreas estudadas são apresentados na TABELA 4.



FIGURA 11 - Diâmetro de galerias de *Chibui bari* e características permanentes dos efeitos físicos no solo.

TABELA 4 - Diâmetro e volume médio das galerias construídas por *Chibui bari* nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, calculados considerando a profundidade média da galeria igual a 150 cm

	FLORESTA	SERINGAL	PASTAGEM
DIÂMETRO (mm)	7,57 ± 0,24	9,17 ± 0,33	7,80 ± 0,26
VOLUME (cm ³)	69,91 ± 4,53	103,50 ± 7,12	74,49 ± 4,91

Nota: Valores apresentados na forma de média ± erro padrão.

O espaço poroso de cada galeria tem volume de 69,91 cm³ na floresta, 74,49 cm³ na pastagem e 103,50 cm³ no seringal. Segundo Bohlen (2002) e Lee (1985), as galerias construídas pelas minhocas produzem importantes efeitos na porosidade, influenciando a infiltração de água e aeração que estão entre os aspectos físicos mais importantes para a proteção do solo contra processos de erosão.

O coprólito é um monólito agregado e resistente. A sua composição granulométrica é semelhante a do solo ingerido pela minhoca. A maior quantidade de matéria orgânica presente no coprólito (ver Capítulo III) age como elemento ligante entre as partículas minerais. Devido a sua maior quantidade de material orgânico, o coprólito torna-se um sítio preferencial para atividade de microrganismo do solo.

A grande quantidade de massa seca de coprólitos trazida para a superfície do solo pelas minhocas é proporcional ao volume das galerias construídas. A massa de coprólitos produzida mensalmente nas áreas estudadas foi considerada para avaliação da precisão da estimativa de volume total das galerias que foi obtido de forma indireta, utilizando-se os dados de diâmetro, profundidade e total de galerias por hectare nas três áreas estudadas (TABELA 5).

TABELA 5 - Número de galerias (NG), volume médio (VMG) e volume total (VTG) de galerias, massa total de coprólitos (MTC) de *Chibui bari* produzidos nas áreas de floresta, pastagem e seringal de cultivo

ÁREA	NG	VMG	VTG ⁽¹⁾	MTC	FATOR ⁽²⁾
	ha	dm ³	dm ³ ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	
FLORESTA	36400	0,070	2548,0	2750,0	1,08
PASTAGEM	185200	0,074	13704,8	16790,0	1,23
SERINGAL	6800	0,104	707,2	1110,0	1,56

Notas: ⁽¹⁾ VTG = NG x VMG; ⁽²⁾ FATOR = MTC / VTG

Pelos resultados do quociente entre massa total de coprólitos e volume total de galerias (TABELA 5) observa-se que a estimativa do volume total produzido pelas galerias apresenta-se próxima do volume real de massa de coprólitos, principalmente considerando as áreas de floresta e de pastagem.

A profundidade que alcança a espécie *Chibui bari* (> 150 cm) não representa, contudo, o comprimento real dos canais que pode ter sido subestimado, uma vez que a profundidade foi considerada igual ao comprimento total das galerias. Como a movimentação da minhoca não é feita só verticalmente, esta situação explica o fato da quantidade de massa de coprólito ter sido maior que o volume calculado de galerias.

As galerias produzidas pela *Chibui bari* tem duração permanente no solo, o que é uma característica que a difere de espécies de minhocas epigeicas e anécicas. Segundo Lee (1985) as minhocas podem criar canais permanentes ou efêmeros de acordo com sua preferência alimentar.

As galerias de *Chibui bari* podem ser desativadas e entupidas mas continuam a produzir efeitos positivos, devido ao seu preenchimento com uma mistura de materiais orgânicos e minerais que tornam-se sítios preferenciais para o desenvolvimento de raízes.

O tamanho grande e a musculatura resistente do minhocucú torna-o ideal para uso como isca em pescaria. Na época seca a unidade chega a R\$ 2,00 em Rio Branco, enquanto que no período chuvoso a dúzia custa R\$ 6,00.

A captura da *Chibui bari* é realizada nos seus habitats, provocando sua redução populacional e até o esgotamento nas áreas exploradas. O período de maior facilidade de captura coincide, inclusive, com a época de reprodução da espécie.

Os comerciantes, que são atravessadores, pois adquirem as minhocas capturadas por catadores, relatam que a disponibilidade desses animais é cada vez menor surgindo, dessa forma, a tentativa de criação em viveiros e caixas, para observação da sobrevivência e reprodução.

Não houve sucesso na reprodução em cativeiro e a sobrevivência dos animais foi de, no máximo, dois meses, insuficientes para atendimento da demanda no período seco, em que a captura é muito difícil devido à profundidade que ficam no solo e a ausência da atividade de produção de coprólitos que facilitam sua localização.

Apesar de o mercado de iscas (FIGURA 12) existir em Rio Branco há muito tempo, os estabelecimentos dos revendedores e os “minhoqueiros” trabalham na informalidade. Devido ao caráter exploratório de um animal da fauna silvestre, incluído na Lei de crimes ambientais, n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998) (ANEXO A), a captura, manutenção em cativeiro e comercialização é proibida se não contar com a autorização do órgão competente.

Por se tratar de uma espécie que habita o solo, como muitos outros invertebrados, não há o mesmo apelo de proteção dedicado aos animais vertebrados da fauna silvestre.



FIGURA 12 - Mercado de iscas de Rio Branco, Acre.

Fonte: Jornal Página 20 (2005) e Jornal A Tribuna (2008)

A ausência de estudos que mostrem e possibilitem técnicas de manejo de estoques naturais de uma espécie de interesse econômico, resultou no seu esquecimento durante a elaboração da Instrução Normativa 169 de 20 de fevereiro de 2008. Na lista de espécies da fauna silvestres que podem ser criados e comercializados não consta o minhocoçu, o que justifica ainda mais pesquisas e conhecimento sobre a ecologia e manejo de *Chibui bari*.

3.4 CONCLUSÕES

A espécie *Chibui bari* sai de estivação e inicia a produção de coprólitos tão logo ocorrem as primeiras chuvas, independentemente da área considerada.

A densidade média de minhocas e a produção de coprólitos em área de seringal de cultivo é de 0,69 indivíduos m⁻² e 9,12 t ha⁻¹, respectivamente.

Em floresta a densidade média de minhocas e a produção de coprólitos é de 3,99 indivíduos m⁻² e 23,57 t ha⁻¹, respectivamente.

Em pastagem a densidade média de minhocas e a produção de coprólitos é de 18,44 indivíduos m⁻² e 143,43 t ha⁻¹ de coprólitos, respectivamente. Mantida esta alta produção de massa de coprólitos de *Chibui bari* pode ocorrer formação de uma camada superficial de 20 cm, constituída por excrementos, em menos de 20 anos.

A avaliação da densidade de *Chibui bari* pode ser feita pela contagem de coprólitos provenientes de galerias em que a minhoca está ativa.

É possível estimar a massa de coprólitos de *Chibui bari* em função da densidade de animais.

As galerias de *Chibui bari* resultam em porosidade de até 13.705 dm³ no solo.

A baixa taxa reprodutiva de minhocuçus, associada à intensidade de sua captura para atender ao comércio de iscas, constitui-se ameaças e pressões sobre a espécie *Chibui bari*.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre**: recursos naturais e meio ambiente, documento final 1ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2000.

ACRE. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre**: recursos naturais e meio ambiente, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2006.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Soil fauna. In: _____. **Tropical soil biological and fertility**: a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.

ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; WADT, P. G.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa-Acre, 2005. p. 27-62.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, n. 3, p. 157-168, 2005.

BHATTACHARJEE, G.; CHAUDHURI, P. S. Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species – a laboratory-based investigation. **Journal of Biosciences**, v. 27, n. 3, p. 283-294, 2002.

BOHLEN, P.J. Earthworms. **Encyclopedia of Soil Science**. Florida: Lake Placid, 2002.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Leis de crimes ambientais**, Brasília, DF.

BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, n.2, p. 177-198, 2000.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPB, 1997.

EMBRAPA. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 2001.

GUERRA, R. A. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia. I. Estudo da migração horizontal e vertical de *Chibui bari* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) através de observações de campo. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 1/2, p. 141-146, 1985.

GUERRA, R. A. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia: II estudo da estivação e da atividade de *Chibui bari*, através da produção de excrementos. **Acta Amazonica**, v. 18, n. 1/2, p. 27-34, 1988a.

GUERRA, R. A. T. Densidade e biomassa de oligochaeta em áreas antrópicas da cidade de Rio Branco, Acre. **Cadernos da UFAC**, Série "B" Ciência e Tecnologia, n. 1, p. 7-16, 1988b.

GUERRA, R. A. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593-601, 1994.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Tillage Research**, v. 82, n. 3, p. 121-145, 2005.

JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Ecologia e diversidade de minhocas no Brasil. In: MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, p. 193-276, 2008.

JIMÉNEZ, J. J.; BROWN, G. G.; DECAENS, T.; FEIJOO, A.; LAVELLE, P. Differences in the timing of diapauses and patterns of aestivation in tropical earthworms. **Pedobiologia**, v. 44, n. 2, p. 677-694, 2000.

JORNAL PÁGINA 20. Rio Branco, AC, ano XI, n. 2720, jun. 2005.

JORNAL A TRIBUNA. Rio Branco, AC, ano XV, n. 3570, maio 2008.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLÖF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v. 35, n. 4, 2005.

LAFONT, A. Effects of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on banana plants infected or not with the plant-parasitic nematode *Radopholus similis*. **Pedobiologia**, v. 51, n. 15, p. 311-318, 2007.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Soil Biology**, v. 42, n.4, p. 3-15, 2006.

LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v. 27, n.2, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, M.; AITA, C.; ANDRADA CUBILLA, M. M. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

CAPITULO II

CONDIÇÃO QUÍMICA E BIOLÓGICA DE COPRÓLITOS DE *Chibui bari*

RESUMO

A contribuição das minhocas para melhorar a fertilidade do solo e, conseqüentemente beneficiar o crescimento e a produção das plantas pode ser explicada pelos efeitos físicos diretos destes animais e por sua interação com microrganismos do solo. Os coprólitos apresentam condições favoráveis à alta atividade microbiológica e mineralização de nutrientes. O objetivo da pesquisa foi avaliar a condição física, química e biológica dos coprólitos e do solo adjacente e dimensionar a magnitude do incremento de nutrientes nestas estruturas biogênicas. Foram realizados experimentos independentes, em áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e em área de pastagem, todas localizadas na Universidade Federal do Acre, na cidade de Rio Branco, Acre. Os tratamentos foram constituídos pelo coprólito de *Chibui bari* e amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, considerando o delineamento em blocos casualizados nas análises químicas e biológica e inteiramente casualizado para as avaliações de granulometria e densidade do solo. Foram analisados Ca, Mg, K, Na, P, Al, carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, C-CO₂ liberado pela respiração microbiana e os valores de pH, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e por alumínio em coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste F indicou existir diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Também efetuou-se o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em contrastes ortogonais. Os coprólitos da área de pastagem apresentaram maior quantidade de argila que o solo adjacente, o que pode resultar na formação de camada superficial adensada. Foi verificado a menor acidez (Al e pH) nos coprólitos em relação a condição existente no solo. A atividade microbiana foi maior nos coprólitos de *Chibui bari* que no solo adjacente e também verificou-se aumento na concentração de Ca, Mg, K, P e carbono orgânico em relação ao solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade.

Palavras-chave: Minhocucu. Fertilidade do solo. Excrementos de minhocas.

ABSTRACT

The contribution of earthworms to improve soil fertility and therefore to benefit the growth and yield of plants can be explained by direct physical effects of these animals and their interaction with soil microorganisms. The casts are favorable to high microbiological activity and mineralization of nutrients. The objective of research was to evaluate the physical, chemical and biological condition of the casts and the adjacent soil and measure the magnitude of the increase of nutrients in these biogenic structures. Independent experiments were performed in areas of secondary forest, rubber plantation and pasture, all located at the Federal University of Acre in Rio Branco, Acre. The treatments consisted of the casts *Chibui bari* and soil samples at depths of 0-10 cm and 10-20 cm, considering the randomized block design in chemical and biological analysis and randomized for evaluations of particle size and density of the soil. Ca, Mg, K, Na, P, Al, total organic carbon, soil organic matter, C-CO₂ were analyzed, released by microbial breathing and the values of pH, total bases, the ability to exchange cations, base saturation and aluminum in the casts of earthworm *Chibui bari* and surrounding soil. The results were submitted to analysis of variance, and when the F test indicated significant difference ($p < 0.05$) between their treatments their average were compared by Tukey test at 5% probability. It was also made to the unfolding of degrees of freedom treatments in orthogonal contrasts. The casts of the pasture presented more amount of clay than the surrounding soil, which can result in the formation of dense surface layer. It was found to lower acidity (Al and pH) in the casts in relation to the condition of existence in the soil. Microbial activity was higher in the casts of *Chibui bari* than in the surrounding soil and there was also an increase in the concentration of Ca, Mg, K, P and organic carbon in relation to the soil of 0-10 cm and 10-20 cm depth .

Keywords: Minhocuçu. Soil Fertility. Excrements of earthworms.

4.1 INTRODUÇÃO

Os estudos existentes sobre *Chibui bari*, embora em pequena quantidade, indicam que esta espécie de minhoca pode contribuir para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo e, assim, favorecer o crescimento e produção das plantas. Esses resultados devem-se à atividade destes animais, especialmente da construção de galerias profundas e da produção de grande quantidade de excrementos (GUERRA, 1994; KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008). Entretanto, são necessários ainda vários trabalhos visando avaliar o potencial agrônomo desta espécie, principalmente no sentido de dimensionar qual a magnitude de sua contribuição para o solo e as plantas.

A comparação das características dos excrementos de minhocas com as do solo adjacente revelam que estes animais são capazes de alterá-lo significativamente promovendo, inclusive, o aumento da quantidade de nutrientes que podem tornar-se disponíveis ao aproveitamento vegetal. Estas alterações ocorrem mesmo quando se comparam os excrementos de minhocas com as camadas do solo mais ricas em nutrientes. Os resultados de totais de carbono orgânico e de atividade microbológica têm, geralmente, sido maior em coprólitos do que na camada de 0-5 cm do solo (SOUZA et al., 2008; ZAIA et al., 2008a; ZAIA et al., 2008b).

A maior quantidade de carbono orgânico e de nutrientes nos coprólitos de *Chibui bari* e de outras espécies geófagas pode ocorrer devido a seleção de materiais orgânicos e minerais nutricionalmente mais ricos. A proteção e estabilização da matéria orgânica nos agregados, formados direta e indiretamente pelas minhocas geófagas, pode ser principal fator que determina a qualidade química e biológica superior desse material (BAROIS et al., 1993; BLANCHART et al., 1999; MARINISSEN, 1992).

O esgotamento da fertilidade natural dos solos poderia ser evitado com a adoção de práticas de manutenção dos invertebrados do solo, dentre os quais as minhocas, cupins e formigas. Estes animais realizam e participam de importantes processos que interferem na estrutura e fertilidade do solo, podendo contribuir para o crescimento das plantas.

Junto com outros invertebrados, as minhocas são consideradas “engenheiras do ecossistema” (LAVELLE et al., 1997) devido ao controle direto ou indireto na disponibilidade de recursos a outras espécies e pelas mudanças físicas que

promovem no estado dos materiais (JIMÉNEZ, 2006; JOUQUET et al., 2005). Segundo Hendrix (1995) as minhocas são os invertebrados habitantes do solo mais importantes em termos de influência na formação e manutenção da fertilidade em agroecossistemas.

A espécie *Chibui bari* tem distribuição em todo o Estado do Acre e demonstra facilidade de adaptação em sistemas de pastagem e cultivos perenes apresentando, de acordo com Guerra (1988a), preferência por áreas antrópicas. Estes animais produzem durante seis a oito meses do ano, que correspondem ao período de alta precipitação e umidade do solo, grande quantidade de massa de coprólitos. Esta atividade se constitui em mecanismo de remobilização de nutrientes lixiviados, revolvidas de 1,5 m ou mais de profundidade, que retornam à drilosfera e à superfície, ao alcance das raízes.

O coprólito constitui-se em sítio de atividade da micro e mesofauna e de microrganismos que promovem a mineralização e o sequestro de carbono e nutrientes. A dinâmica dos nutrientes devido à fragmentação e catabolismo primário dos resíduos orgânicos pelas minhocas influencia a atividade dos microrganismos decompositores e, conseqüentemente, acelera o ritmo de ciclagem, a mineralização e a liberação de nutrientes.

A alta atividade microbiana nos coprólitos deve-se a ingestão de materiais orgânicos e minerais, juntamente com a biomassa de microrganismos do solo. No sistema digestório já existe uma biota e componentes digestivos que, junto aos processos físicos de fragmentação dos alimentos, promovem mistura e reorganização física, química e biológica dos materiais que serão excretados na superfície do solo (BLOUIN et al., 2006; BUCK et al., 1999; FRAGOSO et al., 1997; JOUQUET et al., 2005; LAFONT, 2007; LAVELLE et al., 2006; LEE, 1985; VELASQUEZ et al., 2007).

A formação de macro e microagregados no coprólito (BLOUIN et al., 2006; LAVELLE et al., 2006; LOGSDON; LINDEN, 1992; PULLEMAN et al., 2004;) em função da ligação das frações orgânicas e minerais por géis de substâncias húmicas e mucos produzidos no sistema digestório da minhoca, proporciona estabilidade de meses a anos aos agregados, capaz de oferecer proteção da matéria orgânica oclusa contra a rápida perda de carbono para a atmosfera (BLANCHART et al., 1999; BOSSUYT et al., 2004; BROWN et al., 2000; GILOT, 1997).

O objetivo da pesquisa foi comparar a condição física, química e biológica dos coprólitos e do solo adjacente e dimensionar a magnitude de um possível incremento de nutrientes e da atividade microbiana nestas estruturas biogênicas

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados experimentos independentes, em áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e em área de pastagem, todas localizadas na Universidade Federal do Acre, na cidade de Rio Branco, Acre.

Para avaliação da textura coletaram-se amostras de solo e de coprólito nas três áreas, adotando-se para todas o delineamento experimental inteiramente casualizado, considerando-se três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos coprólitos de *Chibui bari* (tratamento 1) e pelo solo adjacente a 10 cm, em profundidades de 0-10 cm (tratamento 2) e 10-20 cm (tratamento 3), conforme o esquema mostrado na FIGURA 12. Foram realizadas análises granulométricas conforme a metodologia da Embrapa (1997). Os resultados foram submetidos a análise de variância e, quando o teste F indicou existir diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de densidade foi realizada em amostras de solo coletadas na profundidade de 0-5 cm nas áreas de pastagem (tratamento 1) e seringal de cultivo (tratamento 2). Comparou-se estas duas áreas por ambas serem conectadas mas, porém, apresentarem características distintas de densidade de animais da espécie *Chibui bari*. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 12 repetições, totalizando 24 amostras. Foram realizadas análises granulométricas conforme a metodologia da Embrapa (1997). Os resultados foram submetidos a análise de variância e, quando o teste F indicou existir diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A concentração de fósforo disponível (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), acidez ativa (pH), a acidez potencial (H + Al), a matéria orgânica (MOS) e a respiração microbiana do solo (RMS) foram determinados em coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente para avaliação dos efeitos produzidos em função da ingestão de partículas orgânicas e minerais por esta espécie.

Os experimentos foram instalados no delineamento experimental em blocos casualizados, com três tratamentos, três blocos e cinco repetições por bloco. Os blocos foram estabelecidos com as dimensões de 14 m x 40 m, numa área de 1680 m². Os

tratamentos foram constituídos pelo coprólito de *Chibui bari* (tratamento 1) e amostras de solo das profundidades de 0-10 cm (tratamento 2) e de 10-20 cm (tratamento 3).

Os coprólitos foram coletados indeformados visando evitar a mistura destes com a camada de serapilheira ou com o solo do horizonte superficial. As amostras de solo foram coletadas com auxílio de sonda metálica. O esquema de amostragem é semelhante ao demonstrado na FIGURA 3 (Capítulo I).

As amostras de coprólito e de solo foram secas em estufa a 40 °C, destorroadas e passadas em peneira com 2 mm de abertura de malha.

As análises químicas constituíram-se das seguintes determinações: o pH foi determinado em H₂O na proporção solo:água de 1:2,5; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹, na proporção solo:solução de 1:10; K⁺ e P, extraídos com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹, na proporção solo:solução de 1:10, em que o K foi determinado por fotometria de chama, o P por colorimetria, o carbono orgânico total (COT) por oxidação da matéria orgânica por dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,2 mol L⁻¹ em meio sulfúrico e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹ e o H+Al extraído com solução de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹, ajustada a pH 7, na proporção 1:15, segundo metodologia da Embrapa (1997). A partir dos resultados, foram calculados a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade efetiva de troca catiônica (CTC_e), a porcentagem de saturação por bases trocáveis (V) e a saturação por Al (m).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste F indicou existir diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Também efetuou-se o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em contrastes ortogonais.

A respiração microbiana do solo (RMS) foi determinada de acordo com Moreira e Siqueira (2006) e Embrapa (2006), pelo método de titulação com captura de CO₂ por NaOH. As amostras de coprólito e as de solo adjacente a 0-10 cm e 10-20 cm de profundidade foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha. Sub-amostras de 100 g, pesadas em balança de 0,1 g de precisão, foram incubadas por sete dias em recipiente de 2 L de capacidade contendo um frasco com 20 mL de água e outro com 20 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ e outra sub-amostra foi utilizada para avaliação do percentual de umidade do solo incubado. Os potes foram

hermeticamente fechados e, após o período de incubação, procedeu-se a titulação do C-CO₂ com HCl 0,5 mol L⁻¹.

A respiração microbiana do solo foi estimada pela quantidade de C-CO₂ liberado no período de sete dias de incubação, com o cálculo segundo a equação de Silva et al. (2007):

$$\text{RMS (mg de C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ de solo hora}^{-1}) = ((V_b - V_a) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000) / S_s / 7$$

Onde:

RMS = carbono oriundo da respiração microbiana do solo;

V_b (mL) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle;

V_a (mL) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra;

M = molaridade do HCl;

S_s (g) = massa de solo seco.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação granulométrica do coprólito de *Chibui bari* e da terra adjacente a 10 cm retirada nas profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm, da área de floresta, seringal e pastagem mostrou que a composição granulométrica do coprólito não foi modificada significativamente ($p > 0,05$) entre tratamentos, mantendo-se iguais os totais de areia, silte e argila. (TABELAS 6, 7 e 8). No entanto, houve incremento no total de argila nos coprólitos considerando a área de pastagem, quando foram comparados com o solo de 0-20 cm de profundidade (TABELA 9). Nesta área, que apresentou alta densidade de animais e produção de 141 t ha⁻¹ durante os meses avaliados, pode, em função dos resultados de argila nos coprólitos, formar uma camada superficial com textura mais fina e com tendência a adensamento.

TABELA 6 - Resultados da análise textural dos coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente na profundidade de 0-10 cm e de 10-20 cm na área de floresta secundária

TRATAMENTOS	AREIA	SILTE	ARGILA
	g kg ⁻¹		
Coprólitos	468,00	428,00	104,00
Solo: 0-10 cm	440,50	451,17	108,33
Solo: 10-20 cm	492,33	409,83	97,83

Análise de variância no APÊNDICE A

TABELA 7 - Resultados da análise textural do coprólito de *Chibui bari* e do solo adjacente na profundidade de 0-10 cm e de 10-20 cm na área de pastagem

TRATAMENTOS	AREIA	SILTE	ARGILA
	g kg ⁻¹		
Coprólitos	400,33	428,67	171,00
Solo: 0-10 cm	419,83	425,00	155,17
Solo: 10-20 cm	402,83	448,50	148,80

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Análise de variância no APÊNDICE E

TABELA 8 - Resultado da análise textural de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm na área de seringal de cultivo

TRATAMENTOS	AREIA	SILTE	ARGILA
	-----g kg ⁻¹ -----		
Coprólitos	415,67	440,17	144,17
Solo: 0-10 cm	401,67	442,17	156,17
Solo: 10-20 cm	378,00	458,50	163,50

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05)
Análise de variância no APÊNDICE C

TABELA 9 - Resultado da análise textural de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	AREIA	SILTE	ARGILA
	-----g kg ⁻¹ -----		
	Floresta secundária		
Coprólitos	468,00	428,00	104,00
Solo	466,41	430,50	103,08
	Seringal de cultivo		
Coprólitos	415,67	440,17	144,17
Solo	389,83	450,33	159,83
	Pastagem		
Coprólitos	400,33	428,67	171,00a
Solo	411,33	436,75	151,98b

Análise de variância nos APÊNDICES B, D e F

Segundo Bohlen (2002) haveria possibilidade de formação de camada compactada do solo pela grande massa de coprólitos depositados na superfície por minhocas geófagas devido a seleção de materiais orgânicos e minerais mais finos e nutricionalmente mais ricos, como argila e partículas orgânicas, que resultam em excrementos de constituição granulométrica capaz de proporcionar a formação de camada selada de baixa infiltração de água e de difícil penetração e desenvolvimento das raízes das plantas. A composição granulométrica do solo trazido para a superfície pode, em longo período, alterar a granulometria do horizonte superficial.

Não verificou-se, contudo, diferença na densidade da camada superficial do solo entre as áreas de pastagem e seringal de cultivo, sendo estas de $0,993 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,996 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente. Estes valores de densidade estão abaixo dos limites críticos considerados como limitantes para desenvolvimento das raízes. Reichert et al. (2003) propuseram a densidade do solo crítica para algumas classes texturais sendo esta de $1,30 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ para solos argilosos.

As áreas de pastagem e seringal de cultivo foram gradeadas e constantemente há trânsito de tratores para corte da vegetação herbácea. Segundo Hamza e Anderson (2005) este tipo de manejo pode provocar o aumento de sua densidade, promovendo a compactação do solo. Os coprólitos, que são depositados na superfície do solo, também podem provocar a formação de uma camada compactada. Por este motivo a avaliação da densidade foi realizada na camada superficial. Os resultados mostram que este efeito não está ocorrendo nas áreas avaliadas.

A área de pastagem, que tem densidade $18,44 \text{ animais m}^{-2}$ e produção média de $17,68 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca de coprólitos por mês teve a densidade do solo igual a observada na área de seringal, cuja densidade foi de $0,69 \text{ animais m}^{-2}$ e produção de coprólito de $1,14 \text{ t ha}^{-1}$. Era de se esperar, em função dessa situação, resultados de densidade do solo diferentes entre as áreas de pastagem e seringal.

A conclusão de que os resultados semelhantes podem ser devidos a atividade da espécie são apoiados nos resultados de densidade de animais encontrados por Guerra (1988b) no mesmo seringal, que foram de $22,6 \text{ indivíduos m}^{-2}$, o que indica que os efeitos físicos se mantiveram mesmo após a redução de animais nesta área.

Os resultados de densidade do solo em níveis considerados propícios para o crescimento das raízes das plantas nas duas áreas, possivelmente são devidos a porosidade produzida pela construção de galerias, sendo este o principal efeito físico atribuído por muitos autores (BOHLEN, 2002; BROWN et al., 2000; LAFONT, 2007; LEE, 1985) às minhocas geófagas. Contudo, valores baixos de densidade na camada superficial também podem estar relacionados a maior densidade de raízes e quantidade de matéria orgânica (REINERT et al., 2008).

Observou-se maior concentração dos nutrientes avaliados, melhoria dos índices de fertilidade e aumento da atividade microbiana nos coprólitos de *Chibui bari* em relação aos solos em ambas as profundidades (0-10 cm e 10-20 cm) nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem. Estas situações também se

confirmaram quando comparou-se os coprólitos com o solo, independente da profundidade (TABELAS 11, 13, 15, 17). Verificou-se aumentos significativos ($p < 0,05$) nos teores de cátions básicos trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), fósforo disponível (P) (TABELAS 10 e 11), pH em H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) (TABELAS 12 e 13), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana (TABELAS 16 e 17). Por outro lado, verificou-se redução da atividade e saturação de alumínio (TABELAS 14 e 15).

A capacidade de troca de cátions (calculada por: $\text{CTC}_e = \text{SB} + \text{Al}^{3+}$) foi menor no coprólito, em relação ao solo de 0-10 cm e de 10-20 cm, nas áreas de seringal de cultivo e pastagem, em função da diminuição da acidez trocável (Al^{3+}) nos coprólitos.

A concentração de Ca^{2+} no coprólito foi 223% maior do que a encontrada no solo da área de floresta secundária na profundidade de 0-10 cm, enquanto que na pastagem e no seringal de cultivo os incrementos foram de 71% e 168%, respectivamente. O Mg^{2+} aumentou na ordem de 100%, 61% e 49% enquanto que o K^+ teve acréscimos menores, equivalentes a 23%, 7% e 39%, na floresta, seringal e pastagem, respectivamente.

Quadros et al. (2002), verificaram incrementos 12,5 e 10 vezes maior de Ca^{2+} e de Mg^{2+} , respectivamente, no coprólito em relação ao solo de 0-5 cm em cultivo de *Eucalyptus grandis*. O K^+ também teve incrementos maiores, na ordem de três vezes no coprólito.

O uso de coprólitos da espécie *Chibui bari* provenientes da mesma área de floresta secundária deste estudo foi utilizado na composição de substrato para produção na UFAC, em casa de vegetação, de mudas de mamoeiro, alface e couve-manteiga (KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008). A caracterização química realizada nos substratos contendo coprólito e solo distrófico, mostrou que no primeiro havia maior concentração de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e matéria orgânica, além deste possuir pH mais elevado e menor teor de Al^{3+} .

Os resultados encontrados nas análises químicas estão de acordo com Mulongoy e Bedoret (1989) que afirmam que a concentração de nutrientes nos coprólitos é, geralmente, maior que no solo adjacente. De acordo Lee (1985) os coprólitos, quando comparados ao solo, apresentam concentrações superiores de Ca, Mg, K, P e N.

TABELA 10 - Teores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem

TRATAMENTOS	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
	mmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
Floresta secundária					
Coprólitos	23,50a	12,73a	1,16a	0,35 ^{ns}	13,92a
Solo: 0-10 cm	7,27b	6,37b	0,94b	0,35 ^{ns}	7,10b
Solo: 10-20 cm	4,10b	3,83c	0,62c	0,37 ^{ns}	3,36c
Seringal de cultivo					
Coprólitos	10,30a	9,97a	1,07a	0,33a	9,51a
Solo: 0-10 cm	3,83b	6,20b	1,00a	0,34a	4,64b
Solo: 10-20 cm	2,27b	4,07c	0,62b	0,26b	2,26c
Pastagem					
Coprólitos	7,33a	9,30a	1,59a	0,14b	9,03a
Solo: 0-10 cm	4,27b	6,23b	1,14b	0,23a	5,74b
Solo: 10-20 cm	3,17b	4,40c	0,67c	0,22a	2,27c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)
Análise de variância nos APÊNDICES G, I e K

A soma de bases (SB) nas três áreas (TABELAS 12 e 13) teve aumento de duas a quatro vezes no coprólito, enquanto que saturação por bases (V) aumentou de 1,4 a duas vezes, não acompanhando os mesmos níveis da SB devido ao aumento da acidez potencial (H + Al), em função da concentração de H também ter sido maior no coprólito (TABELAS 14 e 15). De acordo com Malavolta (2006) o excesso de H deve-se ao acúmulo de matéria orgânica, que provoca o aumento de H mas, por outro lado, diminui a atividade de Al em função da complexação com os componentes do húmus. Em termos de acidez e de toxicidade a alta concentração de H é muito menos prejudicial que a de Al.

A concentração de P no coprólito foi de duas a quatro vezes maior que a do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade, respectivamente, nas três áreas avaliadas (TABELAS 10 e 11). Quadros et al. (2002) também verificaram incrementos de P nos coprólitos em relação ao solo sendo, neste caso, de apenas 10%.

TABELA 11 - Teores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente das áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
	mmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
Floresta secundária					
Coprólitos	23,50a	12,73a	1,16a	0,35a	13,92a
Solo	5,68b	5,10b	0,78b	0,35a	5,23b
Seringal de cultivo					
Coprólitos	10,30a	9,97a	1,07a	0,33a	9,51a
Solo	3,05b	5,13b	0,81b	0,30a	3,45b
Pastagem					
Coprólitos	7,33a	9,30a	1,59a	0,14b	9,03a
Solo	3,72b	5,32b	0,91b	0,22a	4,00b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$)
Análise de variância nos APÊNDICES H, J e L

De acordo com as classes de interpretação da disponibilidade do fósforo no solo (WADT; CRAVO, 2005) o P disponível, classificado como baixo no solo nas duas profundidades avaliadas, subiu para médio na área do seringal de cultivo e na de pastagem e para alto na de floresta secundária.

Houve correlação significativa ($p < 0,01$) e comportamento linear ($R^2 = 0,77^{**}$) do incremento de P disponível (fator dependente) acompanhando o aumento do carbono orgânico total (COT) (fator independente), considerando os resultados do coprólito e do solo nas duas profundidades avaliadas (GRÁFICO 8). Nas áreas avaliadas (floresta secundária, monocultivo de seringueira e pastagem), houve pouca variação na concentração do P disponível (TABELAS 10 e 11) e na quantidade de COT (TABELAS 16 e 17) não sendo observadas diferenças com relação ao padrão de aumento da disponibilidade de P no coprólito.

Verificou-se aumento do pH no coprólito comparado ao solo (TABELAS 12 e 13) sendo este, no entanto de apenas 8,1% em média, nas áreas de floresta, seringal e pastagem. Por outro lado Quadros et al. (2002) constataram redução de 0,7 a 0,8 unidades nos valores de pH nos coprólitos comparado ao solo superficial (0-5 cm) em área de cultivo de *Eucalyptus grandis*.

Embora tenha se verificado aumento de pH no coprólito em relação ao solo, este acréscimo não foi suficiente para atingir a faixa de pH considerada como favorável para o crescimento da maioria das plantas que é de 5,5 a 6,5 (MEURER, 2007). A

acidez ativa do solo (pH) e dos coprólitos das três áreas avaliadas é de fortemente a extremamente ácida, segundo a classificação da reação do solo adotada pela Embrapa (2006). O pH < 4,5, de acordo com classificação agrônômica, é considerado muito baixo (SOUSA et al., 2007).

Pashanasi et al. (1996) relataram o incremento significativo no valor de pH de um solo de floresta, onde foram introduzidas minhocas da espécie *Pontoscolex corethrurus*. Contudo, o aumento ocorreu na faixa de 4,0 para 4,7 sendo este, portanto, incremento pouco maior que o constatado neste trabalho.

TABELA 12 - Valores de pH em H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_{efetiva}) e saturação por bases (V) dos coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem

TRATAMENTOS	pH H ₂ O	SB	CTC _e	V
		———— mmol _c kg ⁻¹ ————		%
Floresta secundária				
Coprólitos	4,29a	37,76a	41,80a	41,54a
Solo: 0-10 cm	3,96b	14,92b	26,19b	24,65b
Solo: 10-20 cm	3,86b	8,91b	24,64b	19,71b
Seringal de cultivo				
Coprólitos	4,03a	21,67a	30,47b	29,45a
Solo: 0-10 cm	3,85b	11,37b	29,77b	19,84b
Solo: 10-20 cm	3,68b	7,21b	35,75a	13,26c
Pastagem				
Coprólitos	4,15a	18,36a	27,23b	28,49a
Solo: 0-10 cm	3,87b	11,87b	27,63b	19,60b
Solo: 10-20 cm	3,85b	8,46c	32,89a	14,99c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05)
Análise de variância nos APÊNDICES M, O e Q

Mesmo com a situação de acidez apresentada, a espécie *Chibui bari* parece não ter sua atividade prejudicada e ainda aumentou a disponibilidade de cátions básicos e de P, além de reduzir a acidez potencial (Al³⁺), o que leva a supor que em condições mais favoráveis de acidez ativa, os resultados químicos poderiam ter sido ainda melhores.

TABELA 13 - Valores médios de pH em H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente das áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	pH H ₂ O	SB	CTC _e	V
		——mmol _c kg ⁻¹ ——		%
Floresta secundária				
Coprólitos	4,29a	37,76a	41,80a	41,54a
Solo	3,91b	11,91b	25,41b	22,18b
Seringal de cultivo				
Coprólitos	4,03a	21,67a	30,47b	29,45a
Solo	3,76b	9,29b	32,76a	16,55b
Pastagem				
Coprólitos	4,15a	18,36a	27,23b	28,49a
Solo	3,86b	10,16b	30,26a	17,29b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (p > 0,05)
Análise de variância nos APÊNDICES N, P e R

A concentração de Al³⁺ (em mmol_c kg⁻¹) foi menor nos coprólitos em relação a do solo, reduzindo de 15,7 para 4,0 na área de floresta, de 28,5 para 8,8 no seringal e de 24,4 para 8,87 na pastagem. Manteve-se a redução na saturação por alumínio (m) sendo esta de 63,4% para 11,1% na floresta, de 79,8% para 30,7% no seringal e de 74,2% para 32,4% na pastagem (TABELAS 14 e 15).

A quantidade de COT no coprólito de *Chibui bari*, maior que a do solo 0-10 cm, demonstra que a minhoca promove a concentração de matéria orgânica. Pulleman et al. (2005) encontraram um total 44% maior de carbono orgânico em macroagregados formados em coprólitos em comparação aos agregados do solo.

O fato da respiração microbiana do solo (C-CO₂) ter sido, nas três áreas avaliadas, maior nos coprólitos do que no solo (TABELAS 16 e 17) indica, segundo Parkin et al. (1996) e Carter (1986), a existência de alta atividade microbiana nos coprólitos resultando em maior rapidez nos processos de decomposição da matéria orgânica podendo significar, em curto prazo, elevada liberação de nutrientes para as plantas mas, de acordo com D'Andréa (2001), em longo prazo, pode resultar em perda de carbono do solo para a atmosfera. Segundo Nowak (1975) a ativação microbiana é considerada como sendo um dos mais importantes efeitos das minhocas no solo.

TABELA 14 - Valores de Al^{3+} , hidrogênio (H), acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem

TRATAMENTOS	Al^{3+}	H	H+Al	m
	mmol _c kg ⁻¹			%
Floresta secundária				
Coprólitos	4,03c	48,27a	52,31a	11,11c
Solo: 0-10 cm	11,27b	33,44b	44,71b	43,62b
Solo: 10-20 cm	15,73a	20,63c	36,37c	63,44a
Seringal de cultivo				
Coprólitos	8,80c	41,78a	50,58a	30,70c
Solo: 0-10 cm	18,40b	26,82b	45,22b	62,16b
Solo: 10-20 cm	28,53a	18,53c	47,07b	79,78c
Pastagem				
Coprólitos	8,87c	37,05a	45,91a	32,39c
Solo: 0-10 cm	15,77b	32,90a	48,67a	56,91b
Solo: 10-20 cm	24,43a	23,26b	47,69a	74,24a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Análise de variância nos APÊNDICES S, U e W

TABELA 15 - Valores médios Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente de áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Al^{3+}	H	H+Al	m
	mmol _c kg ⁻¹			%
Floresta secundária				
Coprólito	5,53b	48,27a	52,31a	11,11b
Solo	13,50a	27,04b	4,54b	53,53a
Seringal de cultivo				
Coprólito	8,80b	41,78a	50,58a	30,70b
Solo	23,47a	22,68b	46,14b	70,97a
Pastagem				
Coprólito	8,87b	37,05a	45,91a	32,39b
Solo	20,10a	28,08b	48,18b	65,57a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$)

Análise de variância nos APÊNDICES T, V e X

Por se tratar de espécie geófaga e endogeica, que produz galerias com profundidade maior que 1,5 m sendo, portanto o material proveniente da escavação

essencialmente mineral, era de se esperar que o produto excretado, o coprólito, refletisse a condição do solo ingerido nesta profundidade. Os resultados, contudo, foram totalmente diferentes, com o coprólito mais rico em matéria orgânica, inclusive que o solo da camada superficial das três áreas.

O fato de ter se verificado que os coprólitos apresentaram melhor condição química e biológica do que o solo adjacente nas três áreas avaliadas indica a possibilidade de que a implantação de culturas em áreas com alta densidade de animais e produção de excrementos pode resultar em aumento no crescimento e na produtividade das plantas.

O acúmulo de COT e de P disponível ocorre nos coprólitos, de acordo com Buck et al. (1999), independentemente da espécie de minhoca ser epigéica ou endogéica, em diferentes tipos de coberturas do solo e cultivos agrícolas. Segundo Souza et al. (2008), Zaia et al. (2008a) e Zaia et al. (2008b) os maiores teores de COT são encontrados, geralmente, na camada superficial do solo (0-5 cm e 0-10 cm), sendo estes reduzidos gradativamente em profundidade.

A maior concentração de nutrientes e carbono orgânico total em coprólitos de minhocas é atribuída à aceleração nos processos de decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes que resultam na sua acumulação e proteção em agregados estáveis (BROWN et al., 2000). De acordo com Barros et al. (2001), Lavelle et al. (1992), Lavelle et al. (1997) e Lavelle et al. (2004), as minhocas influenciam as comunidades de microrganismos interferindo na dinâmica da matéria orgânica do solo, dos nutrientes e, conseqüentemente, no crescimento de plantas.

Os resultados mostram que o acúmulo de P no coprólito deve-se aos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica serem mais intensivos durante e após a passagem dos materiais orgânicos e minerais pelo sistema digestório da minhoca. O Po é fonte potencial de P para as plantas devido à ciclagem biológica e a síntese de enzimas fosfatases por microrganismos que transformam o P orgânico e inorgânico em formas disponíveis no solo (ROSS et al., 1995). Os solos com maiores conteúdos de matéria orgânica apresentam quantidades de P total mais elevadas (WADT et al., 2005). A dinâmica do fósforo orgânico (Po) está estreitamente associada à dinâmica da matéria orgânica do solo (CUNHA et al., 2007).

TABELA 16 - Carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) de coprólitos de *Chibui bari* e no solo adjacente, coletados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, avaliados nas áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem

TRATAMENTOS	COT	MOS	RMS
	g kg ⁻¹		mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo dia ⁻¹
	Floresta		
Coprólitos	18,06a	31,14a	25,16a
Solo: 0-10 cm	9,68b	16,70b	5,48b
Solo: 10-20 cm	5,20c	8,97c	2,86b
	Seringal		
Coprólitos	17,31a	29,85a	26,70a
Solo: 0-10 cm	9,43b	16,26b	9,63b
Solo: 10-20 cm	5,65c	9,74c	3,70c
	Pastagem		
Coprólitos	14,92a	25,72a	19,50a
Solo: 0-10 cm	10,53b	18,16b	9,92b
Solo: 10-20 cm	5,71c	9,85c	5,87c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Análise de variância nos APÊNDICES Y, AA e AC

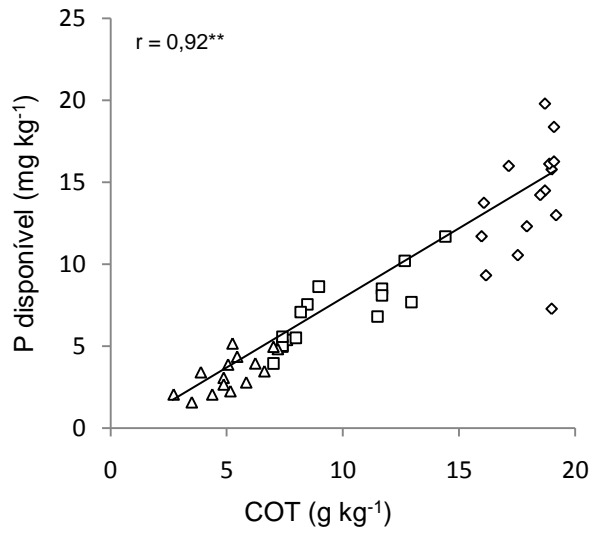
TABELA 17 - Carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) de coprólitos de *Chibui bari* e do solo adjacente das áreas de floresta, seringal de cultivo e pastagem avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	COT	MOS	RMS
	g kg ⁻¹		mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo dia ⁻¹
	Floresta		
Coprólitos	18,06a	31,14a	25,16a
Solo	7,44b	18,83b	4,17b
	Seringal		
Coprólitos	17,31a	29,85a	26,43a
Solo	7,54b	13,00b	6,66b
	Pastagem		
Coprólitos	14,92a	25,72a	19,50a
Solo	8,12b	14,00b	7,89b

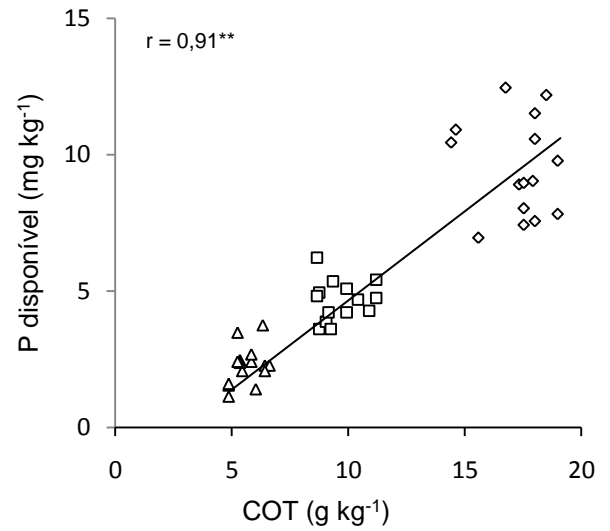
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,05$)

Análise de variância nos APÊNDICES Z, AB e AD

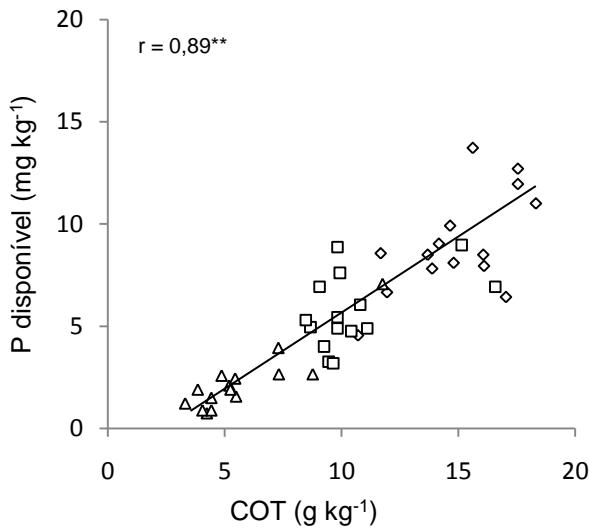
Floresta



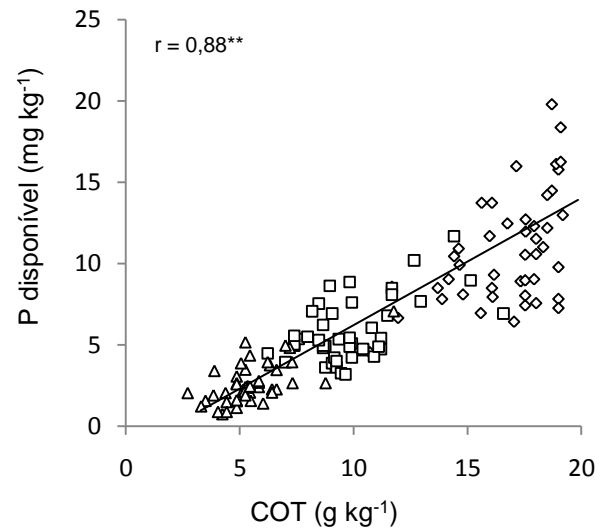
Seringal



Pastagem



Floresta, seringal e pastagem



◇ Coprólito □ Solo 0-10 cm △ Solo 10-20 cm

GRÁFICO 8 - Correlação entre o carbono orgânico total (COT) e o teor de P disponível em coprólito de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e solo de 10-20 cm de profundidade, avaliados em área de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.

4.4 CONCLUSÕES

A quantidade de argila foi maior nos coprólitos de *Chibui bari* na área de pastagem.

A massa de coprólitos produzida não provoca a formação de camada adensada na superfície do solo.

Os coprólitos de *Chibui bari* apresentam maior concentração de nutrientes, carbono orgânico e respiração microbiana do que o solo adjacente de áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.

O acidez devida ao pH, o teor de Al^{3+} e a saturação por alumínio são menores nos coprólitos de *Chibui bari* que no solo adjacente de áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.

REFERÊNCIAS

BAROIS, I.; VILLEMIN, G.; LAVELLE, P.; TOUTAIN, F. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. **Geoderma**, v. 56, n. 3, p. 57-66, 1993.

BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, v. 100, n.2, p. 192-213, 2001.

BLANCHART, E.; ALBBRECHT, A.; ALEGRE, J.; DUBOISSET, A.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P. et al. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CAB International, p. 139-162, 1999.

BLOUIN, M.; BAROT, S.; LAVELLE, P. Earthworms (*Millsonia anomala*, Megascolecidae) do not increase rice growth through enhanced nitrogen mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 5, p. 2063-2068, mar. 2006.

BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, n.2, p. 177-198, 2000.

BOSSUYT, H.; SIX, J.; HENDRIX, P. F. Protection of soil carbon by microaggregates within earthworm casts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 3, p. 251-258, 2004.

BUCK, C.; LANGMAACK, M.; SCHRADER, S. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. **European Journal of Soil Biology**, v. 35, n. 1, p. 23-30, 1999.

CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. **Soil Tillage Research**, v. 7, n.4, p. 29-40, 1986.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte-fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2007.

D'ANDRÉA, A. F. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no sul de Goiás**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTINEZ, M. A.; DECAENS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CAB International, 1999. p. 27-55.

GILLOT, C. Effects of a tropical geophageous earthworm, *Millsonia anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a yam crop in Ivory Coast. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 353-359, 1997.

GUERRA, R. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia: 2. Estudo da estivação e da atividade de *Chibui bari* através da produção de excrementos. **Acta Amazônica**, v. 18, n. 1-2, p. 27-34. 1988a.

GUERRA, R. A. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593-601, 1994.

GUERRA, J. G. M.; FONSECA, M. C. C.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 291-299, 1996.

KUSDRA, J. F.; MOREIRA, D. F.; SILVA, S. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. G. Uso de coprólitos de minhoca na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, jul. 2008.

HENDRIX, P. F. (Ed.) **Earthworms in agroecosystems in North America**. Lewis Publishers, EUA, 1995.

JIMÉNEZ, J. J. Phosphorus fractions and dynamics in surface earthworm casts under native and improved grasslands in a Colombian savanna Oxisol. **Acta Oecologica**, v. 30, n. 3, p. 299-311, 2006.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLOF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v. 10, n. 2, 2005.

LAFONT, A. Effects of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on banana plants infected or not with the plant-parasitic nematode *Radopholus similis*. **Pedobiologia**, v. 51, n.15, p. 311-318, may 2007.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Myths and science of soils of the tropics. **Soil Science Society of America and American Society of Agronomy**, n. 29, p. 157-185, 1992.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; CHARPENTIER, F.; GILOT, C.; ROSSI, J. P.; DEROUARD, L.; ANDRE, J.; PONGE, J. F.; BERNIER, N. Effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics at a landscape scale over decades. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**, 2. ed. CRC Press, 2004. p. 145-160.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, oct. 2006.

LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Sydney: Academic Press, 1985.

LONGSDON, S. D.; LINDEN, D. R. Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. **Soil Science**, v. 154, n. 4, p. 330-337, oct. 1992.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 2, p. 65-90.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atual e amp. Lavras: UFLA, 2006.

MULONGOY, K.; BEDORET, A. Properties of worm casts and surface soils under various plant covers in the humid tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, p. 197-203, 1989.

NOWAK, E. Population density of earthworms and some elements of their production in several grassland environments. **Ekologia Polska**, v. 23, p. 459-491, 1975.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245.

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 and Biochemistry**, v. 28, n. 6, p. 801-810, 1996.

PULLEMAN, M. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Physical protection of mineralizable C in aggregates from long-term pasture and arable soil. **Geoderma**, v. 120, p. 273-282, 2004.

PULLEMAN, M. M.; SIX, J.; UYL, A.; MARINISSEN, J. C. Y.; JONGMANS, A. G. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. **Applied Soil Ecology**, v. 29, p. 1-15, 2005.

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*. **Boletim de Pesquisa**, n. 45, p. 29-39, 2002.

ROSS, D. J.; SPEIR, T. W.; KETTLES, H. A.; MACKAY, A. D. Soil microbial biomass, C and N mineralization and enzyme activities in a Hill pasture: Influence of season and slow-release P and sorption fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 3, p. 1431-1443, 1995.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S. de; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2007. (Comunicado técnico, 99).

SILVA, S. S. da; NETO, S. E. de A.; KUSDRA, J. F.; FERREIRA, R. L. F. Produção orgânica de mudas de couve-manteiga em substratos à base de coprólitos de minhocas. **Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 78-83, 2007.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 5, p. 205-274.

SOUZA, S. R.; FONTINELE, Y. da.; SALDANHA, C. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Produção de mudas de alface com uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 115-121, 2008.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; LIMA, C. V. S. de; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. de F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1273-1282, 2008.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. A multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 4, p. 3066-3080, 2007.

WADT, P. G. S.; CRAVO, M. da S. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. cap. 7, p. 245-252.

WADT, P. G. S.; SILVA, J. R. T. da; FURTADO, S. C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições de solos do Estado do Acre. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. cap. 5, p. 175-228.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; MACHADO, R. C. R. Fósforo orgânico em solos sob agrossistemas de cacau. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1987-1995, 2008a.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no Norte-Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2008b.

5 CONCLUSÕES

A densidade média de minhocas e a produção de coprólitos em área de seringal de cultivo é de 0,69 indivíduos m^{-2} e 9,12 t ha^{-1} , respectivamente.

Em floresta a densidade média de minhocas e a produção de coprólitos é de 3,99 indivíduos m^{-2} e 23,57 t ha^{-1} , respectivamente.

Em pastagem a densidade média de minhocas e a produção de coprólitos é de 18,44 indivíduos m^{-2} e 143,43 t ha^{-1} de coprólitos, respectivamente.

Mantida a alta produção de massa de coprólitos de *Chibui bari* na área de pastagem, pode ocorrer formação de uma camada superficial de 20 cm, constituída por excrementos, em menos de 20 anos.

As galerias de *Chibui bari* resultam em porosidade de até 13.705 dm^3 no solo.

A baixa taxa reprodutiva de minhocuçus, associada à intensidade de sua captura para atender ao comércio de iscas, constitui-se ameaças e pressões sobre a espécie *Chibui bari*.

A quantidade de argila foi maior nos coprólitos de *Chibui bari* na área de pastagem.

A massa de coprólitos produzida não provoca a formação de camada adensada na superfície do solo.

Os coprólitos de *Chibui bari* apresentam maior concentração de nutrientes, carbono orgânico e respiração microbiana do que o solo adjacente de áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.

O acidez devida ao pH, o teor de Al^{3+} e a saturação por alumínio são menores nos coprólitos de *Chibui bari* que no solo adjacente de áreas de floresta secundária, seringal de cultivo e pastagem.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre:** recursos naturais e meio ambiente, documento final 1ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2000.

ACRE. **Zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre:** recursos naturais e meio ambiente, 2ª fase. Rio Branco: SECTMA, 2006.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Soil fauna. In: _____. **Tropical soil biological and fertility:** a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.

AQUINO, A. M. de; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, 2005.

ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; WADT, P. G.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa-Acre, 2005. p. 27-62.

BAL, L. **Zoological ripening of soil.** Wageningen: Agricultural Publications and Documentation, 1982.

BAROIS, I. Mucus production and microbial activity in the gut of two species of *Amyntas* (Megascolecidae) from cold and warm tropical climates. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1507-1510, 1992.

BAROIS, I.; VILLEMEN, G.; LAVELLE, P.; TOUTAIN, F. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. **Geoderma**, v. 56, p. 57-66, 1993.

BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, v. 100, p. 192-213, 2001.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v.26, p. 157-168, 2005.

BHATTACHARJEE, G.; CHAUDHURI, P. S. Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species – a laboratory-based investigation. **Journal of Biosciences**, v. 27, n. 3, p. 283-294, 2002.

BLANCHART, E.; ALBBRECHT, A.; ALEGRE, J.; DUBOISSET, A.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P. et al. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CAB International, p. 139-162, 1999.

BLOUIN, M.; BAROT, S.; LAVELLE, P. Earthworms (*Millsonia anomala*, Megascolecidae) do not increase rice growth through enhanced nitrogen mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 5, p. 2063-2068, 2006.

BLOUIN, M.; FODIL, Y. Z.; PHAM-THI, A. T.; LAFFRAY, D.; REVERSAT, G.; PANDO, A.; TONDOH, J.; LAVELLE, P. Earthworms induce rice tolerance to plant parasitic nematodes by gene regulation. **Soil Biology and Biochemistry**, 2007.

BOHLEN, P.J. Earthworms. **Encyclopedia of Soil Science**. Florida: Lake Placid, 2002.

BOSSUYT, H.; SIX, J.; HENDRIX, P. F. Protection of soil carbon by microaggregates within earthworm casts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 251-258, 2004.

BOUCHÉ, M. B. Strategies Lombriciennes. **Ecological Bulletins**, v. 25, p. 122-132, 1977.

BRASIL. Congresso. Senado. Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Leis de crimes ambientais**, Brasília, DF.

BRITO-VEGA, H.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (oligochaeta). **Journal of Biological Sciences**, v. 9, n. 3, p. 192-199, 2009.

BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, p. 177-198, 2000.

BUCK, C.; LANGMAACK, M.; SCHRADER, S. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. **European Journal of Soil Biology**, v. 35, n. 1, p. 23-30, 1999.

BYZOV, B. A.; KHOMYAKOV, N. V.; KHARIN, S. A.; KURAKOV, A. V. Fate of soil bacteria and fungi in the gut of earthworms. **European Journal of Soil Biology**, v. 43, p. 146-156, 2007.

CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. **Soil Tillage Research**, v. 7, p. 29-40, 1986.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte-fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2007.

D'ANDRÉA, A. F. **Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no sul de Goiás**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. F. **Biology of earthworms**, 2. ed. London: Chapman & Hall, 1977.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPB, 1997.

EMBRAPA. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 2001.

FÉRNANDEZ, L. A.; ZALBA, P.; GÓMEZ, M. A.; SAGARDOY, M. A. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. **Ciencia Suelo**, v. 23, p. 31-37, 2005.

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

GILLOT, C. Effects of a tropical geophageous earthworm, *Millsonia anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a yam crop in Ivory Coast. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 353-359, 1997.

GUERRA, R. A. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia. I. Estudo da migração horizontal e vertical de *Chibui bari* (Glossoscolecidae, oligochaeta) através de observações de campo. **Acta Amazonica**, v. 15, n. 1/2, p. 141-146, 1985.

GUERRA, R. A. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia: II estudo da estivação e da atividade de *Chibui bari*, através da produção de excrementos. **Acta Amazonica**, v. 18, n. 1/2, p. 27-34, 1988a.

GUERRA, R. A. T. Densidade e biomassa de Oligochaeta em áreas antrópicas da cidade de Rio Branco, Acre. **Cadernos da UFAC**, Série "B" Ciência e Tecnologia, n. 1, p. 7-16, 1988b.

GUERRA, R. A. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593-601, 1994.

GUERRA, J. G. M.; FONSECA, M. C. C.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 291-299, 1996.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

HENDRIX, P. F. (Ed.) **Earthworms in agroecosystems in North America**. Lewis Publishers, EUA, 1995.

JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Ecologia e diversidade de minhocas no Brasil. In: **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, cap. 7, p. 192-276, 2008.

JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Ecologia e diversidade de minhocas no Brasil. In: MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, p. 193-276, 2008.

JIMÉNEZ, J. J.; BROWN, G. G.; DECAENS, T.; FEIJOO, A.; LAVELLE, P. Differences in the timing of diapauses and patterns of aestivation in tropical earthworms. **Pedobiologia**, v. 44, p. 677-694, 2000.

JIMÉNEZ, J. J. Phosphorus fractions and dynamics in surface earthworm casts under native and improved grasslands in a Colombian savanna Oxisol. **Acta Oecologica**, v. 30, n. 3, p. 299-311, 2006.

JORNAL PÁGINA 20. Rio Branco, AC, ano XI, n. 2720, jun. 2005.

JORNAL A TRIBUNA. Rio Branco, AC, ano XV, n. 3570, maio 2008.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLOF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v. 10, n. 2, 2005.

KUSDRA, J. F. Ecologia e potencial agrônômico de minhocas da Amazônia. In: WORKSHOP PAN-AMAZÔNICO DE BIODIVERSIDADE DO SOLO, 1., 2007, Rio Branco, AC. UFAC, 2007. 1 CD ROM

KUSDRA, J. F.; MOREIRA, D. F.; SILVA, S. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. G. Uso de coprólitos de minhoca na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, jul. 2008.

LAFONT, A. et al. Effects of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on banana plants infected or not with the plant-parasitic nematode *Radopholus similis*. **Pedobiologia**, v. 51, n.15, p. 311-318, may 2007.

LAVELLE, P. Stratégies de reproduction chez les vers de terre. **Acta Oecologica**, v. 2, p. 117-133, 1981.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Myths and science of soils of the tropics. **Soil Science Society of America and American Society of Agronomy**, n. 29, p. 157-185, 1992.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, J. M.; FRAGOSO, C.; LOPEZ-HERNADEZ, D.; ESCHENBRENNER, V.; BRUSSARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: SWIFT, M. J.; WOOMER, P. (Ed.). **The biological management of tropical soil**, New York: John Wiley-Sayce, 1994. p. 137-169

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances Ecological Soil Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: _____(Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford, UK: CAB International, p. 139-162, 1999.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; CHARPENTIER, F.; GILOT, C.; ROSSI, J. P.; DEROUARD, L.; ANDRE, J.; PONGE, J. F.; BERNIER, N. Effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics at a landscape scale over decades. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**. 2. ed. CRC Press, 2004. p. 145-160.

LAVELLE, P.; ROULAND, C.; BINET, F.; DIOUF, M.; KERSANTÉ, A. Regulation of microbial activities by roots and soil invertebrates. In: BUSCOT, F.; VARMA, A. (Ed.). **Micrororganisms in soils: roles in genesis and functions**. Soil Biology Series. Berlin: Springer Verlag, 2005. p. 291-305.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, Oct. 2006.

LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Sydney: Academic Press, 1985.

LONGSDON, S. D.; LINDEN, D. R. Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. **Soil Science**, v. 154, n. 4, p. 330-337, oct. 1992.

LORENO-OSTI, C.; LÓPEZ-REYES, L.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. **Terra Latinoamericana**, v. 22, p. 225-239, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MARASHI, A. R. A.; SCULLION, J. Earthworms casts form stable aggregates physically degraded soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 32, n. 2, p. 375-380, 2003.
MARINISSEN, J. C. Y. Population dynamics of earthworms in a silt loam soil under conventional and "integrated" arable farming during two years with different weather patterns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1647-1654, 1992.

MARTIN, A. Short and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anômala* (Omodeo) (Megascolecidae, oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, v. 11, p. 234-238, 1991.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. Poblaciones de Rhizobia nativas de México. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 1, número especial, p. 29-38, 2001.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 2, p. 65-90.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atual. e amp. Lavras: UFLA, 2006.

MULONGOY, K.; BEDORET, A. Properties of worm casts and surface soils under various plant covers in the humid tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, p. 197-203, 1989.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 1527-1536, 2002.

NOWAK, E. Population density of earthworms and some elements of their production in several grassland environments. **Ekologia Polska**, v. 23, p. 459-491, 1975.

PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p. 231-245.

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 and Biochemistry**, v. 28, n. 6, p. 801-810, 1996.

PULLEMAN, M. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Physical protection of mineralizable C in aggregates from long-term pasture and arable soil. **Geoderma**, v. 120, p. 273-282, 2004.

PULLEMAN, M. M.; SIX, J.; VAN BREEMEN, N.; JONGMANS, A. G. Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. **European Journal of Soil Science**, v. 56, p. 453-467, 2005.

PULLEMAN, M. M.; SIX, J.; UYL, A.; MARINISSEN, J. C. Y.; JONGMANS, A. G. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. **Applied Soil Ecology**, v. 29, p. 1-15, 2005.

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*. **Boletim de Pesquisa**, n. 45, v.2, p. 29-39, 2002.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v. 27, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, M.; AITA, C.; ANDRADA CUBILLA, M. M. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

RIGHI, G.; GUERRA, A. T. **Alguns oligochaeta do norte e noroeste do Brasil**. Boletim de Zoologia, v. 9, p. 145-157, 1985.

ROSS, D. J.; SPEIR, T. W.; KETTLES, H. A.; MACKAY, A. D. Soil microbial biomass, C and N mineralization and enzyme activities in a Hill pasture: Influence of season and slow-release P and sorption fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, p. 1431-1443, 1995.

ROSSI, J. P.; HUERTA, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil properties inside earthworm patches and gaps in a tropical grassland. **European Journal Soil Biology**, v. 42, p. 284-288, 2006.

SCHRADER, S.; ZHANG, H. Earthworm casting: stabilization or destabilization of soil structure. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3/4, p. 469-475, 1997.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S. de; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2007. (Comunicado técnico, 99).

SILVA, S. S. da; NETO, S. E. de A.; KUSDRA, J. F. FERREIRA, R. L. F. Produção orgânica de mudas de couve-manteiga em substratos à base de coprólitos de minhocas. **Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 78-83, 2007.

SILVA, E. de B.; SILVA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FARNEZI, M. M. de M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H. A. O.; HORAK, I. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2007-2013, 2008.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 5, p. 205-274.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; LIMA, C. V. S. de; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. de F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, S. R.; FONTINELE, Y. da; SALDANHA, C. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; KUSDRA, J. F. Produção de mudas de alface com uso de substrato preparado com coprólitos de minhoca. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 115-121, jan/fev. 2008.

VALLE-MOLINARES, R.; BORGES, S.; RIOS-VELAZQUEZ, C. Characterization of possible symbionts in *Onychochaeta borincana* (Annelida: Glossoscolecidae). **European Journal of Soil Biology**, v. 43, p. 14-18, 2007.

VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. A multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 4, p. 3066-3080, 2007.

WADT, P. G. S.; CRAVO, M. da S. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. cap. 7, p. 245-252.

WADT, P. G. S.; SILVA, J. R. T. da; FURTADO, S. C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições de solos do Estado do Acre. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. cap. 5, p. 175-228.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; MACHADO, R. C. R. Fósforo orgânico em solos sob agrossistemas de cacau. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1987-1995, 2008a.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no norte-fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2008b.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados no coprólitos de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de floresta secundária de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Tratamento	2	4035,05 ^{ns}	2575,16 ^{ns}	167,05 ^{ns}
Resíduo	15	1557,92	1558,78	113,88
Total	17	-	-	-
CV(%)	-	8,45	9,19	10,32

APÊNDICE B – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de floresta secundária, de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Contraste 1 (C_1)	1	10,03 ^{ns}	25,00 ^{ns}	3,36 ^{ns}
Contraste 2 (C_2)	1	8060,08*	5125,33 ^{ns}	330,75 ^{ns}
Resíduo	15	1557,92	1558,78	113,88

APÊNDICE C – Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados no coprólito de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de seringal de cultivo de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Tratamento	2	2174,89 ^{ns}	606,88 ^{ns}	571,55 ^{ns}
Resíduo	15	834,58	391,28	523,01
Total	17	-	-	-
CV(%)	-	7,25	4,43	14,79

APÊNDICE D – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de seringal de cultivo, de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Contraste 1 (C_1)	1	2669,44 ^{ns}	413,44 ^{ns}	981,78 ^{ns}
Contraste 2 (C_2)	1	1680,33 ^{ns}	800,33 ^{ns}	161,33 ^{ns}
Resíduo	15	834,58	391,28	523,01

APÊNDICE E – Análise de variância do total de areia, silte e argila avaliados no coprólito de *Chibui bari*, solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade em área de pastagem de um experimento instalado no delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Tratamento	2	675,50 ^{ns}	959,05 ^{ns}	782,16 ^{ns}
Resíduo	15	582,07	336,32	245,58
Total	17	-	-	-
CV(%)	-	5,92	4,23	9,90

APÊNDICE F - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação à análise textural em área de pastagem, de experimento instalado no delineamento em inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Areia	Silte	Argila
Contraste 1 (C_1)	1	484,00 ^{ns}	261,36 ^{ns}	1444,00*
Contraste 2 (C_2)	1	867,00 ^{ns}	1656,75*	120,33 ^{ns}
Resíduo	15	582,07	336,32	245,58

APÊNDICE G - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível nos coprólitos de *Chibui bari*, do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Tratamento	2	1624,77**	315,40**	1,091**	0,003 ^{ns}	430,064**
Bloco	2	149,60*	6,57 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,047**	2,638 ^{ns}
Resíduo	40	34,20	4,28	0,031	0,005	5,855
Total	44	-	-	-	-	-
CV(%)	-	50,31	27,08	19,52	20,50	29,78

APÊNDICE H - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados, com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Contraste 1 (C_1)	1	3174,34**	582,68**	1,41**	0,006 ^{ns}	754,70**
Contraste 2 (C_2)	1	75,21 ^{ns}	48,13*	0,77**	>0,001 ^{ns}	105,43**
Resíduo	40	34,20	4,28	0,03	0,005	5,86

APÊNDICE I - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Tratamento	2	272,01**	133,87**	0,861**	0,032**	204,787**
Bloco	2	11,66 ^{ns}	15,73 ^{ns}	0,062*	0,127**	7,639**
Resíduo	40	14,50	5,68	0,013	0,005	1,085
Total	44	-	-	-	-	-
CV(%)	-	69,68	35,37	12,89	23,14	19,04

APÊNDICE J - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível em área de seringal de cultivo, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados, com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Contraste 1 (C_1)	1	525,63**	233,61**	0,66**	0,01 ^{ns}	367,11**
Contraste 2 (C_2)	1	18,41 ^{ns}	34,13*	1,06**	0,05**	42,46**
Resíduo	40	14,50	5,68	0,01	0,01	1,09

APÊNDICE K - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponível nos coprólitos de *Chibui bari* e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área pastagem referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Tratamento	2	69,93**	91,93**	3,156**	0,034**	171,574**
Bloco	2	10,83*	3,28 ^{ns}	0,148 ^{ns}	0,002 ^{ns}	11,915*
Resíduo	40	2,61	3,48	0,053	0,002	3,559
Total	44	-	-	-	-	-
CV(%)	-	32,83	28,09	20,36	24,92	33,23

APÊNDICE L - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação às concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	Na	P
Contraste 1 (C_1)	1	130,80**	158,67**	4,65**	0,07**	252,81**
Contraste 2 (C_2)	1	9,07 ^{ns}	25,21*	1,66**	>0,01 ^{ns}	90,34**
Resíduo	40	2,61	3,48	0,05	>0,01	3,56

APÊNDICE M - Análise de variância do pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de *Chibui bari*, do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária referentes a experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC _e	V
Tratamento	2	0,746**	3476,71**	1351,00**	1964,76**
Bloco	2	0,402**	218,95*	57,52 ^{ns}	394,78**
Resíduo	40	0,039	50,82	39,09	45,79
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	4,93	34,72	20,25	23,63

APÊNDICE N - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes C₁ = T₁ vs T₂, T₃ e C₂ = T₂ vs T₃, onde T₁ = coprólitos, T₂ = solo de 0-10 cm e T₃ = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC _e	V
Contraste 1 (C ₁)	1	1,42**	6682,05**	2684,03**	3746,16**
Contraste 2 (C ₂)	1	0,08 ^{ns}	271,38*	17,99 ^{ns}	183,37 ^{ns}
Resíduo	40	0,04	50,82	39,09	45,79

APÊNDICE O - Análise de variância do pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC _e	V
Tratamento	2	0,468**	830,43**	160,05**	994,832**
Bloco	2	0,074 ^{ns}	6,59 ^{ns}	29,51 ^{ns}	3,374 ^{ns}
Resíduo	40	0,036	28,27	15,20	33,757
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	4,93	39,63	12,19	27,86

APÊNDICE P - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento no blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC_e	V
Contraste 1 (C_1)	1	0,73**	1531,03**	52,59 ^{ns}	1664,77**
Contraste 2 (C_2)	1	0,21*	129,85*	267,52**	324,89**
Resíduo	40	0,04	28,27	15,20	33,76

APÊNDICE Q - Análise de variância do pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e) e saturação por bases (V) nos coprólitos de *Chibui bari*, do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC_e	V
Tratamento	2	0,413**	379,66**	149,77**	706,262**
Bloco	2	0,176*	19,77 ^{ns}	17,99 ^{ns}	27,338 ^{ns}
Resíduo	40	0,049	10,40	6,41	17,513
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	5,64	25,01	8,66	19,90

APÊNDICE R - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao pH em H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_e) e saturação por bases (V) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	SB	CTC_e	V
Contraste 1 (C_1)	1	0,82**	672,29**	92,05**	1252,75**
Contraste 2 (C_2)	1	0,005 ^{ns}	87,04**	207,50**	159,77**
Resíduo	40	0,05	10,40	6,41	17,51

APÊNDICE S - Análise de variância do Al^{3+} , H, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) nos coprólitos de *Chibui bari* e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H + Al	m
Tratamento	2	392,15**	2870,020**	953,498**	10472,89**
Bloco	2	134,02**	74,910 ^{ns}	270,002**	908,66**
Resíduo	40	15,09	34,968	35,446	108,01
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	35,82	17,33	13,39	26,38

APÊNDICE T - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde $T_1 =$ coprólitos, $T_2 =$ solo de 0-10 cm e $T_3 =$ solo de 10-20 cm em relação ao Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H+Al	m
Contraste 1 (C_1)	1	634,68**	4509,96**	1385,33**	17997,96**
Contraste 2 (C_2)	1	149,63**	1230,08**	521,67**	2947,83**
Resíduo	40	15,09	34,97	35,45	108,01

APÊNDICE U - Análise de variância do Al^{3+} , H, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H + Al	m
Tratamento	2	1460,6**	2082,194**	111,208**	9273,45**
Bloco	2	9,57 ^{ns}	40,673*	51,253*	3,44 ^{ns}
Resíduo	40	7,63	9,439	12,298	83,55
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	14,87	10,58	7,36	15,88

APÊNDICE V - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H+Al	m
Contraste 1 (C_1)	1	2151,11**	3649,37**	196,84**	16217,59**
Contraste 2 (C_2)	1	770,13**	515,02**	25,58 ^{ns}	2329,33**
Resíduo	40	7,63	9,44	12,30	83,55

APÊNDICE W - Análise de variância do Al^{3+} , H, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio em coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H + Al	m
Tratamento	2	912,60**	750,491**	29,241 ^{ns}	6630,52**
Bloco	2	71,10**	78,461 ^{ns}	9,691 ^{ns}	310,50 ^{ns}
Resíduo	40	11,48	42,468	44,906	111,45
Total	44	-	-	-	-
CV(%)	-	20,72	20,98	14,13	19,37

APÊNDICE X - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação Al^{3+} , H, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Al^{3+}	H	H+Al	m
Contraste 1 (C_1)	1	1261,88**	804,01**	51,38 ^{ns}	11007,77**
Contraste 2 (C_2)	1	563,33**	696,97**	7,11 ^{ns}	2253,28**
Resíduo	40	11,48	42,47	44,91	111,45

APÊNDICE Y - Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados na área de floresta secundária de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Tratamento	2	2	638,960**	1898,84**	2674,17**
Bloco	2	2	1,942 ^{ns}	5,76 ^{ns}	197,70**
Resíduo	40	49	3,148	9,36	29,35
Total	44	53	-	-	-
CV(%)	-	-	16,16	16,16	48,51

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

APÊNDICE Z - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde $T_1 =$ coprólitos, $T_2 =$ solo de 0-10 cm e $T_3 =$ solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de floresta secundária, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Contraste 1 (C_1)	1	1	1127,35**	3349,99**	5286,78**
Contraste 2 (C_2)	1	1	150,57**	447,68**	61,55 ^{ns}
Resíduo	40	49	3,15	9,36	29,35

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

APÊNDICE AA - Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de *Chibui bari* e do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de seringal de cultivo de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL	GL	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Tratamento	2	2	531,120**	1578,59**	2503,87**
Bloco	2	2	5,834**	17,34**	32,24 ^{ns}
Resíduo	40	49	1,101	3,27	14,78
Total	44	53	-	-	-
CV(%)	-	-	9,72	9,72	29,02

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

APÊNDICE AB - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de seringal de cultivo, de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Contraste 1 (C_1)	1	1	955,12**	2838,80**	4651,37**
Contraste 2 (C_2)	1	1	107,13**	318,40**	316,38**
Resíduo	40	49	1,10	3,27	14,78

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

APÊNDICE AC - Análise de variância do carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) nos coprólitos de *Chibui bari* e no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm de profundidade avaliados em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Tratamento	2	2	317,909**	944,89**	882,17**
Bloco	2	2	1,972 ^{ns}	5,86 ^{ns}	8,39 ^{ns}
Resíduo	40	49	5,319	15,81	8,27
Total	44	53	-	-	-
CV(%)	-	-	22,20	22,20	24,45

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

APÊNDICE AD - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em dois contrastes $C_1 = T_1$ vs T_2, T_3 e $C_2 = T_2$ vs T_3 , onde T_1 = coprólitos, T_2 = solo de 0-10 cm e T_3 = solo de 10-20 cm em relação ao carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) em área de pastagem de experimento instalado no delineamento em blocos casualizados com repetições por bloco

Fonte de Variação	GL ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Quadrados Médios		
			COT	MOS	RMS
Contraste 1 (C_1)	1	1	461,72**	1372,34**	1616,76**
Contraste 2 (C_2)	1	1	174,10**	517,45**	147,58**
Resíduo	40	49	5,32	15,81	8,27

Nota: ⁽¹⁾GL referente às variáveis COT e MOS; ⁽²⁾GL referente à variável RMS.

ANEXOS

ANEXO A - Extrato da Lei 9 605 de 12 de fevereiro de 1998

Artigo 29 - Matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença ou autorização competente, ou em desacordo com a obtida.

Pena – detenção de seis a um ano e multa.

Parágrafo I – Incorre nas mesmas penas:

I – quem impede a procriação da fauna, sem licença, autorização ou em desacordo com a obtida;

II – quem modifica, danifica ou destrói ninho, abrigo ou criadouro natural;

III – quem vende, expõe a venda, exporta ou adquire, guarda, tem em cativeiro ou depósito, utiliza ou transporta ovos, larvas ou espécimes da fauna silvestre, nativa ou em rota migratória, bem como produtos e objeto dela oriundos, provenientes de criadouros não autorizados ou sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente.

Fonte: Brasil (1998)