

DENISE TEMPORIM FURTADO



**CRESCIMENTO DO MILHO E DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE
Chibui bari (OLIGOCHAETA: GLOSSOSCOLECIDAE)**

RIO BRANCO

2010

DENISE TEMPORIM FURTADO

**CRESCIMENTO DO MILHO E DO FEIJOEIRO SOB INFLUÊNCIA DE
Chibui bari (OLIGOCHAETA: GLOSSOSCOLECIDAE)**

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

2010

© FURTADO, D. T., 2010.

FURTADO, Denise Temporim. **Crescimento do milho e do feijoeiro sob influência de *Chibui Bari* (oligochaeta: glossoscolecidae) .** Rio Branco: UFAC, 2010. 89f.

Ficha catalogafica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC.

F992c	<p>Furtado, Denise Temporim, 1979 - Crescimento do milho e do feijoeiro sob influência de <i>Chibui Bari</i> (oligochaeta: glossoscolecidae) / Denise Temporim Furtado --- Rio Branco : UFAC, 2010. 89f : il. ; 30cm.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre. Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra. Inclui bibliografia</p> <p>1. Macrofauna edáfica. 2. Minhocucu. 3. Zea mays. 4. Phaseolus vulgaris. 5. Fisiologia vegetal. 6. Milho – Crescimento. 7. Feijão - Crescimento. I. Título.</p> <p>CDD: 635.652 CDU: 635.652/.67</p>
-------	---

Marcelino G. M. Monteiro – CRB 11^a - 258

Ao grande Deus, detentor de toda força, luz e sabedoria
sempre presente na caminhada

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sebastião Franco Furtado e Elvira Temporim Furtado pelo apoio irrestrito durante toda a vida.

Ao professor Dr. Jorge Ferreira Kusdra pela orientação, incentivo e amizade que teve durante todo o decorrer desse curso.

À Sergio da Silva Fiuza, por sua participação neste trabalho e apoio no dia a dia, principalmente nos momentos de maiores dificuldades.

À Jocirene dos Santos da Silva, Marinei Augusto Simões, Marília Temporim Furtado, Palmira Antônia Cruz Alves de Oliveira, Eliana Mara Napoli Correa de Paula da Silva, Elva Maria Soares de Araújo, Rafael da Silva Fiuza e Yldison Felipe Nobre, que contribuíram com amizade, sugestões e ajuda em várias etapas deste trabalho.

À Universidade Federal do Acre, UFAC e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela formação acadêmica nos níveis de graduação em Engenharia-Agrônoma e mestrado.

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre – Embrapa Acre pelo apoio de pesquisadores e laboratoristas na realização das análises de solo e tecido vegetal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que, por meio da concessão de bolsa de estudos, tornou possível minha dedicação exclusiva ao curso de mestrado.

Aos professores do Curso de Mestrado em Agronomia pelas informações recebidas em suas disciplinas.

Ao Prof. Dr. Sebastião Elviro de Araújo Neto, Coordenador do Curso de Mestrado em Agronomia, pela prontidão em resolver eventuais problemas surgidos durante o trabalho de pesquisa.

À Dra. Maria Elizabeth Fernandes Correia Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, Embrapa de Seropédica - RJ, pela avaliação e sugestões que fez a este trabalho.

Enfim, a todos que, mesmo não citados, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho experimental e conclusão desta pesquisa.

RESUMO

Chibui bari é uma minhoca geófaga e endogeica, com tamanho até 50 cm, que tem como habitat vários solos do Estado do Acre. A atividade dessa espécie resulta na produção de grande quantidade de excrementos ricos em nutrientes. Considerando esta situação, a pesquisa teve o objetivo de avaliar a influência de *Chibui bari* no crescimento do milho e do feijoeiro e no desempenho da simbiose *Rhizobium*-feijoeiro. Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, no Município de Rio Branco, Acre, em 2009, todos realizados no delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0 a 5 animais por unidade experimental). Nos experimentos 1 e 2 avaliou-se o efeito das minhocas no crescimento do milho (variedade bandeirante) usando-se como unidade experimental tubos de PVC com capacidade 15,7 L e 9,4 L, respectivamente. No experimento 3 foi avaliado o crescimento do feijoeiro, cultivar pérola, em esquema fatorial 2x6 sendo presença e ausência de inoculante (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) e seis níveis de minhocas em tubos de PVC de 7,8 L de capacidade. As variáveis avaliadas nos três experimentos foram as massas da matéria seca da parte aérea, da raiz e total das plantas, o teor de nutrientes no solo e a atividade microbiana. No caso do milho incluiu-se ainda, o diâmetro do colmo e, no do feijoeiro, o número e massa seca de nódulos e o nitrogênio acumulado na parte aérea. Os dados foram submetidos à análise de regressão e por contrastes ortogonais. A presença de *Chibui bari* resultou em maiores diâmetro do colmo e massas de matéria seca de parte aérea e total do milho. No feijoeiro a presença de *Chibui bari* resultou em maiores pH do solo, massa da matéria seca da parte aérea e acúmulo de nitrogênio. Não verificou-se efeito da interação entre minhocas e inoculante, exceto para cálcio. O número de nódulos nas raízes do feijoeiro foi menor na presença de *Chibui bari*. Os resultados obtidos indicam que as minhocas aumentaram o crescimento das plantas de milho e feijão e que o inoculante não interferiu no crescimento, na nodulação e no acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro cultivar Pérola.

Palavras-chave: Macrofauna edáfica. Minhocuçú. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

Chibui bari is a earthworm geophagus endogeic with sizes up 50 cm, which has various soils as a habitat of State Acre. The activity of this species results in the production of large quantities of droppings are rich in nutrients. Given this situation, the research objective was to evaluate the influence of *Chibui bari* on the growth of maize and bean and performance of the bean-*Rhizobium* symbiosis. Three experiments were conducted in a greenhouse at the Federal University of Acre, the city of Rio Branco, Acre, in 2009, all performed in a completely randomized design with six treatments (0-5 animals experimental unit). In Experiments 1 and 2 evaluated the effect of earthworms on the growth of maize (variety Bandeirante) using as experimental unit with PVC tubes capacity 15.7 L and 9.4 L, respectively. Experiment 3 evaluated the growth of bean, pearl farming, in a factorial 2x6 with and without inoculant (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) and six levels of earthworms in PVC tubes of 7.8 L capacity. The variables assessed in three experiments were the dry mass of shoot, root and total plant, the nutrient content in soil and microbial activity. For maize is also included, culm diameter and, in the bean, the number of nodules and dry matter and nitrogen accumulated in shoots. Data were subjected to regression analysis and orthogonal contrasts. The presence of *Chibui bari* resulted in higher stem diameter and dry matter weights of shoots and total maize. In the presence of bean *Chibui bari* resulted in higher soil pH, dry matter of shoots and accumulation nitrogen. Not there was a significant interaction between earthworms and inoculation, except for calcium. The number of nodules on the roots of bean was lower in the presence of *Chibui bari*. The results indicate that earthworms increased the growth of maize and beans and that the inoculant did not affect the growth, nodulation and nitrogen accumulation in shoots of bean cultivar Perola.

Keywords: macrofauna edafic. Minhocuçu. *Zea mays*. *Phaseolus vulgaris*.

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 - Diâmetro do colmo do milho Bandeirante, obtido em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009..... 46
- GRÁFICO 2 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009..... 46
- GRÁFICO 3 - Massa da matéria seca total (MMST) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009..... 47
- GRÁFICO 4 - Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009..... 50
- GRÁFICO 5 - Cálcio do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 52
- GRÁFICO 6 - Soma de bases do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 52
- GRÁFICO 7 - CTC do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 53

GRÁFICO 8 - pH do solo cultivado com feijão Pérola, em resposta à minhocas <i>Chibui bari</i> adicionadas em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009	58
GRÁFICO 9 - Desdobramento de cálcio para interação entre inoculante e minhocas em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Minhoca da espécie <i>Chibui bari</i> (A) e seu coprólito (B).....	28
FIGURA 2 - Unidades experimentais constituídas por tubos de PVC de 200 mm de diâmetro e 50 cm de altura.....	39
FIGURA 3 - Datalogger para monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar na casa de vegetação (A) e termômetro digital tipo espeto para monitoramento da temperatura do solo no interior dos tubos (B).....	39
FIGURA 4 - Efeito físico da atividade de <i>Chibui bari</i> nos tubos onde foram introduzidos animais (A) e presença de coprólitos de <i>Chibui bari</i> nos tubos durante a realização dos experimentos com milho e com feijoeiro (B).....	43
FIGURA 5 - Minhocas encontradas em diapausa no interior dos tubos.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tratamentos no experimento realizado em casa de vegetação na Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, em 2009.....	36
TABELA 2 - Caracterização física e química do solo utilizado nos tubos em casa de vegetação para avaliar o efeito da espécie <i>Chibui bari</i> no crescimento das plantas.....	38
TABELA 3 - Temperatura e umidade relativa do ar verificadas durante os experimentos com milho Bandeirante (1 e 2) e feijão Pérola (3) realizados em delineamento inteiramente casualizado na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009.....	44
TABELA 4 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> em solo adicionado em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	45
TABELA 5 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 15,7 L cultivado com plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> , em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	48
TABELA 6 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> em solo adicionado em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009....	50
TABELA 7 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 9,4 L cultivado com plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> , em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, da Universidade Federal do Acre, em 2009.....	51
TABELA 8 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> em solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	54

TABELA 9 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de fixação biológica do nitrogênio em plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> em solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	55
TABELA 10 - Efeito do inoculante em variáveis indicadoras de plantas de feijão Pérola e no solo com e sem minhocas <i>Chibui bari</i> adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	55
TABELA 11 - Efeito do inoculante em variáveis indicadoras de fixação biológica de nitrogênio em plantas de feijão Pérola em solo, com e sem minhocas <i>Chibui bari</i> , adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.	56
TABELA 12 - Efeito do inoculante em variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L cultivado com plantas de feijão Pérola, com e sem minhocas <i>Chibui bari</i> , em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	56
TABELA 13 - Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L cultivado com plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas <i>Chibui bari</i> , em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009.....	57

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Análise de variância das variáveis diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 74
- APÊNDICE B - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis do diâmetro e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 74
- APÊNDICE C - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 75
- APÊNDICE D - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 75
- APÊNDICE E - Análise de variância das variáveis pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 76
- APÊNDICE F - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 76
- APÊNDICE G - Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L..... 77

APÊNDICE H -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L.....	77
APÊNDICE I -	Análise de variância das variáveis diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	78
APÊNDICE J -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis do diâmetro e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	78
APÊNDICE K -	Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	79
APÊNDICE L -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	79
APÊNDICE M -	Análise de variância das variáveis pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	80
APÊNDICE N -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	80
APÊNDICE O -	Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	81

APÊNDICE P -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	81
APÊNDICE Q -	Análise de variância das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	82
APÊNDICE R -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	82
APÊNDICE S -	Análise de variância das variáveis massas de nódulos total e unitária, número de nódulos e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea, do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	83
APÊNDICE T -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis massas de nódulos total e unitária, número de nódulos e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	83
APÊNDICE U -	Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	84
APÊNDICE V -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	84
APÊNDICE X -	Análise de variância das variáveis pH H_2O , soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	85

APÊNDICE W -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	85
APÊNDICE Y -	Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	86
APÊNDICE Z -	Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L.....	86
APÊNDICE AA -	Análise de variância das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	87
APÊNDICE AB -	Análise de variância das variáveis massas de nódulos total (MTN) e unitária (MUN), número de nódulos (NN) e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea (NTMMSPA), do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	87
APÊNDICE AC -	Análise de variância das variáveis das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	88
APÊNDICE AD -	Análise de variância do desdobramento do fator minhoca dentro da inoculação referente às concentrações de Ca^{2+} determinado no experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	88
APÊNDICE AE -	Análise de variância do desdobramento do fator inoculação dentro dos níveis de minhocas referente às concentrações de Ca^{2+} determinado no experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L.....	88

APÊNDICE AF -	Análise de variância das variáveis pH H ₂ O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) determinados no experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com o feijoeiro em tubos 7,8 L.....	89
APÊNDICE AG -	Análise de variância das variáveis Al ³⁺ , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) determinados no experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com o feijoeiro em tubos 7,8 L.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 EFEITOS DAS MINHOCAS NO SOLO.....	21
2.2 EFEITOS DAS MINHOCAS NAS PLANTAS.....	25
2.3 <i>Chibui bari</i> E SUAS ESTRUTURAS BIOGÊNICAS.....	26
2.4 PESQUISAS COM <i>Chibui bari</i>	28
2.5 CULTURAS DO MILHO E DO FEIJOEIRO.....	28
2.5.1 Milho.....	30
2.5.1.1 Exigências climáticas.....	30
2.5.1.2 Estádios fenológicos.....	30
2.5.1.3 Demanda nutricional.....	31
2.5.1.4 Cultivares.....	31
2.5.2 Feijoeiro.....	32
2.5.2.1 Exigências climáticas.....	32
2.5.2.2 Estádios fenológicos.....	32
2.5.2.3 Hábitos de crescimento.....	33
2.5.2.4 Grupos comerciais.....	33
2.5.2.5 Demanda nutricional.....	34
2.5.2.6 Fixação biológica do nitrogênio.....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 EXPERIMENTO 1.....	36
3.2 EXPERIMENTO 2.....	41
3.3 EXPERIMENTO 3.....	41

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 EXPERIMENTO 1.....	45
4.2 EXPERIMENTO 2.....	49
4.3 EXPERIMENTO 3.....	54
5 CONCLUSÕES.....	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICES.....	73

1 INTRODUÇÃO

As minhocas são os invertebrados da macrofauna edáfica dominantes, em termos de biomassa, na maioria dos ecossistemas. Além disso, estes animais estão entre os organismos do solo mais diretamente relacionados à nutrição mineral, crescimento e produção das plantas (LEE, 1985; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Junto a formigas e cupins, as minhocas são reconhecidas como “engenheiras do ecossistema” (LAVELLE et al., 1997) pois suas atividades levam a criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e coprólitos) que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem, bem como exercem influência na disponibilidade de recursos para outros organismos, incluindo os microrganismos e as plantas.

Segundo Lavelle et al. (2007) há cinco prováveis mecanismos que explicam os efeitos da minhocas no crescimento das plantas: 1) liberação de nutrientes nos excrementos; 2) melhoria das propriedades físicas do solo; 3) aumento da atividade de microrganismos mutualistas, como fungos micorrízicos e bactérias diazotróficas; 4) proteção direta de parasitas subterrâneos e indireta de parasitas de superfície; 5) produção de substâncias estimuladoras do crescimento de plantas.

As minhocas causam importantes impactos na estrutura do solo e em muitos processos que determinam sua fertilidade. A estrutura do solo é modificada por meio da abertura de galerias que facilitam o transporte de água e gases, da regulação e incorporação da matéria orgânica no solo e pela ejeção de coprólitos na superfície e/ou subsuperfície do solo.

As galerias e os coprólitos das minhocas são locais favoráveis ao crescimento das raízes, não só pela aeração e trocas de gases, mais também por serem sítios de aceleração dos processos de decomposição e mineralização. Além disso, nas paredes das galerias forma-se uma camada proveniente da excreção de muco e urina ricos em nitrogênio (WHALEN et al., 2000).

Embora seja amplamente conhecida a importância das minhocas nos processos físicos, químicos e biológicos do solo, a maior quantidade de trabalhos são realizados com espécies pequenas, epigéicas, detritívoras e de clima temperado. Entre as geófagas há destaque apenas para *Pontoscolex corethrurus* (MÜLLER, 1857), a espécie mais comum e disseminada pelo Brasil.

A importância das minhocas nativas para o solo e sobre o crescimento vegetal é pouco conhecida tendo em vista o predomínio de trabalhos conduzidos com espécies peregrinas ou exóticas (MOREIRA et al., 2008).

Em muitos solos do Acre verificam-se altas densidades populacionais de *Chibui bari* (RIGHI; GUERRA, 1985), uma espécie geófaga, endogeica, oligohúmica, conhecida como minhocuçu devido às suas grandes dimensões (comprimento de até 50 cm e diâmetro máximo em torno de 14 mm). Este animal deposita excrementos na superfície do solo, com formato de torre de até 30 cm de altura, escava galerias de até 150 cm de profundidade e constrói câmara de estivação onde fica em diapausa durante a estação seca (FIUZA, 2009; GUERRA, 1988a).

A possibilidade de coprólitos de *Chibui bari* terem efeito químico mais favorável ao crescimento de algumas espécies de plantas do que determinados tipos de solo já foi avaliada em alguns trabalhos (KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008). Os resultados positivos obtidos podem ser devidos ao fato dos coprólitos possuírem melhor condição química e biológica do que o solo adjacente (FIUZA, 2009). Porém, nestes estudos, os possíveis benefícios de *Chibui bari* ao crescimento de plantas foram avaliados de forma indireta pois não utilizou-se como referência os animais e sim seus coprólitos.

A influência direta da atividade de *Chibui bari* no crescimento de plantas foi estudada em casa de vegetação por Simões (2010) utilizando-se mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e açaí (*Euterpe precatoria*). Entretanto ainda não há trabalhos avaliando o efeito direto desta espécie no crescimento de plantas produtoras de grãos e sem fase de viveiro.

No presente estudo, foram utilizadas como planta teste o milho (*Zea mays*) e o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), ambos de grande importância alimentar, econômica e social, mas que são produzidos no Acre normalmente em sistemas de manejo com baixo nível de aplicação de tecnologia, tendo por característica a baixa produtividade.

Os objetivos desta pesquisa foram avaliar o efeito de minhocas *Chibui bari* no crescimento de plantas de milho e feijão e no desempenho da simbiose rizóbio-feijoeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente existem 3.500 espécies descritas de minhocas, embora estime-se que possam existir até 8.000. No Brasil são conhecidas 280 espécies, com potencial de serem descobertas mais de 800 (JAMES; BROWN, 2008). Segundo Edwards e Lofty (1977) as minhocas classificam-se no Reino Animalia, Filo Annelida, Classe Clitellata, Subclasse Oligochaeta e Ordem Opisthopora formada por várias famílias das quais destacam-se Glossoscolecidae, Lumbricidae e Megascolecidae, com vários gêneros e espécies.

A classificação baseada nos hábitos alimentares divide as minhocas em dois grupos: detritívoras e geófagas. As primeiras se alimentam na superfície, ou perto da superfície do solo, sobre a camada de serapilheira e esterco de mamíferos. As geófagas se alimentam mais profundamente no solo e tem sua nutrição a partir da matéria orgânica do solo ingerida junto a grandes quantidades de solo (LEE, 1985). Diversas subdivisões dentro desses dois grandes grupos têm sido propostas. Atualmente é amplamente utilizada a classificação de Bouché (1977), que divide as detritívoras em dois grupos - epigéicas restritas à superfície, nos horizontes do solo rico em matéria orgânica e anécicas que se alimentam preferencialmente da serapilheira na superfície, mas vivem em galerias no interior do solo mineral. As endogéicas são agrupadas dentro do grupo das geófagas que é subdividido em polihúmicas, mesohúmicas, oligohúmicas com base na sua estratégia de alimentação em relação à quantidade de matéria orgânica (muita, média e pouca, respectivamente) encontrada no trato digestório (LAVELLE, 1981).

2.1 EFEITOS DAS MINHOCAS NO SOLO

A qualidade do solo se relaciona com sua capacidade em desempenhar funções que interferem na produtividade de plantas e animais e no ambiente, podendo mudar com o passar do tempo, conforme a intervenção de eventos naturais e o uso humano (SILVEIRA et al., 2009). A avaliação da qualidade do solo é feita por indicadores que devem integrar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (DORAN; PARKIN, 1994).

Segundo Silveira et al. (2009) os principais indicadores biológicos de qualidade incluem a quantidade e diversidade de espécies bem como sua atividade. Nesse sentido, grande número de bioindicadores tem sido proposto para as mais diversas situações.

Dentre os organismos que usam o solo como habitat as minhocas se destacam como sendo o grupo de invertebrados mais importantes e de maior influência sobre seus aspectos físicos, químicos e biológicos, influenciando indiretamente no crescimento de plantas (JOUQUET et al., 2006).

A macrofauna, que inclui organismos invertebrados com dimensões maiores que 2 mm de diâmetro corporal e 10 mm de comprimento é considerada como bom indicador de qualidade dos solos por participar das interações que se estabelecem entre seus processos químicos, físicos e biológicos (AQUINO et al., 2008; LAVELLE et al., 2006).

Segundo Lavelle e Spain (2001) as atividades ou funções ecológicas desenvolvidas pela macrofauna incluem escavação, ingestão e transporte de material mineral e orgânico no solo, criação de estruturas biogênicas (galerias e coprólitos). Estas atividades influenciam diretamente na agregação do solo, nas propriedades hídricas, na dinâmica da matéria orgânica e na composição, abundância e diversidade de outros organismos do solo.

As minhocas como outros invertebrados edáficos, mostram-se sensíveis às modificações ocorridas no solo devidas, por exemplo, à criação de agroecossistemas e do manejo adotado nestes. De acordo com Melo et al. (2009) a abundância e diversidade desses organismos é influenciada por fatores relacionados ao solo, ao clima, à vegetação e à interferência do homem. Assim, intervenções antrópicas, tanto em sistemas naturais quanto em agrícolas, podem potencialmente afetar a dinâmica dessas comunidades animais e, em consequência, as atividades nas quais estão envolvidas.

Pela diversidade e magnitude das funções que realizam a macrofauna é considerada como bioindicadora do seu uso ou de sua fertilidade, refletindo seu estado atual (MELO et al., 2009). Segundo Snyder e Hendrix (2008) esses invertebrados são considerados não apenas como bioindicadores mas, também, como agentes de restauração de ambientes degradados.

As minhocas são o principal grupo de organismos em climas tropicais por alterarem as propriedades estruturais do solo (formação e manutenção da porosidade e agregação de partículas), constroem galerias, além de efetuarem

controle sobre a atividade de alguns microrganismos estando sua abundância condicionada à qualidade e maior oferta de matéria orgânica (LAVELLE et al., 2006; LEE, 1985; VELASQUEZ, 2007).

A região do solo influenciada pela atividade das minhocas recebe a denominação de drilosfera (LAVELLE et al., 1997). Nesta, as minhocas influenciam a estrutura, agregação de partículas e a dinâmica da matéria orgânica promovendo a sua mistura e homogeneização com o solo, durante o trânsito desses materiais pelo trato digestório dos animais (LAVELLE et al., 2006).

O condicionamento físico do solo proporcionado pelas minhocas ocorre devido à escavação que resulta em uma de suas estruturas biogênicas, as galerias, com efeitos na porosidade, infiltração da água e aeração do solo (DECAENS et al., 2003; LEE, 1985). Além disso, as minhocas podem diretamente iniciar a formação da macro e microestrutura do solo (PULLEMAM et al., 2004) em função da mistura de partículas minerais e orgânicas que se ligam formando agregados estáveis.

A abertura de galerias em profundidade, por algumas espécies de minhocas, permite às raízes explorar e utilizar a água do subsolo, muitas vezes de difícil acesso (LOGSDON; LINDEN, 1992).

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

A fragmentação e catabolismo primário dos resíduos orgânicos pelas minhocas aceleram o ritmo da decomposição microbiana e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes e disponibilidade destes para as plantas (AQUINO et al. 2005).

Os coprólitos são estruturas organominerais resistentes resultantes da mistura de partículas minerais e orgânicas ingeridas, digeridas e excretadas pelas minhocas. As características dos coprólitos dependem do tipo de alimento ingerido pelas minhocas, variando dessa forma, de acordo com a estratégia alimentar. No trato digestório este material é umedecido e atacado por enzimas, sendo posteriormente excretado finamente misturado (GILLER et al., 1997).

A mistura de material orgânico e inorgânico, a deposição dos coprólitos e a abertura de galerias são as atividades das minhocas que contribuem para a incorporação de resíduos ao solo. Os nutrientes para as plantas geralmente se encontram mais concentrados nos excrementos das minhocas do que no solo. Estes

são depositados não somente em superfície como também no interior das galerias (BUCK et al., 1999; FIUZA, 2009).

Schrader e Zhang (1997) afirmam que as minhocas podem elevar o teor de C no solo embora a magnitude deste aumento dependa da textura do solo. Solos arenosos, segundo os autores, são mais favorecidos do que os argilosos.

A transformação da matéria orgânica resultante da ação combinada das minhocas e dos microorganismos que vivem e/ou transitam em seu trato digestório aumenta a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos, pois este material sofre a ação de enzimas que os convertem em substâncias húmicas (ALBANELL et al., 1988; RODDA et al. 2006).

Segundo Velasquez (2007) as minhocas são conhecidas por influenciarem os microrganismos do solo. No trato digestório das minhocas há a ativação de microrganismos do solo, ingeridos no processo de sua alimentação. A passagem de materiais orgânicos e minerais pelo sistema digestório das minhocas promove ativação microbiológica e enzimática favorecendo sua decomposição e ao mesmo tempo promove, geralmente, a concentração de nutrientes e microrganismos (BUCK et al., 1999).

Foram identificados no trato digestório de minhocas microrganismos dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Klebsiela*, *Azobacter*, *Serratia*, *Aeromonas*, *Enterobacter* e *Rhizobium* (VALLE-MOLLINARES et al., 2007), bactérias estas que são promotoras do crescimento de plantas, fixadoras de nitrogênio e solubilizadoras de fosfato (BRITO-VEGA; ESPINOSA-VICTORIA, 2009; MARTÍNEZ-ROMERO, 2001).

Thorpe et al. (1996) investigaram a minhoca *Lumbricus terrestris* quanto ao transporte de *Pseudomonas fluorescens* geneticamente marcada em condições de vasos e relataram que esta minhoca aumentou a dispersão dos microrganismos por meio de suas galerias.

Lafont et al. (2007) avaliaram o efeito de *Pontoscolex corethrurus* sobre nematóides em bananeira. Embora não tenham verificado redução da densidade destes parasitas nas raízes das plantas, observaram a diminuição da severidade do ataque. Segundo esses autores as minhocas favoreceram a nutrição das plantas por meio da maior concentração de Ca, Mg e N no solo e no tecido das plantas resultando em maiores área foliar e massa seca da parte aérea e das raízes. Blouin et al. (2007) também verificaram efeito positivo de minhocas no controle de nematóides. De acordo

com os mesmos, plantas de arroz aumentaram a tolerância aos parasitas cujo ataque foi reprimido em 82% nos tratamentos com presença de minhocas.

2.2 EFEITOS DAS MINHOCAS NAS PLANTAS

As minhocas podem não interferir, favorecer ou até mesmo prejudicar o crescimento das plantas. Embora sejam mais comuns relatos de influência positiva (BLOUIN et al., 2007; ERIKSEN-HAMEL; WHALEN, 2007; GILOT, 1997; LAOSSI et al., 2009) há também trabalhos com ausência de efeito (BAKER et al., 1997; DEROUARD et al., 1997; DOUBE et al., 1997) e até mesmo efeito negativo (KUSDRA, 1998; PASHANASI et al., 1992). De modo geral a magnitude deste efeito depende da interação entre o tipo de solo e espécies de minhoca e de planta.

Os efeitos das minhocas no crescimento de plantas podem ser diretos ou indiretos. Entre os diretos incluem-se a escavação de galerias (BLOUIN et al. 2006), mistura de partículas minerais e orgânicas (LOGSDON; LINDEN, 1992) e deposição de coprólitos (DADALTO; COSTA, 1990). Entre os indiretos destaca-se a dispersão de microrganismos que habitam e transitam na superfície de seu corpo e no trato digestório (LAVELLE et al., 2006; THORPE et al., 1996).

Entre os mecanismos responsáveis pelo aumento do crescimento de plantas derivado do efeito das minhocas incluem-se a liberação de nutrientes via urina e coprólitos (BUCK et al., 1999; MORA et al., 2003; STEPHENS et al., 1994; WHALEN et al., 2000; WILLEMS et al., 1996), a melhoria da condição física do solo (JOUQUET et al., 2006; LEE, 1985), a dispersão de microrganismos benéficos como fungos micorrízicos e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas - RPCPs (BYZOV et al., 2007; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e o controle de doenças radiculares (BLOUIN et al., 2007). Por outro lado, entre os mecanismos responsáveis pela redução do crescimento de plantas derivado do efeito das minhocas incluem-se a compactação do solo (PASHANASI et al., 1996), a competição por elementos (ERNST et al., 2009) e dispersão de microrganismos prejudiciais como fitopatógenos e rizobactérias deletérias do crescimento de plantas - RDCPs (LEE, 1985).

Para Lavelle et al. (2004) há evidências convincentes de que a presença de minhocas nos agroecossistemas minimizam o efeito de parasitas e tem efeitos

positivos sobre o crescimento das plantas devendo serem adotadas práticas de manejo visando manter a alta biodiversidade destes animais com o objetivo de reduzir a necessidade de uso de pesticidas.

2.3 *Chibui bari* E SUAS ESTRUTURAS BIOGÊNICAS

Chibui bari (RIGHI; GUERRA, 1985) é um minhocoçu pertencente à família Glossoscolecidae. É uma espécie geófaga e endogéica endêmica dos solos da região amazônica, particularmente do Estado do Acre. A denominação “minhocoçu”, derivada da língua indígena, refere-se a minhocas de grandes dimensões.

Segundo Fiuza (2009) e Guerra (1985; 1988a,b) *Chibui bari* apresenta as seguintes características (FIGURA 1A):

- Distribuição: tem sua ocorrência registrada no município de Rio Branco, AC (FIUZA, 2009; GUERRA, 1988a,b, 1994; SIMÕES, 2010) porém tem sido encontrada em vários municípios do Estado (observação pessoal) havendo também referências de sua presença em outras regiões do Norte do Brasil (SOUZA, 2010).
- Tamanho, diâmetro e biomassa: os indivíduos adultos possuem entre 30 e 50 cm de comprimento, de 8 a 14 mm de diâmetro e biomassa média de 9,16 g.
- Pigmentação: os indivíduos recém eclodidos apresentam pouca pigmentação. Porém, com o passar do tempo, vão adquirindo maior pigmentação até que, quando adultos, adquirem cor escura, dificultando inclusive a observação do clitelo.
- Reprodução: ocorre predominantemente no início do período chuvoso quando a umidade do solo aumenta. Dos casulos, que possuem em torno de 2 cm de diâmetro, eclodem dois animais. Por esta característica pode ser considerada uma espécie com baixa capacidade reprodutiva.
- Estivação: é do tipo diapausa, isto é, o período de inatividade ocorre quando a umidade do solo é desfavorável.
- Estruturas biogênicas: incluem coprólitos e galerias.

É uma espécie que habita solos com diferentes coberturas vegetais e, inclusive, capaz de colonizar áreas antropizadas. Nestes ambientes seus coprólitos podem ser depositados no interior das galerias e na saída destas para a superfície do solo. Quando continuamente depositados na superfície do solo formam montículos, em

forma de torre, que podem ultrapassar 30 cm de altura (FIGURA 1B). De acordo com James e Brown (2008), além de *Chibui bari*, pelo menos outras três espécies de minhocuçus produzem coprólitos superficiais em forma de torre: *Rhinodrilus motucu*, *Glossoscolex paulistus* e *Fimocolex sacii*.

Fiuza (2009) relata que as torres de *Chibui bari*, além de serem um acúmulo de excrementos, tem importância na defesa contra inimigos naturais e também servem como estratégia de fuga de solos encharcados por ocasião de chuvas abundantes, dificultando muitas vezes, inclusive, o trânsito de pessoas nas áreas com alta densidade populacional devido às alterações na topografia ou relevo do terreno resultantes da deposição de excrementos. Por outro lado, esta característica dos coprólitos (tamanho e formato) também causa prejuízo à sobrevivência destes animais, pois denuncia sua presença nas áreas facilitando sua captura para a utilização no comércio de iscas. Porém, pode servir também para indicar possíveis locais para cultivo de espécies agrícolas favorecidas pela presença do animal.

Chibui bari tem um período ativo que corresponde à estação chuvosa (verão) que, no Acre, inicia-se em outubro/novembro e estende-se até maio/junho de cada ano. Na estação seca (inverno) estes animais permanecem em diapausa. Durante este período constrói câmaras de estivação no fundo de suas galerias onde enrolam o corpo em forma de nós, estratégia esta que diminui o contato com o solo seco e minimiza a dessecação dos tecidos (FIUZA, 2009; GUERRA, 1988a,b, SIMÕES, 2010).

A produção anual de massa seca de coprólitos em áreas de habitat de *Chibui bari* foi avaliada entre 9 t.ha⁻¹ e 143 t.ha⁻¹ (FIUZA, 2009; GUERRA, 1988a). Segundo Lavelle et al. (2006) o acúmulo de coprólitos na superfície do solo numa escala de décadas pode resultar na formação de um horizonte denominado de vérmico ou vermissolo.

Volume equivalente à massa de coprólito ingerida e excretada na superfície por *Chibui bari* é criado no solo, na forma de galerias e de câmaras de estivação, que podem ficar em profundidade de até 1,5 m (FIUZA, 2009).

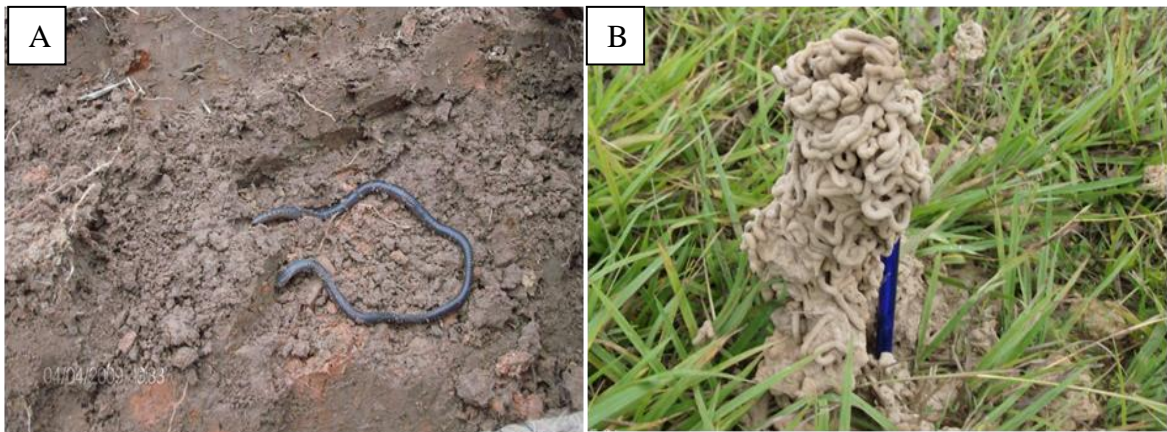


FIGURA 1 - Minhoca da espécie *Chibui bari* (A) e seu coprólito (B).

2. 4 PESQUISAS COM *Chibui bari*

Embora existam muitos trabalhos (BOHLEN, 2002; DECAENS et al., 2003; DOUBE et al., 1997; LAVELLE et al., 2006; MARINISSEN et al., 1996; PASAHANASI et al., 1992; QUADROS et al., 2002) destinados a avaliar o efeito no solo e no crescimento e produção de plantas de várias espécies de minhocas há relativamente poucos com *Chibui bari* (FIUZA, 2009; GUERRA, 1985, 1988a,b, 1994; KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SIMÕES, 2010; SOUZA et al., 2008).

Entre os trabalhos com *Chibui bari* destacam-se os com a biologia e ecologia da espécie (FIUZA, 2009; GUERRA, 1985, 1988a,b, 1994) e os que relacionam seus coprólitos (KUSDRA et al., 2008; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2008) além da atividade do animal propriamente dito com o crescimento e produção de plantas (SIMÕES, 2010).

2.5 CULTURAS DO MILHO E DO FEIJOEIRO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho. Entretanto sua produtividade média de 3.836 kg.ha⁻¹ (IBGE, 2010) é ainda muito baixa se comparada com a dos Estados Unidos, por exemplo, de 10.200 kg.ha⁻¹ (FAO, 2010). Porém, segundo Duarte et al. (2009), a baixa produtividade brasileira não reflete o

bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas em regiões distintas e em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades. Na agricultura familiar, por exemplo, o investimento financeiro é menor, predominando lavouras com área menor que 10 ha.

A transformação desta situação somente poderá ser conseguida com o uso de tecnologia e orientação técnica segura no planejamento, semeadura e condução da lavoura, as quais nem sempre estão relacionadas ao aumento nos custos de produção. A efetivação de tais procedimentos poderá contribuir para a consolidação de uma agricultura produtiva e sustentável, representada por sistemas de produção diversificados, eficientes e lucrativos (MUZILLI, 1991). Daí, uma ótima oportunidade de se estudar alternativas que aumentem o rendimento da cultura sem que haja elevação de custos

A importância da cultura do milho encontra-se no fato de ser um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo utilizado diretamente na alimentação humana (por meio do consumo direto ou de seus derivados) e de animais domésticos, bem como pela indústria produtora de rações. As principais utilizações do milho no mundo são as atividades relacionadas à criação de aves e suínos. A demanda mundial de carnes de suínos e de frango tende a crescer, chegando ao consumo superior a 110 e 70 milhões de toneladas, respectivamente (DUARTE et al., 2009).

No caso da cultura do feijoeiro, embora esta tenha menor importância econômica que a do milho, destaca-se por seu valor social, pelo número de pequenos produtores envolvidos em sua produção e pelo emprego de mão-de-obra, especialmente familiar. Além disso, o feijão constitui-se em uma das principais fontes protéicas na dieta alimentar da maioria da população brasileira (LAJOLO et al., 1996).

No Estado do Acre a produtividade de milho de 1.917 kg.ha^{-1} é em torno de 50% inferior à média brasileira. Porém, no caso do feijoeiro, a produtividade de 551 kg.ha^{-1} não diferencia-se muito da média brasileira de 812 kg.ha^{-1} (IBGE, 2010). Estas situações refletem principalmente o perfil sócio-econômico e tecnológico dos produtores locais e nacionais de ambas as culturas.

2.5.1 Milho

O milho é uma planta pertencente à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, sub-família Panicoideae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* (CRONQUIST, 1981).

2.5.1.1 Exigências climáticas

A planta de milho é considerada como sendo uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1997). É planta característica de clima tropical, exigindo calor e umidade para produzir satisfatoriamente. A cultura exige locais com boa distribuição de chuvas (> que 450 mm) e dias quentes (com temperatura média de 25 °C (MIRANDA et al., 2007). Contudo, Fancelli e Dourado-Neto (2000) verificaram que a ocorrência de curtos períodos de deficiência hídrica, no início do desenvolvimento da cultura, podem resultar em maior desenvolvimento radicular das plantas aumentando a capacidade exploratória das raízes.

Para o milho manifestar sua elevada capacidade de produção de biomassa, faz-se necessário que a planta apresente estrutura de interceptação da radiação disponível em torno de 85-90% de sua área foliar máxima. Pelo fato de pertencer ao grupo das plantas "C4" o milho obtêm maiores rendimentos em condições de alta intensidade luminosa (ANDRADE, 1995).

2.5.1.2 Estádios fenológicos

O ciclo da cultura compreende as etapas de germinação e emergência; crescimento vegetativo; florescimento; frutificação e maturidade. Estas são divididas em 11 estádios: 0 (da semente à emergência); 1 a 3 (de 4 a 12 folhas);

4 (emissão do pendão); 5 (florescimento e polinização) e 6 a 11 (desenvolvimento de grãos e maturidade fisiológica) (FANCELLI, 1986).

2.5.1.3 Demanda nutricional

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. A absorção destes está diretamente relacionada ao pH do solo (MALAVOLTA, 2006).

As exigências de nitrogênio, fósforo e potássio são mais acentuadas entre o início do período de crescimento vegetativo até o pendoamento. Porém entre estes o fósforo é o nutriente mais exigido no estágio de enchimento dos grãos e o nitrogênio é o tem destaque em função de sua participação nos processos fisiológicos da planta de milho (COELHO; FRANÇA, 2009; MUZILLI et al., 1991).

2.5.1.4 Cultivares

De acordo com sua base genética as cultivares de milho são divididas em híbridos (simples, duplo, triplo) e variedades. Os híbridos apresentam maior potencial produtivo que as variedades. Entretanto, além do maior custo das sementes, os híbridos só têm alto vigor produtivo na primeira geração (F1) enquanto que as variedades, com os devidos cuidados na multiplicação, podem ser reutilizadas sem perda significativa de capacidade produtiva (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; MIRANDA et al., 2007).

Nas condições climáticas do Brasil, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos em superprecoce, semiprecoce, precoce e tardio, período este compreendido entre a semeadura e colheita. Cerca de 63% das cultivares existentes no mercado são classificadas como precoces e o restante são distribuídas entre superprecoces (20,2%), semiprecoces e normais (16,8%).

A altura das cultivares de milho é outra característica de diferenciação destas sendo divididas em porte baixo, médio e alto.

Entre as cultivares recomendadas para o Estado do Acre incluem-se Bandeirante (variedade, ciclo precoce, porte médio, grão semiduro), BR 106 (variedade, ciclo semiprecoce, porte alto, grão semidentado), BR 473 (variedade, ciclo precoce, porte médio, grão semiduro), SHS 3031 (variedade precoce, porte alto, grão semiduro), BRS 2223 (híbrido duplo, ciclo superprecoce, porte baixo, grão semiduro) (MAPA, 2010).

2.5.2 Feijoeiro

O feijoeiro comum é uma planta pertencente à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, sub-família Faboideae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* (CRONQUIST, 1981).

2.5.2.1 Exigências climáticas

O feijoeiro é uma leguminosa de distribuição restrita a áreas tropicais pois estas têm características edafoclimáticas similares às de origem (NASCIMENTO et al., 2008). A temperatura média ideal para a cultura está na faixa de 18 a 24 °C (PAULA JÚNIOR et al., 2007). É uma planta do tipo C3, por isso, satura-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas (PORTES, 1996).

2.5.2.2 Estádios fenológicos

A escala fenológica do feijoeiro comum, está dividida em duas fases, sendo uma vegetativa e a outra reprodutiva. A fase vegetativa compreende os estádios: V0 (germinação); V1 (emergência); V2 (folhas primárias); V3 (primeira folha trifoliolada) e V4 (terceira folha trifoliolada). A fase reprodutiva é representada pelos estádios:

R5 (pré-floração); R6 (floração); R7(formação das vagens); R8 (enchimento das vagens) R9 (ponto de maturação fisiológica) (FERNÁNDEZ et al., 1985).

2.5.2.3 Hábitos de crescimento

As plantas de feijão possuem hábitos de crescimento diferenciados em quatro tipos principais: I – plantas de crescimento determinado; II – plantas de crescimento indeterminado arbustivo; III – plantas de crescimento indeterminado prostrado e IV – plantas de crescimento indeterminado trepador (CIAT, 1978). Este crescimento é avaliado em função das diferentes gradações relativas ao porte, distribuição das flores e vagens, grau e tipo de ramificação e necessidade de tutoramento (MARIOT, 1989).

A duração das etapas de desenvolvimento do feijoeiro pode ser afetada por alguns fatores, dentre os quais o genótipo merece atenção especial (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000) por determinar o hábito de crescimento e a precocidade das plantas, além do clima e das condições de fertilidade do solo.

Os autores expõem que as fases de desenvolvimento da cultura não apresentam nítida separação, principalmente quando consideradas plantas de hábito de crescimento indeterminado, constatando sobreposições representadas pela possibilidade de emissões simultâneas de folhas, flores e vagens. Esse fato deve ser considerado por ocasião da elaboração de recomendações técnicas e de manejo.

2.5.2.4 Grupos comerciais

As principais cultivares de feijão recomendadas para as distintas regiões do país dividem-se em grupos comerciais onde incluem-se carioca, preto, manteiga, branco, mulatinho e rosinha. A escolha da cultivar a ser plantada deve levar em consideração aspectos como mercado consumidor, histórico de doenças na região e hábitos de crescimento (ZIMMERMANN et al., 1996).

2.5.2.5 Demanda nutricional

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes em função do seu pequeno e pouco profundo sistema radicular e do ciclo curto (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Torna-se importante para a cultura, em especial o fósforo e o nitrogênio. A absorção de nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura e o fósforo é mais exigido nos estádios iniciais de desenvolvimento quando sua deficiência pode gerar plantas raquíticas, com porte pequeno e redução do tamanho e número de ramos (OLIVEIRA et al., 1996). Segundo estes autores a absorção do nitrogênio pelo feijoeiro é de cerca de 2,0 a 2,5 kg.ha⁻¹ por dia durante o período de florescimento, que é a época de maior exigência da cultura.

2.5.2.6 Fixação biológica do nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade para o crescimento e produção da maioria das plantas sendo suas fontes fornecedoras decorrentes da decomposição da matéria orgânica, dos fertilizantes nitrogenados e do processo de fixação biológica por microrganismos diazotróficos (HUNGRIA, 1994; VIDOR et al., 1983).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) tanto pode ser simbiótica (definida por associações mutualistas entre microrganismos fixadores e espécies vegetais) quanto assimbiótica (promovida por microrganismos fixadores de vida livre). No entanto, embora a FBN possa ser realizada por microrganismos de vida livre como *Azotobacter* e *Beijerinckia* a simbiótica, realizada principalmente por bactérias da família Rhizobiaceae, conhecidas como rizóbios, em associação com leguminosas é de maior importância para a agricultura (RAIJ, 1991).

A simbiose entre leguminosas e os rizóbios é caracterizada pela formação de estruturas hipertróficas nas raízes e, excepcionalmente, no caule, denominadas nódulos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A simbiose entre as leguminosas e os rizóbios pode ocorrer de forma natural em função da presença de rizóbios denominados de nativos, e que são capazes de promover a nodulação das raízes. Porém, o processo de fixação biológica nesta

situação é geralmente ineficiente. O ideal é que se introduza rizóbios de maior eficiência mediante o uso de inoculantes que são produtos biológicos para serem aplicados nas sementes, que possuem culturas vivas de rizóbios selecionadas por sua alta eficiência fixadora de nitrogênio (MORENO, 1983).

Em termos práticos, a simbiose rizóbio-leguminosa, quando eficiente, significa menor necessidade de aplicação de nitrogênio na cultura, com conseqüente economia nos custos de fertilizantes (DÖBEREINER, 1986). A importância da simbiose rizóbio-leguminosa é evidenciada no caso da soja que, quando inoculada, torna-se praticamente auto-suficiente em nitrogênio, ou seja, independente de adubações nitrogenadas, representando economia significativa em fertilizantes. Porém, o uso do inoculante rizobiano na soja, além de reduzir o custo econômico da cultura, pela não necessidade de uso de fertilizantes nitrogenados, representa, também, menor custo ambiental pois grande parte do nitrogênio aplicado nas culturas na forma de fertilizante químico não é aproveitado pelas plantas, tendo como destino as águas subterrâneas (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Embora o uso do inoculante rizobiano tenha resultado altamente promissor na cultura da soja, existe descrédito generalizado quanto à capacidade do feijoeiro em fixar nitrogênio atmosférico em quantidade suficiente para suprir as exigências da cultura sendo exigida a adubação nitrogenada (OLIVEIRA et al., 1996).

Há vários fatores que comprometem a possibilidade de obtenção de maior benefício da FBN na cultura do feijoeiro destacando-se os relacionados à planta (variabilidade de cultivares, ciclo curto, promiscuidade nodular, nodulação tardia, senescência precoce dos nódulos) ao rizóbio introduzido via inoculação das sementes (baixa capacidade competitiva com os rizóbios nativos e de adaptação a estresses ambientais), ao solo (acidez elevada, deficiência nutricional especialmente de fósforo e molibdênio) e à interação dos três (HUNGRIA et al., 1993; MARTINEZ et al., 1985; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VIDOR et al., 1983).

Tendo em vista a área de feijão plantada no Brasil (cerca de 4 milhões de hectares) e o quanto se gasta com fertilizantes, principalmente o nitrogenado, a fixação biológica do nitrogênio por meio do uso de inoculantes, se eficiente, reduziria os custos em cerca de cinco milhões de dólares Além disso, como o feijoeiro é cultivado especialmente por pequenos produtores em solos, na maioria das vezes deficientes em nitrogênio, qualquer melhoria na simbiose poderia resultar em aumentos significativos no rendimento de grãos (CONAB, 2008; OLIVEIRA et al., 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos em casa de vegetação, na área de pesquisa do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Estado do Acre. Como planta teste utilizou-se o milho nos experimentos 1 e 2 e o feijoeiro no experimento 3.

3.1 EXPERIMENTO 1

Foi realizado no ano de 2009, entre os meses de abril a junho. O experimento foi instalado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 5 repetições.

Os tratamentos foram constituídos de seis níveis de minhocas da espécie *Chibui bari* conforme descritos na TABELA 1. A equivalência de minhocas introduzidas nos tubos experimentais (1, 2, 3, 4 e 5 minhocas.tubo⁻¹) em relação à densidade de campo por área (m²) é em torno de 32, 64, 96, 128 e 160 minhocas.m⁻².

TABELA 1 – Tratamentos no experimento realizado em casa de vegetação na Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, em 2009

Tratamentos	Animais por unidade experimental
T ₁	0
T ₂	1
T ₃	2
T ₄	3
T ₅	4
T ₆	5

Como unidades experimentais utilizaram-se tubos de PVC de cor branca, com diâmetro de 200 mm, altura de 50 cm e volume de 15,7 dm³, com uma planta de milho da cultivar Bandeirante (variedade).

Na semeadura foram adicionadas na superfície do solo de cada tubo cinco sementes, posicionadas de forma equidistante, a 3 cm de profundidade.

Foi utilizado como substrato para cultivo do milho solo retirado de uma área de habitat da *Chibui bari* localizada no campus da UFAC, procedimento realizado visando assegurar melhor e mais rápida ambientação dos animais.

Antes do enchimento dos tubos o solo foi tamisado em peneira de 5 mm de malha para homogeneização e retirada de torrões. Em seguida efetuou-se a amostragem do solo para proceder sua caracterização física e química (TABELA 2). A área onde o solo foi coletado possui ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Alítico plíntico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa, 2006), textura média.

As minhocas foram padronizadas por tamanho e colocadas na superfície do solo de forma a permitir sua penetração natural. Os animais com dificuldade de realizar este procedimento foram substituídos, visando evitar a possibilidade de morte prematura.

Os tubos foram mantidos sob irrigação por uma semana antes da realização da semeadura. Este período foi aguardado para observar a adaptação dos animais e verificar possíveis fugas visando recompor as densidades definidas nos tratamentos.

Visando minimizar a ocorrência de altas temperaturas no solo que pudessem comprometer a sobrevivência das minhocas, os tubos foram envolvidos com manta térmica utilizada em telhados, na construção civil. Para evitar a fuga das minhocas os tubos foram telados na extremidade superior com nylon de cor branca (FIGURA 2).

A temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foi monitorada com auxílio de um datalogger (FIGURA 3A). Também foi medida a temperatura do solo, no interior dos tubos, com uso de um termômetro digital tipo espeto. Para evitar danos físicos nas minhocas realizou-se este procedimento apenas nos tubos do tratamento controle (FIGURA 3B).

Com o objetivo de minimizar o aquecimento interno dos tubos, além do uso da manta térmica, adicionou-se na superfície do solo de cada tubo, como cobertura morta, 10 g de capim (*Brachiaria* spp.), seco e fragmentado.

TABELA 2 – Caracterização física e química do solo utilizado nos tubos em casa de vegetação para avaliar o efeito da espécie *Chibui bari* no crescimento das plantas

Atributos	Resultado	Unidade
Físicos		
Areia	48,67	%
Silte	40,02	%
Argila	11,31	%
Químicos		
pH	4,90	-
Cálcio	3,65	cmol _c .dm ⁻³
Magnésio	0,55	cmol _c .dm ⁻³
Potássio	0,09	cmol _c .dm ⁻³
Sódio	0,05	cmol _c .dm ⁻³
Alumínio	0,05	cmol _c .dm ⁻³
Soma de bases	4,35	cmol _c .dm ⁻³
Acidez potencial	2,15	cmol _c .dm ⁻³
Capacidade de troca de cátions	6,50	cmol _c .dm ⁻³
Saturação por bases	67,00	%
Saturação por alumínio	1,00	%
Fósforo disponível	6,00	mg.kg ⁻¹
Carbono orgânico	9,42	g.kg ⁻¹
Matéria orgânica do solo	16,20	g.kg ⁻¹

Na condução do experimento efetuou-se o desbaste, irrigações e o controle de pragas e de plantas espontâneas. O desbaste foi realizado sete dias após a semeadura, mantendo-se apenas uma planta por tubo, a mais vigorosa. As irrigações foram realizadas regularmente e de forma homogênea, utilizando-se como referência de umidade, 70% da capacidade de campo. O controle de pragas e plantas espontâneas foi feito manualmente mediante catação de pragas (lagartas) e arranquio.

As avaliações foram efetuadas no estágio V4 que ocorreu 60 dias após a semeadura. Avaliaram-se variáveis relacionadas à planta (diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea - MMSPA, raiz - MMSR e total - MMST), ao solo (pH, Ca, Mg, K, P, Na, Al, H+Al, C, SB, saturação por bases e alumínio, CTC, matéria orgânica e atividade microbiana) e à minhoca (taxa de recuperação).



FIGURA 2 – Unidades experimentais constituídas por tubos de PVC de 200 mm de diâmetro e 50 cm de altura.

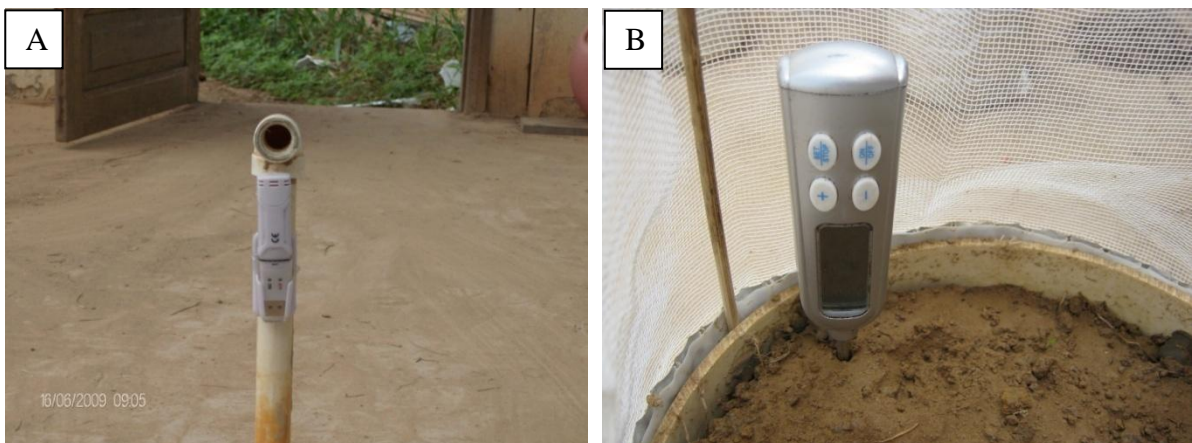


FIGURA 3 – Datalogger para monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar na casa de vegetação (A) e termômetro digital tipo espeto para monitoramento da temperatura do solo no interior dos tubos (B).

As plantas foram cortadas rente à superfície do solo. Antes, porém, com um paquímetro digital mediu-se o diâmetro do colmo. As raízes foram separadas do solo por meio de uma pré-lavagem com água, realizada sobre uma tela de nylon de malha 2 mm para evitar a perda de material. Em seguida, as raízes foram colocadas em sacos plásticos, imersas em álcool 70% para garantir sua conservação até uma segunda lavagem, realizada para limpeza completa destas. A parte aérea e as raízes foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e colocadas em estufa, à temperatura de 65 °C até a obtenção de massa constante.

As análises químicas do solo foram realizadas conforme as metodologias da Embrapa (2009). O cálcio, o magnésio e o alumínio trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ (Al³⁺) e por espectrofotometria de absorção atômica (Ca²⁺ e Mg²⁺). O potássio, o sódio e o fósforo foram extraídos em solução Mehlich 1. O K⁺ e o Na⁺ foram obtidos em fotômetro de chama e o P⁺ disponível em espectrofotômetro no comprimento de onda de 660 nm. O H+Al foi extraído em solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ e titulado em solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹. O pH foi determinado em água na proporção de 1:2,5. O carbono orgânico total foi extraído por oxidação da matéria orgânica por bicromato de potássio 0,2 mol L⁻¹ em meio sulfúrico e titulado com sulfato ferroso amoniacal.

A partir dos resultados das análises químicas foram calculadas a soma de bases (SB), a CTC (pH 7,0), a saturação por bases (V) e por alumínio (m) e a matéria orgânica do solo (MOS).

A atividade microbiana foi avaliada mediante quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de respiração microbiana a partir de amostras de 100 g de solo, conforme metodologia proposta por Stotzky (1965).

A taxa de recuperação das minhocas ao final do experimento foi avaliada mediante contagem dos animais remanescentes por ocasião da retirada das raízes.

O nitrogênio da massa fresca da minhoca foi determinado pelo método de semi micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados foram submetidos à análise de regressão. Antes, porém, efetuou-se a verificação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e da homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett (1937). Para as variáveis que não apresentaram normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias realizou-se a transformação dos dados para adequação a estes pressupostos da análise de variância. Quando o teste F indicou existir diferença para uma ou mais regressões definiu-se a equação de maior grau significativo e, no caso desta ser quadrática ou cúbica, o respectivo ponto de máximo e/ou mínimo. Efetuou-se ainda o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em contrastes ortogonais, comparando-se o tratamento controle com os demais.

3.2 EXPERIMENTO 2

Este experimento foi realizado em sequência ao anterior (junho a agosto), diferenciando-se apenas em relação ao volume dos tubos (30 cm de altura e 9,4 L) e no número de repetições (6).

A utilização de menor volume de solo nos tubos deste experimento em relação ao anterior teve por finalidade permitir neste maior aproximação das minhocas com o sistema radicular das plantas.

A condução do experimento e as avaliações das variáveis relacionadas à planta, ao solo e às minhocas seguiram a mesma metodologia utilizada no experimento anterior. Os procedimentos relacionados à análise estatística dos resultados também foram efetuados de forma similar.

3.2 EXPERIMENTO 3

Foi realizado no período de junho a agosto de 2009, no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, com 5 repetições, utilizando-se com planta teste o feijoeiro cultivar Pérola do grupo carioca, de crescimento indeterminado do tipo II/III.

Como tratamentos consideraram-se dois níveis de inoculante (não inoculado e inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* SEMIA 4088) e seis níveis de minhocas *Chibui bari* (0, 1, 2, 3, 4 e 5 animais por unidade experimental).

Como unidades experimentais utilizaram-se tubos de PVC de cor branca, com diâmetro de 200 mm, altura de 25 cm e volume de 7,8 L. Assim como nos experimentos 1 e 2, adicionou-se aos tubos solo proveniente de uma área de habitat da *Chibui bari* localizada no campus da UFAC.

Efetuuou-se a inoculação de *Rhizobium tropici* utilizando-se inoculante comercial na dosagem de 10 g.kg⁻¹ de semente. Para garantir maior adesão, permitir melhor distribuição e promover a mistura mais uniforme e homogênea do inoculante

rizobiano às sementes do feijoeiro estas foram umedecidas com solução açucarada a 10% na dosagem de 6 mL.kg^{-1} de semente.

A metodologia de condução seguiu os mesmos procedimentos utilizados nos experimentos 1 e 2, incluindo-se neste apenas o tutoramento das plantas, que se fez necessário em função de seu hábito de crescimento.

As avaliações foram efetuadas no estágio R6 que ocorreu 42 dias após a semeadura. Avaliaram-se variáveis relacionadas à planta (número de nódulos, nitrogênio total e as massas da matéria seca da parte aérea, da raiz, dos nódulos, total e unitária), ao solo (pH, Ca, Mg, K, P, Na, Al, H+Al, C, SB, saturação por bases e alumínio, CTC, matéria orgânica e atividade microbiana) e à minhoca (taxa de recuperação)

Os procedimentos para avaliação das massas secas (parte aérea, raiz e total) seguiram a mesma metodologia utilizada nos experimentos 1 e 2, acrescentando-se à este experimento a avaliação das variáveis relacionadas aos nódulos (número, massa total e unitária)

Os nódulos foram retirados das raízes manualmente, com auxílio de pinça, contados e mantidos em frascos com álcool 70%, previamente pesados. Para avaliação da massa da matéria seca dos nódulos os frascos foram colocados em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ para secagem até massa constante. A massa seca dos nódulos foi obtida pela diferença entre as massas final e inicial dos frascos.

A determinação do nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea foi efetuada utilizando-se a técnica de digestão úmida (método semi-micro Kjeldahl).

A análise estatística dos resultados foi realizada da mesma forma descrita nos experimentos 1 e 2 diferenciando-se apenas por este ser um experimento fatorial. Além disso, efetuou-se o desdobramento da análise de variância quando verificou-se efeito significativo da interação entre minhocas e inoculante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de recuperação de minhocas *Chibui bari* ao final dos experimentos foi de 13,33% (Experimento 1), 8,89% (Experimento 2) e 11,33% (Experimento 3). É importante destacar que estes valores refletem uma situação pontual (final dos experimentos) e não a atividade das minhocas durante o tempo de permanência no solo dos tubos uma vez que esta se confirmou pela observação de galerias e coprólitos nos tratamentos com presença destes animais (FIGURAS 4A e 4B) e por sua interferência significativa ($p < 0,05$) nos resultados de muitas variáveis avaliadas nos experimentos. Além disso, embora não se conheça o tempo de permanência do restante (não recuperados) dos animais no solo do interior dos tubos, este deve ter sido suficiente para que estes, juntamente com os recuperados, produzissem seus efeitos no solo e nas plantas. Entretanto, a taxa de recuperação verificada, associada à constatação de minhocas em situação de diapausa (FIGURA 5), pode ter restringido a possibilidade de efeitos de maior magnitude destes animais ao solo e nas plantas.

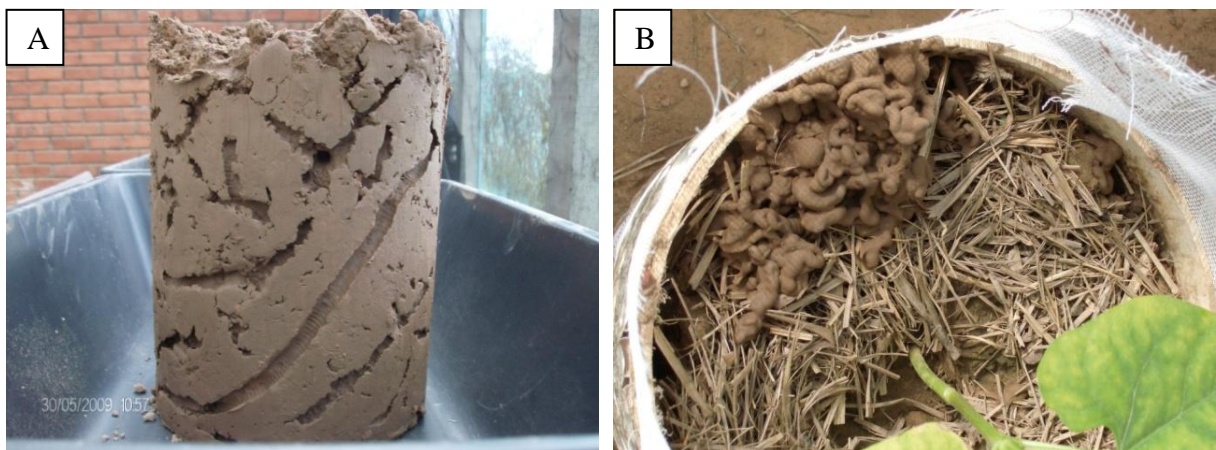


FIGURA 4 – Efeito físico da atividade de *Chibui bari* nos tubos onde foram introduzidos animais (A) e presença de coprólitos de *Chibui bari* nos tubos durante a realização dos experimentos com milho e com feijoeiro (B).



FIGURA 5 – Minhocas encontradas em diapausa no interior dos tubos.

Diversos trabalhos (DEROUARD et al., 1997; DOUBE et al., 1997; PASHANASI et al., 1992) com minhocas em casa de vegetação resultaram em alta mortalidade dos animais. Simões (2010) também avaliou o efeito de *Chibui bari* no crescimento de plantas em condição de casa de vegetação e recuperou 12% dos animais com cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e 24% com açaizeiro (*Euterpe precatória*).

As condições ambientais verificadas no decorrer do período de realização dos experimentos (TABELA 3) não foram, à princípio, prejudiciais à sobrevivência de *Chibui bari* pois a temperatura média do ar no interior da casa de vegetação não divergiu muito da que normalmente se verifica (24,5 °C) na condição ambiente em Rio Branco, Acre (ACRE, 2000). Portanto, as temperaturas registradas dentro da casa de vegetação não representariam um fator limitante à sobrevivência dos animais. Além disso, a manta térmica e a cobertura morta provavelmente contribuíram para minimizar a transferência de calor do ar para o solo pois as temperaturas em ambas as situações não foram muito divergentes.

TABELA 3 – Temperatura e umidade relativa do ar verificadas durante os experimentos com milho Bandeirante (1 e 2) e feijão Pérola (3) realizados em delineamento inteiramente casualizado na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009

Experimento	Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)
	Ar		Solo	
	Ambiente	casa de vegetação		
1	25,6	25,9 ± 0,5	27,6 ± 0,4	76,3
2	26,8	26,1 ± 0,7	28,5 ± 0,5	72,4
3	26,4	26,6 ± 0,6	28,7 ± 0,6	73,1

Valores apresentados na forma de média ± erro padrão

Não verificou-se reprodução de *Chibui bari* nos experimentos realizados pois não foi observada a presença de casulos nos solos dos tratamentos com adição de minhocas. A reprodução de *Chibui bari* em cativeiro, juntamente com a manutenção de sua sobrevivência por longo período de tempo nesta condição são, inclusive, desafios ainda a serem superados.

4.1 EXPERIMENTO 1

Verificou-se maiores diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea e total das plantas na presença das minhocas (TABELA 4). Esta situação indica que as minhocas aumentaram o crescimento das plantas por meio do condicionamento do solo. O diâmetro máximo (12,87 mm) de colmo foi obtido na presença de 3,5 animais.tubo⁻¹, equivalente a 112 animais.m⁻² (GRÁFICO 1). As maiores massas da matéria seca da parte aérea (43,8 g) e total (59,0 g) das plantas foram obtidas na presença de 5 minhocas.tubo⁻¹ (equivalente a 160.m⁻²), ou seja, no maior nível de animais avaliado neste experimento (GRÁFICOS 2 e 3). É importante destacar que as equações de regressão obtidas indicam haver possibilidade de aumento das massas da matéria seca da parte aérea e total das plantas para até 5,3 e 7,0 animais.tubo⁻¹, respectivamente, ou seja, 170 e 224 animais.m⁻².

TABELA 4 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas *Chibui bari* em solo adicionado em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Massa da matéria seca da parte aérea (g)	31,22b	40,19a
Massa da matéria seca da raiz ⁽¹⁾ (g)	7,92a	11,87a
Massa da matéria seca total (g)	39,14b	52,06a
Diâmetro do colmo (mm)	10,76b	12,19a

¹ Dados originais transformados em log x por não apresentarem normalidade dos resíduos. Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade
Análise de variância no APÊNDICE B

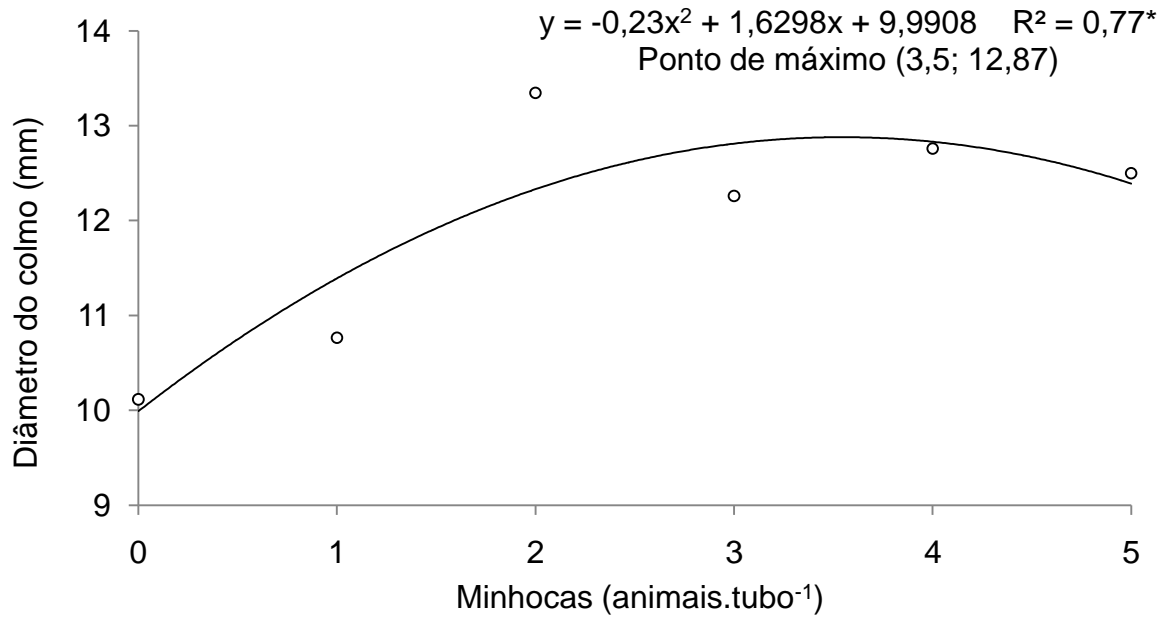


GRÁFICO 1 – Diâmetro do colmo do milho Bandeirante, obtido em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE A

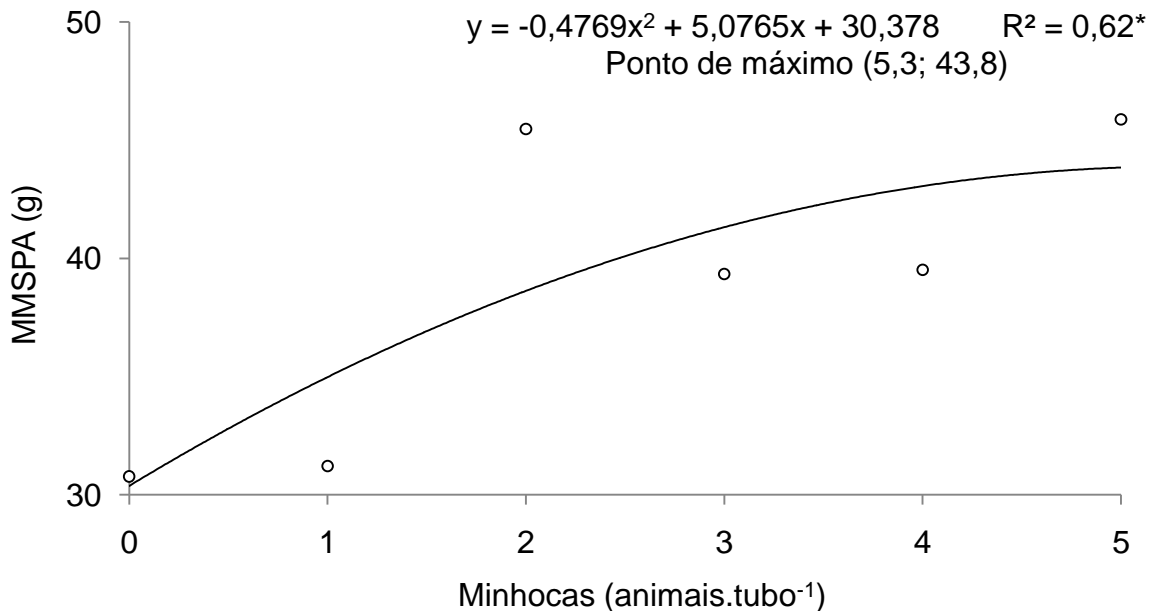


GRÁFICO 2 – Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE A

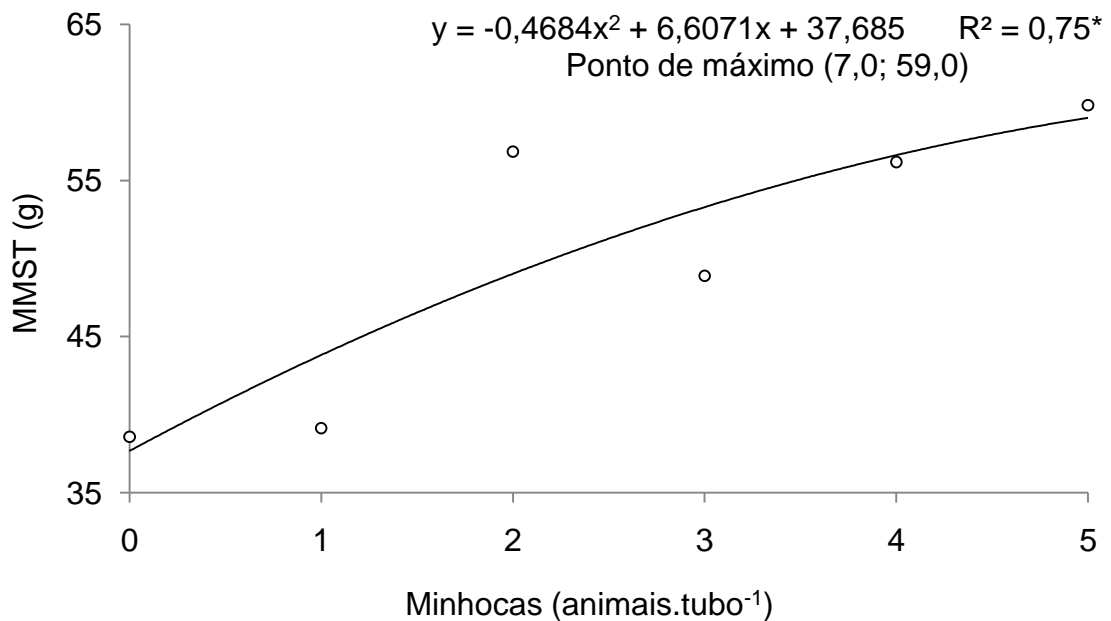


GRÁFICO 3 – Massa da matéria seca total (MMST) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 15,7 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE A

O efeito positivo de *Chibui bari* no crescimento das plantas resultou em aumentos relativos de 13,29% para o diâmetro do colmo e 28,73% e 33,00% para as massas de matéria seca da parte aérea e total, respectivamente.

Embora as minhocas tenham contribuído para o aumento do crescimento das plantas estas não interferiram em quaisquer das variáveis químicas e biológicas do solo avaliadas neste experimento (TABELA 5).

Neste trabalho obteve-se efeito favorável das minhocas no crescimento de plantas. Entretanto, há vários trabalhos que também relatam efeito positivo (BLOUIN et al., 2007; ERIKSEN-HAMEL; WHALEN, 2007; GILOT, 1997; LAOSSI et al., 2009) como, também, ausência de efeito (BAKER et al., 1997; DEROUARD et al., 1997; DOUBE et al., 1997) e até efeito negativo (KUSDRA, 1998; PASHANASI et al., 1992). Porém as comparações entre estes trabalhos não são na maioria das vezes pertinentes pois estes referem-se a experimentos realizados em condições ambientais distintas, com diferentes tipos de solo e usando-se espécies de planta e de minhocas também diferentes. Portanto, confirma-se, desta forma, que os efeitos de minhocas no

crescimento de plantas depende da interação entre o tipo de solo e as espécies de planta e de minhoca.

TABELA 5 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 15,7 L cultivado com plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas *Chibui bari*, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Cálcio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	3,59a	3,78a
Magnésio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,44a	0,48a
Potássio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,84a	0,83a
Sódio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,12a	0,12a
Alumínio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,84a	0,83a
Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	4,99a	5,22a
Acidez potencial ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	1,16a	1,18a
Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	7,35a	7,41a
Saturação por bases (%)	68,02a	69,98a
Saturação por alumínio (%)	14,40a	13,90a
Fósforo disponível (mg.kg^{-1})	2,20a	2,49a
pH em água	5,71a	5,78a
Carbono orgânico total (g.kg^{-1})	12,22a	12,74a
Matéria orgânica do solo (g.kg^{-1})	21,06a	21,97a
Respiração microbiana do solo ⁽¹⁾ mg C-CO_2	1,65a	1,40a

¹ Dados originais transformados em \sqrt{x} por não apresentarem normalidade dos resíduos. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES D, F e H

O maior crescimento das plantas verificado neste experimento é, provavelmente, resultado de possíveis aumentos na concentração de nitrogênio no solo em consequência da decomposição de tecidos ricos em proteínas (pela mortalidade de minhocas) e liberação por excrementos e urina. Esta situação é justificável principalmente pelo fato de *Chibui bari* ser um minhocoçu, ou seja, uma minhoca de grandes dimensões que, além de liberar grandes quantidades de

excrementos e urina também incorpora muito nitrogênio ao solo por ocasião de sua morte e decomposição. Whalen et al. (2000), em experimento com milho e minhocas *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea tuberculata* e *Lumbricus rubellus* verificaram que os animais, em função de seus processos de excreção, foram responsáveis por até 22% do total de nitrogênio requerido pelas plantas. É importante destacar que a espécie de minhoca utilizada por estes autores apresenta menor dimensão que a utilizada neste experimento e, portanto, a contribuição de *Chibui bari* em relação ao nitrogênio do solo é, certamente, maior.

Além do nitrogênio, outros elementos, especialmente P e K, podem ter sido aumentados pela presença de minhocas mas, porém, este aumento não ter sido detectado no solo devido à transferência destes nutrientes para as plantas. Portanto, embora Fiuza (2009) relate que *Chibui bari* aumenta a concentração de nutrientes em seus excrementos, este aumento pode não ser perceptível no solo e, conseqüentemente, detectável em sua análise química, especialmente se este solo estiver sob cultura pois os nutrientes são remobilizados para as plantas de forma a aumentar seu crescimento.

Embora as minhocas possam ter melhorado a condição nutricional do solo e, assim, resultado no aumento do crescimento das plantas, outros mecanismos podem também explicar esta situação como a produção pelas minhocas de substâncias húmicas que atuam como fitormônios ou o favorecimento da proliferação e dispersão de microrganismos benéficos (RPCP's, fungos micorrízicos, solubilizadores de fosfato, decompositores, etc.) que habitam e/ou transitam no trato digestório das minhocas.

4.2 EXPERIMENTO 2

Verificou-se acréscimo da massa de matéria seca da parte aérea das plantas na presença das minhocas sendo a maior (26,78 g) obtida na presença de 5 animais.tubo⁻¹, equivalente a 160 animais.m⁻² ou seja, no maior nível de animais avaliado neste experimento. Esta situação indica que as minhocas aumentaram o crescimento da parte aérea das plantas, sendo este de 6,63% (TABELA 6 e GRÁFICO 4). É importante destacar que a equação de regressão obtida indica haver

possibilidade de aumento da massa de matéria seca da parte aérea das plantas para até 5,6 animais.tubo⁻¹, ou seja, 179 animais.m⁻².

TABELA 6 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas *Chibui bari* em solo adicionado em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Massa da matéria seca da parte aérea (g)	21,87b	23,32a
Massa da matéria seca da raiz (g)	6,93a	6,96a
Massa da matéria seca total (g)	28,80a	30,28a
Diâmetro do colmo (mm)	9,30a	9,99a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE J

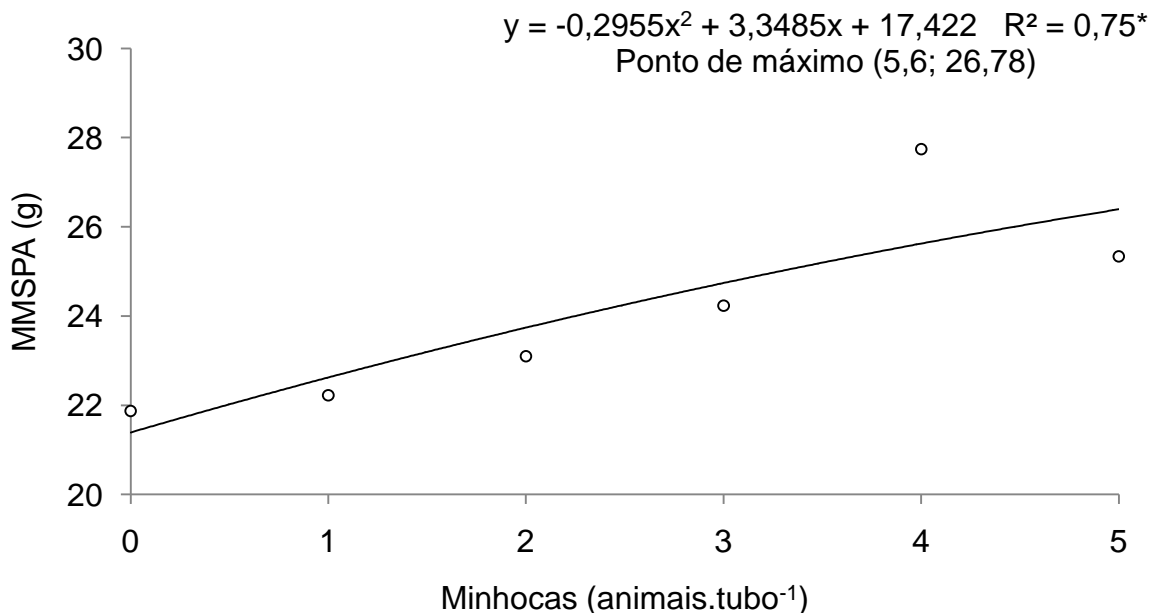


GRÁFICO 4 – Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) do milho Bandeirante, obtida em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em solo contido em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, na casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE I

A presença de minhocas aumentou a concentração de cálcio trocável, a soma de bases e CTC (TABELA 7). O efeito positivo de *Chibui bari* nestas variáveis resultou em aumentos relativos de 22,61% para cálcio, 18,62% para soma de bases e 16,13% para a CTC. As equações de regressão indicaram valores máximos de cálcio ($4,58 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), soma de bases ($5,76 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e CTC ($6,95 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) para $1,5 \text{ animais.tubo}^{-1}$ (equivalente a $48.\text{m}^2$) (GRÁFICOS 5, 6, 7).

TABELA 7 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 9,4 L cultivado com plantas de milho Bandeirante, em função de minhocas *Chibui bari*, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, da Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Cálcio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	3,67b	4,50a
Magnésio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,40a	0,42a
Potássio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,60a	0,63a
Sódio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,10a	0,12a
Alumínio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0,80a	0,81a
Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	4,78b	5,67a
Acidez potencial ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	1,20a	1,25a
Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	5,95b	6,91a
Saturação por bases (%)	79,84a	81,93a
Saturação por alumínio (%)	17,50a	15,30a
Fósforo disponível (mg.kg^{-1})	1,95a	2,20a
pH em água	5,70a	5,67a
Carbono orgânico total (g.kg^{-1})	11,65a	11,44a
Matéria orgânica do solo (g.kg^{-1})	20,65a	21,02a
Respiração microbiana do solo ⁽¹⁾ (mg C-CO_2)	0,43a	0,68a

⁽¹⁾ Dados originais transformados em sen x por não apresentarem normalidade dos resíduos. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.
Análise de variância nos APÊNDICES L, N e P

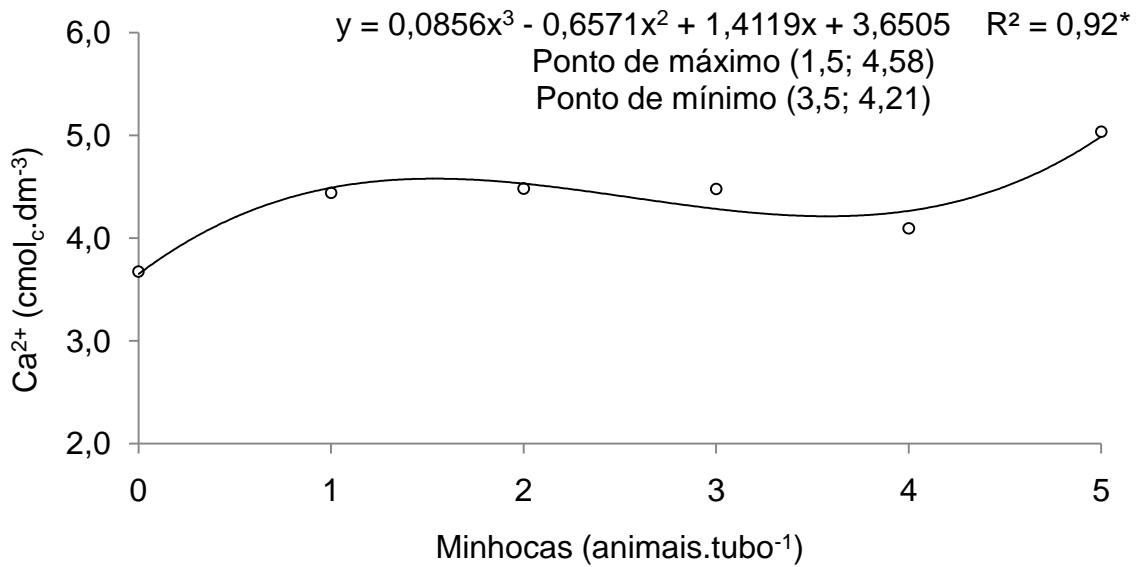


GRÁFICO 5 – Cálculo do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE K

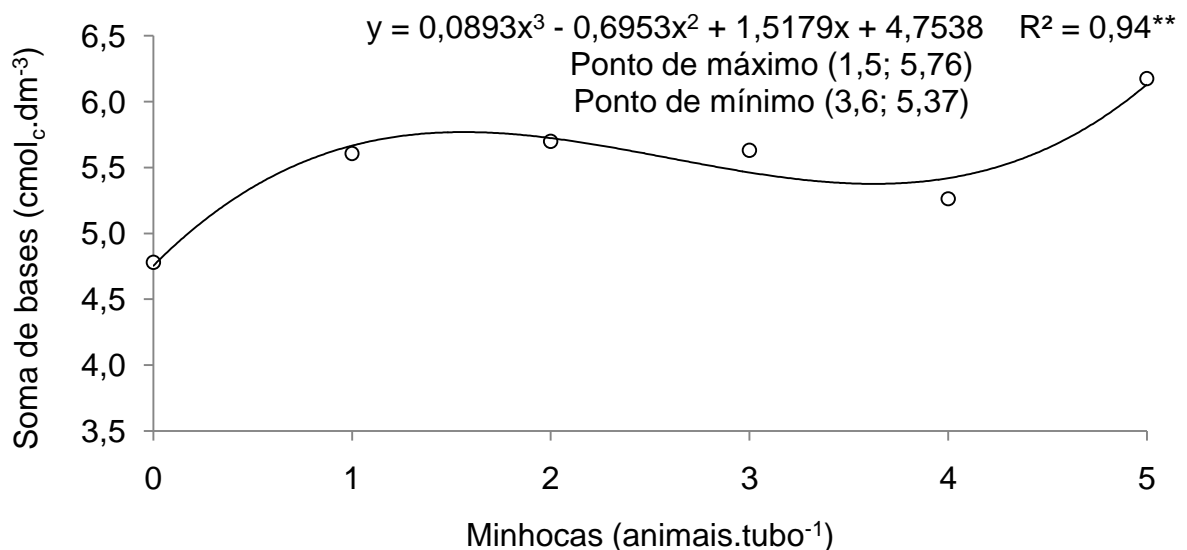


GRÁFICO 6 – Soma de bases do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE M

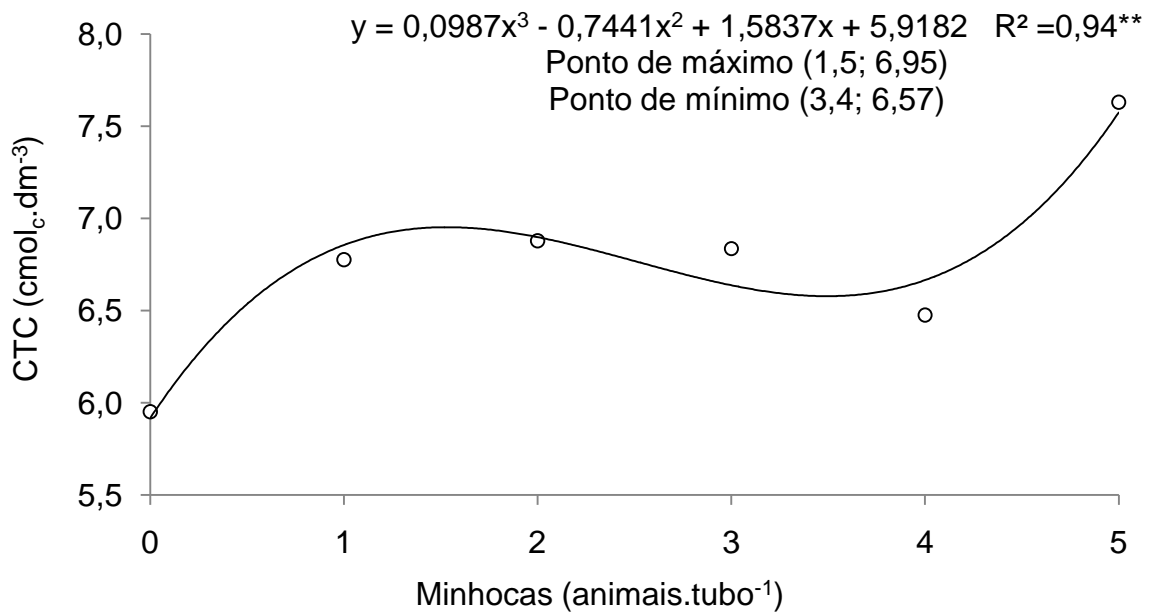


GRÁFICO 7 – CTC do solo cultivado com milho Bandeirante, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 9,4 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE M

O maior crescimento da parte aérea das plantas verificado neste experimento é, provavelmente, resultado do aumento não apenas de cálcio, soma de bases e CTC mas, também, de possíveis aumentos na concentração de nitrogênio no solo derivado de excrementos e urina (WHALEN et al., 2000) ou da decomposição de tecidos ricos em proteína após a morte dos animais (LEE, 1985). Willems et al. (1996) em experimento em vasos verificaram que a adição de *Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea tuberculata* aumentou a quantidade de nitrogênio no solo em até 90 kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Além disso, da mesma forma relatada para o experimento 1, outros elementos como P e K podem também ter sido aumentados no solo pela presença das minhocas mas este aumento não ser detectado na análise química pelos mesmos terem sido exportados para a planta de forma a lhe assegurar maior crescimento.

4.3 EXPERIMENTO 3

Verificou-se acréscimo da massa de matéria seca da parte aérea das plantas na presença das minhocas sendo a maior (9,95 g) obtida na presença de 4,2 animais.tubo⁻¹, equivalente a 134 animais.m⁻². A massa de matéria seca total das plantas também foi aumentada pela presença de minhocas, porém não a 5% (p = 0,09). Neste caso a maior massa (11,49 g) seca total das plantas foi obtida também na presença de 4,2 animais.tubo⁻¹. Estes resultados indicam que as minhocas aumentaram o crescimento das plantas sendo este de 19,91% para a massa seca da parte aérea e 15,77% para a massa seca total (TABELA 8).

Em relação ao efeito das minhocas nos indicadores de fixação biológica do nitrogênio verificou-se que estas não interferiram na massa dos nódulos (total e unitária) causando, porém, aumento do nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea e redução do número de nódulos. Para o nitrogênio a maior concentração (293,26 mg.kg⁻¹) foi obtida na presença de 4,3 animais.tubo⁻¹, equivalente a 138 animais.m⁻². Este aumento representa incremento relativo de 29,67%. Para o número de nódulos a maior média (119,1) foi obtida na ausência de minhocas causando estas, redução de 56,74%. (TABELA 9).

TABELA 8 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de crescimento das plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas *Chibui bari* em solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Massa da matéria seca da parte aérea (g)	6,88b	8,25a
Massa da matéria seca da raiz (g)	1,26a	1,29a
Massa seca dos nódulos (g)	0,23a	0,15a
Massa da matéria seca total (g)	8,37a	9,69a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE R

TABELA 9 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis indicadoras de fixação biológica do nitrogênio em plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas *Chibui bari* em solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea (mg.kg ⁻¹)	184,65b	239,44a
Número de nódulos ⁽¹⁾	119,10a	51,52b
Massa seca dos nódulos (mg)	230,00a	150,00a
Massa da matéria seca média unitária dos nódulos ⁽²⁾ (mg)	1,93a	2,91a

⁽¹⁾ Dados originais transformados em \sqrt{x} e ⁽²⁾ $\sqrt{x} + 1$ por não apresentarem normalidade dos resíduos. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE T

Com relação ao efeito do inoculante nas variáveis avaliadas neste experimento este não interferiu ($p > 0,05$) na maioria destas tendo influência significativa ($p < 0,05$) somente nas concentrações de magnésio e potássio do solo e na massa de matéria seca média unitária dos nódulos (TABELAS 10, 11 e 12).

Não verificou-se interação significativa ($p > 0,05$) entre minhocas (*Chibui bari*) e inoculante (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) para quaisquer das variáveis avaliadas neste experimento exceto ($p < 0,05$) cálcio (GRÁFICO 9 e APÊNDICES AA a AG).

TABELA 10 – Efeito do inoculante em variáveis indicadoras de plantas de feijão Pérola e no solo com e sem minhocas *Chibui bari* adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Inoculante	
	Ausência	Presença
Massa da matéria seca da parte aérea (g)	7,88a	8,16a
Massa da matéria seca da raiz (g)	1,29a	1,28a
Massa seca dos nódulos (g)	0,12a	0,20a
Massa da matéria seca total (g)	9,40a	9,63a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE AA

TABELA 11 – Efeito do inoculante em variáveis indicadoras de fixação biológica de nitrogênio em plantas de feijão Pérola em solo, com e sem minhocas *Chibui bari*, adicionado em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Inoculante	
	Ausência	Presença
Nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea (mg.kg ⁻¹)	238,73a	221,89a
Número de nódulos ⁽¹⁾	97,39a	71,18a
Massa seca dos nódulos (mg)	128,13a	204,86a
Massa da matéria seca média unitária dos nódulos ⁽²⁾ (mg)	1,25b	1,38a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE AB

TABELA 12 – Efeito do inoculante em variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L cultivado com plantas de feijão Pérola, com e sem minhocas *Chibui bari*, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Inoculante	
	Ausência	Presença
Cálcio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	4,36a	4,22a
Magnésio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	0,41b	0,47a
Potássio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	1,95b	2,25a
Sódio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	0,10a	0,10a
Alumínio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	1,20a	1,26a
Soma de bases (cmol _c .dm ⁻³)	5,12a	5,03a
Acidez potencial (cmol _c .dm ⁻³)	2,60a	2,68
Capacidade de troca de cátions (cmol _c .dm ⁻³)	7,72a	7,71a
Saturação por bases (%)	66,84a	65,57a
Saturação por alumínio (%)	18,24a	19,20a
Fósforo disponível (mg.kg ⁻¹)	2,34a	2,35a
pH em água	5,45a	5,35a
Carbono orgânico total (g.kg ⁻¹)	5,77a	5,61a
Matéria orgânica do solo (g.kg ⁻¹)	9,96a	9,68a
Respiração microbiana do solo (mg C-CO ₂)	0,83a	0,85a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância no APÊNDICE AC, AF e AG

A presença de minhocas não interferiu ($p > 0,05$) na maioria das variáveis químicas e biológicas do solo, exceto o sódio e o pH sendo, o primeiro, reduzido em 16,67% e, o segundo, aumentado em 6,24% (TABELA 13) obtendo-se maior valor com 5 animais.tubo⁻¹, equivalente a 160 animais.m⁻² (GRÁFICO 8).

TABELA 13 – Avaliação por contrastes ortogonais de variáveis químicas e biológicas de solo adicionado em tubos de PVC de 7,8 L cultivado com plantas de feijão Pérola, com e sem inoculante, em função de minhocas *Chibui bari*, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, em 2009

Variáveis	Minhocas	
	Ausência	Presença
Cálcio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	4,32a	4,28a
Magnésio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	0,45a	0,44a
Potássio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	1,86a	2,14a
Sódio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	0,12a	0,10b
Alumínio trocável (cmol _c .dm ⁻³)	0,20a	0,28a
Soma de bases (cmol _c .dm ⁻³)	5,11a	5,06a
Acidez potencial (cmol _c .dm ⁻³)	2,89a	2,58a
Capacidade de troca de cátions (cmolc.dm ⁻³)	8,01a	7,65a
Saturação por bases (%)	64,21a	66,61a
Saturação por alumínio (%)	16,66a	19,13a
Fósforo disponível (mg.kg ⁻¹)	2,37a	2,33a
pH em água	5,13b	5,45a
Carbono orgânico total (g.kg ⁻¹)	5,52a	5,72a
Matéria orgânica do solo (g.kg ⁻¹)	9,51a	9,87a
Respiração microbiana do solo (mg C-CO ₂)	0,78a	0,85a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância nos APÊNDICES V, W e Z

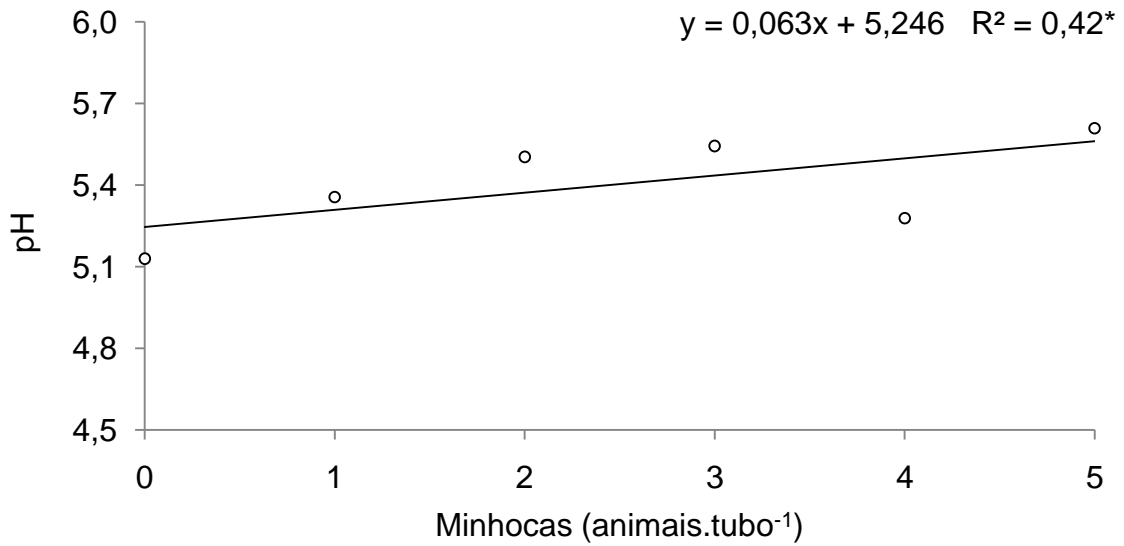


GRÁFICO 8 – pH do solo cultivado com feijão Pérola, em resposta à minhocas *Chibui bari* adicionadas em tubos de PVC de 7,8 L, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.

Análise de variância no APÊNDICE X

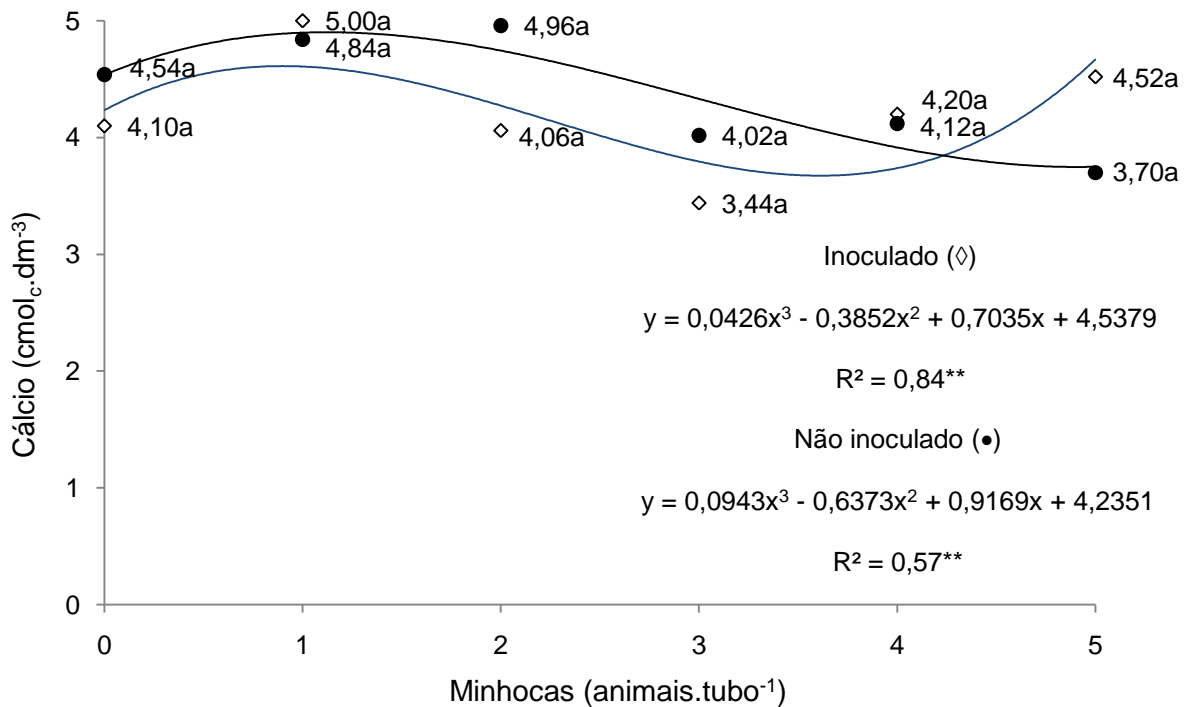


GRÁFICO 9 – Desdobramento de cálcio para interação entre inoculante e minhocas em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.

Médias de inoculante seguidas de mesma letra para o mesmo nível de minhocas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância no APÊNDICE AC e desdobramento nos APÊNDICES AD e AE

Os resultados positivos de minhocas *Chibui bari* no crescimento do feijoeiro, obtidos neste trabalho, podem ser devidos ao acréscimo de nitrogênio ao solo derivado da morte destes animais e de suas excreções. Maior concentração de nitrogênio na parte aérea das plantas associada à presença de minhocas foi também observada por Doube et al. (1994) e Doube et al. (1997).

O possível aumento de nitrogênio no solo derivado do efeito das minhocas se torna mais evidente ao se constatar maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas e menor número de nódulos nas raízes, pois, segundo Moreira e Siqueira (2006), a nodulação é normalmente reduzida quando se tem maior disponibilidade de nitrogênio no solo. Portanto, o possível suprimento extra de nitrogênio para o feijoeiro, derivado da presença de *Chibui bari*, pode ter sido responsável pelo aumento do crescimento das plantas mas, porém, ter sido prejudicial à nodulação. Pelegrin et al. (2009) verificaram que a nodulação do feijoeiro cultivar Pérola tendeu à redução conforme aumentou o nitrogênio disponível no solo.

O maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas ocorreu em decorrência do efeito das minhocas e não do inoculante pois este não interferiu nesta variável e nem tampouco na massa total de nódulos.

Como nem o efeito de minhocas e nem tampouco do inoculante ou da interação entre ambos foi capaz de aumentar a massa nodular é pouco provável que o aumento de nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas pelo efeito das minhocas tenha também contribuição significativa do N derivado da simbiose estabelecida entre o feijoeiro e os rizóbios nativos do solo ou introduzidos pela inoculação. Além disso, embora as minhocas possam até ter contribuído na dispersão de rizóbios, esta situação não resultou em maior nodulação radicular sendo esta, ao contrário, até reduzida em 56,74%. Portanto, o possível aumento de nitrogênio no solo pela ação das minhocas, embora tenha favorecido o crescimento das plantas pode, também, ter inibido a nodulação não apenas natural mas, também, em consequência da dispersão de rizóbios pelas minhocas.

Embora tenha se verificado interação significativa entre os níveis de minhocas (0,1, 2, 3, 4 e 5 animais.tubo⁻¹) e o inoculante (inoculado e não inoculado) para cálcio (GRÁFICO 9) há de se considerar que não houve diferença significativa entre os níveis de inoculante para o mesmo nível de minhocas e, também, que o comportamento dos tratamentos inoculados e não inoculados com o rizóbio foi praticamente similar entre os níveis de minhocas.

5 CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais estabelecidas nos trabalhos de pesquisa, verifica-se que:

O milho, variedade Bandeirante, e o feijão, cultivar Pérola, tem maior crescimento em solos com presença de *Chibui bari*.

O nitrogênio acumulado na parte aérea do feijoeiro da cultivar Pérola é maior na presença de *Chibui bari*.

A interação entre minhocas (*Chibui bari*) e inoculante (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) não interfere no crescimento do feijoeiro cultivar Pérola e na concentração de nutrientes no solo, exceto cálcio.

Chibui bari aumenta o pH do solo quando este é cultivado com feijoeiro Pérola.

O inoculante (*Rhizobium tropici* SEMIA 4088) não interfere no crescimento, na nodulação e no acúmulo de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro cultivar Pérola.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados positivos de *Chibui bari* no aumento do crescimento de milho e feijão obtidos neste trabalho evidenciam que o efeito favorável desta espécie de minhoca provavelmente não se restrinja somente as cultivares avaliadas (milho Bandeirante e feijão Pérola) e sim ocorrer também em outras cultivares de milho (variedades e híbridos) e feijão. Porém, são necessários outros trabalhos que comprovem esta possibilidade. Além disso, seria interessante e desejável para o avanço da pesquisa sobre o potencial agrônomo de *Chibui bari*, que trabalhos com esta espécie fossem realizados também com outros tipos de solo e espécies de planta, inclusive em campo (ambiente natural).

Em relação à inoculação de sementes do feijão, embora nesta pesquisa não tenha sido uma prática capaz de resultar em aumentos do crescimento das plantas e nem tampouco na melhoria das variáveis relacionadas à FBN, recomenda-se a manutenção deste procedimento principalmente no sistema de produção da cultura pois, dependendo do tipo de solo e da cultivar de feijão, os resultados podem vir a ser promissores. Além disso, a inoculação das sementes com o rizóbio representa uma prática de baixo custo econômico e operacional e, portanto, qualquer benefício derivado desta, mesmo que de baixa magnitude, pode resultar em menor necessidade de nitrogênio na forma de fertilizantes.

Além da recomendação de continuidade dos trabalhos de pesquisa sobre o potencial agrônomo de *Chibui bari* é, também, desejável a realização de mais trabalhos relacionados ao estudo da biologia e ecologia desta espécie de minhoca pois, há ainda pouca informação disponível principalmente a respeito de aspectos reprodutivos e de adaptação a diferentes ambientes.

REFERÊNCIAS

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

ALBANELL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T. Chemical changes during vermi composting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. **Biology and Fertility of soils**, v. 6, n. 3, p. 266-269, 1988.

ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v. 41, p. 1-12, 1995.

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.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. Cap. 5, p. 143-170.

BAKER, G. H.; WILLIAMS, P. M. L.; CARTER, P. J.; LONG, N. R. Influence of lumbricid earthworms on yield and quality of wheat and clover in glasshouse trials. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3/4, p. 599-602, 1997.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 160A, p. 268-282, 1937.

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. Drought stress in rice (*Oriza sativa* L.) is enhanced in the presence of the compacting earthworm *Millsonia anomala*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 352-359, 2007.

BOHLEN, P. J. Earthworms. In: DECKER, M. **Encyclopedia of soil science**. 2002. p. 370-373.

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

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.

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.

CIAT. **Annual report 1977**. Cali, Colômbia, 1978.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. **Sistemas de Produção 2: nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>>. Acesso em: 18 jun. 2010.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**, New York: Columbia University, 1981.

DADALTO, G. G.; COSTA, L. M. da. Relação entre características químicas de solo e excreções de minhoca (*Glossoscolex* spp.). **Revista Ceres**, v. 37, n. 212, p. 331-336, 1990.

DECAENS, T.; MARIANI, L.; BETANCOURT, N.; JIMÉNEZ, J. J. Seed dispersion by surface casting activities of earthworms in Colombian grasslands. **Acta Oecologica**, v. 24, n. 4, p. 175-185, 2003.

DEROUARD, L.; TONDOH, J.; VILCOSQUI, L.; LAVELLE, P. Effects of earthworm introduction on soil processes and plant growth. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3/4, p. 541-545, 1997.

DÖBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura brasileira**. Brasília: EMBRAPA-UAPNPBS, 1986.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America, v. 35, p. 3-21, 1994.

DOUBE, B. M.; RYDER, M. H.; DAVOREN, C. W.; STEPHENS, P. M. Enhanced root nodulation of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) by *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* in the presence of the earthworm *Aporrectodea trapezoides* (Lumbricidae). **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 18, p. 169-174, 1994.

DOUBE, B. M.; WILLIAMS, P. M. L.; WILLMOTT, P. J. The influence of two species of earthworm (*Aporrectodea trapezoides* and *Aporrectodea rosea*) on the growth of wheat, barley and faba beans in three soil types in the greenhouse. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n.3/4, p. 503-509, 1997.

DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

DUARTE, J. de O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Sistemas de produção 2: cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

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

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e amp. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

ERIKSEN-HAMEL, N. S.; WHALEN, J. K. Impacts of earthworms on soil nutrients and plant growth in soybean and maize agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2/4, p. 442-448, 2007.

ERNST, G.; HENSELER, I.; FELTEN, D.; EMMERLING, C. Decomposition and mineralization of energy crop residues governed by earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 7, p. 1548-1554, 2009.

FANCELLI, A. L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão.** Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em La planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. V. (Ed.). **Frijol: investigación y producción.** CIAT/PNUD, 1985. p. 61-71.

FIUZA, S. da S. **Ecologia de *Chibui bari* (Annelida: Oligochaeta) e atributos físicos, químicos e biológicos de seus coprólitos.** 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2009.

FAO. **Food and Agricultural commodities production.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 26 jun. 2010.

GILLER, K. L.; BEARE, M. H.; LAVELLE, P.; IZAC, A. M. N.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 1, p. 3-16, 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, n.3/4, 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.

HUNGRIA, M.; FRANCO, A. A.; SPRENT, J. I. New sources of high temperature tolerant rhizobia for *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v. 149, n. 1, p. 103-109, 1993.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: CNPAF-CNPSO/EMBRAPA, 1994, p. 9-89.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro. In: HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAÚJO, R. S. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa CPAC, 1997.

IBGE. **Lavoura temporária 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estado-sat/temas.php?sigla=ac&tema=lavouratemporaria2008>>. Acesso em: 19 jun. 2010.

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.

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. 32, n. 2, p. 153-164, 2006.

KUSDRA, J. F. **Influência do Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. e do *Rhizobium tropici* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1998. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1998.

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, 2008.

LAFONT, A.; RISEDE, J. M.; MERCIRIS, G. L.; DAUPHIN, C. C.; DOREL, M.; RHINO, B.; LAVELLE, P. 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.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. de. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 23-32.

LAOSSI, K. R.; NOGUERA, D. C.; BARTOLOMÉ-LASA, A.; MATHIEU, J.; BLOUIN, M.; BAROUT, S. Effects of an endogeic and an anecic earthworm on the competition between four annual plants and their relative fecundity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 8, p. 1668-1673, 2009.

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

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, n. 4, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil Ecology**, Kluwer Academic, 2001.

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. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. 1, p. 3-15, 2006.

LAVELLE, P.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; DECAËNS, T.; JIMENEZ, J. J.; JOUQUET, P. Earthworms as key actors in self-organized soil systems. In: CUDDINGTON, K.; BYERS, J. E.; WILSON, W. G.; HASTINGS, A. (Ed.). **Ecosystem engineers: plants to protists**. Theoretical Ecology Series, 2007. Cap. 5, p. 77-106.

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, 1992.

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

MARINISSEN, J. C. Y.; NIJHUIS, E.; VAN BREEMEN, N. Clay dispersability in moist earthworm casts of different soils. **Applied Soil Ecology**, v. 4, n. 1, p. 83-92, 1996.

MARIOT, E. J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p. 25-41.

MARTINEZ, E.; PARDO, M. A. PALACIOS, R.; CEVALLOS, M. A. Reiteration of nitrogen fixation gene sequences and specificity of *Rhizobium* in nodulation and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of General Microbiology**, v. 131, p. 1779-1786, 1985.

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

MELO, F. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. de; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, Lavras, v. 34, n. 1, jan/abr. 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA , PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Zoneamento agrícola do milho**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=15593>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. dos; GALVÃO, J. C. C.; PAULA JUNIOR, T. J. de. Milho. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. Cap. 72, p. 537-552.

MORA, P.; SEUGÉ, C.; CHOTTE, J. L.; ROULAND, C. Physico-chemical tipology of the biogenic structures of termites and earthworms: a comparative analysis. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, n. 4, p. 245-249, 2003.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L.; PEREIRA, H. S. Organismos do solo em ecossistemas tropicais: um papel chave para o Brasil na demanda global pela conservação e uso sustentado da biodiversidade. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. Cap. 1, p. 13-42.

MOREIRA, M. T. Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. In: CUBERO, J. I.; MORENO, M. T. (Coord.) **Leguminosas de grano**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1983.

MÜLLER, F. *Lumbricus corethrurus*, Bürstenschwanz. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 23, n. 1, p. 113-116, 1857.

MUZILLI, O. O milho na rotação de culturas. In: CARVALHO, S. M. de. (Coord.). **A cultura do milho**. Londrina: IAPAR, 1991. cap. 2, p. 26-48.

NASCIMENTO, C. S. do; JUNIOR, M. A. L.; STAMFORD, N. P.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUSA, C. A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 579-587, 2008.

OLIVEIRA, I. P. de; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-202.

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

PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; ALEGRE, J.; CHARPENTIER, F. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input tropical agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, n. 6, p. 801-810, 1996.

PAULA JÚNIOR, T. J. de; VIEIRA, R. F.; CHAGAS, J. M.; CARNEIRO, J. E. de S.; ARAÚJO, G. A. de A.; VENZON, M.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; ANDRADE, M. J. de B. Feijão. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. cap. 42, p. 331-342.

PORTES, T. de A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 101-137.

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, n. 7, p. 1-15, 2004.

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

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991.

RIGHI, G.; GUERRA, R. A. T. Alguns Oligochaeta do norte e noroeste do Brasil. **Boletim de Zoologia**, Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 9, p. 145-157, 1985.

RODDA, M. R. C.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R.; ZANDONADI, D. B.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; SANTOS, G. de A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I – Efeito de concentração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 649-656, 2006.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Arquivo do agrônomo**, n. 7, dez. 1994.

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.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, S. S. da; ARAÚJO NETO, S. E. de; 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.

SILVEIRA, A. O.; PLATTE, E. B.; ROESCH, L. F. W.; D'AGOSTINI, R.; SÁ, E. L. S. de; CASALINHO, H.; CAMARGO, F. A. O. Processos biológicos como indicadores de qualidade ambiental. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, Lavras, v. 34, n. 1, jan/abr. 2009.

SIMÕES, M. A. **Crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu em resposta à atividade de *Chibui bari* (Annelida: Oligochaeta)**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2010.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988.

SNYDER, B. A.; HENDRIX, P. F. Current and potential roles of soil macroinvertebrates (earthworms, millipedes and isopods) in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 16, p. 629-636, 2008.

SOUZA, S. R.; FONTINELE, Y. da; SALDANHA, C. S.; ARAÚJO NETO, S. E. de; 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, 2008.

SOUZA, L. J. B. de. **Chibui bari**. Disponível em: <<http://www.minhobox.com.br/materia-jm44.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

STEPHENS, R. M.; DAVOREN, C. W.; DOUBE, B. M.; RYDER, M. H. Ability of the earthworms *Aporrectodea rosea* and *Aporrectodea trapezoides* to increase plant growth and the foliar concentration of elements in wheat (*Triticum aestivum* cv. Spear) in a sandy loam soil. **Biology and fertility of soils**, v. 18, n. 2, p. 150-154, 1994.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1551-1572.

TEDESCO, J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, A. C.; BOHLEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

THORPE, I. S.; PROSSER, J. I.; GLOVER, A.; KILLHAN, K. The role of the earthworm *Lumbricus terrestris* in the transport of bacterial inoculation through soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 23, n. 2, p. 132-139, 1996.

VALLE-MOLINARES, R.; BORGES, S.; RIOS-VELAZQUEZ, C. Characterization of possible symbionts in *Onychochaeta borincana* (Annelida: Glossoscolecidae). **European Journal of Soil Biology**, v. 43, n. 1, 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.

VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J.; SCOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M. H. T. **Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983.

WHALEN, J. K.; PARMELEE, R. W.; SUBLER, S. Quantification of nitrogen excretion rates for three lumbricid earthworms using ^{15}N . **Biology and Fertility of Soils**, v. 32, n. 4, p. 347-35, 2000.

WILLEMS, J. J. G. M.; MARINISSEN, J. C. Y.; BLAIR, J. E. Effects of earthworms on nitrogen mineralization. **Biology and Fertility of Soils**, v. 23, n.1, p. 57-63, 1996.

ZIMMERMANN, M. J. de O.; CARNEIRO, J. E. S.; PELOSO, M. J. D.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 223-273.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância das variáveis diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Diâmetro	MMSPA	MMSR ⁽¹⁾	MMST
Regressão linear	1	2,003 ^{ns}	0,048*	0,008 ^{ns}	12,913 ^{ns}
Regressão quadrática	1	27,530*	557,245*	0,088 ^{ns}	130,606*
Regressão cúbica	1	0,013 ^{ns}	0,915 ^{ns}	0,017 ^{ns}	77,217 ^{ns}
Desvios de regressão	2	4,631 ^{ns}	263,370*	0,055 ^{ns}	376,929 ^{ns}
Resíduo	24	3,993	84,304	0,027	171,718
Total	29	-	-	-	-
CV%	-	16,7	23,7	16,7	26,2
Bartlett (χ^2)	-	9,151	5,437	12,233	9,206
Shapiro-Wilk (W)	-	0,977	0,973	0,965	0,960

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE B – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis do diâmetro e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Diâmetro	MMSPA	MMSR ⁽¹⁾	MMST
Contraste	1	19,440*	365,040*	0,063 ^{ns}	775,206*
Resíduo	24	3,993	84,304	0,027	171,718

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE C – Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Regressão linear	1	0,158 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,003 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	3,079 ^{ns}
Regressão quadrática	1	3,141 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	2,049 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,069 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	13,254 ^{ns}
Desvios de regressão	2	2,579 ^{**}	0,002 ^{ns}	0,050 [*]	>0,001 ^{ns}	9,525 ^{ns}
Resíduo	24	0,545	0,002	0,010	0,001	3,337
Total	29	-	-	-	-	-
CV(%)	-	19,4	9,7	15,1	34,9	45,9
Bartlett (χ^2)	-	8,162	6,437	10,234	9,110	7,561
Shapiro-Wilk (W)	-	0,967	0,970	0,945	0,965	0,977

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE D – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Contraste	1	0,180 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,375 ^{ns}
Resíduo	24	0,545	0,002	0,010	0,001	3,337

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE E – Análise de variância das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Regressão linear	1	0,050 ^{ns}	0,134 ^{ns}	0,272 ^{ns}	0,174 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,001 ^{ns}	3,365*	2,544 ^{ns}	74,706*	28,841 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,002 ^{ns}	0,033 ^{ns}	>0,001*	2,474 ^{ns}	7,008 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,004 ^{ns}	2,332*	2,461*	25,878 ^{ns}	13,477 ^{ns}
Resíduo	24	0,010	0,601	0,615	11,073	16,145
Total	29	-	-	-	-	-
CV(%)	-	2,0	14,9	10,59	4,7	28,7
Bartlett (χ^2)	-	8,279	8,337	11,114	10,110	8,561
Shapiro-Wilk (W)	-	0,981	0,962	0,943	0,966	0,978

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE F – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Contraste	1	0,013 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,018 ^{ns}	16,137 ^{ns}	1,025 ^{ns}
Resíduo	24	0,010	0,601	0,615	11,073	16,145

APÊNDICE G – Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Regressão linear	1	>0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	11,660 ^{ns}	34,658 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,010 ^{ns}	>0,001*	0,653 ^{ns}	1,942 ^{ns}	0,659**
Regressão cúbica	1	0,020 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	51,331*	152,565*	0,032 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,009 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,115 ^{ns}	0,343 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Resíduo	24	0,050	0,020	6,794	20,194	0,060
Total	29	-	-	-	-	-
CV(%)	-	28,1	12,7	20,5	20,5	16,9
Bartlett (χ^2)	-	5,279	6,869	10,114	9,424	1,729
Shapiro-Wilk (W)	-	0,961	0,970	0,952	0,978	0,950

¹ Dados transformados em \sqrt{x} para atenderem a normalidade dos resíduos.

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE H – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 15,7 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Contraste	1	>0,001 ^{ns}	0,005 ^{ns}	1,159 ^{ns}	3,448 ^{ns}	1,908 ^{ns}
Resíduo	24	0,05	0,02	6,79	20,19	0,060

¹ Dados transformados em \sqrt{x} para atenderem a normalidade dos resíduos.

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE I – Análise de variância das variáveis diâmetro do colmo e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Diâmetro	MMSPA	MMSR	MMST
Regressão linear	1	0,174 ^{ns}	1,769 ^{ns}	5,822 ^{ns}	0,424 ^{ns}
Regressão quadrática	1	20,420*	276,849*	7,975 ^{ns}	276,923 ^{ns}
Regressão cúbica	1	9,851 ^{ns}	197,000 ^{ns}	19,521 ^{ns}	273,118 ^{ns}
Desvios de regressão	2	3,871 ^{ns}	19,223 ^{ns}	1,807 ^{ns}	26,102 ^{ns}
Resíduo	30	3,059	54,136	7,291	88,669
Total	35	-	-	-	-
CV%	-	17,7	31,8	40,8	31,3
Bartlett (χ^2)	-	2,959	3,423	8,600	5,193
Shapiro-Wilk (W)	-	0,949	0,967	0,949	0,969

APÊNDICE J – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis do diâmetro e massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Diâmetro	MMSPA	MMSR	MMST
Contraste	1	7,729 ^{ns}	253,234*	0,002 ^{ns}	235,755 ^{ns}
Resíduo	30	3,059	54,136	7,291	88,669

APÊNDICE K – Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P ⁽¹⁾
Regressão linear	1	2,854*	>0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	5,016 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,048 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	2,106 ^{ns}
Regressão cúbica	1	2,852*	>0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	3,900 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,223 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,700 ^{ns}
Resíduo	30	0,387	0,001	0,010	0,001	3,199
Total	35	-	-	-	-	-
CV(%)	-	14,2	8,6	16,3	29,9	36,1
Bartlett (χ^2)	-	3,859	4,434	7,602	4,193	1,797
Shapiro-Wilk (W)	-	0,951	0,961	0,957	0,979	0,988

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE L – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P ⁽¹⁾
Contraste	1	3,472**	0,001 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,338 ^{ns}
Resíduo	30	0,387	0,001	0,010	0,001	3,199

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE M – Análise de variância das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Regressão linear	1	0,005 ^{ns}	2,961 ^{**}	4,763 ^{**}	0,002 [*]	25,759 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,002 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,002 ^{ns}	28,009 ^{ns}	1,383 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,021 ^{ns}	3,103 ^{**}	3,791 ^{**}	11,776 ^{ns}	38,902 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,060 ^{ns}	0,179 ^{ns}	0,258 ^{ns}	0,091 ^{ns}	3,468 ^{ns}
Resíduo	30	0,041	0,390	0,378	8,670	11,772
Total	35	-	-	-	-	-
CV(%)	-	3,57	11,3	9,0	3,6	21,9
Bartlett (χ^2)	-	4,544	5,198	9,602	6,193	3,790
Shapiro-Wilk (W)	-	0,976	0,971	0,987	0,970	0,981

APÊNDICE N – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Contraste	1	0,013 ^{ns}	3,993 ^{**}	4,685 ^{**}	21,980 ^{ns}	23,112 ^{ns}
Resíduo	30	0,041	0,390	0,378	8,670	11,772

APÊNDICE O – Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Regressão linear	1	>0,001 ^{ns}	0,024 ^{ns}	6,166 ^{ns}	42,408 ^{ns}	0,446*
Regressão quadrática	1	0,019 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,764 ^{ns}	3,768 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,007 ^{ns}	0,002 ^{ns}	3,261 ^{ns}	30,644 ^{ns}	0,127 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	12,788**	33,337 ^{ns}	0,070 ^{ns}
Resíduo	24	0,029	0,020	3,181	11,105	0,084
Total	29	-	-	-	-	-
CV(%)	-	21,1	11,5	15,5	15,8	45,1
Bartlett (χ^2)	-	5,521	6,198	10,502	7,195	2,284
Shapiro-Wilk (W)	-	0,968	0,977	0,978	0,981	0,965

¹ Dados transformados em sen x para atenderem a normalidade dos resíduos.

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE P – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Contraste	1	0,004 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,208 ^{ns}	0,665 ^{ns}	18,526 ^{ns}
Resíduo	24	0,029	0,020	3,181	11,105	0,084

¹ Dados transformados em sen x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE Q – Análise de variância das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MMSPA	MMSR	MMST
Regressão linear	1	6,872 ^{ns}	0,050 ^{ns}	6,801 ^{ns}
Regressão quadrática	1	9,472 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	9,219 ^{ns}
Regressão cúbica	1	3,488 ^{ns}	0,044 ^{ns}	7,475 ^{ns}
Desvios de regressão	2	18,511 ^{**}	0,061 ^{ns}	16,993 [*]
Resíduo	48	3,216	0,142	3,950
Total	59	-	-	-
CV%	-	22,3	29,2	20,8
Bartlett (χ^2)	-	2,640	5,663	2,329
Shapiro-Wilk (W)	-	0,983	0,970	0,981

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE R – Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MMSPA	MMSR	MMST
Contraste	1	15,778 [*]	0,011 ^{ns}	12,403 ^{ns}
Resíduo	54	2,998	0,134	3,694

APÊNDICE S – Análise de variância das variáveis massas de nódulos total e unitária, número de nódulos e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea, do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Massa de nódulos	MUN ⁽¹⁾	Número de nódulos ⁽²⁾	N
Regressão linear	1	0,024 ^{ns}	0,096 ^{ns}	128,919*	15652,70 ^{ns}
Regressão quadrática	1	<0,001 ^{ns}	0,017 ^{ns}	3,428 ^{ns}	6229,67 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,033 ^{ns}	0,063 ^{ns}	146,479*	340,84 ^{ns}
Desvio de regressão	2	0,044 ^{ns}	0,078 ^{ns}	34,842 ^{ns}	22444,20**
Resíduo	48	0,023	0,059	23,666	4045,84
Total	59	-	-	-	-
CV%	-	71,4	18,5	82,0	27,6
Bartlett (χ^2)	-	5,445	1,942	7,184	1,248
Shapiro-Wilk (W)	-	0,957	0,959	0,973	0,954

Dados transformados em ⁽¹⁾ \sqrt{x} e ⁽²⁾ $\sqrt{x} + 1$ para atenderem a normalidade dos resíduos.

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE T - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis massas de nódulos total e unitária, número de nódulos e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Massa de nódulos	MUN ⁽¹⁾	Número de nódulos ⁽²⁾	N
Contraste	1	0,049 ^{ns}	0,191 ^{ns}	216,338**	25022,41**
Resíduo	54	0,024	0,064	24,244	3692,46

Dados transformados em ⁽¹⁾ \sqrt{x} e ⁽²⁾ $\sqrt{x} + 1$ para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE U - Análise de variância das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Regressão linear	1	2,413**	>0,001 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,001*	0,257 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,072 ^{ns}	0,001*	0,069 ^{ns}
Regressão cúbica	1	3,034**	>0,001 ^{ns}	0,139 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,279 ^{ns}
Desvios de regressão	2	1,321*	0,001 ^{ns}	0,224 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,034 ^{ns}
Resíduo	48	0,317	0,003	0,214	>0,001	0,283
Total	59	-	-	-	-	-
CV(%)	-	13,1	12,9	22,0	15,3	22,7
Bartlett (χ^2)	-	2,859	4,636	7,812	3,199	2,797
Shapiro-Wilk (W)	-	0,955	0,971	0,959	0,960	0,978

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE V - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Contraste	1	0,009 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,003**	0,009 ^{ns}
Resíduo	54	0,376	0,004	0,256	>0,001	0,300

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE X - Análise de variância das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Regressão linear	1	0,684*	2,240*	8,212**	22,143 ^{ns}	45,212 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,148 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,082 ^{ns}	1,629 ^{ns}	36,167 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,422 ^{ns}	2,993**	3,733*	33,075 ^{ns}	19,866 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,186 ^{ns}	1,136*	1,426 ^{ns}	20,787 ^{ns}	13,033 ^{ns}
Resíduo	48	0,120	0,310	0,875	74,667	23,546
Total	59	-	-	-	-	-
CV(%)	-	6,4	10,9	12,1	13,0	25,9
Bartlett (χ^2)	-	4,969	6,434	6,603	5,290	2,997
Shapiro-Wilk (W)	-	0,965	0,962	0,958	0,968	0,980

APÊNDICE W - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Contraste	1	0,882**	0,020 ^{ns}	1,034 ^{ns}	48,080 ^{ns}	51,170 ^{ns}
Resíduo	54	0,120	0,376	0,929	67,308	22,752

APÊNDICE Y - Análise de variância das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Regressão linear	1	0,005 ^{ns}	1,896 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,414 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,629*	0,029 ^{ns}	2,600 ^{ns}	7,726 ^{ns}	0,090 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,005 ^{ns}	0,039 ^{ns}	0,233 ^{ns}	0,687 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Desvios de regressão	2	1,346**	0,018 ^{ns}	0,817 ^{ns}	2,421 ^{ns}	0,061 ^{ns}
Resíduo	48	0,133	0,718	1,658	4,931	0,071
Total	59	-	-	-	-	-
CV(%)	-	29,6	32,0	22,6	22,6	31,4
Bartlett (χ^2)	-	5,239	5,223	7,113	8,291	12,097
Shapiro-Wilk (W)	-	0,960	0,972	0,959	0,963	0,964

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE Z - Análise de variância do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste comparando ausência e presença de minhocas das variáveis Al^{3+} , acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) do experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, com o milho em tubos de 9,4 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al^{3+}	H+Al	COT	MOS	RMS ⁽¹⁾
Contraste	1	0,248 ^{ns}	0,786 ^{ns}	0,375 ^{ns}	1,124 ^{ns}	0,111 ^{ns}
Resíduo	54	0,107	0,647	1,579	4,695	0,067

¹ Dados transformados em log x para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE AA - Análise de variância das variáveis massas da matéria seca da parte aérea (MMSPA), da raiz (MMSR) e total (MMST) do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MMSPA	MMSR	MMST
Minhocas	5	11,371**	0,043 ^{ns}	11,496*
Inoculação	1	1,148 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,816 ^{ns}
Interação	5	1,274 ^{ns}	0,090 ^{ns}	1,816 ^{ns}
Resíduo	48	3,216	0,142	3,950
Total	59	-	-	-

APÊNDICE AB - Análise de variância das variáveis massas de nódulos total (MTN) e unitária (MUN), número de nódulos (NN) e nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea (NTMMSPA), do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MTN	MUN ⁽¹⁾	NN ⁽²⁾	NTMMSPA
Minhocas	5	0,029 ^{ns}	0,066 ^{ns}	69,702*	13422,32*
Inoculação	1	0,088 ^{ns}	0,242*	84,899 ^{ns}	4254,79 ^{ns}
Interação	5	0,027 ^{ns}	0,079 ^{ns}	17,665 ^{ns}	187,57 ^{ns}
Resíduo	48	0,023	0,059	23,666	4045,84
Total	59	-	-	-	-

¹ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ para atenderem a normalidade dos resíduos.

APÊNDICE AC - Análise de variância das variáveis das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e P disponível do experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Minhocas	5	1,618**	0,001 ^{ns}	0,332 ^{ns}	>0,001*	0,135 ^{ns}
Inoculação	1	0,308 ^{ns}	0,047**	1,299*	>0,001 ^{ns}	>0,001 ^{ns}
Interação	5	0,960*	0,005 ^{ns}	0,456 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,545 ^{ns}
Resíduo	48	0,317	0,003	0,214	>0,001	0,283
Total	59	-	-	-	-	-

Nota: >0,001 = Valor menor que 0,001

APÊNDICE AD – Análise de variância do desdobramento do fator minhoca dentro da inoculação referente às concentrações de Ca^{2+} determinado no experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Ca^{2+}
Minhoca (1)	5	1,347**
Minhoca (2)	5	1,231**
Resíduo	48	0,317

(1) com inoculação

(2) sem inoculação

APÊNDICE AE – Análise de variância do desdobramento do fator inoculação dentro dos níveis de minhocas referente às concentrações de Ca^{2+} determinado no experimento realizado em delineamento inteiramente casualizado, com o feijoeiro em tubos de 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Ca^{2+}
Inoculação (0)	1	0,484 ^{ns}
Inoculação (1)	1	0,064 ^{ns}
Inoculação (2)	1	1,025 ^{ns}
Inoculação (3)	1	0,841 ^{ns}
Inoculação (4)	1	0,016 ^{ns}
Inoculação (5)	1	1,681 ^{ns}
Resíduo	48	0,317

APÊNDICE AF - Análise de variância da variáveis pH H₂O, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC_e), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) determinados no experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com o feijoeiro em tubos 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		pH H ₂ O	SB	CTC _e	V	m
Minhocas	5	0,325*	1,504**	2,976*	19,684 ^{ns}	25,462 ^{ns}
Inoculação	1	0,127 ^{ns}	0,132 ^{ns}	0,004 ^{ns}	24,193 ^{ns}	13,728 ^{ns}
Interação	5	0,119 ^{ns}	1,049 ^{ns}	1,626 ^{ns}	5,281 ^{ns}	16,935 ^{ns}
Resíduo	48	0,120	0,310	0,875	74,667	23,546
Total	59	-	-	-	-	-

APÊNDICE AG - Análise de variância das variáveis Al³⁺, acidez potencial (H+Al), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e respiração microbiana do solo (RMS) determinados no experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado com o feijoeiro em tubos 7,8 L

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Al ³⁺	H+Al	COT	MOS	RMS
Minhocas	5	0,666**	0,400 ^{ns}	0,922 ^{ns}	2,734 ^{ns}	0,048 ^{ns}
Inoculação	1	0,066 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,371 ^{ns}	1,123 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Interação	5	0,186 ^{ns}	0,074 ^{ns}	1,055 ^{ns}	3,145 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Resíduo	48	0,133	0,718	1,658	4,931	0,071
Total	59	-	-	-	-	-