


MARINEI AUGUSTO SIMÕES

The coat of arms of Rio Branco is centered in the background. It features a golden crown at the top, a shield divided vertically into blue and white halves with the letters 'U' and 'F' in the top half and 'A' and 'C' in the bottom half, and a chain of links surrounding the shield. A red star is positioned at the bottom center of the shield.

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ E DE CUPUAÇU EM
RESPOSTA À ATIVIDADE DE *Chibui bari*
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA)**

RIO BRANCO

2010

MARINEI AUGUSTO SIMÕES

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ E DE CUPUAÇU EM
RESPOSTA À ATIVIDADE DE *Chibui bari*
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA)**

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 a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO

2010

© SIMÕES, M. A., 2010.

SIMÕES, Marinei Augusto. **Crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu em resposta à atividade de *Chibui bari* (Annelida: Oligochaeta).** Rio Branco: UFAC, 2010. 80f.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC.

S587c

Simões, Marinei Augusto, 1985 -

Crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu em resposta à atividade de *chibui bari* (Annelida: Oligochaeta) / Marinei Augusto Simões --- Rio Branco : UFAC, 2010.

80f : il. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira kusdra.

Inclui bibliografia

1. Theobroma grandiflorum. 2. Euterpe precatoria. 3. Minhoca. 4. Solo. I. Título.

CDD.: 634.9811

CDU.: 634.6(811.2)

Aos meus pais
Marilson Nobre Simões e
Doranei Augusto da Silva Simões
pelo apoio que sempre me deram
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e depois aos meus pais, Marilson Nobre Simões e Doraneia Augusto da Silva Simões, pelo dom da vida.

Ao prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra, pela orientação e amizade.

Aos demais entes pelo apoio, minha irmã Neima Augusto Simões, meus avós Eulina e Deraldo Augusto da Silva; minhas tias, Dagmar, Dóris e Docácia Augusto da Silva, Dulcinéia Augusto da Silva Tavares, Emídia Lima da Silva Neta e Rita de Cássia; meus tios, Deronaldo Augusto da Silva, Deroaldo Augusto da Silva e Fábio Tavares; meus primos Ivan Augusto Almeida e Thiago Augusto Pinheiro, minhas primas Mariana Augusto Pinheiro, Audrei Augusto Almeida, Celina Augusto Lisboa e Lahna Augusto Tavares.

Ao meu namorado Horcades Hugues Uchôa Sena Júnior, pelo auxílio e compreensão.

Ao Dr. Paulo Guilherme de Souza Wadt pelo apoio quando cheguei ao Acre.

Ao prof. Dr. Sebastião Elviro de Araújo Neto, coordenador do Mestrado em Produção Vegetal da UFAC, pela sua acessibilidade e seu empenho para adquirir os recursos sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos colegas Denise Temporim Furtado, Sérgio da Silva Fiúza, Yldison Felipe Nobre, Jocirene dos Santos da Silva e Alex Elias Braga de Paula pela ajuda na coleta dos experimentos.

Aos amigos que fiz em Rio Branco, Acre, em especial Janiffe Peres de Oliveira, Rean Augusto Zaninetti e Cara Rockwel.

À Universidade Federal do Acre, em especial ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de dar continuidade a minha formação acadêmica.

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Agronomia pelas informações recebidas e conhecimentos adquiridos em suas disciplinas.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a realização do trabalho de pesquisa, a elaboração da dissertação e a conclusão deste curso.

RESUMO

As minhocas podem favorecer, prejudicar ou não interferir no crescimento das plantas, dependendo da espécie de minhoca, de planta e do tipo de solo. Contudo, os estudos visando avaliar a influência de minhocas no crescimento das plantas restringem-se principalmente às espécies exóticas e de pequeno tamanho. *Chibui bari*, ao contrário destas, é um minhocoçu que ocorre em solos do Acre, não havendo registro de trabalhos avaliando seu efeito no crescimento de plantas. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da atividade de *Chibui bari* no crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal do Acre sendo um com as mudas de cupuaçu e outro com as mudas de açaí, ambos com 6 tratamentos (0, 1, 2, 3, 4, e 5 minhocas.vaso⁻¹) e 8 repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Foram considerados como indicadores do crescimento das plantas o diâmetro e a altura aos 0, 30, 60 e 90 dias e as massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total aos 90 dias. Os tratamentos foram também avaliados com relação às características químicas (C orgânico; Ca, Mg e Al trocáveis; P, K e Na da solução do solo e pH) e biológica do solo (atividade microbiana). Os resultados foram submetidos às análises de contrastes ortogonais, de correlação, de covariância e de regressão. A presença de minhocas não interferiu no crescimento do cupuaçuzeiro. Por outro lado as minhocas reduziram o crescimento em altura do açaizeiro. Em ambos os experimentos *Chibui bari* aumentou a acidez do solo e não proporcionou aumento nos teores de Ca, Mg, K, Na e P. No cupuaçuzeiro a presença das minhocas não interferiu na atividade microbiana. Entretanto, no solo com o açaizeiro a atividade microbiana foi menor na presença dos animais.

Palavras-chave: *Theobroma grandiflorum*, *Euterpe precatoria*, minhoca, solo.

ABSTRACT

Earthworms can favor, harm or not have any effect at all on the growth of plants, depending on the species of earthworm and plant, as well as the soil type. However, most studies evaluating the influence of earthworms on plant growth have been restricted to small exotic species. In contrast, *Chibui bari* is an earthworm species occurring in the municipality of Rio Branco, Acre. To date, no studies have evaluated this species' impact on plant growth. Therefore, this research's objective was to evaluate the influence of *Chibui bari* activity on the growth of açai (*Euterpe precatoria*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) seedlings. Two experiments conducted at the Federal University of Acre greenhouse investigated changes in açai and cupuaçu, respectively, with each experiment consisting of 6 treatments (0, 1, 2, 3, 4, and 5 earthworms.pot⁻¹) and 8 repetitions, in complete randomized design. Diameter and height measurements taken at the 0, 30, 60 and 90 day intervals, and plant shoot and root dry mass at the 90 day mark were considered as plant growth indicators. Treatments were also evaluated in regard to chemical composition (organic C; exchangeable Ca, Mg and Al; P; K; Na; and soil pH) and microbial soil activity. Orthogonal contrasts, correlation, covariance and regression were used to analyze the results. The presence of earthworms had no influence on the growth of the cupuaçu seedlings. On the other hand, the presence of earthworms reduced açai height growth. In both of the experiments, the presence of *Chibui bari* increased the soil acidity but did not increase levels of Ca, Mg, K, Na and P. Earthworm presence did not influence microbial activity in the cupuaçu containers. However, microbial soil activity was shown to be reduced in those açai containers holding earthworms.

Key-words: *Theobroma grandiflorum*, *Euterpe precatoria*, earthworm, soil.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Crescimento em altura de mudas de açaí na presença e ausência de minhocas aos 0, 30, 60 e 90 dias nos tubos em casa de vegetação..	40
GRÁFICO 2 - Crescimento em altura de mudas de cupuaçu na presença e ausência de minhocas aos 0, 30, 60 e 90 dias nos tubos em casa de vegetação.....	41
GRÁFICO 3 - Teor de Mg^{+2} na solução do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	42
GRÁFICO 4 - Teor de K^{+} na solução do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	43
GRÁFICO 5 - Soma de bases (SB) do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	46
GRÁFICO 6 - Capacidade de troca catiônica (CTC) do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	47
GRÁFICO 7 - Comportamento do pH no solo com mudas de cupuaçu e de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	49
GRÁFICO 8 - Acidez potencial ($H^{+} + Al^{3+}$) do solo com mudas de cupuaçu conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.....	50
GRÁFICO 9 - Teor de carbono e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu conforme aumento da densidade de minhocas por tubo.....	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Tubo de PVC envolto por tela de nylon para conter fuga de <i>Chibui bari</i>	28
FIGURA 2 - Manta térmica envolvendo o tubo de PVC.....	28
FIGURA 3 - Plântulas de cupuaçu sendo transplantadas, quando emitiram os primeiros dois folíolos, das bandejas com areia lavada para os tubos de PVC em casa de vegetação.....	30
FIGURA 4 - Lavagem das raízes das mudas de açaí para completa remoção do substrato.....	30
FIGURA 5 - Data logger posicionado entre os dois experimentos, na mesma altura das unidades experimentais.....	31
FIGURA 6 - Termômetro utilizado para medir a temperatura do solo nos tubos sem introdução de minhocas. Na figura A o compara a uma régua com 30 cm de comprimento e na figura B o mostra medindo a temperatura do solo.....	32
FIGURA 7 - Medição dos indicadores de crescimento, diâmetro e altura das mudas de açaí. Na figura A obtenção do diâmetro utilizando um paquímetro digital e na figura B a altura com uso de régua graduada.....	32
FIGURA 8 - Visão das galerias no solo ao final do experimento. As figuras A e B apresentam a visão longitudinal dos tubos com minhocas. A figura C sem minhocas. As figuras D, E, F, G, H e I são visões transversais com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas por tubo, respectivamente, em casa de vegetação.....	35
FIGURA 9 - Coprólitos de <i>Chibui bari</i> . As figuras A, B e C são deposições no interior do solo. As figuras D, E e F são excrementos na superfície, nos tubos em casa de vegetação.....	36
FIGURA 10 - Comparação entre as raízes das mudas estudadas. Figura A, raiz do cupuaçuzeiro e figura B raiz do açaizeiro cultivados por 90 dias em casa de vegetação.....	36
FIGURA 11 - Estádios em que as minhocas foram encontradas ao final dos experimentos. Nas figuras A e B estão em estivação, nas figuras C e D estão entrando ou saindo deste estágio, figura D e F se encontram em atividade nos tubos de PVC em casa de vegetação.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Caracterização granulométrica do solo utilizado como substrato em tubos de PVC, para avaliar o crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu sob influência de <i>Chibui bari</i> em casa de vegetação.....	29
TABELA 2 -	Caracterização química do solo utilizado como substrato em tubos de PVC, para avaliar o crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu sob influência de <i>Chibui bari</i> em casa de vegetação.....	29
TABELA 3 -	Dados climatológicos registrados na casa de vegetação, com uso de data logger, durante o período de avaliação experimental.....	31
TABELA 4 -	Diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	38
TABELA 5 -	Massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	38
TABELA 6 -	Diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	39
TABELA 7 -	Massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	39
TABELA 8 -	Altura das mudas de cupuaçu aos 0, 30, 60 e 90 dias na presença e ausência de minhocas em delineamento inteiramente casualizado.....	41
TABELA 9 -	Altura das mudas de açaí aos 0, 30, 60 e 90 dias na presença e ausência de minhocas em delineamento inteiramente casualizado.....	41
TABELA 10 -	Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P, na solução do solo dos tratamentos com ausência e presença de minhocas com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais....	43
TABELA 11 -	Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P, na solução do solo dos tratamentos com ausência e presença de minhocas com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais.....	44

TABELA 12 - Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) do solo para os tratamentos na ausência e presença de minhocas com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais.....	47
TABELA 13 - Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) do solo para os tratamentos na ausência e presença de minhocas com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais.....	48
TABELA 14 - Teores de Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$ e pH do solo para os tratamentos com ausência e presença de minhocas nos tubos com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais.....	49
TABELA 15 - Teores de Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$ e pH do solo para os tratamentos com ausência e presença de minhocas nos tubos com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais.....	50
TABELA 16 - Teores de C e de matéria orgânica do solo com as mudas de açaí para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	51
TABELA 17 - Teores de C e de matéria orgânica do solo com as mudas de cupuaçu para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	51
TABELA 18 - Respiração basal do solo com mudas de açaí para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	53
TABELA 19 - Respiração basal do solo com mudas de cupuaçu para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais.....	54

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A -	Análise de covariância dos dados do diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	66
APÊNDICE B -	Análise de regressão do diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	66
APÊNDICE C -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	67
APÊNDICE D -	Análise de covariância dos dados das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	67
APÊNDICE E -	Análise de regressão das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	68
APÊNDICE F -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	68
APÊNDICE G -	Análise de covariância dos dados do diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	68
APÊNDICE H -	Análise de regressão do diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	69
APÊNDICE I -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	69

APÊNDICE J -	Análise de covariância dos dados das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	69
APÊNDICE K -	Análise de regressão das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	70
APÊNDICE L -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	70
APÊNDICE M -	Análise de regressão da altura das mudas de cupuaçu aos 0, 30, 60 e 90 dias na ausência e presença de minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	71
APÊNDICE N -	Análise de regressão da altura das mudas de açaí aos 0, 30, 60 e 90 dias na ausência e presença de minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	71
APÊNDICE O -	Análise de regressão das concentrações de $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, P$ disponíveis no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	72
APÊNDICE P -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as concentrações de $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, P$ disponíveis no solo com mudas de açaí aos 90 dias em delineamento inteiramente casualizado.....	72
APÊNDICE Q -	Análise de regressão das concentrações de $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, P$ disponíveis no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias nos tubos com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	73
APÊNDICE R -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as concentrações de $Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, P$ disponíveis no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado....	73
APÊNDICE S -	Análise de regressão da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	74

APÊNDICE T -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	74
APÊNDICE U -	Análise de regressão da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	75
APÊNDICE V -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	75
APÊNDICE W -	Análise de regressão do pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	76
APÊNDICE X -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	76
APÊNDICE Y -	Análise de regressão do pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	76
APÊNDICE Z -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	77
APÊNDICE AA -	Análise de regressão dos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	77
APÊNDICE AB -	Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação aos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	77

APÊNDICE AC - Análise de regressão dos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	78
APÊNDICE AD - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação aos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	78
APÊNDICE AE - Análise de regressão da respiração basal do solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	79
APÊNDICE AF - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a respiração basal do solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	79
APÊNDICE AG - Análise de regressão da respiração basal do solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado.....	80
APÊNDICE AH - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a respiração basal do solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado.....	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NAS PROPRIEDADES DO SOLO.....	18
2.1.1 Físicas.....	18
2.1.2 Químicas.....	19
2.1.3 Biológicas.....	20
2.2 INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS DA MINHOCA <i>Chibui bari</i>	23
2.4 CUPUAÇUZEIRO.....	24
2.5 AÇAIZEIRO.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES.....	65

1 INTRODUÇÃO

O sistema agroflorestal é adotado por muitos dos pequenos produtores na Amazônia. É um método de cultivo que se assemelha às condições naturais da floresta, onde ocorrem os processos de produção de serapilheira, de sua decomposição e de ciclagem de nutrientes. Portanto, há maior retorno de nutrientes ao solo e, conseqüentemente, menos uso de insumos agrícolas. Desta forma, comparado à agricultura convencional, é um sistema com menor custo de manutenção e maior sustentabilidade.

Por apresentar diversidade de plantas o sistema agroflorestal permite também a possibilidade de ocorrência de maior diversidade de microrganismos e invertebrados do solo constituintes da biota edáfica.

Um dos principais invertebrados constituintes da fauna edáfica são as minhocas. Estes animais, em consequência de seus excrementos e galerias, são capazes de modificar as características químicas, físicas e biológicas do solo.

Chibui bari é um minhocoçu que ocorre em vários solos do Acre. Sua presença é detectada pelo fato desta espécie depositar seus excrementos na superfície do solo em formato de torre. Já existem trabalhos investigando o potencial de *Chibui bari* em modificar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Entretanto, ainda é desconhecida sua influência no crescimento de plantas.

O açazeiro e o cupuaçuzeiro são espécies nativas da Amazônia muito utilizadas na composição de consórcios nos sistemas agroflorestais pois, além de necessitarem de sombreamento durante seu crescimento inicial, produzem frutos muito apreciados pela população local.

Chibui bari ocorre sob diferentes formas de uso do solo, desse modo o cultivo de plantas em locais de sua ocorrência poderia ser uma alternativa de aumento de produção vegetal sem maiores gastos com insumos agrícolas, situação esta que beneficiaria especialmente o pequeno produtor.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de *Chibui bari* no crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu, nas características químicas do solo e na atividade microbiana edáfica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As minhocas pertencem ao filo Annelida e classe Oligochaeta. São organismos terrestres com simetria bilateral e segmentação correspondente interna e externamente (BOHLEN, 2002), possuem cerdas dotadas de musculatura própria para sua locomoção (RIGHI, 1989). Embora sejam hermafroditas as minhocas necessitam de dois indivíduos para que ocorra sua reprodução, que é cruzada (AQUINO et al., 2005).

Fazem parte da macrofauna edáfica, grupo constituído por invertebrados que tem a capacidade de cavar e criar estruturas para sua movimentação e sobrevivência no solo, tais como, as galerias, além da deposição de excrementos, resultantes da sua atividade alimentar (CORREIA, 2002). O conjunto das estruturas formadas por essas atividades das minhocas caracterizam a drilosfera, que constitui-se da região do solo sob influência da atividade das minhocas (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Consideram-se as minhocas como engenheiras do ecossistema (JONES et al., 1994) por controlarem de forma direta ou indireta a disponibilidade de recursos para os demais organismos, causando mudanças de estado físico de materiais bióticos e abióticos.

Podem ser classificadas quanto a sua categoria nutricional como detritívoras e geófagas. Ambas as categorias consomem material orgânico e mineral, contudo, as detritívoras alimentam-se principalmente de serapilheira, raízes mortas e outros resíduos vegetais, e as geófagas, ingerem maiores quantidades de solo mineral (LEE, 1985). Podem ainda ser classificadas quanto a sua categoria ecológica como epigeicas, anécicas e endogeicas. As epigeicas são, de modo geral, minhocas pequenas e pigmentadas que habitam a serapilheira, acima da camada superficial do solo. As anécicas são, em geral, minhocas pigmentadas e maiores que as epigeicas, que vivem nas camadas superficiais e intermediárias do solo. Endogeicas são, geralmente, minhocas despigmentadas e de dimensões equivalentes ou maiores que as anécicas, constroem galerias verticais, semi-permanentes e permanentes, em profundidade (BOUCHÉ, 1977; LAVELLE et al., 1994).

Dentre os organismos da fauna edáfica que se alimentam de detritos orgânicos, as minhocas são os mais importantes quanto à agregação, pois originam dejetos formados por agregados argilo-húmicos, com elevada CTC, ricos em minerais e resistentes a ação da água (SILVA FILHO; SILVA, 2002). Contribuem também para a melhoria da porosidade do solo, a infiltração de água e o transporte de solutos. Além disso, aceleram a decomposição da serapilheira, aumentam a velocidade da ciclagem de nutrientes e a captação destes pelas plantas (BOHLEN, 2002).

2.1 INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NAS PROPRIEDADES DO SOLO

As minhocas por sua atividade de escavação de galerias, incorporação de materiais orgânicos ao solo mineral, e liberação de excrementos na superfície e subsuperfície do solo (BOHLEN, 2002; BROWN et al., 2000), alteram suas propriedades físicas, químicas e biológicas (LAFONT, 2007).

2.1.1 Físicas

O efeito das minhocas na estrutura do solo resulta da sua alimentação (BOHLEN, 2002). A digestão da matéria orgânica por minhocas pode constituir um importante mecanismo que afeta a micro e a macroestrutura edáfica, e minimiza a susceptibilidade a perdas por erosão (GILOT, 1997; MARINISSEN et al., 1996; SNYDER et al., 2009).

Elas podem apresentar diferentes comportamentos e arquiteturas de galerias, e, conseqüentemente, terem distintos impactos no funcionamento do solo e especialmente na circulação de fluidos (JÉGOU et al., 1999).

Ao ingerirem partículas de solo e de matéria orgânica, misturam-nas e ejetam-nas no interior e superfície do solo como coprólitos. Estima-se que a taxa anual dessa produção pelas minhocas varie entre 5 e 250 ton.ha⁻¹ (BOHLEN, 2002). Segundo Bouché e Al-Addan (1997) a deposição de coprólitos na superfície está relacionada a fatores como temperatura, umidade e fotoperíodo, e controladas pelo tipo de alimento disponível no solo.

A produção de coprólitos na superfície por algumas espécies de minhocas tropicais pode causar a compactação do solo, aumento de sua densidade e redução

da infiltração de água (BOHLEN, 2002). A compactação do solo pode ocorrer mesmo com a formação de macro-agregados do solo (PASHANASI et al., 1996).

De acordo com Pulleman et al. (2005) a estabilidade dos microagregados presentes nos coprólitos das minhocas varia em função do modo de uso da terra. Já Schrader e Zhang (1997) relatam que depende da sensibilidade do solo à perturbação física. De modo geral, quanto mais susceptível à erosão for o solo, mais eficaz é o coprólito na estabilização dos agregados.

2.1.2 Químicas

As minhocas são responsáveis por misturar as camadas orgânicas e minerais, aumentando o conteúdo de nutrientes da camada de húmus e diminuindo a espessura da camada de matéria orgânica em superfície (EISENHAUER et al., 2007).

Os coprólitos liberados podem ser eficientes fontes de nutrientes para as plantas e menos propensos a produzir estresse salino que os fertilizantes sintéticos (CHAOUÏ et al., 2003). As minhocas anécicas e detritívoras ingerem menos solo e produzem menos coprólitos com maior teor de matéria orgânica quando comparadas às minhocas endogeicas e geófagas (BUCK et al., 1999).

Quadros et al. (2002) comparando os primeiros 5 cm de solo em um plantio de eucalipto com os excrementos das minhocas, encontraram níveis maiores de cálcio (12,5x), magnésio (10x), fósforo (10,5x), potássio (3x), matéria orgânica (2,8x) e CTC (4,4x) nos excrementos que no solo.

Quanto ao carbono orgânico Schrader e Zhang (1997) afirmam que as minhocas elevam seu teor no solo. No entanto, a magnitude deste aumento depende da textura do solo, sendo maior nos arenosos que nos argilosos.

Quanto ao fósforo Suárez et al. (2003) concluíram que a presença de minhocas no solo altera o seu ciclo biogeoquímico. Segundo Chapuis-Lardy et al. (1998) após o solo passar pelo trato digestório da minhoca, mantém-se o teor de P total, aumentando, no entanto o P inorgânico e reduzindo o P orgânico, pois, aumenta a mineralização. Além disso, as minhocas facilitam a transferência de P para o interior do solo. Concentrando-o nos coprólitos e nas galerias (LE BAYON; BINET, 2006).

Quanto ao potássio Basker et al. (1992) relatam que a atividade das minhocas aumenta o teor de K trocável na solução do solo, deslocando o equilíbrio entre as formas de K de relativamente indisponíveis para mais disponíveis.

Para nitrogênio, Willems et al. (1996) desenvolvendo trabalho com adição de *Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea tuberculata* em vasos, observaram que estas aumentaram a mineralização e a nitrificação do N, podendo fornecer entrada considerável de N disponível para o sistema solo de até 90 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Já Ketterings et al. (1997), estudando a adição de *L. terrestris*, *A. tuberculata*, *A. trapezoides* e *L. rubellus* ao campo observaram que estas não interferiram no conteúdo de C e N total do solo, sendo que estes foram armazenados nos macroagregados, conferindo-lhes maior estabilidade. De acordo com Lachnicht et al. (2002) espécies diferentes de minhocas tem efeito distinto na mineralização de C e N e nos seus ciclos biogeoquímicos no solo.

Segundo Ernst et al. (2009) em condições de baixo conteúdo de N as minhocas e os microrganismos competem por ele causando sua imobilização. Esta situação indica que as minhocas podem diminuir a disponibilidade de alguns nutrientes quando estes apresentam-se em baixa concentração no solo.

2.1.3 Biológicas

As minhocas ao revolver e misturar a matéria orgânica com o solo aumenta sua qualidade e, conseqüentemente, estimulam a atividade microbiana (ERNST et al., 2009). De acordo com Lavelle et al. (1995), a comunidade microbiana muitas vezes se encontra dormente em determinados microsítios do solo sendo ativada pela passagem no tubo digestivo das minhocas proposição conhecida como “paradoxo da Bela Adormecida”.

No trato digestório das minhocas é encontrada grande abundância de bactérias (BRITO-VEGA; ESPINOSA-VICTORIA, 2009). Contudo, a diversidade é diferente da contida no material ingerido, devido a morte de algumas espécies de microrganismos (PEDERSEN; HENDRIKSEN, 1993).

Elas podem ser incubadoras e dispersoras de bactérias importantes para agricultura, promotoras de crescimento de plantas e solubilizadoras de fosfato indisponível, além de realizar controle microbiano de certos fitopatógenos (BRITO-VEGA; ESPINOSA-VICTORIA, 2009).

Thorpe et al. (1996) destacam a importância das minhocas no transporte e na dispersão de microrganismos no solo. Por meio de estudo com *Lumbricus terrestris*

em vasos com 30 cm de profundidade e bactérias marcadas, observaram que 24 dias após a inoculação, estas foram distribuídas em todo o solo.

Segundo Willems et al. (1996) locais com alta densidade de minhocas apresentam solo bem estruturado e aerado proporcionando aumento na atividade microbiana edáfica. No entanto, há espécies de minhocas que conforme aumenta sua densidade diminui a atividade microbiana. Segundo Eisenhauer et al. (2007) *Lumbricus terrestris* transloca material mineral das camadas mais profundas de solo para a superfície, este contém recursos limitados para os microrganismos e, conseqüentemente, diminui sua atividade.

Além dos microrganismos, as minhocas podem também interferir na estrutura de populações de outros componentes da fauna edáfica como, por exemplo, os nematóides, que podem ter a população reduzida na presença de minhocas (RÄTY; HUHTA, 2003).

2.2 INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS

Embora predominem os relatos de influência positiva de minhocas no crescimento de plantas (BLOUIN et al., 2007; ERIKSEN-HAMEL; WHALEN, 2007; GILOT, 1997; LAOSSI et al., 2009) há vários trabalhos que relatam ausência de efeito (BAKER et al., 1997; DEROUARD et al., 1997; DOUBE et al. 1997) ou até mesmo efeito negativo (PASHANASI et al., 1992; DEROUARD et al., 1997; DOUBE et al., 1997; KUSDRA, 1998). De modo geral, esta influência depende da interação entre espécie de planta, de minhoca e tipo de solo.

Eriksen-Hamel e Whalen (2007) em estudo com *Aporrectodea caliginosa* e *Lumbricus terrestris* verificaram que estas, em altas populações (maior que 300 indivíduos.m⁻²) contribuem positivamente para o crescimento de plantas.

Gilot (1997) ao avaliar a produção de tubérculos de inhame em experimento de campo observou aumento na presença da minhoca *Millsonia anomala* durante o primeiro e terceiro ano de avaliação, em 20% e 53%, respectivamente.

Laossi et al. (2009) observaram aumento no crescimento da gramínea *Poa annua* na presença de *Lumbricus terrestris*.

Derouard et al. (1997) verificaram que *Millsonia anomala*, *Chuniodrilus zielae* e *Hyperiodrilus africanus* não influenciaram o crescimento da parte aérea, nem a

produção de vagens de amendoim. Porém o sistema radicular respondeu positivamente à inoculação com *C. zizae* com aumento em 20%, e negativamente a *H. africanus*, diminuindo em 25%. Já plantas de milho na presença destas minhocas mostraram aumentos respectivos de 40%, 152% e 130% de massa foliar, biomassa da espiga e o número de espigas. Em plantas de arroz a parte aérea respondeu apenas a *C. zizae* aumentando em 14% a biomassa. Contudo, Blouin et al. (2007) obtiveram resposta positiva no crescimento das plantas de arroz com *M. anomala*.

Pashanasi et al. (1992) em experimento em casa de vegetação com quatro densidades distintas de minhocas da espécie *Pontoscolex corethrurus* observaram efeito altamente positivo (24,7 vezes maior) no crescimento de mudas de urucum, moderadamente (2,47 vezes maior) em araçá-boi e negativo (2 vezes menor) no crescimento de pupunheira.

Estudo conduzido por Baker et al. (1997) com *Aporrectodea trapezoides* e *A. rosea* com trigo mostrou que a primeira promoveu aumento na biomassa das plantas, contudo, na presença da segunda não teve efeito significativo. Doube et al. (1997) e Stephens et al. (1994) avaliaram o efeito das mesmas espécies no crescimento de plantas de trigo em solo com textura franco arenosa e observaram que ambas promoveram resposta positiva no crescimento das plantas conforme aumentaram a densidade de minhocas. No entanto, Doube et al. (1997) efetuaram a mesma avaliação em solo de textura argilosa e não verificaram aumento de crescimento.

Kusdra (1998) observou efeito negativo de minhocas *Amyntas* spp no crescimento de plantas de feijoeiro em solo argiloso. Já Doube et al. (1997), ao estudarem feijão fava em solo argiloso e franco arenoso na presença de *A. trapezoides* e *A. rosea*, constataram que a massa da matéria seca da parte aérea não respondeu às minhocas. Contudo, em solo franco, a parte aérea das plantas foi reduzida na presença de *A. rosea*, mas não foi influenciada por *A. trapezoides*. Para cevada, em solo argiloso houve redução na matéria seca da parte aérea com ambas as espécies. Contudo, em solo franco arenoso, a presença de *A. trapezoides* e *A. rosea* foi associada com aumento na massa da parte aérea e, em solo franco, não se verificou diferença das plantas com ambas as espécies de minhocas.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA MINHOCA *Chibui bari*

Chibui bari é um minhocucu integrante da família Glossoscolecidae. É classificado quanto ao seu hábito alimentar como geófago e quanto ao seu comportamento como endogeico. A espécie foi descrita no município de Rio Branco, Acre (RIGHI; GUERRA, 1985). Segundo Lavelle e Lapied (2003) as comunidades de minhocas da região Amazônica compreendem grande número de espécies com áreas de distribuição limitada. De acordo com estes autores, este fenômeno é explicado devido às minhocas nativas apresentarem capacidade limitada para locomoção e sensibilidade a distúrbios.

Um indivíduo adulto possui comprimento entre 30 cm e 60 cm, diâmetro corporal médio de 8,18 mm e biomassa de 9,16 g (FIUZA, 2009). Sua reprodução ocorre nos primeiros meses do período chuvoso (GUERRA, 1988), quando libera casulos no solo, sendo estes ovóides com tamanho entre 15 mm e 20 mm e com a eclosão de duas minhocas (FIUZA, 2009).

Sua atividade está restrita ao período das chuvas, sendo o fator limitante da sua atividade a umidade do solo, ficando em estágio de estivação na época seca do ano cobrindo-se com uma película de muco para evitar perda de água, voltando à atividade quando o teor de umidade volta a lhes ser favorável (GUERRA, 1985).

Constroem galerias que resultam em porosidade no solo de até 13.705 dm³ (FIUZA, 2009). Guerra (1985) em experimento de campo observou que galerias de *Chibui bari* atingem em média 96 cm de profundidade. No entanto, Fiuza (2009) construiu uma estrutura denominada de câmara experimental, que consistia de tubos de PVC de 20 cm de diâmetro por 150 cm de altura, e a preencheu com solo coletado de uma área de habitat da espécie em profundidade de 0 cm a 150 cm arranjando-o simulando a mesma estratificação das camadas, e concluiu que *Chibui bari* tem capacidade de se aprofundar mais do que isso no solo em condições naturais, visto que alcançou toda a extensão da câmara experimental.

Seus excrementos são depositados na superfície do solo em formato de torre, sendo estas estruturas denominadas de coprólitos (GUERRA, 1988). Cada coprólito é produzido por uma única minhoca (FIUZA, 2009; GUERRA, 1985) podendo pesar até 2 kg durante o período de atividade.

Estes apresentam composição granulométrica semelhante ao material ingerido, sendo a matéria orgânica o elemento ligante entre as partículas minerais. A

produção destes num período de oito meses pode chegar a 141,3 t.ha⁻¹. Mantida esta produção, em menos de 20 anos todo o horizonte superficial será renovado (FIUZA, 2009).

Guerra (1994) e Fiuza (2009) compararam a concentração de alguns nutrientes nos coprólitos e no solo adjacente. E observaram aumento nos coprólitos de Ca, Mg, P, K e C, diminuição dos teores de Al e elevação do pH.

Fiuza (2009) observou também que nos coprólitos há maior taxa de respiração microbiana do que no solo adjacente. A maior atividade microbiana nos coprólitos do que no solo adjacente é também relatada por Guerra (1994), pois segundo o mesmo as minhocas endogeicas necessitam de um sistema de digestão mutualístico estabelecido com os microrganismos que os auxiliam na exploração de recursos alimentares extremamente pobres.

Baseados na possível melhoria das condições químicas que os coprólitos desta espécie proporciona ao solo, Kusdra et al. (2008), Silva et al. (2007) e Souza et al. (2008) estudaram o crescimento de mudas de mamoeiro, de couve-manteiga e de alface, respectivamente, com adição de coprólitos a solos distróficos e eutróficos, e concluíram que o uso de substratos preparados com solo e coprólitos de minhoca somente contribui para o crescimento dessas plantas se a condição química dos coprólitos for mais adequada que a do solo em atender suas necessidades nutricionais, do contrário, prejudica seu crescimento. No entanto, nenhum trabalho foi realizado visando o crescimento de plantas sob atividade de *Chibui bari*.

2.4 CUPUAÇUZEIRO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum.) é uma árvore pertencente a família Sterculiaceae, que pode atingir até 10 metros de altura, possui folhas longas, medindo em média 35 cm de comprimento e com aparência ferruginosa na face inferior. Sistema radicular pivotante, sendo que nos primeiros 30 cm concentra grande quantidade de raízes laterais ou secundárias (SOUZA et al., 1999). As flores são grandes, de cor vermelho-escuro, sendo as maiores do gênero, não crescem grudadas no tronco, como nas outras variedades de theobromáceas,

mas sim nos galhos (MARCO; LORENZI, 2008). Esta espécie floresce entre os meses de abril e setembro, a época mais seca do ano (FALCÃO; LLERAS, 1983).

O fruto, cupuaçu, tem formato cilíndrico, com extremidades arredondadas, possui diâmetro e comprimento médios de 12 cm e 24 cm, respectivamente. Apresenta casca dura e lisa com coloração castanho-escura. As sementes ficam envoltas por uma polpa branca, ácida e aromática (MARCO; LORENZI, 2008). Sua frutificação ocorre entre os meses de dezembro a abril (FALCÃO; LLERAS, 1983).

É destaque entre as frutas tropicais brasileiras. Seu consumo é popular na região norte e está expandindo por todo o Brasil, com possibilidades promissoras no mercado exterior. A polpa é apreciada sob a forma de sucos, sorvetes, doces, geléias, biscoitos e outras iguarias e as sementes são utilizadas na produção do cupulate e na indústria de cosméticos (VENTURIERI, 1993).

A muda de cupuaçuzeiro necessita de sombra para se desenvolver (SOUZA; SILVA, 1999), tornando-o assim uma alternativa de produção agrícola integrada para a pequena propriedade rural na Amazônia, compondo consórcios, sistemas agroflorestais, e até mesmo para o enriquecimento cultural das comunidades rurais (SCHROTH et al., 2001; VOHLAND; SCHROTH, 1999).

2.5 AÇAIZEIRO

O açaí solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) é uma palmeira tropical que ocorre no alto do Rio Amazonas e seus afluentes, nas matas de terra firme. Apresenta um único caule, com estipe alongado, sem espinho. Com até 35 m de altura, e até 15 cm de diâmetro (SILVA et al., 2010). Seu sistema radicular é fasciculado (OLIVEIRA et al., 2002).

É uma espécie monóica, porém, as flores masculinas e femininas abrem em períodos distintos, sendo, preferencialmente, alógama. Contudo, não há auto-incompatibilidade, podendo ser fecundada com pólen de outra inflorescência da mesma planta e, ocasionalmente, com pólen da mesma inflorescência (RIBEIRO, 2009).

Fornece variada matéria-prima, sendo utilizada pelas populações nativas para suprir múltiplas necessidades (FRANKE et al., 2001). São explorados principalmente os frutos e o palmito (QUEIROZ et al., 2001), contudo também aproveitam-se as sementes, os troncos e as folhas para produção de adubo orgânico, em construções rurais, e artesanato, respectivamente. Além disso, pode ser utilizada como palmeira ornamental, compondo projetos paisagísticos (RIBEIRO, 2009).

O meio de propagação mais utilizado para a produção de mudas é o sexuado, através de semente. O método assexuado tem se mostrado ineficiente, com baixa porcentagem de sobrevivência (QUEIROZ et al., 2001). Para obtenção das sementes são selecionados cachos maduros de plantas com características desejáveis ao produtor, normalmente são sanidade, precocidade na frutificação e maior produção (SILVA et al., 2005).

Devido à demanda das famílias locais e demais regiões pelos produtos do açazeiro seu cultivo representa uma alternativa para diversificação dos sistemas de produção dos agricultores familiares (PEREIRA et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos em casa de vegetação na área de pesquisa do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, no campus da Universidade Federal do Acre - UFAC, município de Rio Branco, Acre. No primeiro experimento utilizou-se como planta teste o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum.) e, no segundo, o açaizeiro (*Euterpe precatoria* Mart.), por um período de 90 dias. O delineamento utilizado em ambos foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 8 repetições, totalizando 48 unidades experimentais, para cada experimento.

Como unidades experimentais utilizaram-se tubos de PVC de cor branca, com dimensões de 20 cm de diâmetro por 30 cm de altura, e 9,4 L de capacidade. Estes foram envolvidos por tela de nylon de cor branca com abertura de malha de 2,0 mm de diâmetro, sobrepondo em 15 cm a altura dos tubos, e presas com elástico de látex, para conter a fuga das minhocas (FIGURA 1). Para minimizar a transferência de calor do ar ao solo e permitir melhor conforto térmico para as minhocas, cada tubo foi envolto por uma manta térmica com duas faces, uma de alumínio e outra branca, intercaladas com bolhas de ar (FIGURA 2).

De acordo com as recomendações técnicas (PEREIRA et al., 2003) a casa de vegetação com os dois experimentos foi coberta por um telado com 50% de sombreamento, na parte superior, a uma altura 2,2 m, e nas laterais da casa.

Os dois experimentos tiveram os mesmos tratamentos que constituíram da introdução de 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas.tubo⁻¹, respectivamente, equivalente a densidades em torno de 32; 64; 96; 128 e 160 indivíduos.m⁻². Além destes, considerou-se também um tratamento sem introdução de minhocas na unidade experimental (controle).

Foi utilizado como substrato solo franco coletado de área de habitat natural de *Chibui bari* no campus da UFAC, com textura média de acordo com a TABELA 1, e caracterização química apresentada na TABELA 2. Antes da instalação dos experimentos o solo foi peneirado (5 mm) para a retirada de pedras, materiais grosseiros e minhocas.

Antes da introdução das minhocas nos tubos foi realizada a sua lavagem, e posteriormente, estas foram colocadas na superfície do solo, penetrando espontaneamente, já formando galerias em seu interior.



FIGURA 1 - Tubo de PVC envolto por tela de nylon para conter fuga de *Chibui bari*.



FIGURA 2 - Manta térmica envolvendo o tubo de PVC.

TABELA 1 - Caracterização granulométrica do solo utilizado como substrato em tubos de PVC, para avaliar o crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu sob influência de *Chibui bari* em casa de vegetação

Areia	Silte	Argila
%		
48,67	40,02	11,31

TABELA 2 - Caracterização química do solo utilizado como substrato em tubos de PVC, para avaliar o crescimento de mudas de açaí e de cupuaçu sob influência de *Chibui bari* em casa de vegetação

pH	K	P	Na	Ca+Mg	Ca	K	Na	Mg	Al	H+Al	S. Bases	CTC	Valor V	Sat. Al	C	Mat. Org.
água (1:2,5)	mg.dm ⁻³			cmol _c .dm ⁻³									%		g.kg ⁻¹	
4,9	37,00	6,00	0,05	4,20	3,65	0,09	0,05	0,55	0,05	2,15	4,35	6,50	67	1	9,42	15,20

Para permitir a adaptação e o estabelecimento dos animais no solo o transplântio das mudas de cupuaçu e de açaí foi efetuado cinco dias após a introdução das minhocas nos tubos.

As mudas de cupuaçu foram produzidas na casa de vegetação, a partir de sementes despulpadas, em bandejas com areia lavada e esterilizada, sob telado com 50% de sombreamento. O transplântio foi realizado quando as plântulas emitiram os primeiros dois folíolos (FIGURA 3).

As mudas de açaí foram produzidas no Parque Zoobotânico da UFAC, município de Rio Branco, Acre. As raízes foram lavadas para não misturar os substratos (FIGURA 4), antes do transplântio para os tubos de PVC.

No decorrer dos experimentos foram feitas irrigações regularmente procurando manter uma condição homogênea e uniforme da umidade entre as unidades experimentais utilizando-se como referência 70% de umidade na capacidade de campo.



FIGURA 3 - Plântulas de cupuaçu sendo transplantadas, quando emitiram os primeiros dois folíolos, das bandejas com areia lavada para os tubos de PVC em casa de vegetação.



FIGURA 4 - Lavagem das raízes das mudas de açai para completa remoção do substrato.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas todos os dias, a cada hora, utilizando-se um data logger digital instalado entre os dois experimentos, na mesma altura das unidades experimentais (FIGURA 5). O experimento com o cupuaçuzeiro apresentou temperatura variando entre 13,5 °C e 42,0 °C e umidade relativa entre 32,5% e 93,0%. Para o experimento com o açazeiro a temperatura variou entre 13,5 °C e 44,3 °C e umidade relativa entre 27,4% e 93,0%. Os valores médios mensais para o período de avaliação experimental estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Dados climatológicos registrados na casa de vegetação, com uso de data logger, durante o período de avaliação experimental

Mês	Temperatura média	Umidade relativa média
Junho	25,62 °C	76,37%
Julho	26,88 °C	72,41%
Agosto	27,79 °C	72,12%
Setembro	29,08 °C	65,50%



FIGURA 5 - Data logger posicionado entre os dois experimentos, na mesma altura das unidades experimentais.

A temperatura do solo foi monitorada no decorrer dos experimentos com uso de um termômetro (FIGURA 6), nos vasos controle, para não ferir as minhocas. Esta variou entre 21,0 °C e 39,6 °C em ambos os experimentos.

As avaliações dos experimentos foram realizadas com 0, 30, 60 e 90 dias. Em cada época avaliou-se o diâmetro à altura do colo e a altura das plantas sendo que para obtenção dos mesmos utilizou-se paquímetro digital (FIGURA 7A) e régua graduada (FIGURA 7B), respectivamente.



FIGURA 6 - Termômetro utilizado para medir a temperatura do solo nos tubos.

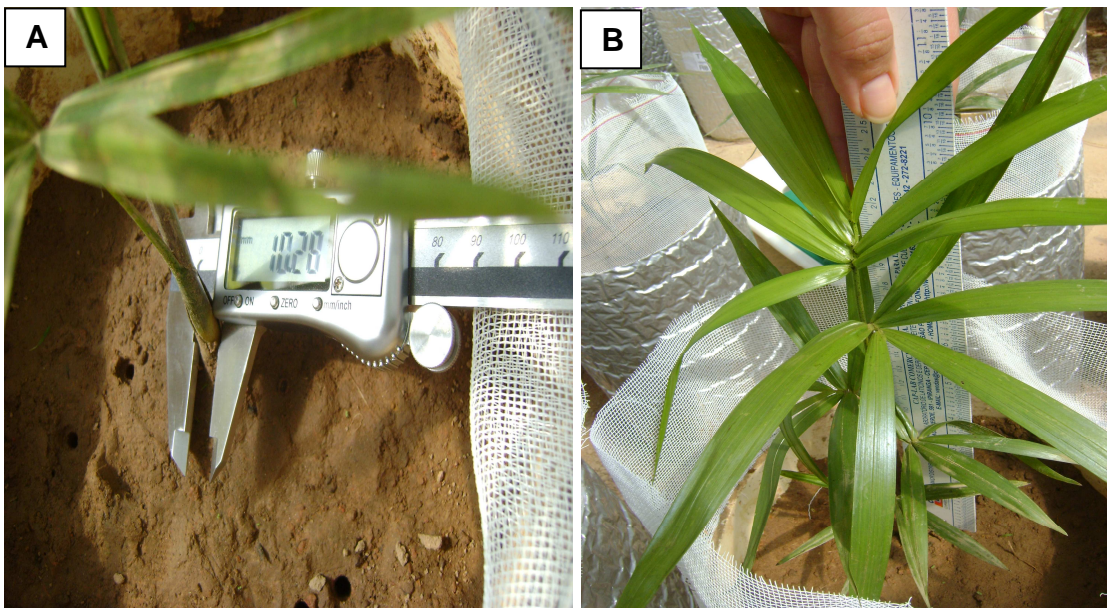


FIGURA 7 - Medição dos indicadores de crescimento, diâmetro e altura das mudas de açaí. Na figura A obtenção do diâmetro utilizando um paquímetro digital e na figura B a altura com uso de régua graduada .

Ao final dos experimentos (90 dias) foram avaliadas também as massas da matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas. Para avaliação da massa da matéria seca da parte aérea foi efetuado o corte das mudas à altura do colo e rente ao substrato. Após o corte da parte aérea, as raízes em cada unidade experimental

foi retirada do tubo e lavada sobre peneira com abertura de 2 mm, para evitar perda de raiz, e para retirada das partículas do solo aderidas a esta. Em seguida, parte aérea e raiz foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 65 °C, até massa constante e, posteriormente, pesadas em balança de precisão de 0,01 g. A massa da matéria seca total das mudas foi obtida pela soma das massas da matéria seca da raiz e parte aérea.

As análises químicas do solo (0 - 30 cm) foram realizadas, de acordo com Embrapa (1997), no laboratório de solos da Embrapa Acre. Foram procedidas análises de C orgânico; Ca, Mg e Al trocáveis; P, K e Na disponíveis, pH (água 1:2,5) e H + Al na terra utilizada como substrato para as mudas de açaí e de cupuaçu de cada tubo.

Ao final do experimento também foi contabilizada a sobrevivência das minhocas. Esta avaliação incluiu a contagem dos indivíduos no momento em que os blocos de solo estavam sendo desfeitos para retirada das raízes, a partir de uma triagem em busca de animais vivos.

Para verificar a atividade microbiana do solo foram coletadas amostras de cada tubo a partir da homogeneização do substrato, adotando-se o procedimento descrito por Jenkinson e Powlson (1976) para quantificar a respiração basal do solo.

A análise estatística dos dados consistiu de contrastes ortogonais e análises de covariância, de correlação e de regressão. Antes de realizar a análise dos dados foram verificados se estes atendiam os pressupostos de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Para as variáveis cujos dados não atenderam a um ou ambos os pressupostos foi efetuada a transformação dos dados para normalização dos resíduos e/ou homogeneização das variâncias. Nos contrastes ortogonais compararam-se os tratamentos com ausência e presença de minhocas. Na análise de regressão quando o teste F indicou existir significância a 5% de probabilidade para mais de uma regressão definiu-se a equação de maior grau significativo e, no caso desta ser de 4° ou 5° grau, considerados desvio de regressão, foi desconsiderada sua significância devido ao resultado não apresentar praticidade.

Como o experimento já iniciou com uma diferença entre as mudas, foi realizada uma análise de covariância para verificar se essa diferença influenciou nos resultados finais para altura, diâmetro, massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das plantas. Utilizou-se o diâmetro inicial (0 dia) como covariável do diâmetro final (90 dias) e a altura inicial (0 dia) como covariável da altura final (90 dias) e das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total (APÊNDICES A, D, G e J). Quando a covariável apresentou efeito significativo ($p < 0,05$), foi efetuado o ajuste dos dados, sendo as análises estatísticas realizadas com os valores ajustados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do experimento desenvolvido com as mudas de açaí, foram recuperadas 29 das 120 minhocas introduzidas, correspondendo a uma taxa de recuperação de 24%. No outro experimento, com as mudas de cupuaçu, foram recuperadas apenas 14, o equivalente a uma taxa de recuperação de 12%.

A ocorrência de elevada mortalidade ou fuga das minhocas no decorrer dos experimentos é natural para experimentos desta natureza. Apesar da fuga e de aspectos de difícil controle como mortalidade, seus efeitos são normalmente mantidos no solo. A recuperação das minhocas no presente trabalho foi superior à encontrada por Derouard et al. (1997) em experimento com *Hyperiodrilus africanus* em vasos com arroz, que apresentaram ao final do experimento menos de 7% da biomassa de minhocas introduzidas, e por Pashanasi et al. (1992), que obtiveram redução para próximo de zero em vasos com *Pontoscolex corethrurus* e mudas de urucum.

Embora não se conheça o tempo de permanência das minhocas nas unidades experimentais, é importante destacar que as providências tomadas (manta térmica, sombrite, umidade e tela) tiveram o objetivo de maximizar este tempo. Além disso, foi encontrada ao final dos experimentos, grande quantidade de galerias (FIGURAS 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F, 8G, 8H e 8I) e de coprólitos (FIGURAS 9A, 9B, 9C, 9D, 9E e 9F), indicativos de atividade das minhocas.

Como a umidade do solo foi controlada, a elevada mortalidade ou fuga de minhocas nos tubos pode ter sido em decorrência das elevadas temperaturas que atingiram o solo no decorrer do experimento, com até 39,6 °C ou ainda de particularidade biológica da espécie de baixa sobrevivência por longo período em condição de cativeiro.

A sobrevivência das minhocas no experimento com o açaizeiro foi maior (duas vezes) do que com o cupuaçuzeiro, possivelmente devido a diferença nas dimensões do sistema radicular das plantas. As raízes do açaizeiro (FIGURA 10B) apresentaram-se bem mais curtas do que as de cupuaçuzeiro (FIGURA 10A), o que proporcionou maior espaço e, conseqüentemente, ambiente mais propício à atividade do minhocuçu.

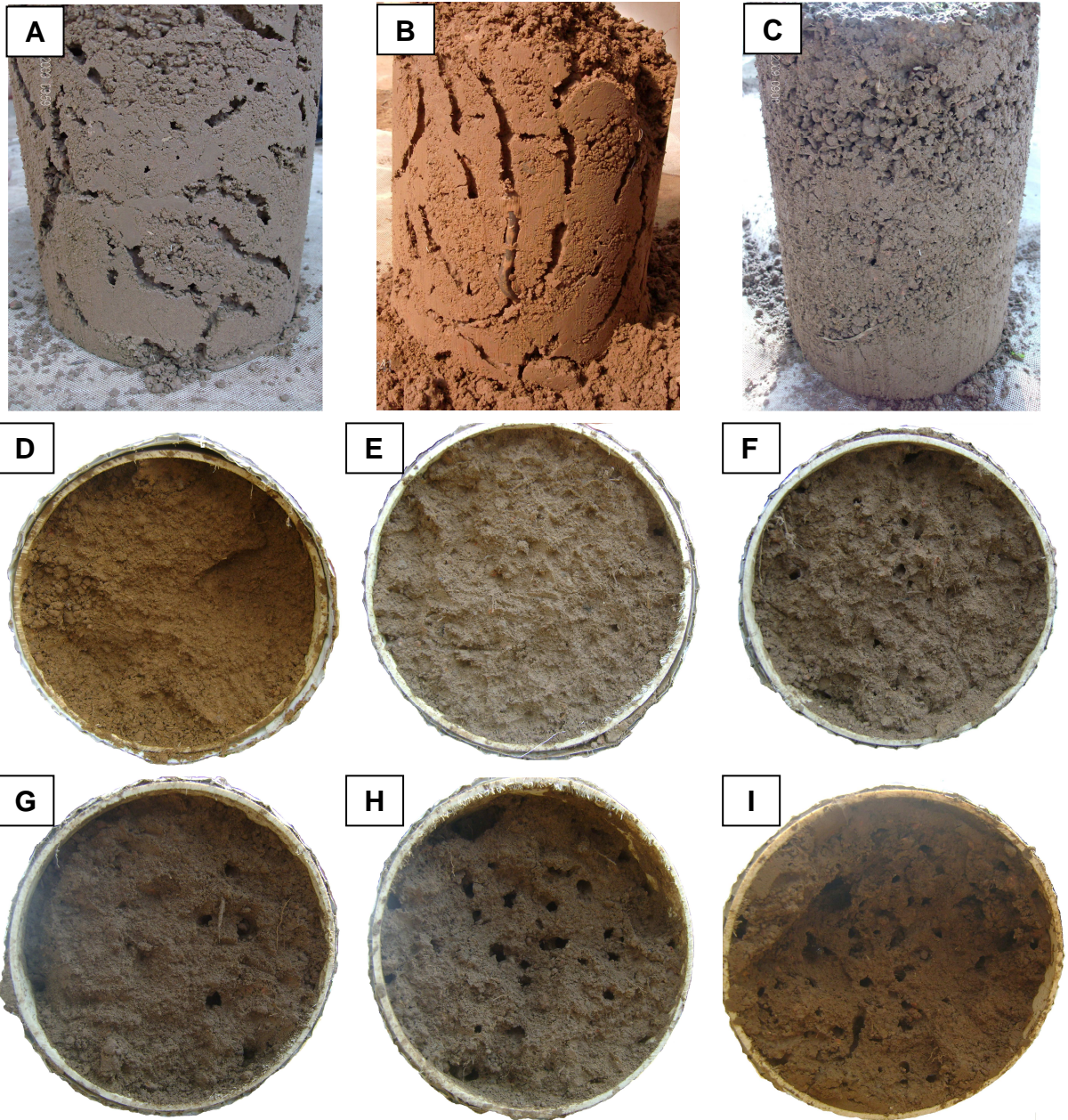


FIGURA 8 - Visão das galerias no solo ao final do experimento. As figuras A e B apresentam a visão longitudinal dos tubos com minhocas. A figura C sem minhocas. As figuras D, E, F, G, H e I são visões transversais com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas por tubo, respectivamente, em casa de vegetação.

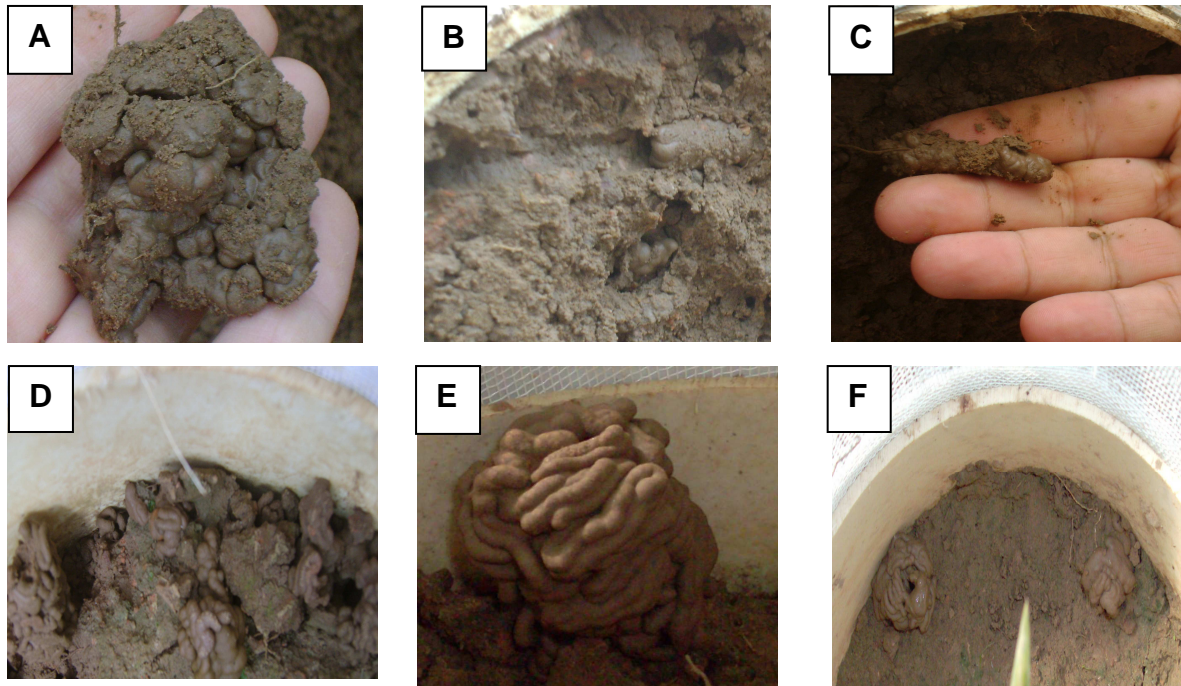


FIGURA 9 - Coprólitos de *Chibui bari*. As figuras A, B e C são deposições no interior do solo. As figuras D, E e F são excrementos na superfície, nos tubos em casa de vegetação.

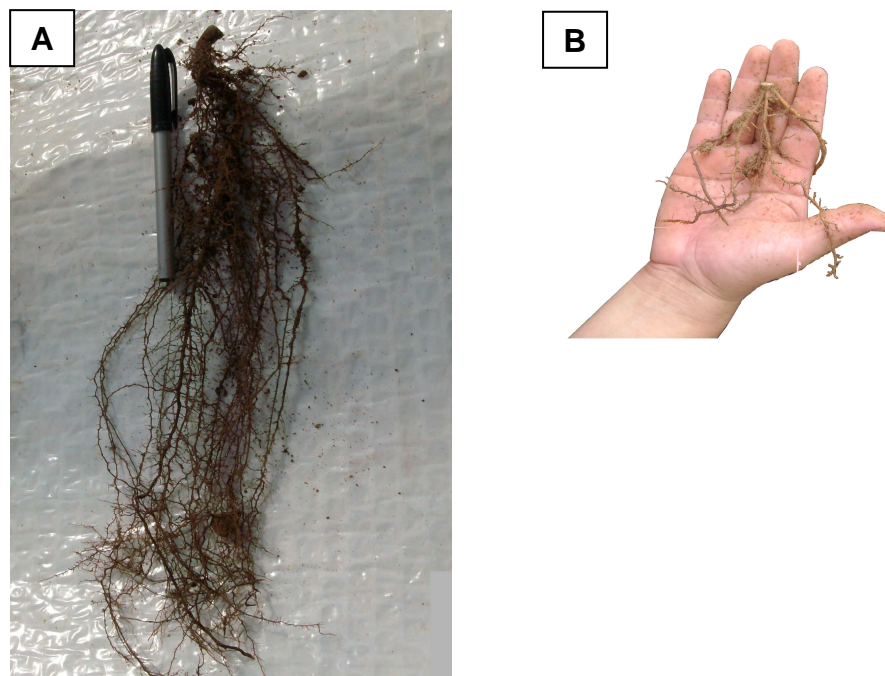


FIGURA 10 - Comparação entre as raízes das mudas estudadas. Figura A apresenta a raiz do cupuaçuzeiro e a figura B a do açazeiro cultivados por 90 dias em casa de vegetação.

Dentre as minhocas recuperadas ao final dos experimentos algumas foram encontradas em estivação (FIGURAS 11A e 11B), outras entrando ou saindo desse estágio (FIGURAS 11C e 11D) e outras em atividade (FIGURAS 11E e 11F). Guerra (1985) relata que *Chibui bari* entra em estivação entre os meses de julho e novembro devido a época sem chuvas na região amazônica. No entanto, nas unidades experimentais deste trabalho a umidade foi controlada e se manteve constante, em torno de 70% da capacidade de campo, levando a concluir que não é apenas a umidade que induz *Chibui bari* a entrar nesse estágio, estando mais relacionado a um fator endógeno do que exógeno. Possivelmente esta característica permitiu por seleção natural a ocorrência desta espécie nos solos do Acre, com um período seco bem definido.

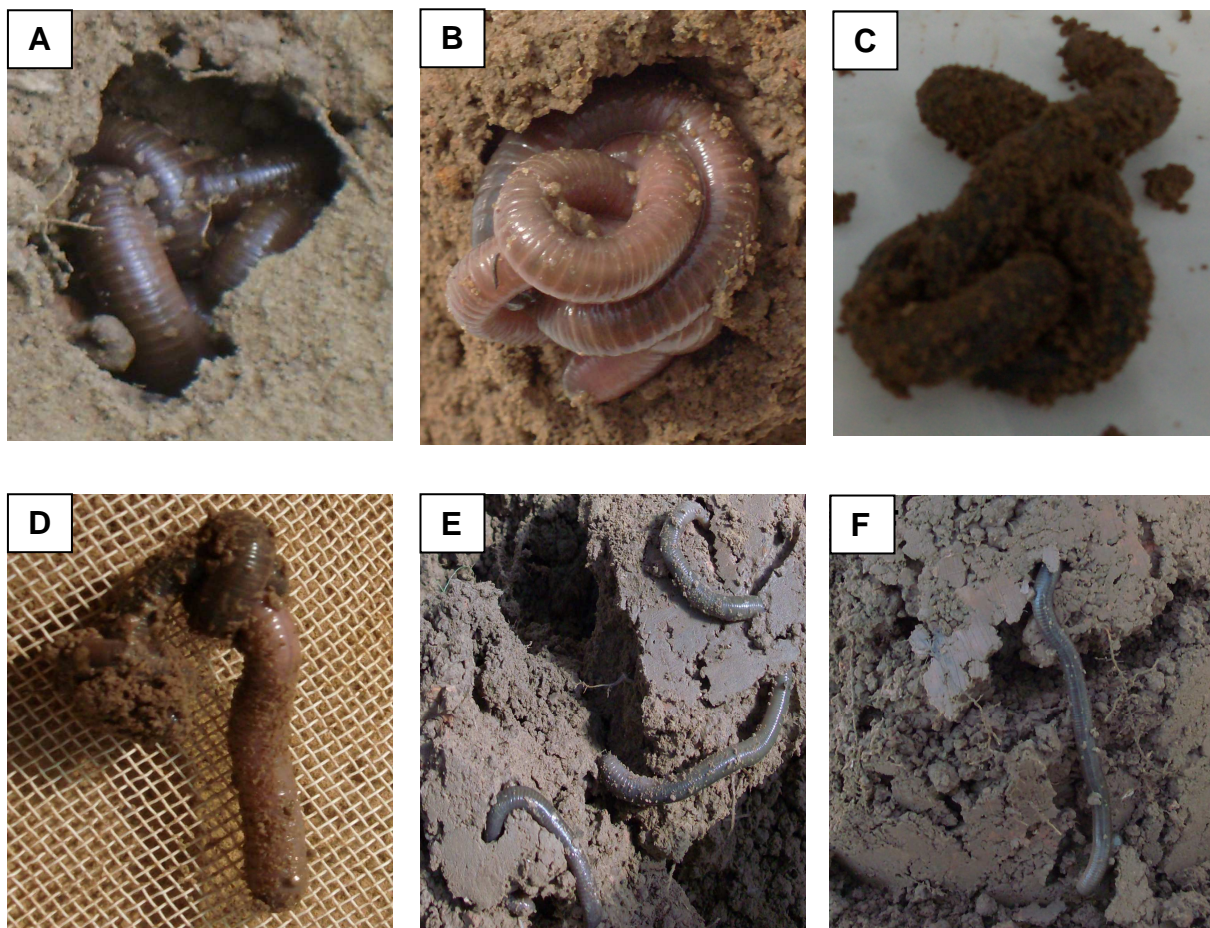


FIGURA 11 - Estádios em que as minhocas foram encontradas ao final dos experimentos. Nas figuras A e B estão em estivação, nas figuras C e D estão entrando ou saindo deste estágio, figura D e F se encontram em atividade nos tubos de PVC em casa de vegetação.

As avaliações de diâmetro, massas da matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí, não apresentaram regressões significativas ($p > 0,05$) sendo que apenas a altura variou conforme aumento da densidade de minhocas. Quanto à presença e ausência de minhocas, a altura também foi a única variável que diferiu. Tendo os tratamentos com sua presença valores médios reduzidos quando comparados ao tratamento controle, definido pela sua ausência (TABELAS 4 e 5). Estes resultados indicam que a atividade de *Chibui bari* interferiu negativamente no crescimento em altura das mudas. É importante destacar que para as demais variáveis verificou-se também redução de suas médias na presença das minhocas porém, apenas a 10% de significância ($p < 0,10$).

TABELA 4 - Diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽¹⁾
	----- mm -----	
Ausência de minhocas	13,44 a	273,75 a
Presença de minhocas	11,31 a	233,90 b

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE I.

⁽¹⁾ Dados originais ajustados para análise estatística por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

TABELA 5 - Massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Parte aérea ⁽¹⁾	Raiz	Total ⁽¹⁾
	----- g -----		
Ausência de minhocas	4,44 a	1,77 a	6,20 a
Presença de minhocas	3,55 a	1,43 a	4,97 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE L.

⁽¹⁾ Dados originais ajustados para análise estatística por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

Para as mudas de cupuaçu, os dados do diâmetro, da altura, das massas da matéria seca da parte aérea, raiz e total, não apresentaram regressões significativas ($p > 0,05$) evidenciando que a atividade de *Chibui bari* não influenciou no seu crescimento entre tratamentos (APÊNDICES B e E), mantendo-se iguais conforme aumento da densidade de minhocas e, na sua ausência e presença (TABELAS 6 e 7).

TABELA 6 - Diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽²⁾
	----- mm -----	
Ausência de minhocas	7,25 a	311,50 a
Presença de minhocas	7,68 a	307,25 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE C.

⁽¹⁾ Dados originais ajustados para análise estatística por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

⁽²⁾ Dados originais transformados em \sqrt{x} para análise estatística por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

TABELA 7 - Massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com presença e ausência de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Parte aérea	Raiz ⁽¹⁾	Total
	----- g -----		
Ausência de minhocas	5,33 a	1,83 a	7,16 a
Presença de minhocas	5,56 a	1,85 a	7,41 ^a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE F.

⁽¹⁾ Dados originais ajustados para análise estatística por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

O crescimento das mudas na presença de *Chibui bari* variou de acordo com a espécie de planta estudada sendo que para o açazeiro houve interferência negativa no crescimento (GRÁFICO 1) e para o cupuaçuzeiro a minhoca não exerceu influência (GRÁFICO 2). Efeitos distintos para espécies diferentes de plantas sob influência de uma mesma espécie de minhoca já foram observados por Pashanasi et al. (1992), Derouard et al. (1997) e Doube et al. (1997).

Na tabela 7 observa-se que a diferença da altura das mudas de açai mediante a ausência e a presença de minhocas foi se ampliando ao longo do tempo passando de 17,08 mm na instalação do experimento, para 28,38 mm aos 30 dias, 33,1 mm aos 60 dias e, finalmente 39,85 mm aos 90 dias. Por outro lado, a diferença entre a altura das mudas de cupuaçu submetidas a ausência e a presença de minhocas apresentou comportamento irregular (TABELA 9), porém, sempre valores próximos, com amplitude de 11,18 mm na instalação do experimento, 1,85 mm aos 30 dias, 3,26 mm aos 60 dias e 4,25 mm aos 90 dias. Isso indica que a presença e a atividade das minhocas não interferiu no crescimento em altura de cupuaçuzeiro e causou prejuízo ao açazeiro.

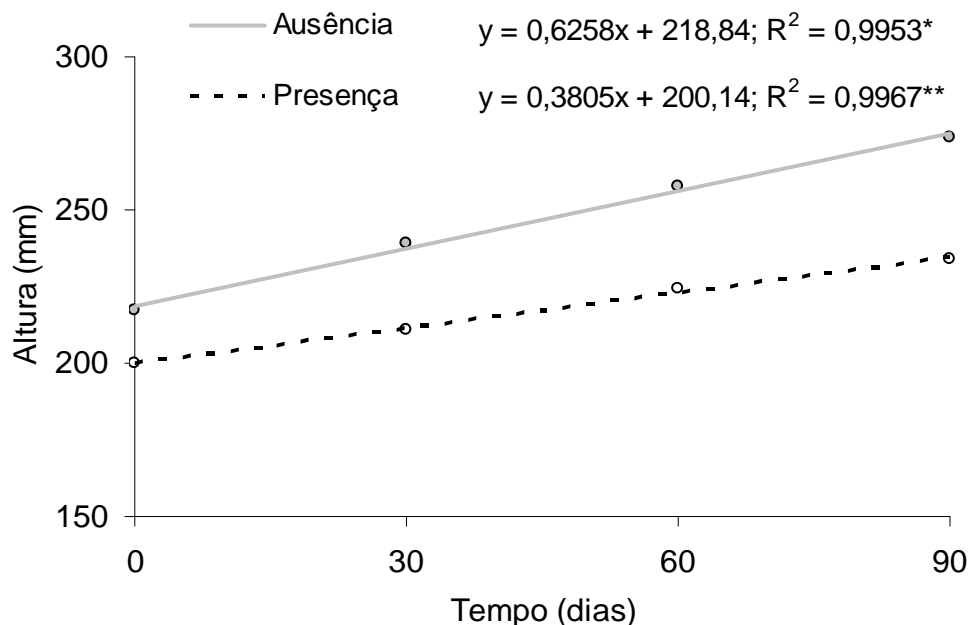


GRÁFICO 1 - Crescimento em altura de mudas de açai na presença e ausência de minhocas aos 0, 30, 60 e 90 dias nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE N.

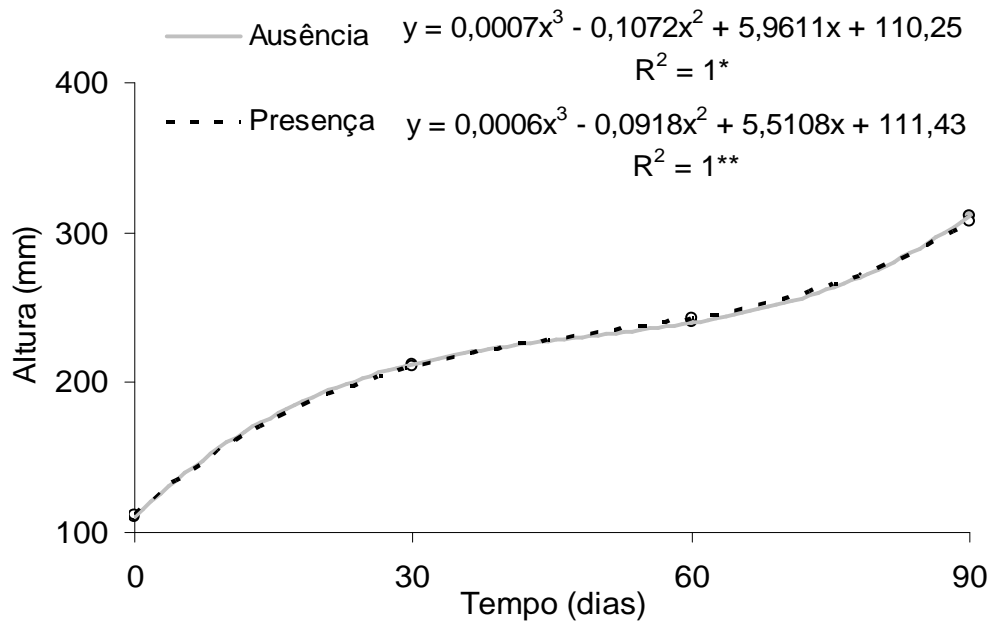


GRÁFICO 2 - Crescimento em altura de mudas de cupuaçu na presença e ausência de minhocas aos 0, 30, 60 e 90 dias nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE M.

TABELA 8 - Altura das mudas de açaí aos 0, 30, 60 e 90 dias na presença e ausência de minhocas em delineamento inteiramente casualizado

TRATAMENTOS	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
----- Altura (mm) -----				
Ausência de Minhocas	217,38	239,13	257,75	273,75
Presença de Minhocas	200,30	210,75	224,65	233,90

TABELA 9 - Altura das mudas de cupuaçu aos 0, 30, 60 e 90 dias na presença e ausência de minhocas em delineamento inteiramente casualizado

TRATAMENTOS	0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
----- Altura (mm) -----				
Ausência de Minhocas	100,25	212,38	240,00	311,50
Presença de Minhocas	111,43	210,53	236,74	307,25

Os resultados da análise química do solo no experimento com o açaizeiro mostraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de Mg^{2+} e K^+ conforme aumento da densidade de minhocas (GRÁFICOS 3 e 4) e quando comparados os tratamentos presença e ausência de minhocas (TABELA 10), sendo estes maiores no primeiro caso. Contudo, ao correlacionar as variáveis indicadoras de crescimento das plantas com os nutrientes do solo observou-se que o diâmetro apresentou correlação negativa com a concentração de K^+ no solo ($r = -0,35$; $p < 0,05$) e a altura com o Mg^{2+} ($r = -0,33$; $p < 0,05$). Assim, a concentração de nutrientes diminuiu conforme aumentou o crescimento das plantas. Como seu crescimento foi maior na ausência de minhocas (TABELAS 6 e 7), este tratamento apresentou menor concentração desses nutrientes, possivelmente absorvidos pelas plantas.

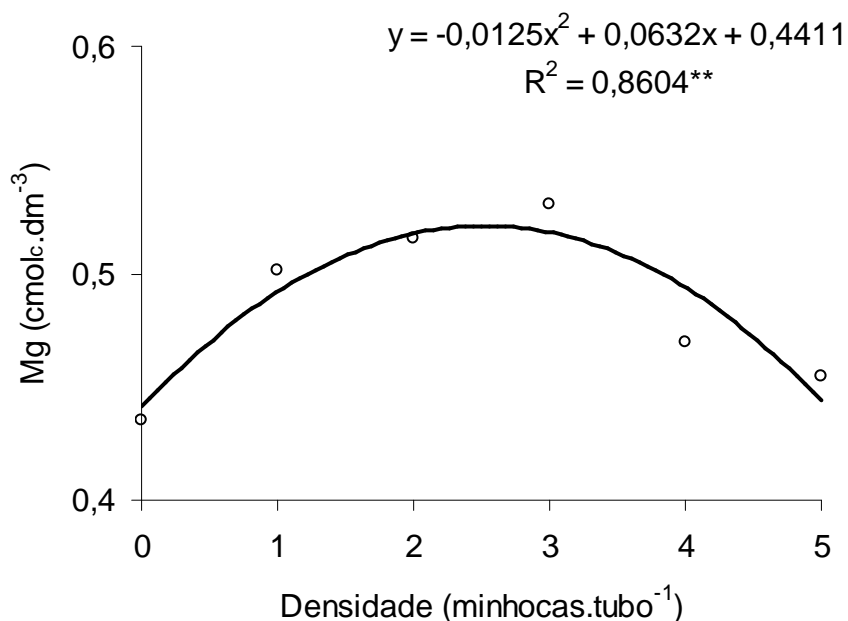


GRÁFICO 3 - Teor de Mg^{+2} na solução do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE O.

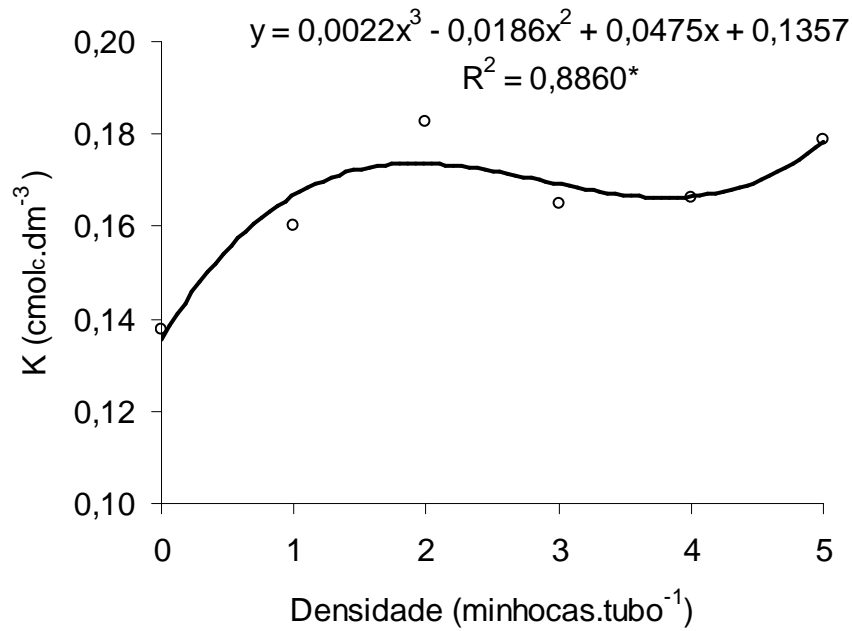


GRÁFICO 4 - Teor de K^+ na solução do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE O.

TABELA 10 - Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P, na solução do solo dos tratamentos com ausência e presença de minhocas com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+	Na^+	P
	----- cmol _c .dm ⁻³ -----				mg.dm ⁻³
Ausência de minhocas	5,86 a	0,44 b	0,14 b	0,05 a	5,66 a
Presença de minhocas	6,30 a	0,50 a	0,17 a	0,06 a	6,45 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE P.

No experimento com o cupuaçuzeiro não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na concentração de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P. Portanto, esta se manteve equivalente nos tratamentos com presença e ausência de minhocas (TABELA 11). A massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total apresentaram correlação negativa com a concentração de Mg^{+2} do solo ($r = -0,28$; $r = -0,30$; $r = -0,32$, respectivamente; $p < 0,05$), a parte aérea e total também apresentaram correlação negativa com o Ca^{+2} ($r = -0,32$; $r = -0,32$, respectivamente; $p < 0,05$). Assim como seu crescimento se manteve equivalente tanto na presença como na ausência de minhocas (TABELAS 4 e 5), a concentração destes nutrientes no solo não diferiu entre tratamentos.

TABELA 11 - Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P, na solução do solo dos tratamentos com ausência e presença de minhocas com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+	Na^+	P
	----- $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ -----				$\text{Mg}.\text{dm}^{-3}$
Ausência de minhocas	4,18 a	0,35 a	0,15 a	0,02 a	4,40 a
Presença de minhocas	4,44 a	0,34 a	0,14 a	0,03 a	5,09 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE R.

Em ambos os experimentos a presença de *Chibui bari* provavelmente não influenciou nas concentrações de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ e P disponíveis na solução do solo, sendo este efeito devido ao crescimento das plantas. Sem adição de fontes de nutrientes externas faltaram recursos para que as minhocas funcionassem como catalizadoras dos processos de mineralização, o que aumentaria a disponibilidade destes nutrientes. Este resultado também foi constatado por Doube et al. (1997) para nitrogênio (N), em experimento sem adição de qualquer tipo de adubo. Estes autores constataram que ao final do experimento apenas pequena quantidade de N permaneceu no solo e a concentração restante não foi influenciada pela densidade de minhocas e sim pelo que foi retirado do solo pelas raízes da planta. Por outro lado Basker et al. (1992), em experimento com *Aporrectodea caliginosa*,

constatarem que onde não foram adicionadas fontes de nutrientes, esta espécie aumentou o teor de K disponível para as plantas.

Fiuzza (2009) avaliando a concentração de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e P nos coprólitos de *Chibui bari* e solo adjacente em três áreas (floresta secundária, seringal e pastagem) observou aumento nos teores destes elementos nos coprólitos. Contudo, este aumento variou conforme a área estudada. Resultado similar foi obtido por Guerra (1994) em áreas de seringal e de pastagem. Este enriquecimento de nutrientes nos coprólitos é devido à digestão e mineralização da matéria orgânica, que aumenta a concentração de nutrientes do solo pobre, o que não ocorreu no presente trabalho devido à ausência de cobertura orgânica no solo.

Segundo Le Bayon e Binet (2006) as minhocas promovem a transferência de P no solo. No entanto, o distribuem desigualmente, concentrando-o nos coprólitos. Possivelmente esta situação também se verifica para os demais nutrientes. Desta forma, como o açazeiro apresentou um sistema radicular curto e limitado, não conseguiu explorar os locais para onde foram transferidos e ficaram concentrados os nutrientes do solo, respondendo negativamente, quanto ao crescimento, na presença de *Chibui bari*. Da mesma forma Pashanasi et al. (1992) obtiveram resposta negativa em mudas de pupunheira à maior densidade de *Pontoscolex corethrurus*. Vale destacar que a pupunheira pertence à família *Arecaceae*, a mesma do açazeiro, possuindo também sistema radicular com a mesma característica, fasciculado e concentrado nas camadas superiores do solo.

Nas condições avaliadas *Chibui bari* não exerceu influência no crescimento das mudas de cupuaçu. Ortiz-Ceballos et al. (2007) em experimento com plantas de milho na presença de *Balanteodrilus pearsei*, uma espécie de minhoca endogeica também obteve este resultado. Contudo, quando foi adicionada mucuna como planta de cobertura, esta minhoca proporcionou aumento na produção de raízes e de grãos. Assim, *Chibui bari* poderia exercer influência no crescimento de plantas de cupuaçu se fossem modificadas às condições do solo, com adubação verde ou fertilizantes.

O solo utilizado como substrato foi de textura média, entretanto, em solo com outra textura tanto o açazeiro, como o cupuaçuzeiro poderiam apresentar respostas diferentes das aqui apresentadas. Esta situação foi verificada por Doube et al. (1997) que obtiveram resposta distinta no crescimento das plantas conforme mudou o tipo de solo, mantendo-se a espécie de minhoca e de planta.

No experimento com o açaizeiro os valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) diferiram conforme aumento da densidade de minhocas (GRÁFICOS 5 e 6) e quanto a ausência e a presença de minhocas (TABELA 12), apresentando valores maiores na segunda situação. Este resultado era esperado uma vez que a SB é calculada pela soma dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (NOVAIS; MELLO, 2007). Assim, como o Mg^{2+} e o K^+ apresentaram valores maiores na presença de minhocas (TABELA 10), não devido diretamente a elas, mas ao crescimento da planta, conseqüentemente, o valor da SB também foi maior nesta situação. Da mesma forma aconteceu com a CTC, que é obtida pela soma da SB e $(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$. A atividade de *Chibui bari* não influenciou na concentração de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ (TABELA 14) e, portanto, a CTC seguiu a mesma tendência da SB. Apesar dos valores de SB e CTC terem aumentado na presença de *Chibui bari* a saturação de bases (V) manteve-se igual entre tratamentos. Como no experimento com o cupuaçuzeiro os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ não diferiram na presença e ausência de minhocas, os valores de SB, CTC e V mantiveram-se iguais entre tratamentos (TABELA 13).

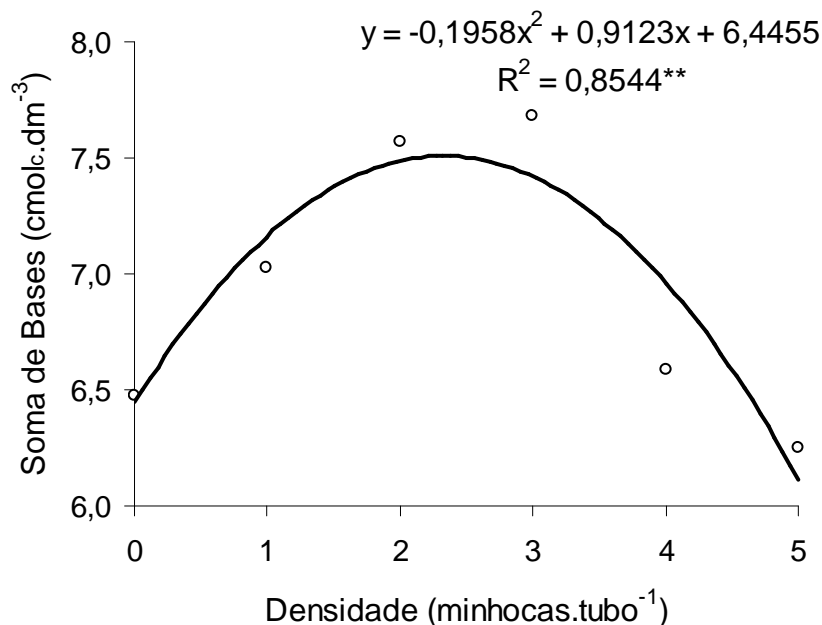


GRÁFICO 5 - Soma de bases (SB) do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE S.

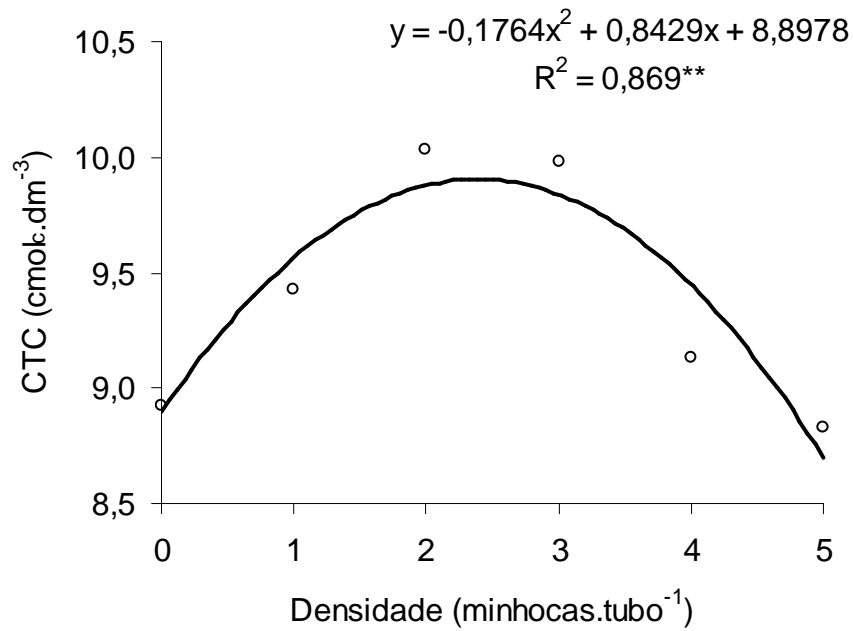


GRÁFICO 6 - Capacidade de troca catiônica (CTC) do solo com mudas de açaí conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE S.

TABELA 12 - Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) do solo para os tratamentos na ausência e presença de minhocas com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	SB	CTC	V
	----- cmol _c .dm ⁻³ -----		%
Ausência de minhocas	6,48 b	8,92 b	72,63 a
Presença de minhocas	7,02 a	9,48 a	73,87 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE T.

TABELA 13 - Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) do solo para os tratamentos na ausência e presença de minhocas com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	SB	CTC	V
	----- cmol _c .dm ⁻³ -----		%
Ausência de minhocas	4,70 a	7,14 a	64,44 a
Presença de minhocas	4,95 a	7,62 a	64,36 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE V.

O pH do solo, em ambos os experimentos, diminuiu conforme aumentou-se a densidade de *Chibui bari* (GRÁFICO 7) e foi maior na ausência do que na presença de minhocas (TABELAS 14 e 15). Segundo Eisenhauer et al. (2007) as minhocas influenciam diferentemente no pH do solo sendo que as endogeicas o reduzem pois misturam as camadas orgânicas com as de solo profundo, de baixo pH. Por outro lado Pashanasi et al. (1996), em experimento em campo com *Pontoscolex corethrurus*, também minhoca endogeica, verificaram que estas não influenciaram no pH do solo.

De modo geral, a faixa de pH do solo favorável a maioria das plantas cultivadas está entre 5,5 e 6,5. Abaixo deste podem ocorrer danos no crescimento em razão de elevadas concentrações de elementos potencialmente tóxicos, como Al (MEURER, 2007). Em ambos experimentos deste trabalho os tratamentos ficaram abaixo desta faixa. Contudo, apesar da redução do pH, a concentração do Al não aumentou em nenhum dos experimentos, mantendo-se equivalentes (TABELAS 14 e 15). No entanto, a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) variou conforme aumento da densidade de minhocas no experimento com o cupuaçuzeiro (GRÁFICO 8), apresentando valor maior na presença de minhocas em relação a sua ausência (TABELA 15).

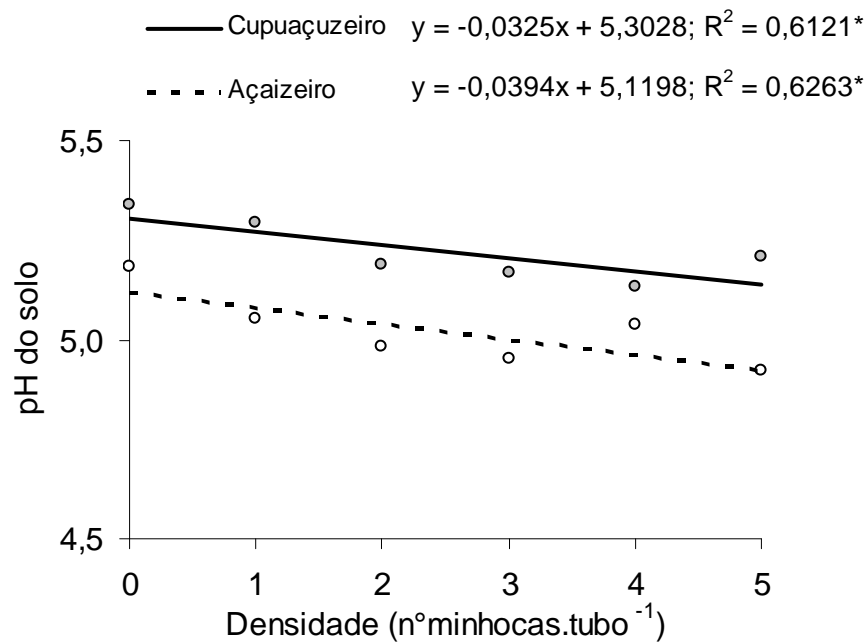


GRÁFICO 7 - Comportamento do pH no solo com mudas de açaí e de cupuaçu conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão nos APÊNDICES W e Y.

TABELA 14 - Teores de Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$ e pH do solo para os tratamentos com ausência e presença de minhocas nos tubos com mudas de açaí em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$	pH
	----- $cmol_c.dm^{-3}$ -----		Água (1:2,5)
Ausência de minhocas	0,04 a	2,44 a	5,18 a
Presença de minhocas	0,05 a	2,46 a	4,99 b

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE X.

TABELA 15 - Teores de Al^{3+} , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ e pH do solo para os tratamentos com ausência e presença de minhocas nos tubos com mudas de cupuaçu em casa de vegetação, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	pH
	----- $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ -----		Água (1:2,5)
Ausência de minhocas	0,05 a	2,44 b	5,34 a
Presença de minhocas	0,05 a	2,67 a	5,20 b

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE Z.

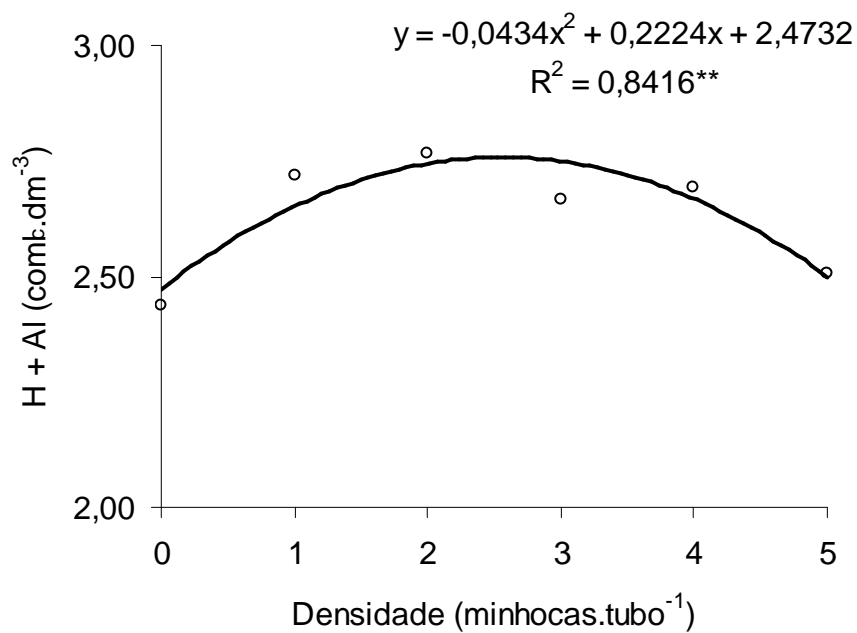


GRÁFICO 8 - Acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) do solo com mudas de cupuaçu conforme aumento da densidade de minhocas nos tubos em casa de vegetação.

Análise de regressão no APÊNDICE Y.

Os teores de C e de matéria orgânica do solo com o açazeiro não apresentaram diferença quanto a densidade de minhocas, tampouco, quanto sua presença e ausência (TABELA 16 e APÊNDICE AA). No experimento com o cupuaçuzeiro, o solo apresentou diferença no teor destes, elevando-se conforme o aumento da densidade de animais por tubo (GRÁFICO 9). Contudo, não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) comparando a presença com a ausência de minhocas (TABELA 17). Estes resultados indicam que a influência da minhoca nos teores de C e de matéria orgânica não depende apenas da sua espécie e da textura do solo mas, também, da sua interação com a planta. Por outro lado Schrader e Zhang (1997) afirmam que as minhocas sempre elevam seus teores no solo.

TABELA 16 - Teores de C e de matéria orgânica do solo com as mudas de açai para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	C	Matéria orgânica
	----- g/kg -----	
Ausência de minhocas	8,85 a	15,23 a
Presença de minhocas	9,28 a	15,96 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE AB.

TABELA 17 - Teores de C e de matéria orgânica do solo com as mudas de cupuaçu para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	C	Matéria orgânica
	----- g/kg -----	
Ausência de minhocas	8,58 a	14,75 a
Presença de minhocas	9,24 a	15,88 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE AD.

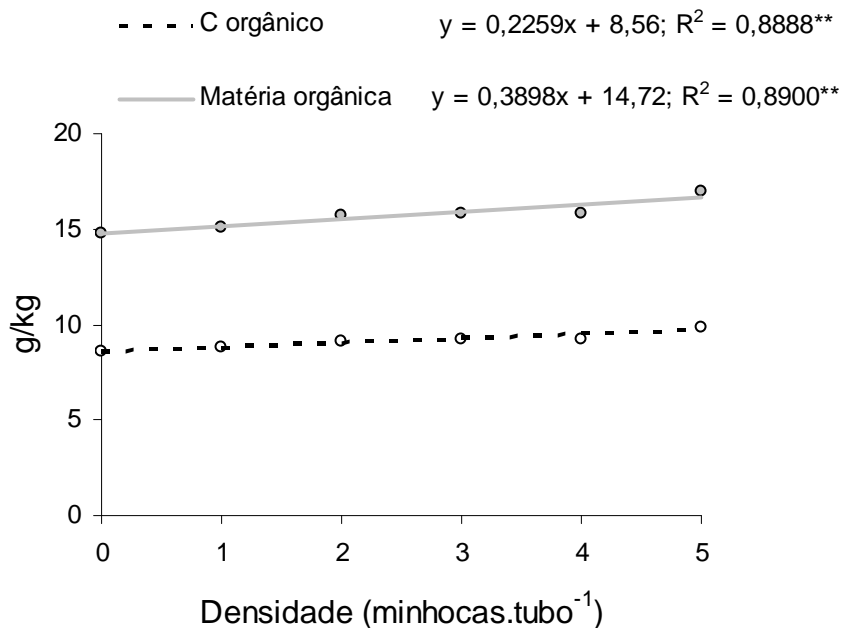


GRÁFICO 9 - Teor de carbono e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu conforme aumento da densidade de minhocas por tubo.

Análise de regressão no APÊNDICE AC.

Os teores de C e de matéria orgânica obtidos neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Fiuza (2009) que observou resultado distinto ao compará-los entre os coprólitos e solos adjacentes de áreas distintas (floresta secundária, seringal e pastagem).

Diferente dos resultados aqui apresentados Eisenhauer et al. (2007) ao estudarem o efeito de uma espécie de minhoca invasora, *Octolasion tyrtaeum*, nas florestas de Aspen, Canadá, observaram que esta diminui a concentração de C nas camadas orgânicas do solo. O mesmo foi observado por Pashanasi et al. (1996) pois ao avaliarem o efeito de *Pontoscolex corethrurus* em campo verificaram que estas diminuiram o teor de C orgânico no solo. Contudo, assim como na interação de *Chibui bari* com o açazeiro não houve diferença nos teores de C e matéria orgânica do solo, sua associação com outra espécie de planta pode causar diminuição destes no solo.

A respiração basal do solo com as mudas do açaí foi maior na ausência do que na presença de minhocas (TABELA 18). Porém com o cupuaçuzeiro não houve diferença entre os tratamentos (TABELA 19). Estes resultados indicam que esta é mais uma variável cuja resposta depende da interação entre a espécie de minhoca e de planta, já que o solo utilizado como substrato foi o mesmo para ambos os experimentos. Como não houve acréscimo de material orgânico, não está relacionado a sua qualidade, provavelmente o que interfere na atividade microbiana edáfica é a interação dos exsudados radiculares das plantas com as enzimas do trato digestório da minhoca. Desta forma, a interação do açaizeiro com *Chibui bari* promoveu uma diminuição da atividade microbiana edáfica, enquanto que, para o cupuaçuzeiro não houve interferência. Resultados diferentes de atividade microbiana de solos com uma mesma espécie de minhoca e espécies distintas de plantas também foram obtidos por Pashanasi et al. (1992; 1996).

Os dados da respiração basal do solo não apresentaram correlação significativa com nenhuma das variáveis indicadoras de crescimento das plantas. Assim, não foi a diminuição da atividade microbiana que influenciou negativamente no crescimento do açaizeiro. Da mesma forma não foi devido a ela que o cupuaçuzeiro não diferiu no crescimento.

TABELA 18 - Respiração basal do solo com mudas de açaí para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Respiração basal do solo
	mg de C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.hora ⁻¹ (1)
Ausência de minhocas	0,26 a
Presença de minhocas	0,16 b

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE AF.

(1) Valores originais transformados em $\sqrt{x+1}$ para análise estatística por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

TABELA 19 - Respiração basal do solo com mudas de cupuaçu para os tratamentos com ausência e presença de minhocas, avaliados por contrastes ortogonais

TRATAMENTOS	Respiração basal do solo
	mg de C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo.hora ⁻¹ (1)
Ausência de minhocas	0,29 a
Presença de minhocas	0,31 a

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

Análise de variância por contrastes ortogonais no APÊNDICE AH.

(1) Valores originais transformados em $\sqrt{x+1}$ para análise estatística por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

Fiuza (2009), ao comparar o coprólito de *Chibui bari* com o solo adjacente de três áreas observou resultados semelhantes aos aqui apresentados, ou seja, a respiração microbiana variando conforme a espécie de planta. Por outro lado, Bohlen e Edwards (1995), em experimento com *Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea tuberculata*, concluíram que a influência destas sobre a respiração microbiana depende do tipo de nutriente adicionado ao solo. Contudo, no presente experimento não foram adicionados ao solo nenhum tipo de material orgânico ou mineral e mesmo assim foram observadas diferenças na respiração microbiana ao manter-se a espécie de minhoca e mudar apenas a espécie de planta. Assim, o tipo de material adicionado ao solo influencia na resposta microbiológica à presença da minhoca. Entretanto, o resultado depende também da interação entre as espécies de planta e de minhoca.

5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais testadas *Chibui bari*:

- Exerce efeito negativo sobre o crescimento de mudas de açaí e não influencia o crescimento de mudas de cupuaçu.
- Não modifica as concentrações de nutrientes no solo.
- Não altera o teor de C e matéria orgânica do solo com mudas de açaí e eleva o teor de carbono e matéria orgânica com mudas de cupuaçu conforme aumento da densidade minhocas.
- Reduz o pH do solo com mudas de açaí e de cupuaçu.
- Diminui a atividade microbiana em solo com mudas de açaí e não exerce influência sobre a atividade microbiana em solo com mudas de cupuaçu.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, A. M. de; DIONÍSIO, J. A.; RESSETTI, R. R.; CORREIA, M. E. F.; NUNES, D. H.; PASINI, A. **Minhocas: aspectos gerais e ecológicos em sistemas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 42 p. (Documentos, 207).
- 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**, Oxford, v. 29, n. 3/4, p. 599-602, Mar./Apr. 1997.
- BASKER, A.; MACGREGOR, A. N.; KIRKMAN, J. H. Influence of soil ingestion by earthworms on the availability of potassium in soil: An incubation experiment. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 14, n. 4, p. 300-303, Dec. 1992.
- BLOUIN, M.; LAVELLE, P.; LAFFRAY, D. Drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) is enhanced in the presence of the compacting earthworm *Millsonia anomala*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 3, p. 352-359, July 2007.
- BOHLEN, P. J. Earthworms. In: DECKER, M. **Encyclopedia of soil science**. 2002. p. 370 – 373.
- BOHLEN, P. J.; EDWARDS, C. A. Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 3, p. 341-348, Mar. 1995.
- BOUCHÉ, M. B. Strategies lombriciennes. **Ecological Bulletin**, Stockholm, v. 25, p.122-132, 1977.
- BOUCHÉ, M. B.; AL-ADDAN, F. Earthworms, water infiltration and soil stability: some new assessments. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 3/4, p. 441-452, Mar./Apr. 1997.
- BRITO-VEGA, H.; ESPINOSA-VICTORIA, D. Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (Oligochaeta). **Journal of Biological Sciences**, v. 9, n. 3, p. 192-199, 2009.
- BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, n. 2, p. 177-198, 2000.

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

CHAOUI, H.; ZIBILSKE, L.; OHNO, T. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 35, n. 2, p. 295–302, Feb. 2003.

CHAPUIS-LARDY, L.; BROSSARD, M.; LAVELLE, P.; SCHOULLER, E. Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. **European Journal of Soil Biology**, v. 34, n. 2, p. 61-67, Apr./June 1998.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 33 p. (Documentos, 156).

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. de. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46 p. (Documentos, 112).

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

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**, Oxford, v. 29, n. 3/4, p. 503-509, Mar./Apr. 1997.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. p. 83-84.

EISENHAUER, N.; PARTSCHA, S.; PARKINSON, D.; SCHEUA, S. Invasion of a deciduous forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 5, p. 1099-1110, May 2007.

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

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

FALCÃO, M. de A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Wild ex Spreng) Schum). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 13, n. 5/6. p. 725-735, out. 1983.

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.

FRANKE, I. L.; BERGO, C. L.; AMARAL, E. F. do; ARAÚJO, E. A. de. **Aptidão natural para o cultivo de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 7 p. (Comunicado técnico, 142).

GILLOT, C. Effects of a tropical geophageous earthworm, *M. anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a yam crop in ivory coast. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 3/4, p. 353-359, Mar/Apr. 1997.

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

GUERRA, R. A. T. Ecologia dos Oligochaeta da Amazônica. II. Estudo da estivação e da atividade de *Chibui bari*, através da produção de excrementos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 18, n. 1/2, p. 27-34, 1988.

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**, São Carlos, v. 54, n. 4, p. 593-601, nov. 1994.

JÉGOU, D.; HALLAIRE, V.; CLUZEAU, D.; TRÉHEN, P. Characterization of the burrow system of the earthworms *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea giardi* using X-ray computed tomography and image analysis. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 29, n. 3, p. 314–318, July 1999.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

JONES, C. G.; LAWTON J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373–386, 1994.

KETTERINGS, Q. M.; BLAIR, J. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3/4, p. 401-408, Mar./Apr. 1997.

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. da; ARAÚJO NETO, S. E. de; SILVA, R. G. da. Uso de coprólitos de minhoca na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 492-497, jun. 2008.

LACHNICHT, S. L.; HENDRIX, P. F.; ZOU, X. Interactive effects of native and exotic earthworms on resource use and nutrient mineralization in a tropical wet forest soil of Puerto Rico. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 36, n. 1, p. 43–52, 2002.

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

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**, Oxford, v. 41, n. 8, p. 1668-1673, Aug. 2009.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: SWIFT, M. J.; WOOMER, P. (Ed.). **Tropical Soil Biology and Fertility**. New York: John Wiley, 1994. p. 137-169.

LAVELLE, P.; LAPIED, M. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi: The 7th international symposium on earthworm ecology. 2002. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5/6, p. 419–427, 2003.

LAVELLE, P.; LATTAUD, C.; TRIGO, D.; BAROIS, I. Mutualism and biodiversity in soils. **Plant and Soil**, Hague, v. 170, n. 1, p. 23-33, Mar. 1995.

LE BAYON, R. C.; BINET, F. Earthworms change the distribution and availability of phosphorous inorganic substrates. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 235-246, Feb. 2006.

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

MARCO, L.; LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2008. 627 p.

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, July 1996.

MEURER, E. G. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS. 2007. p. 65-90.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. de. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS. 2007. p. 133-204.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do; MÜLLER, C. H. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2002. 18 p. (Circular técnica, 26).

ORTIZ-CEBALLOS, A.; FRAGOSO, C.; BROWN, G. G. Synergistic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna pruriens* var. *utilis* on maize growth and crop production. **Applied Soil Ecology**, v. 35, n. 2, p. 356–362, Feb. 2007.

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**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 801-810, June 1996.

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**, Oxford, v. 24, n. 12, p. 1655-1659, Dec. 1992.

PEDERSEN, J. C.; HENDRIKSEN, N. B. Effect of passage through the intestinal tract of detritivore earthworms (*Lumbricus* spp.) on the number of selected Gram-negative and total bacteria. **Biology Fertility of Soils**, v. 16, n. 3, p. 227-232, Aug. 1993:

PEREIRA, J. E. S. (Ed.); OLIVEIRA, T. K. de; BERGO, C. L.; FAZOLIN, M.; MENDONÇA, H. A. de; GONÇALVES, R. C.; CAVALCANTE, M. de J. B.; THOMAZINI, M. J.; OLIVEIRA, L. C. **Produção de mudas de espécies agroglorestais banana, açaí, abacaxi, citros, cupuaçu e pupunha**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 46 p. (Documentos, 89).

PEREIRA, L. B.; HERRERA, J. A.; ROCHA, C. G. S.; SANTOS, I. V. dos.; SOUSA, D. de S. Açaí (*Euterpe oleracea*) como alternativa de diversificação, renda e conservação ambiental no município de Altamira - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABA, 2006.

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. 1, p. 1-15, May 2005.

QUADROS, R. M. B. de; BELLOTE, A. F. J.; DIONÍSIO, J. A. Observações sobre as propriedades químicas do solo e de excrementos de minhocas em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 29-39, jul./dez. 2002.

QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S.; BIANCHETTI, A. **Produção de mudas de açaí**. Macapá, AP: Embrapa Amapá, 2001. 6 p. (Comunicado técnico, 54).

RÄTY, M.; HUHTA, V. Earthworms and pH affect communities of nematodes and enchytraeids in forest soil. **Biology Fertility of Soils**, v. 38, n. 1, p. 52–58, June 2003:

RIBEIRO, G. D. **Açaí-solteiro, açaí-do-amazonas (*Euterpe precatoria*), uma boa opção de exploração agrícola em Rondônia**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuário/artigo_agropecuário/acai-solteiro,_acai-do-amazonas_%28euterpe_precatoria%29,_uma_boa_opcao_de_exploracao_agricola_em_rondonia.html>. Acesso em: 18 dez. 2009.

RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília: CNPq, AED, 1989.

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

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

SCHROTH, G.; ELIAS, M. E. A.; UGUEN, K.; SEIXAS, R.; ZECH, W. Nutrient fluxes in rainfall, through fall and stem flow in tree-based land use systems and spontaneous tree vegetation of central Amazonia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 87, n. 1, p. 37-49, Oct. 2001.

SILVA FILHO, A. V. da; SILVA, M. I. V. da. Importância das Substâncias Húmicas para a Agricultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO. 2., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S. A., 2002.

SILVA, S. E. L. da; BERNI, R. F.; SOUZA, A. das G. C. de; SOUZA, M. G. de; TAVARES, M. T. **Fruticultura: Açaí**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2005. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br/servicos/livraria/arquivos_gratis/Folder_%20a%C3%A7ai.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2010.

SILVA, S. E. L. da; SOUZA, A. das G. C. de; BERNI, R. F. **O cultivo do açaizeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 4 p. (Comunicado técnico, 29).

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. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 78-83, out./dez. 2007.

SNYDER, B. A.; BOOTS, B.; HENDRIX, P. F. Competition between invasive earthworms (*Amyntas corticis*, Megascolecidae) and native North American millipedes (*Pseudopolydesmus erasus*, Polydesmidae): effects on carbon cycling and soil structure. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 41, n. 7, p. 1442–1449, Apr. 2009.

SOUZA, A. das G. C. de; SILVA, S. E. L. da. **Produção de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 19 p. (Circular técnica, 1).

SOUZA, A. das G. C. de; SILVA, S. E. L.; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39 p. (Circular técnica, 2).

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

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**, Berlin, v. 18, n. 2, p. 150-154, July 1994.

SUÁREZ, E. R.; ELLETIER, D. M.; FAHEY, T. J.; GROFFMAN, P. M.; BOHLEN, P. J.; FISK, M. C. Effects of exotic earthworms on soil phosphorus cycling in two broadleaf temperate forests. **Ecosystems**, v. 7, n. 1, p. 28–44, 2003.

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

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém: Clube do cupu, 1993. 108 p.

VOHLAND, K.; SCHROTH, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management. **Applied Soil Ecology**, v. 13, n. 1, p. 57-68, Sept. 1999.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de covariância dos dados do diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro	Altura
Tratamento (aj.)	5	2,75 ^{ns}	1417,29 ^{ns}
Regressão	1	5,08*	1391,28 ^{ns}
Resíduo (aj.)	41	0,73	2830,59
Total	47	-	-

APÊNDICE B - Análise de regressão do diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽²⁾
Regressão linear	1	1,38 ^{ns}	>0,01 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,02 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Regressão cúbica	1	1,55 ^{ns}	2,63 ^{ns}
Desvios de regressão	2	2,22 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Resíduo	42	0,71	2,16
Total	47	-	-
CV (%)		11,11	8,41
χ^2		-	10,19
Shapiro-Wilk		-	0,10

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

⁽²⁾ Dados transformados em \sqrt{x} por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

APÊNDICE C - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao diâmetro e altura das mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽²⁾
Contraste	1	0,67 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Resíduo	42	0,71	2,16

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

⁽²⁾ Dados transformados em \sqrt{x} por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

APÊNDICE D - Análise de covariância dos dados das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea	Raiz	Total
Tratamento (aj.)	5	0,25 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Regressão	1	3,13 ^{ns}	>0,01 ^{**}	3,22 ^{ns}
Resíduo (aj.)	41	1,32	0,21	2,22
Total	47	-	-	-

APÊNDICE E - Análise de regressão das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea	Raiz ⁽¹⁾	Total
Regressão linear	1	0,71 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,08 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,39 ^{ns}	0,421 ^{ns}	1,62 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,03 ^{ns}	0,443 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Resíduo	42	1,37	0,208	2,25
Total	47	-	-	-
CV (%)		21,18	24,76	20,35

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE F - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea	Raiz ⁽¹⁾	Total
Contraste	1	0,35 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,39 ^{ns}
Resíduo	42	1,37	0,208	2,25

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE G - Análise de covariância dos dados do diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro	Altura
Tratamento (aj.)	5	26,09**	1375,56 ^{ns}
Regressão	1	95,90**	39749,88**
Resíduo (aj.)	41	2,66	548,18
Total	47	-	-

APÊNDICE H - Análise de regressão do diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽¹⁾
Regressão linear	1	9,57 ^{ns}	1855,38 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1,82 ^{ns}	435,02 ^{ns}
Regressão cúbica	1	1,11 ^{ns}	4547,33**
Desvios de regressão	2	3,12 ^{ns}	105,63 ^{ns}
Resíduo	42	2,60	535,15
Total	47	-	-
CV (%)		13,81	9,66

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE I - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao diâmetro e altura das mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro ⁽¹⁾	Altura ⁽¹⁾
Contraste	1	7,37 ^{ns}	5096,26**
Resíduo	42	2,60	535,15

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE J - Análise de covariância dos dados das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea	Raiz	Total
Tratamento (aj.)	5	0,91 ^{ns}	0,24 ^{ns}	16,06**
Regressão	1	10,44**	0,64 ^{ns}	16,25 ^{ns}
Resíduo (aj.)	41	0,83	0,32	0,05
Total	47	-	-	-

APÊNDICE K - Análise de regressão das massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea ⁽¹⁾	Raiz	Total ⁽¹⁾
Regressão linear	1	1,32 ^{ns}	0,99 ^{ns}	3,63 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,05 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Regressão cúbica	1	2,45 ^{ns}	0,37 ^{ns}	4,46 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,48 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Resíduo	42	0,81	0,33	1,74
Total	47	-	-	-
CV (%)		24,43	38,70	25,50

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE L - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as massas de matéria seca da parte aérea, raiz e total das mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Parte aérea ⁽¹⁾	Raiz	Total ⁽¹⁾
Contraste	1	3,01 ^{ns}	0,76 ^{ns}	6,09 ^{ns}
Resíduo	42	0,81	0,33	1,74

⁽¹⁾ Valores ajustados por apresentarem F significativo ($p < 0,05$) na análise de covariância.

APÊNDICE M - Análise de regressão da altura das mudas de cupuaçu aos 0, 30, 60 e 90 dias na ausência e presença de minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Ausência	Presença
Regressão linear	1	174966,76**	768490,03**
Regressão quadrática	1	3300,78 ^{ns}	12093,01**
Regressão cúbica	1	6592,06*	19453,78**
Resíduo	42	42321,38	1283,51
Total	47	-	-
CV (%)		18,00	16,43

APÊNDICE N - Análise de regressão da altura das mudas de açaí aos 0, 30, 60 e 90 dias na ausência e presença de minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Ausência	Presença
Regressão linear	1	14100,03*	26060,45**
Regressão quadrática	1	66,13 ^{ns}	4,23 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,10 ^{ns}	83,21 ^{ns}
Resíduo	42	2286,56	1331,34
Total	47	-	-
CV (%)		19,36	16,79

APÊNDICE O - Análise de regressão das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponíveis no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Regressão linear	1	0,79 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,004**	>0,01 ^{ns}	14,51**
Regressão quadrática	1	9,57**	0,05**	0,002 ^{ns}	0,01 ^{ns}	15,38**
Regressão cúbica	1	0,06 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,002*	>0,01 ^{ns}	28,39**
Desvios de regressão	2	0,86 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Resíduo	42	0,39	>0,01	>0,001	>0,01	1,34
Total	47	-	-	-	-	-
CV (%)		10,03	11,34	13,61	36,79	18,32

APÊNDICE P - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponíveis no solo com mudas de açaí aos 90 dias em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Contraste	1	1,32 ^{ns}	0,02**	0,007**	>0,01 ^{ns}	4,21 ^{ns}
Resíduo	42	0,39	>0,01	>0,001	>0,01	1,34

APÊNDICE Q - Análise de regressão das concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponíveis no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias nos tubos com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Regressão linear	1	0,59 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,005 ^{**}	>0,001 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1,99 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	0,001 [*]	4,83 [*]
Regressão cúbica	1	1,10 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	2,77 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,86 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	>0,001 ^{ns}	1,37 ^{ns}
Resíduo	42	0,72	>0,01	>0,001	>0,001	0,83
Total	47	-	-	-	-	-
CV (%)		19,30	17,79	16,77	39,45	18,37

APÊNDICE R - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação as concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , P disponíveis no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P
Contraste	1	0,45 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	3,10 ^{ns}
Resíduo	42	0,72	>0,01	>0,01	>0,01	0,83

APÊNDICE S - Análise de regressão da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SB	CTC	V
Regressão linear	1	0,62 ^{ns}	0,21 ^{ns}	26,82 ^{ns}
Regressão quadrática	1	11,45 ^{**}	9,29 ^{**}	145,86 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}	>0,01 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,98 ^{ns}	0,65 ^{ns}	20,77 ^{ns}
Resíduo	42	0,44	0,46	6,97
Total	47	-	-	-
CV (%)		9,60	7,25	3,59

APÊNDICE T - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T₆ vs T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, onde T₆ = 0, T₁ = 1, T₂ = 2, T₃ = 3, T₄ = 4, T₅ = 5 minhocas/tubo em relação a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		SB	CTC	V
Contraste	1	1,98*	2,09*	10,25 ^{ns}
Resíduo	42	0,44	0,46	6,97

APÊNDICE U - Análise de regressão da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SB	CTC	V
Regressão linear	1	2,85 ^{ns}	2,64 ^{ns}	6,21 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,03 ^{ns}	0,33 ^{ns}	11,97 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,92 ^{ns}	1,34 ^{ns}	33,71 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,37 ^{ns}	0,51 ^{ns}	17,96 ^{ns}
Resíduo	42	0,83	0,89	58,15
Total	47	-	-	-
CV (%)		18,52	12,52	11,85

APÊNDICE V - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T₆ vs T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, onde T₆ = 0, T₁ = 1, T₂ = 2, T₃ = 3, T₄ = 4, T₅ = 5 minhocas/tubo em relação a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V) no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		SB	CTC	V
Contraste	1	0,40 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	42	0,83	0,89	58,15

APÊNDICE W - Análise de regressão do pH, Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		pH	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$
Regressão linear	1	0,22**	>0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,04 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,05 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,02 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Resíduo	42	0,02	>0,01	0,05
Total	47	-	-	-
CV (%)		2,85	55,18	9,25

APÊNDICE X - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao pH, Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		pH	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$
Contraste	1	0,25**	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}
Resíduo	42	0,02	>0,01	0,05

APÊNDICE Y - Análise de regressão do pH, Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		pH	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$
Regressão linear	1	0,15**	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,07 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,56**
Regressão cúbica	1	0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Desvios de regressão	2	>0,01 ^{ns}	>0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	42	0,01	>0,01	0,05
Total	47	-	-	-
CV (%)		2,14	45,45	8,53

APÊNDICE Z - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação ao pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		pH	Al^{3+}	$H^+ + Al^{3+}$
Contraste	1	0,13**	>0,01 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Resíduo	42	0,01	>0,01	0,05

APÊNDICE AA - Análise de regressão dos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		C	Matéria Orgânica
Regressão linear	1	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Regressão quadrática	1	>0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,90 ^{ns}	2,67 ^{ns}
Desvios de regressão	2	3,99 ^{ns}	11,82 ^{ns}
Resíduo	42	4,26	12,61
Total	47	-	-
CV (%)		22,42	22,43

APÊNDICE AB - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação aos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		C	Matéria Orgânica
Contraste	1	1,20 ^{ns}	3,59 ^{ns}
Resíduo	42	4,26	12,61

APÊNDICE AC - Análise de regressão dos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		C	Matéria Orgânica
Regressão linear	1	6,98**	20,77**
Regressão quadrática	1	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,37 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,22 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Resíduo	41	0,70	2,07
Total	46	-	-
CV (%)		9,18	9,18

APÊNDICE AD - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T₆ vs T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, onde T₆ = 0, T₁ = 1, T₂ = 2, T₃ = 3, T₄ = 4, T₅ = 5 minhocas/tubo em relação aos teores de C e matéria orgânica no solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		C	Matéria Orgânica
Contraste	1	2,85 ^{ns}	8,44 ^{ns}
Resíduo	41	0,70	2,07

APÊNDICE AE - Análise de regressão da respiração basal do solo com mudas de açaí aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios
		Respiração basal do solo ⁽¹⁾
Regressão linear	1	0,003 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,012*
Regressão cúbica	1	0,012*
Desvios de regressão	2	0,005 ^{ns}
Resíduo	56	0,003
Total	61	-
CV (%)		4,81
χ^2		8,37
Shapiro-Wilk		0,09

⁽¹⁾ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

APÊNDICE AF - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a respiração basal do solo com mudas de açaí aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios
		Respiração basal do solo ⁽¹⁾
Contraste	1	0,015*
Resíduo	56	0,153

⁽¹⁾ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

APÊNDICE AG - Análise de regressão da respiração basal do solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias com 0, 1, 2, 3, 4 e 5 minhocas, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios
		Respiração basal do solo ⁽¹⁾
Regressão linear	1	>0,001 ^{ns}
Regressão quadrática	1	>0,001 ^{ns}
Regressão cúbica	1	>0,001 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,006 ^{ns}
Resíduo	71	0,005
Total	76	-
CV (%)		6,19
χ^2		1,24
Shapiro-Wilk		0,05

⁽¹⁾ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.

APÊNDICE AH - Desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos em um contraste T_6 vs T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , onde $T_6 = 0, T_1 = 1, T_2 = 2, T_3 = 3, T_4 = 4, T_5 = 5$ minhocas/tubo em relação a respiração basal do solo com mudas de cupuaçu aos 90 dias, em delineamento inteiramente casualizado

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios
		Respiração basal do solo ⁽¹⁾
Contraste	1	0,001 ^{ns}
Resíduo	71	0,005

⁽¹⁾ Dados transformados em $\sqrt{x+1}$ por não atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk.