

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO (UEMA)  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
MESTRADO EM AGROECOLOGIA

**PESQUISA**  
Uso exclusivo na Biblioteca

BIOMASSA E DENSIDADE DE ANELÍDEOS, DIPLÓPODES E QUILÓPODES EM UM  
ARGISSOLO DA FORMAÇÃO ITAPECURU - MA SUBMETIDO A DIFERENTES  
NÍVEIS DE MANEJO E COBERTURA MORTA

Delfim Santana Pinheiro Guterres Junior

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura

Dissertação apresentada a Universidade  
Estadual do Maranhão - UEMA, para obtenção  
do título de Mestre em Agroecologia

São Luís  
2003

Biblioteca Central  
Biomassa e densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes  
Ac.6467 - R.19170 Ex. 1  
Doação  
R\$ 0,00

Guterres Junior, Delfim Santana Pinheiro

Biomassa e densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes em um Argissolo da Formação Itapecuru - MA submetido a diferentes níveis de manejo e cobertura morta / Delfim Santana Pinheiro Guterres Junior. – São Luís, 2003.

49 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, 2003.

1. Cultivo em aléias 2. Solo - cobertura 3. Solo - preparo 4. Solo -  
Biologia I Título

CDU: 631.51(812.1)


UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO(UEMA)  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
MESTRADO EM AGROECOLOGIA

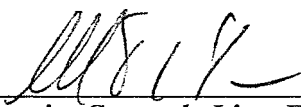
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**“BIOMASSA E DENSIDADE DE ANELÍDEOS, DIPLÓPODES E QUILÓPODES EM UM ARGISSOLO DA FORMAÇÃO ITAPECURU-MA SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE MANEJO E COBERTURA MORTA”.**

**AUTOR: DELFIM SANTANA PINHEIRO GUTERRES JUNIOR.**  
**ORIENTADOR: Prof. Dr. EMANOEL GOMES DE MOURA.**

Aprovado pela comissão Examinadora

  
Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura

  
Prof. Dr. Altamiro Sousa de Lima Ferraz Júnior

  
Prof. Dr. Aidenise Alves Moreira

Data da Realização: 05 / 12 / 2003

## AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar quero agradecer a DEUS por este trabalho.

Aos meus pais pelo amor, incentivo e participação na minha vida acadêmica, a meus irmãos, especialmente Delfim da Silva Guterres, e demais familiares.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA), na figura do Prof. Dr. Evandro Ferreira das Chagas Santos pela concessão de bolsa durante um ano de curso.

Ao Prof. Dr. Emanuel Gomes de Moura pela orientação e disponibilidade com que sempre me atendeu.

Ao Prof. M. Sc. Jonas Mendes Albuquerque pela cordialidade, disponibilidade e sábios conselhos.

Ao Prof. Dr. Altamiro Sousa de Lima Ferraz Júnior pela parceria.

Aos Professores Dr. Hamilton Jesus Santos Almeida e Dr<sup>a</sup>. Dulce Maria Junqueira Ayres pela emissão de carta-recomendação e amizade.

Aos colegas da turma Maria Nasaret Machado Moraes Segunda, Cristiane Reis e Hailton Dutra Duarte, pelos momentos de convívio solidário.

A Gerência de Desenvolvimento Regional de Rosário (GDRR) e ao Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) pela liberação para este curso.

Aos professores do curso de Agroecologia Dr. Festus Kehinde Akinnifesi, Dr. José de Ribamar Gusmão Araújo, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Raimunda Nonata Santos Lemos e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Francisca Helena Muniz pelos ensinamentos.

Ao Dr. Tomaz Tetsuo Tsuji e Prof<sup>a</sup> Leonir Maria Costa Rodrigues pelo constante incentivo e confiança.

A Dr<sup>a</sup>. Maria do Rosário Santos Almeida pela forma cordial e acessível com que disponibilizou seus conhecimentos.

Aos meus pais Delfim Santana Pinheiro Guterres e Iraci da Silva Guterres e a minha namorada Michelli Amorin Souza, dedico esta obra.

“Pode-se duvidar se há muitas outras criaturas que desempenharam papel tão importante assim na história do mundo”.

Charles Darwin, 1881.

## SUMÁRIO

	página
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>03</b>
<b>2.1 Estrutura do Solo e Porosidade</b>	<b>03</b>
<b>2.2 Efeitos da Falta de Oxigênio no Ar do Solo</b>	<b>05</b>
<b>2.3 Sistema de Cultivo e seu Efeito no Solo</b>	<b>07</b>
<b>2.4 Importância dos Anelídeos e Miriápodes Para o Solo</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Relação entre os Organismos do Solo e Porosidade</b>	<b>19</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Análises Biológicas</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>27</b>
<b>4.1 EXPERIMENTO 1 - Biomassa e Densidade de Anelídeos, Diplópodes e Quilópodes em um Argissolo da Formação Itapecuru - Ma Submetido a Diferentes Níveis de Manejo do Solo e Quantidades de Cobertura Morta</b>	<b>27</b>
<b>4.1.1 Primeiro Ano</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2 Segundo Ano</b>	<b>31</b>
<b>4.2 EXPERIMENTO 2 - Biomassa e Densidade de Anelídeos, Diplópodes e Quilópodes em um Argissolo da Formação Itapecuru - MA Submetido a Diferentes Qualidades de Cobertura Morta</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Produtividade das Culturas</b>	<b>41</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABELAS

	página
<b>Tabela 1 - Características pedológicas do perfil do solo do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural da UEMA, São Luís/MA.</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2 - Biomassa de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do algodoeiro.</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 3 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do algodoeiro.</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 4 - Densidade de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do algodoeiro.</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 5 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do algodoeiro.</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 6 - Biomassa de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do milho.</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 7 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do milho.</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 8 - Densidade de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do milho.</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 9 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do milho.</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 10 - Biomassa de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das fileiras.</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 11 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das fileiras.</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 12 - Densidade de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das fileiras.</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 13 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das fileiras.</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 14 - Biomassa de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das parcelas.</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 15 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das parcelas.</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 16 - Densidade de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das parcelas.</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 17 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das parcelas.</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 18 - Número de frutos por parcela na cultura do algodoeiro.</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 19 - Peso bruto dos frutos por parcela na cultura do milho.</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 20 - Peso dos sabugos por parcela na cultura do milho.</b>	<b>42</b>



## RESUMO

Com o objetivo de analisar a influência das interações entre o sistema de preparo do solo e o uso de cobertura morta, na biomassa e densidade da macrofauna edáfica de anelídeos, diplópodes e quilópodes, e na produtividade das culturas em um Argissolo da Formação Itapecuru - MA sob condições de alta pluviosidade, dois experimentos foram conduzidos na estação chuvosa, o primeiro constou de 12 tratamentos em um esquema fatorial em parcelas de 10,5m de comprimento, com 4 repetições, envolvendo duas variáveis, quantidade de cobertura e, nível de manejo de solo. O segundo experimento constou de 6 tratamentos em um esquema fatorial em parcelas de 10,5m de comprimento, com 4 repetições, envolvendo a variável qualidade de cobertura em duas posições. Os resultados obtidos nas condições em que o trabalho foi conduzido permitiram concluir que: 1- O revolvimento do solo impacta, negativamente, a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes; 2- A cobertura do solo com guandu e o plantio direto impactam positivamente a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes; 3- *Eucaliptus sp.* mostrou-se extremamente desfavorável a fauna estudada; 4- Nas condições da Formação Itapecuru, o manejo do solo em plantio direto sob cobertura morta de *Cajanus cajan* ou *Clitoria fairchildiana* constitui ótima opção para estimular a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes; 5- A investigação das inter-relações entre a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes e, os indicadores de qualidade físicos capacidade de aeração e condutividade hidráulica é sugestão para a continuidade deste trabalho.

Palavras – chave: Cultivo em aléias; Solo - Cobertura; Solo – Preparo; Solo -  
Biologia.

**ABSTRACT**

With the objective of analysis the influence of interactions between tillage system and mulching use, in the biomass and density of edafic macrofauna of annelids, diplopods and quilopods, and the productivity of crops in an Ultisol of Itapecuru - MA Formation under high index pluviometric conditions. Two experiments were carried out in rainy season, the first with 12 treatments in an factorial design, with 4 replications, involving two variants, mulching quantity and, till level. The second experiment with 6 treatments in an factorial design, with 4 replications, involving the variant quality mulching in two positions. The results allowed the followings conclusions: 1 - The tillage of soil impact, negative, the biomass and the density of natural population of annelids, diplopods and quilopods; 2 - The guandu`s mulching, and, no till impact positive biomass and density of natural population of annelids, diplopods and quilopods; 3 - *Eucaliptus sp.* shows extrenity unfavorable to fauna studied; 4 - In Itapecuru Formation conditions, the soil management in no till under dead mulching of *Cajanus cajan* or *Clitoria fairchildiana* form a good potion to stimulate positive biomass and density of natural population of annelids, diplopods and quilopods; 5- The investigates of relationships between biomass and density of natural population of annelids, diplopods and quilopods, and aeration capacity and hydraulic conductivity physic`s quality indicators, is suggest for this work continues.

Key -word: Alley Cropping; Soil - Mulching; Soil - Tillage; Soil - Biology.

Os ecossistemas tropicais em sua maioria frágeis e dependentes da complexa rede de interações bióticas formada ao longo do processo evolutivo sofrem grandes impactos provocados pela exploração agrícola com base na retirada da cobertura vegetal, no revolvimento do solo, na monocultura e no uso de biocidas. A realização destas operações pode provocar emissões de poluentes gasosos para a atmosfera, poluição das águas superficiais e dos lençóis freáticos com nitratos e biocidas, perda da diversidade de espécies e de ambientes e, deterioração do solo e de suas funções pela compactação, erosão e acumulação de poluentes.

O uso racional dos componentes dos ecossistemas possibilita, em agroecossistemas baseados na conservação dos recursos, uma atividade agrícola sustentável.

A fauna do solo, em especial os anelídeos e miriápodes, contribui por meio de seu hábito de vida para a ciclagem de nutrientes e sua disponibilidade às culturas agrícolas bem como para a manutenção e melhoria da estrutura do solo, da velocidade de drenagem e da taxa de infiltração, assume, portanto, papel relevante neste contexto de sustentabilidade da agricultura.

O Estado do Maranhão possui cerca de 60% do seu território ocupado pela Formação Itapecuru, onde os solos, derivados predominantemente, de arenitos finos e siltitos, são arenosos ou franco-arenosos, com a fração areia composta basicamente de areia fina. Nestes solos, taxas de infiltração muito baixas aliadas à práticas agrícolas de revolvimento e, remoção da cobertura, expondo-os a chuvas intensas e concentradas, contribui para degeneração física e estrutural de formas variadas, dentre estas, por meio da formação de encrostamentos impeditivos a infiltração da água. Assim, o aperfeiçoamento de técnicas que

permitam o uso contínuo do solo desta região para fins agrícolas, por meio do conhecimento dos indicadores não só físicos e químicos, mas também biológicos da fertilidade natural destes solos é condição imprescindível para sua exploração sustentável.

Pelo menos duas hipóteses podem ser levantadas sobre a influência do sistema de manejo na capacidade de aeração e drenagem dos solos pertencentes à Formação Itapecuru: devido a deficiência natural das características físicas de aeração e drenagem dos solos pertencentes a esta formação, não há influência dos sistemas de manejo utilizados, nas características citadas, por outro lado, o uso de sistemas de manejo alternativos, como o sistema em plantio direto, associado à cobertura morta, incrementam a produção de biomassa vegetal, e a macrofauna do solo as quais, associadas a este sistema de manejo, influenciam positivamente a aeração e drenagem do solo, proporcionando maior fluxo de oxigênio para a zona radicular e maior expressão da produtividade das culturas.

Desta forma, a análise da influência da quantidade de cobertura vegetal, nível de manejo de solo e qualidade da cobertura na macrofauna edáfica de anelídeos, diplópodes e quilópodes, e na produtividade das culturas constituem o principal objetivo deste estudo que tem como universo, os solos da formação Itapecuru sob condições de alto índice pluviométrico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Estrutura do Solo e Porosidade

Entende-se como solo arejado aquele em que há disponibilidade de gases, nas quantidades suficientes e nas proporções adequadas para incrementar com a maior intensidade possível os processos metabólicos essenciais aos mecanismos de crescimento dos vegetais.

O ar faz parte do volume de poros do solo que não é ocupado por água, cuja dimensão é igual à diferença entre a porosidade total e a mistura de sólidos e líquidos que o volume total do solo contém. Um solo onde a aeração é considerada satisfatória deverá ter duas características básicas: espaço livre de sólidos e espaço livre de água suficiente, para a livre movimentação de gases essenciais para dentro e fora destes espaços. A situação da água controla, em grande extensão, o total disponível de espaço para o ar, porém, o problema da adequada aeração do solo depende também de vários fatores e de suas inter-relações.

O suprimento de oxigênio, gás que está sendo constantemente utilizado nas reações biológicas, deverá ser continuamente renovado. Ao mesmo tempo, não deverá ser depositada, nos espaços livres, uma concentração excessiva de  $\text{CO}_2$ , principal produto da respiração ou de outras reações semelhantes. Estas variáveis são definidas pelas características físicas de aeração e drenagem, ambas são fortemente influenciadas pela porosidade.

O uso de técnicas de manejo que promovam a melhoria das características ligadas a estrutura do solo, influencia a capacidade de infiltração e a velocidade de drenagem da água, portanto também afetando a capacidade de aeração do solo. A estrutura do solo tem grande importância prática para a agricultura, regula a circulação do ar e da água, a capacidade e

velocidade de infiltração da água, as condições de desenvolvimento das raízes e a atividade dos organismos. A porosidade refere-se à proporção de espaços vazios, poros ou cavidades, que existem no solo, sendo importante para a circulação dos gases e das soluções; já a permeabilidade, é a capacidade que o solo apresenta de se deixar atravessar pela água e pelo ar, ou seja, refere-se à drenagem interna, estando assim fortemente ligada à textura, estrutura e porosidade, que associadas, determinam a velocidade de infiltração e de movimentação da água e do ar através do solo Galetti (1979).

A estrutura do solo é definida como o ajuntamento de agregados e espaços de poros, desta forma são propostas duas categorias de tamanho de poros:

Os poros maiores que 60 $\mu$ m são destinados principalmente ao fluxo do ar e calculados, percentualmente, através da fórmula  $CAR = ( 1 - \rho_s/\rho_p ) - [ \theta_v ( 5 \text{ kPa} ) ]$ , onde, CAR é a capacidade de aeração,  $\rho_s$  a densidade do solo seco, que quanto mais denso apresentará mais dificuldade à penetração das raízes e menor porosidade,  $\rho_p$  refere-se a densidade de partículas do material que compõe o solo, constantemente, arbitrada em 2,65g/cm<sup>3</sup>,  $\theta_v$  o conteúdo volumétrico de água do solo e 5 KPa corresponde ao limite a partir do qual o solo atinge a capacidade de campo. Poros entre 60 e 0,2  $\mu$ m determinam o volume de água disponível no solo, obtidos por meio da fórmula  $CAD = [ \theta_v ( 5 \text{ KPa} ) - \theta_v ( 1500 \text{ KPa} ) ]$ , onde CAD indica a capacidade de água disponível,  $\theta_v$ , o conteúdo volumétrico de água do solo, 1500 KPa corresponde ao limite a partir do qual a planta não consegue retirar água do solo e 5 KPa indica a capacidade de campo atingida pelo solo. Ambas as categorias, são importantes aos processos de infiltração e aeração, pois definem a classificação da condição estrutural do solo. Em relação a CAR e CAD, temos que o solo será: pobre, se o volume de poros nesta faixa estiver abaixo de 5% para CAR e de 10% para a CAD; regular, entre 5 e 10% para CAR e de 10 a 15% para a CAD; bom, entre 10 e 15% para CAR e de 15 a 20% para CAD; muito bom, acima de 15% para a CAR e acima de

20% do volume de poros estando na categoria da CAD, Thomasson (1978). Desta forma o estudo dos poros, independentemente do seu processo de criação é condição indispensável para a agricultura tropical e em especial para a exploração sustentável dos solos da formação geológica em estudo.

## 2.2 Efeitos da Falta de Oxigênio no Ar do Solo

A composição e a quantidade do ar do solo depende, em grande parte, de espaço disponível juntamente com as intensidades das reações bioquímicas e da intermutabilidade dos gases. Há marcante variação sazonal na composição do ar do solo. O teor de oxigênio é, via de regra, mais elevado no verão e mais reduzido no inverno. Conclui-se que inverso é o comportamento do teor de  $\text{CO}_2$ . A maior parcela desta variação poderá ser explicada quando se levam em consideração as diferenças de umidade e de temperatura do solo.

Durante os períodos do ano em que a umidade está acima da média, poderá haver teor relativamente elevado de  $\text{CO}_2$  e reduzido de  $\text{O}_2$ . Temperaturas elevadas também favorecem esta mesma situação devido ao aumento na atividade microbiana. A dependência da composição solo-ar da umidade e temperatura do solo, no entanto, não deverá ser superestimada. As relações solo-água afetam a composição do solo à medida que o teor de água do solo decresce, há aumento do volume de ar e maior razão de troca entre o ar do solo e as raízes, havendo diminuição na espessura do filme de água através do qual a difusão ocorre.

Os vegetais superiores sofrem influência desfavorável, em condições de aeração deficiente, em pelo menos três aspectos diferentes: i) Restrição ao crescimento; principalmente das raízes; ii) Diminuição na absorção de nutrientes; iii) Formação de compostos tóxicos às plantas.

Segundo Labaneuskes apud Glinski e Stepniewski (1986), a emergência de plantas requer um desenvolvimento considerável da raiz. Algumas plantas como o arroz, preservam sua capacidade de crescimento em ambientes de solo anóxicos, outras como alface preservam sua capacidade germinativa em pouca condição de anoxia, já certas gramas incrementam sua germinação com incrementos na concentração de oxigênio.

A exclusão do oxigênio do metabolismo das raízes causa fermentação alcoólica e acúmulo de etanol, ácido láctico e succínico são formados nas sementes e nas raízes, também ocorre a produção de ácidos: fumárico, acético e pirúvico. Decréscimo de proteínas e aumento de aminoácidos livres são ocorrentes em limões e laranjas, outras conseqüências são: fechamento de estômatos; diminuição e parada do crescimento das raízes; clorose, epinastia, senescência e abscisão das folhas; decréscimo na massa verde e esterilização do pólen, Kramer; Kratochvil; Jackson et al; Drew et al; Trought e Drew apud Glinski e Stepniewski (1986). A falta de oxigênio provoca decréscimo no nitrogênio contido nos tecidos vegetais, onde a nodulação é proporcional à concentração de oxigênio. Para o fósforo, o efeito é diferenciado entre as espécies, e entre as partes da planta, contudo, parece haver um decréscimo de fósforo em limões, laranja, jojoba e arroz. O nível de potássio nos vegetais apresenta um decréscimo moderado, quando estes vegetais estão sob condição de falta de oxigênio. Ficou comprovada a queda nos níveis de cálcio em: limão, laranja, batata e feijão. Na cultura do tabaco sob condições de alagamento, ocorreu um decréscimo no nível de magnésio; já a cultura do algodão apresentou, sob condições de alagamento um decréscimo no nível de sódio, também foi determinada queda na concentração de cloro nos tecidos de arroz irrigado. As concentrações de boro e zinco presentes nos tecidos vegetais decrescem na maioria das culturas sob condições de alagamento, Glinski e Stepniewski (1986).



Os efeitos da deficiência de oxigênio são mais fielmente descritos em termos de taxa de difusão de oxigênio (ODR), do que em termos de concentração de  $O_2$ , uma vez que, a (ODR) é inversamente proporcional à emergência das plantas sob deficiência de  $O_2$ .

### 2.3 Sistema de Cultivo e seu Efeito no Solo

O sistema tradicional de derruba e queima para plantio, implica, nos climas tropicais mais úmidos, no cultivo da mandioca, e nos climas tropicais mais secos, no cultivo do milho e feijão, Grig; Norman apud Lessa (1997). Na ciclagem de nutrientes no trópico úmido, a maior parte da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre microorganismos e plantas. Ao remover-se esta estrutura biótica evoluída e bem organizada, os nutrientes perdem-se rapidamente por lixiviação sob condições de altas temperaturas e chuvas intensas, principalmente em locais onde a fertilidade natural do solo é baixa. Por esta razão, as estratégias agrícolas aplicadas na zona temperada, que envolvem a monocultura de plantas anuais, com mecanização pesada do solo, são totalmente impróprias para as regiões tropicais, Odum (1988).

Na região central do Maranhão, as culturas obedecem ao seguinte calendário agrícola: roça de verão (período seco), plantio da mandioca; roça de inverno (período chuvoso), plantio da cultura do arroz, milho e feijão, com os seguintes tratos culturais e operações de preparo do solo: broca e queima da vegetação existente, plantio da cultura e capina das ervas daninhas no inverno, roçagem e queima, plantio e capina de verão, Andrade

apud Instituto do Homem (1993); Almeida et al apud Empreendimentos Florestais do Maranhão (1990). Pratica-se desta maneira uma exploração agrícola com pouca sustentabilidade, dada a formação geológica a qual pertencem os solos utilizados neste sistema de cultivo, ao clima desta região e a forma como são manejados os recursos naturais utilizados neste processo produtivo.

O ecossistema tropical pobre em nutrientes é capaz de manter uma alta produtividade sob condições naturais por meio da ciclagem direta, Went e Stark (1968); o corte de florestas pode resultar em perda, ainda que temporária, de carbono e nitrogênio, enquanto outros minerais podem ficar retidos no solo, dependendo de suas características físicas, Nye e Greenland apud Odum (1988). Drásticas mudanças na quantidade de nutrientes de sítios de florestas tropicais são observadas após o corte, queima e plantio de espécies como o *Pinus*, Coule e Johnson apud Odum (1988); a quantidade de cinzas geradas pela queima do material vegetal nos sistemas agrícolas tradicionais, bem como a concentração dos nutrientes presentes, varia de acordo com o tipo de vegetação, clima, solo, condições dos restos vegetais antes da queima e fatores associados ao fogo, Harwood e Jackson; Sanchez et al apud Lessa (1998). A queima da vegetação existente é prática comum na exploração agrícola tradicional realizada por pequenos agricultores maranhenses, assim como nos demais países subdesenvolvidos das regiões tropicais, este fato ocorre basicamente pela necessidade de nutrientes suprida em grande parte pela cinza resultante da queima da vegetação, na qual o uso do fogo é o principal meio de disponibilizar nutrientes e pela indisponibilidade de técnicas alternativas a esta prática, bem como, pela inadequação das inovações ao modo de produção da pequena agricultura familiar maranhense.

Os principais danos causados à natureza pelo desmatamento com a queima são: exposição do solo com aumento da erosão e redução da matéria orgânica; aumento da temperatura local de partículas de CO<sub>2</sub>; modificação dos regimes dos rios e ocorrência de

enxurradas; redução da biodiversidade; extinção de espécies; destruição do habitat de animais, além da redução das condições de subsistência das populações humanas locais, Medeiros apud Cavalcanti (1995).

Ao longo do processo de umedecimento pela chuva ou pela irrigação, o solo é reconsolidado por três mecanismos: (i) impacto da gota de chuva; (ii) estresse efetivo no solo que causa o colapso de sua matriz a partir do seu próprio peso, reduzindo assim o tamanho e o número de macroporos; (iii) forças dinâmicas do movimento da água através dos poros (adsorção e momento), que tendem a condensar a matriz. Durante a redistribuição ou drenagem seguida da infiltração, a elevação negativa da pressão poro-água eleva o estresse efetivo na matriz conduzindo as partículas soltas do solo para ocuparem os espaços livres. O maior percentual de reconsolidação ocorre durante o primeiro ciclo de umedecimento e secagem, o que gradativamente diminui nos ciclos seguintes. Durante o processo de umedecimento o solo arado pode também estar sujeito às mudanças na distribuição do tamanho dos poros e nas características de retenção de água devido à quebra e dispersão dos agregados. De acordo com Ahuja et al (1989), na superfície do solo, esse processo é aumentado pelo impacto das gotas de chuva o que freqüentemente resulta no encrostamento.

Corsini e Ferraudo apud Albuquerque (1999) indicaram que em Latossolo Roxo, mantido por longo período sob plantio direto de milho, os efeitos imediatos das operações de subsolagem, aração e gradagem aumentaram a macroporosidade do "topsoil" bem como o potencial de desenvolvimento radicular da cultura, resultado este igualado pelo plantio direto só a partir do oitavo ano de cultivo. Por outro lado, o aumento da porosidade causado pelo preparo do solo é reduzido gradativamente pela reconsolidação natural provocada pelos ciclos de umedecimento e secagem.

A cobertura do solo com resíduos vegetais é uma das formas de aumento da sua fertilidade, entre outras razões, por auxiliar no controle da erosão, permitir o desenvolvimento

de vida micro e macrobiana no seu interior e superfície, diminuir a temperatura máxima do solo, aumentar a infiltração da água, provocar o decréscimo da compactação e do encrostamento e aumentar a água disponível na zona das raízes. As respostas das culturas à aplicação de cobertura ao solo, no entanto, são grandemente influenciadas pela quantidade de chuva e sua distribuição, pelo microclima e pela capacidade de armazenamento de água do solo. Lal apud Albuquerque (1999), indica que os efeitos benéficos têm sido maiores em regiões com menores índices pluviométricos. A cobertura do solo proporciona o abafamento das sementes de invasoras e, dependendo da constituição da mesma, pode proporcionar uma maior resistência à enxurrada, além do enriquecimento da matéria orgânica do solo.

A cobertura morta é mais eficiente que qualquer outro tipo de cobertura vegetal no que se refere a absorção da energia cinética da chuva, não permitindo que alguma energia residual possa desagregar o solo e provocar o encrostamento da superfície Lombardi Neto et al (1988) e minimizando o “runoff” Lamarca apud Albuquerque (1999).

Efeitos positivos da cobertura morta sobre a produtividade das culturas são, geralmente, atribuídos à maior taxa de emergência das sementes cultivadas, aumento da água disponível para as culturas, regularização da temperatura e melhoria nas condições físicas e biológicas do solo. Franzen et al (1994), recomendaram para a região de transição do trópico úmido no oeste africano, a cobertura do solo em combinação com um sistema manual de preparo zero, para que fossem mantidas suas propriedades físicas em um nível favorável ao crescimento das raízes; para os autores, isto seria obtido pelo aumento da continuidade dos macroporos, evitando os processos de consolidação do subsolo, aumentando a atividade faunística e favorecendo a permeabilidade do solo. Estudos de Khan apud Albuquerque (1999), revelaram que a diminuição do impacto da gota de chuva no solo, pelo uso da cobertura morta, reduziu a densidade e aumentou a porosidade nos primeiros 15 centímetros do solo, diminuiu a rigidez da superfície e incrementou a produtividade da cultura do

amendoim, em um solo franco arenoso laterítico. Também em solo franco arenoso cultivado com tomate e alface, Stirzaker et al (1989) encontraram menor rigidez, mas não menor densidade nas áreas cobertas, em comparação com as áreas cultivadas sem preparo. O efeito benéfico da cobertura do solo na produção de grãos de milho foi confirmado por Lal apud Albuquerque (1999), que o atribuiu ao decréscimo na temperatura da camada arável e ao aumento na retenção de água. Também Tisdall e Adem (1986) verificaram que a cobertura morta exerce, em combinação com o preparo zero, um efeito positivo sobre o crescimento e a produção do milho em solos suscetíveis ao encrostamento. Dentre os sistemas agroflorestais que utilizam cobertura, o “alley cropping” ou “sistema de cultivo em aléias” é um dos mais simples, pois combina em uma mesma área espécies arbóreas, preferencialmente leguminosas, e culturas anuais Ferraz Jr (2000). Leite (2002) estudando o sistema alley cropping recomenda-o para regiões onde os níveis de precipitação são suficientes para impedir a competição entre as espécies utilizadas nas aléias e a cultura agrícola em foco.

Poucos trabalhos relacionam a presença da cobertura morta com a aeração do solo, destes, grande parte foram realizados em regiões de clima temperado e em solos que refletem estas condições. Graham (1989) concluiu que o aumento da matéria orgânica, derivada de cobertura morta em solos argilosos ou franco argilo-siltosos, aumentou a taxa respiratória e a demanda por O<sub>2</sub>, fazendo decrescer seus teores no solo. Também Macffe et al apud Moura (1995) perceberam, em um solo franco argilo-siltoso sob cobertura morta triturada, grande redução nos teores de oxigênio do solo além da diminuição dos valores extremos da permeabilidade e da porosidade da superfície. Na região sul do Brasil, Bragagnolo e Mielniczuk (1990) observaram aumento de 8 a 10% nos valores da umidade volumétrica na camada até 5cm do solo coberto com 5 e 7t/ha de palha, em comparação com os solos descobertos e com o que recebeu 2,5t de palha. Significativa também foi a mudança na temperatura máxima do solo até 5 centímetros, com uma redução de 0,6 a 1,13° C por

tonelada de palha aplicada. Em busca de alternativas para uma agricultura sustentável na região Amazônica, alguns estudiosos têm utilizado a cobertura morta como prática de manejo dos solos nas áreas ali destinadas à agricultura. Wade e Sanchez (1983), utilizaram gramíneas e kudzu incorporados e na superfície, comparando-os com a fertilização completa e com a calagem mais fosfatagem, em um solo franco com baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e altos teores de Alumínio no Peru, nas áreas com material incorporado foram maiores as produções de soja, feijão vigna e milho em comparação com as áreas cobertas, mas a cobertura com kudzu produziu 80% da produção máxima, atingida com a fertilização completa.

Na Amazônia brasileira, Schöning e Alkämper (1985) avaliaram o efeito de vários materiais utilizados como cobertura morta na produção do milho e do feijão vigna, concluindo que o efeito foi positivo e altamente significativo para as duas culturas, para o milho o uso da puerária em cobertura sem adubação correspondeu, em produtividade, à aplicação de 120 - 80 - 60 kg/ha de Nitrogênio, Fósforo e Potássio(N-P-K), comparando as propriedades dos solos com e sem cobertura, após a colheita, os autores verificaram aumento de 15% de carbono e menores decréscimos de Nitrogênio e Fósforo nas parcelas cobertas, também a CTC aumentou 15,8% nas parcelas com cobertura, decrescendo 16,3% no solo nu, nos solos cobertos também houve mais 3,3% de umidade em média, no início da estação chuvosa. Para períodos de grande precipitação pluviométrica, os autores especulam se a cobertura não seria deletéria, provocando alagamentos e situações anaeróbicas.

De acordo com a EMAPA apud Moura (1995), a utilização das folhas de babaçu como cobertura morta, associada a outras práticas, indicou superioridade produtiva na cultura da bananeira quando comparada ao plantio descoberto, ambas receberam desbastes e limpeza das folhas velhas. Por outro lado Veras (1994), avaliou o efeito da aplicação de 200 m<sup>3</sup>/ha de resíduos de fava d'anta (cascas de legumes com relação C/N igual a 25) superficial e

incorporado, aos 20 cm de profundidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo textura arenosa na ilha de São Luís, concluindo que o resíduo incorporado não afetou a produção de grãos de milho quando comparado com o tratamento que recebeu apenas N-P-K. porém, a aplicação do resíduo em cobertura duplicou a produção, em relação aos dois tratamentos anteriores. A comparação dos valores da análise química do solo não apresentou nenhuma diferença que pudesse explicar a resposta da cultura à aplicação da cobertura morta; houve durante os 90 dias de ciclo da cultura uma precipitação de 1.520mm o que, a princípio, eliminaria a hipótese de que a resposta pudesse ser atribuída às diferenças nos teores de água no solo.

No mesmo solo na ilha de São Luís, Moura (1995) concluiu que a cobertura morta evita o encrostamento superficial, diminui o adensamento da camada arável aumentando a porosidade efetiva, e em consequência, a aeração do solo em regime de alto índice pluviométrico, promovendo o crescimento e a produção das plantas de milho pelo aumento da sua capacidade fotossintética. Moraes Segunda (1997), indica que em Argissolos Vermelho-Amarelo de São Luís o uso de cobertura morta favorece o crescimento e frutificação do algodoeiro quando o mesmo é cultivado no período chuvoso, principalmente pelo aumento da superfície fotossintética das plantas desta espécie, fato importante devido a baixa resistência do algodoeiro às condições de alagamento.

#### **2.4 Importância dos Anelídeos e Miriápodes Para o Solo**

Petrik (1986) cita como um solo “bom” aquele que em sua constituição possua 93% de minerais e 7% de substâncias bio-orgânicas, destas 85% são humos, 10% raízes e 5% edafofauna; quanto à edafofauna, 40% são algas e fungos, 40% bactérias e actinomicetos,

12% anelídeos, 5% macrofauna e 3% micro e mesofauna. A classificação de anelídeos e miriápodes varia em função da natureza do estudo, contudo Wallwork e Van Der apud Hole (1981), classificam os anelídeos como megafauna devido ao seu efeito no solo, priorizando seu diâmetro, maior que 20 mm e peso de 100 indivíduos, 40g; Edney apud Hole (1981) classifica anelídeos pelo seu comprimento, 3 centímetros, propondo então uma classificação por nicho, classificando anelídeos e miriápodes como animais endopedônicos, por possuírem vida ativa também na superfície do solo e produzirem coprólitos. Lavelle et al (1994) classifica os anelídeos como macrofauna utilizando características de comprimento superior a 4 mm, hábito de construir ninhos, tocas ou galerias além de transportarem material de solo, e miriápodes em mesofauna por medirem entre 0,2 e 4 mm além de movimentarem-se em fissuras, poros e na interface serrapilheira/solo; Bouchè apud Assad (1997) detalha o conceito de macrofauna, dividindo-a em epigeica, animais que vivem e se alimentam na superfície do solo, fragmentando os materiais que ingerem e participam da decomposição da matéria orgânica do solo, sendo constituída por pequenos anelídeos pigmentados e miriápodes; anécica, animais que alimentam-se na superfície e vivem em camadas subsuperficiais do solo, construindo galerias para se movimentar, sendo constituída por anelídeos pigmentados grandes e, endogeica, constituída por animais que vivem no interior do solo consumindo raízes vivas e/ou mortas, são geófagos e constroem pequenas galerias. Swift apud Silva (1998) por sua vez classifica quirópodes e diplópodes entre meso e macrofauna, e anelídeos de macro e megafauna considerando o diâmetro corporal dos animais.

Existem aproximadamente 3.000 espécies de minhocas, porém apenas cerca de meia dúzia têm importância para a agricultura Mertus (1993) Myers (1996). Segundo Tisdall e Mckenzie (1999) as minhocas têm frequentemente mostrado sua contribuição no aumento produtivo das plantas, ambas crescem geralmente juntas no solo, embora na maioria das vezes as minhocas permaneçam predominantemente no seu interior, porém, não é possível isolar o



mecanismo de crescimento como também nenhum método extrator de minhocas sem danos ao solo, antes que as plantas cresçam. Estes anelídeos além de promoverem o revolvimento do solo por meio de seu “burrowing”, trazendo o oxigênio para baixo e levando o gás carbônico para cima, aumentam a capacidade de infiltração do solo possibilitando o transporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos pela água da chuva para o seu interior, também atuam como decompositores da matéria orgânica animal e vegetal presente no Topsoil transformando-a através do seu processo de alimentação e excreção, em formas aproveitáveis de nutrientes pelas plantas, denominadas de coprólitos ou carcaças Dia (2001). De acordo com Lamarca (1996) um dos efeitos da prática da queimada é deixar as minhocas sem alimento. Segundo Cook e Linden (1996), *Aporrectodea tuberculata*, minhoca comum em campos agrícolas do meio oeste dos Estados Unidos, é um componente significativo de agroecossistemas considerando-se a mistura do solo e o transporte preferencial de água e compostos químicos, devido ao seu hábito de vida.

É, pois, neste contexto que Kang; Akinnifesi e Pleysier (1994) determinando população de minhocas em diferentes substratos, na Nigéria, encontraram em solo que recebeu adição de resíduo de leucena 52 indivíduos/m<sup>2</sup> e em solo que recebeu adição de resíduo de sombreiro 72 indivíduos/m<sup>2</sup>. Manna et al (1996) estudando o comportamento de minhocas *Periony escavatus*, em laboratório, na Índia, concluíram que o substrato palha de milho proporcionou um maior crescimento da população destes animais no intervalo de temperatura entre 24°-30°C quando comparado com lixo urbano, palha de soja e palha de trigo, e ainda que a adição de minhocas acelerou a quebra de resíduos, a qual resultou na diminuição da relação C:N, carbono e carboidratos solúveis na água.

De acordo com Araújo e Hernandez (1999) a população de minhocas é entre 1,6 a 4,8 vezes maior nos solos de savana sob sistema agroflorestal que nos solos de savana natural amazônica. Bernier e Ponge (1998) demonstraram grande atividade das minhocas *Lumbricus*

*terrestris* em sítios compostos por abetos em crescimento, na densidade de 61,8 indivíduos/m<sup>2</sup> em comparação a amostras tiradas de floresta de abetos de 60 anos, densidade de 6,2 indivíduos/m<sup>2</sup>.

Auerswald et al (1996) estudando diversos tipos de solos em condições de repouso por 5 anos na Alemanha, concluíram que, o processo de respiração do solo aumentou devido as escavações das minhocas e que, a densidade das mesmas foi de 12 a 274 indivíduos/m<sup>2</sup>, 10 vezes mais do que em solos cultivados, os autores observaram ainda que a população das minhocas foi controlada pela pressão da água principalmente no caso das parcelas cultivadas devido a ação de desenvolvimento das culturas, e não pela pressão da comida, também Araújo e Hernandez (1999) estudando populações de minhocas em solos sob savana natural amazônica e em solos de savana sob sistemas agroflorestais concluíram que existe influência limitante a população de anelídeos de forma indireta quanto a umidade do solo bem como determinaram uma forte influência limitante da população de anelídeos pelo volume de matéria orgânica animal, utilizada nos sistemas agroflorestais.

Whalen; Pamelee; Edwards (1998) investigando a dinâmica da população de minhocas em agroecossistema de milho sob colheita contínua (6 anos) adubados com adubo orgânico e, fertilizante inorgânico, concluíram que as espécies dominantes de minhoca foram *Lumbricus terrestris* e *Aporrectodea tuberculada* (Eisen), que corresponderam a 50-60% e 8-13% respectivamente do total anual da biomassa das minhocas, *Lumbricus rubellus* e *Aporrectodea tropezoides* foram menos abundantes e contribuíram com um menor percentual do total da biomassa das minhocas, os números de densidade e biomassa de minhocas foram significativamente maiores em lotes adubados com adubo orgânico, comparados a lotes tratados com fertilizantes inorgânicos durante a maior parte do estudo, flutuações periódicas na densidade e biomassa foram atribuídas a mudanças na temperatura do solo, cultura e cultivo, longos períodos de adubação orgânica ou por meio de fertilizantes inorgânicos não

mudaram a composição das espécies da comunidade de minhoca em seus agrossistemas, porém a população de minhocas em lotes adubados com fertilizantes inorgânicos declinou significativamente depois de 5 anos de colheita contínua de milho. Whalen e Parmelee (2000) estudando *Lumbricus spp* e *Aporrectodea ssp* em agrossistemas de milho com cinco anos de fertilização inorgânica e sem adição deste tipo de fertilizante, nos EUA, concluíram que os efeitos destes animais sob o fluxo de N circulante foram substanciais e que a produção de biomassa de minhocas foi maior, em parcelas não adubadas inorganicamente.

Segundo asseveram Hubbard; Jordam; Stecker (1999), estudando a resposta de minhocas *Diplocardia singulares* e *A. trapezoides* à rotação de culturas e preparo em um solo tipo claypan no Missouri, tais práticas afetam significativamente a densidade e biomassa populacional da minhoca, a qualidade e quantidade dos resíduos da colheita também foram fatores importantes, o sistema de cultivo não tradicional utilizando soja e rotação com milho, provocou um grande efeito na densidade populacional de *A. trapezoides*, que respondeu por 92-96% do total da densidade populacional, comparado com o sistema de cultivo não tradicional com o trigo e rotação com milho, por outro lado o cultivo tradicional diminuiu a densidade e a biomassa populacional de ambas as espécies de minhocas. Siegrist et al (2000) analisando densidades populacionais da macrofauna do solo em parcelas mecanizadas anualmente e em parcelas de pastagem, constataram que o solo sob pastagem durante três anos aumentou a fauna para 211 indivíduos/m<sup>2</sup> e que a mecanização em solos com superfície molhada reduziu o número de minhocas de 41 para 2 indivíduos.

Jongmans; Pulleman; Marenissen (2001), estudando a estrutura do solo e a atividade de minhocas em um "marine silt loam" sob área de pastagem permanente e sob área arada convencionalmente, indicam que as práticas agrícolas de manejo influenciam a matéria orgânica do solo e a atividade das minhocas, as quais, interagem com a estrutura do solo, comparativamente a pastagem permanente teve um conteúdo de matéria orgânica 3 vezes

superior a da área arada convencionalmente, esta apresentou uma estrutura fisiogenética, principalmente com blocos angulares agregados, fendas e microestruturas de blocos angulares, o volume percentual contado na seção delgada era 5%, indicando a deterioração de estrutura do solo, em contraste a alta atividade de minhocas no solo sob pastagem permanente provocou uma estrutura biogênica constituída de blocos angulares e subangulares agregados e esponjosos e microestrutura granular com canais abundantes, a matéria orgânica do solo foi bem incorporada e intimamente misturada com o material argiloso, tal matéria orgânica encapsulada indica a presença de microagregados bem com macroagregados biogênicos, nos quais a matéria orgânica do solo pode ser protegida fisicamente contra a decomposição rápida.

Hindell; Mckenzie; Tisdall (1997) investigaram, a influência da época seca na estabilização de carcaças produzidas por *Aporrectodea rosea*, em laboratório e supõem que a cimentação foi provavelmente o maior mecanismo de estabilização das mesmas. Koutika; Didden; Marinissen (2001), comparando solos argilosos e solos arenosos inoculados com coprólitos de minhocas em condições de laboratório, na Holanda, indicam que, a mineralização do C foi maior no solo arenoso 23% que no argiloso 13,5%, e que de maneira geral, a distribuição das partículas de matéria orgânica foi maior no solo arenoso.

Desta forma, os anelídeos e miriápodes demonstram sua importância quando correlacionamos sua movimentação, seu hábito alimentar e sua densidade às características do solo tais como porosidade e capacidade de infiltração, bem como, quando correlacionamos estas informações, com a disponibilidade de nutrientes para as culturas vegetais.

## 2.5. Relação Entre os Organismos do Solo e Porosidade

Poucos trabalhos têm investigado a relação porosidade - edafofauna, muito embora não haja diversidade de entendimento quanto a existência de benefícios oriundos desta relação para as culturas, principalmente quando levamos em consideração a ação e ecologia de anelídeos e miriápodes sob e sobre o solo.

Nos processos microbiológicos, a aeração deficiente do solo causa diminuição na intensidade da oxidação da matéria orgânica. Todos os organismos aeróbios são incapazes de atuar adequadamente na ausência de oxigênio gasoso.

O índice geral de qualidade do solo reflete a combinação de fatores relativos à produtividade, características químicas, físicas e biológicas, com relativo interesse para a associação físico-biológica entre a porosidade (aeração) e a comunidade de macrofauna do solo, mas o trabalho com esta última requer uma comparação temporal dentro da mesma comunidade e um estudo da sua composição e das modificações impostas pelos aspectos ambientais, tanto ao nível macro: clima, solo e cobertura; quanto ao nível micro: quantidade de serrapilheira, qualidade do "litter" e tipo de manejo, além da necessidade de aferir a abundância e variedade dos grupos componentes da comunidade Correia (1997).

O estudo da camada de solo até a profundidade de 0,3m é essencial para determinar a influência da cobertura morta na macrofauna de anelídeos desta zona, assim Bouché apud Assad (1997), observa a importância da macrofauna edáfica, organismos anécicos maiores que 4mm devido a sua grande mobilidade, implicam no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo.

A porosidade de um solo é afetada, sob o aspecto biológico, à proporção que temos uma função com variáveis do tipo: população de anelídeos, diplópodes e quirópodes, área por eles ocupada, quantidade e tipo de alimento disponível para esta população, manejo do solo e ainda diâmetro, forma e profundidade das galerias escavadas pela macrofauna edáfica de anécicos. A forma e intensidade com que estes fatores se combinam, provoca uma maior ou menor influência sobre a porosidade do solo. Os organismos do solo, particularmente aqueles que se movimentam ao longo do perfil, construindo e modificando o espaço poral, desempenham importante papel na aeração, na permeabilidade, na resistência mecânica à penetração de raízes, atuando segundo estratégias de adaptação às condições edafoclimáticas que variam ao longo do ano; à disponibilidade de alimento; e às adversidades impostas pelo uso do solo Assad (1997).

Ponge et al (1999) consideram que a interação entre os organismos do solo, as árvores e a formação geológica, em ambiente de florestas francesas, no longo prazo afetam a fertilidade do solo. Na região centro-norte do Maranhão as respostas de crescimento das plantas às práticas de melhoramento do solo estão mais associadas às alterações nas propriedades físicas, como demonstrado pelos trabalhos de Moura (1995) e Moraes Segunda (1997) que ora importa trazer a lume, pois quando avaliaram o crescimento do milho e algodoeiro, respectivamente, em resposta à cobertura morta, calagem e adubação em um Argissolo Vermelho-Amarelo de São Luís, perceberam estes autores que a cobertura morta aumenta a porosidade efetiva na zona das raízes, o que favorece a aeração e o crescimento das culturas. Na mesma linha, Albuquerque (1999) atribuiu a redução da densidade do solo bem como o aumento da porosidade em parte a ação da mesofauna, em parcelas preparadas e cobertas com guandu. Os macroporos ocorrem naturalmente devido ao crescimento de raízes que geram canais e pelas cavidades produzidas pelas minhocas, bioporos, estes macroporos afetam a infiltração da água e os processos de transporte de solutos no solo, Ghodrati;

Chendortin; Chang (1999). Peres et al (1998) estudando o efeito da matéria orgânica na atividade das minhocas e estrutura do solo em parreirais franceses, concluíram que o material orgânico aumentou quantitativamente a abundância e a biomassa da comunidade das minhocas, essas mudanças na comunidade estavam associadas ao aumento de áreas granuladas bioturbadas e macroporosidade no topo da camada do solo, e que os poros quando caracterizados pelos seus tamanhos e formatos, podem estar relacionados a grupos ecológicos e estágios de desenvolvimento das minhocas. Os macroporos originados por minhocas contribuem para a infiltração da água e de solutos bem como para sua estocagem no interior do solo segundo Trojan e Linden (1998). Zund et al (1997) estudando a influência de minhocas *Colex corethrurus* na reparação da degradação física de Oxisol na Austrália, em laboratório, constataram que houve diminuição da densidade final do solo nos tratamentos, decorrente da ação das minhocas, e que a produção de carcaças foi positivamente correlacionada com a redução da porcentagem do volume da densidade, por fim análises de imagem das propriedades físicas do solo, mostraram abundância em poros e canais de minhocas nos tratamentos com densidades mais baixas e, de menor atividade de minhocas, concentrando-se esta na superfície do solo, na densidade mais alta.

Assim fica inegavelmente demonstrado haver uma relação de mútuo benefício entre as características físicas do solo, especialmente a porosidade, e os organismos ora estudados.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

Foram instalados dois experimentos no campo de pesquisas do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural da UEMA, localizado a 44°18'W de longitude e 2°30'S de latitude, que apresenta de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, *ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico Tb Arênico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical dicótilo – palmácea*, com características morfológicas, físicas e químicas descritas na (Tabela 1).

A região na qual foram conduzidos os experimentos, apresenta os seguintes dados climáticos: precipitação entre 1700 e 2300mm anuais com 80% do volume concentrados nos meses de janeiro a maio (Gráfico 1), umidade relativa média do ar de 80% e temperatura média de 26° C, com média máxima entre 28° e 33° C e mínima entre 20° e 23° C.

No EXPERIMENTO 1, em 1999 e 2000, foram utilizados três níveis de cobertura com a leguminosa *Cajanus cajan*, conhecida como feijão guandu, plantada nos espaçamentos: 2,0m, 2,5m e 3,0m em 1996, além da testemunha, solo descoberto, sendo distribuídos 18 Kg de resíduo por parcela, e testados dois sistemas de preparo do solo: arado, no qual o solo foi revolvido com enxada até a profundidade aproximada de 20 cm e, não arado, no qual o plantio foi feito de forma direta, as parcelas com espaçamento de 2,00m, 2,50m e 3,00m tiveram área útil de 7,5m, 6,0m e 5,0m respectivamente; o experimento foi delineado em blocos completamente casualizados com esquema fatorial de quatro repetições com dois níveis de preparo de solo e seis níveis de espaçamento, em parcelas de 10,5m de comprimento, com 4 repetições dos tratamentos compostos por: solo com cobertura morta e arado nos espaçamentos de 2,0m, 2,5m e 3,0m entre sebes; solo com cobertura morta e não arado nos espaçamentos de 2,0m, 2,5m e 3,0m entre sebes; solo sem cobertura e arado nos espaçamentos de 2,0m, 2,5m e 3,0m entre sebes e, solo sem cobertura e não arado nos



espaçamentos de 2,0 m , 2,5m e 3,0m entre sebes. No ano I, a cultivar de algodoeiro utilizada no plantio foi a IAC 22 no espaçamento de 1,0m e densidade de 07 plantas por metro, a adubação mineral utilizada para a cultura constituiu-se de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio para atingir a proporção 10-40-60 em kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, além de zinco. No ano II, utilizou-se a cultivar BR 106, sendo seu plantio e adubação de acordo com as recomendações técnicas determinadas para esta cultura.

No EXPERIMENTO 2, realizado no ano de 2000, foram coletados dados de um sistema de aléias em pousio, plantadas com quatro espécies de leguminosas arbóreas: Ingá cipó *Inga edulis*, Sombreiro *Clitoria fairchildiana*, Leucena *Leucaena leucocephala* e Guandu *Cajanus cajan*; no ano de 1996, além destas, também foram amostradas áreas de solo sob capoeira em pousio por cinco anos e, áreas de solo sob plantio de eucalipto *Eucalyptus sp.*, além da testemunha: solo coberto com ervas invasoras, em um esquema fatorial utilizando-se parte de um experimento já implantado na mesma área descrita, tais amostras foram coletadas em duas posições distintas, dentro das parcelas e entre as sebes com quatro repetições.

### 3.1 Análises Biológicas

Quanto a coleta da macrofauna edáfica, para a análise dos anelídeos, diplópodes e quilópodes (Foto 1) foi executada uma adaptação do método de captura, descrito por Raw (1959), que consiste na aplicação fracionada a intervalos de 10 minutos após a última emersão de anelídeos, de 300 mililitros de solução de formol diluído a (0,275%) em quadrados de 0,25 X 0,25m, após a emersão final de animais, o solo das áreas de coleta foi retirado até a profundidade de cinco centímetros, colocado em sacos identificados e levado para peneirar afim de que todos os animais fossem efetivamente retirados da amostra, então, após a

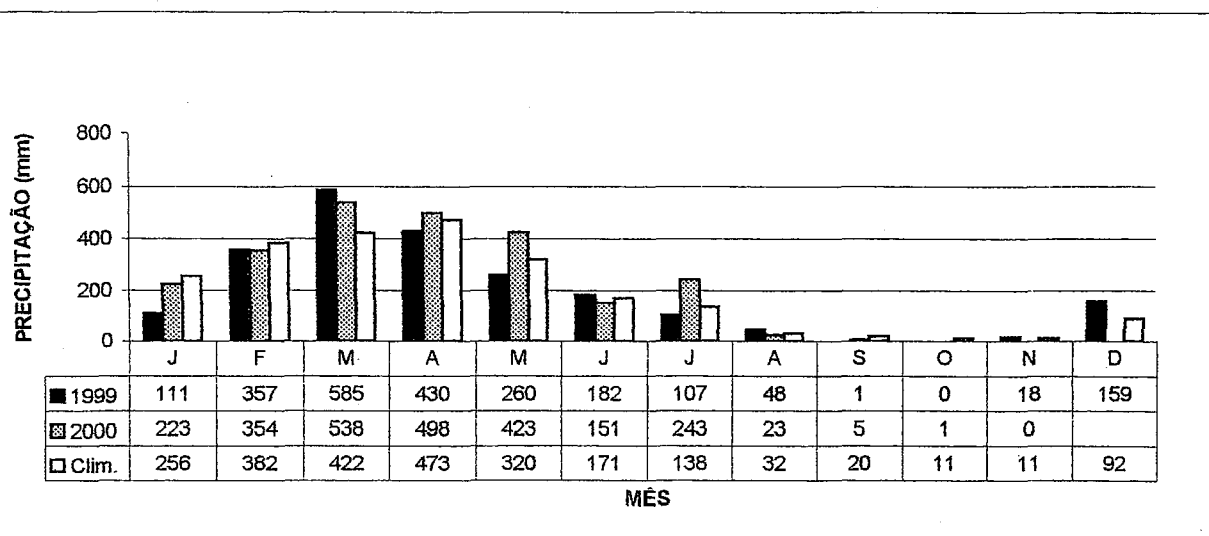
imediate coleta dos anelídeos, diplópodes e quilópodes eles foram limpos, divididos em dois grupos de acordo com seu hábito de vida predominante, anelídeos, sob o solo e, diplópodes e quilópodes, sobre o solo; afim de que pudesse ser evidenciada a importância do papel de cada um nos agroecossistemas em estudo. Os animais foram então avaliados quanto à densidade e massa tendo este procedimento repetido-se quatro vezes para cada tratamento, as coletas foram feitas no período matutino pela maior facilidade de captura dos animais. Foram coletados também dados de produção das culturas.

Os resultados do efeito da interação (cobertura – sistema de plantio), na população e biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes bem como na produção e produtividade das culturas foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis comparadas pelo teste Tukey.

Tabela 1- Características pedológicas do perfil do solo do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural da UEMA, São Luís/MA.

Características Morfológicas												
Horizonte	Profundidade (cm)		Cor					Textura				
A1	0-20		Bruno-acizentada muito escura					Areno-franca				
A2	20-33		Bruna					Franco-arenosa				
AB	33-51		Bruno-amarelada					Franco-arenosa				
BA	51-77		Bruno-amarelada					Franco-arenosa				
BT	77-111		Bruno-amarelada					Franco-argilo-sintosa				
BC	132+		Bruno-amarelada					Franco-argilo-sintosa				
Características Físicas												
Horizonte	Granulometria				ps							
	Areia grossa(%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Kg m <sup>-3</sup>							
A1	26	56	08	10	1740							
A2	24	54	12	10	1691							
AB	21	51	15	13	1782							
BA	19	50	21	13	1680							
BT	19	47	13	21	1571							
BC	19	44	09	28	1754							
Características Químicas												
Horizonte	Ca	Mg	K	S	Al	H+Al	T	P	pH	C	V	m
	mmolc · dm <sup>-3</sup>							mg · dm <sup>-3</sup>		%		
A1	02	03	1,2	13,2	03	33	49,2	07	4,3	1,2	27	18,5
A2	03	02	0,5	5,5	04	36	45,4	03	4,1	0,3	12	42,1
AB	04	05	0,5	9,5	07	41	57,5	01	4,0	0,3	16	42,4
BA	03	02	0,4	5,4	07	41	53,4	-	4,1	0,3	10	61,4
BT	04	04	0,5	8,5	05	24	37,5	01	4,2	0,2	23	37,0
BC	04	05	0,5	9,5	04	24	37,5	01	4,2	0,1	25	27,5

Gráfico 1 - Dados da distribuição das chuvas na ilha de São Luís, MA no período do experimento



**Foto 1 - Vista de Anelídeos, diplópodes e quilópodes extraídos do solo do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural da UEMA, São Luís/MA.**



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1 – Biomassa e Densidade de Anelídeos, Diplópodes e Quilópodes em um ARGISSOLO da Formação Itapecuru - Ma Submetido a Diferentes Níveis de Manejo do Solo e Quantidades de Cobertura Morta.

#### 4.1.1 Primeiro Ano

Observou-se quanto ao manejo do solo, que a aração impactou negativamente enquanto a não aração favoreceu a variável biomassa possibilitando, uma biomassa maior da população natural de anelídeos no primeiro ano do experimento. Em relação ao uso de cobertura, não ficou evidenciada influência dos níveis de fitomassa utilizados sobre a variável analisada. Quanto à biomassa da população natural de diplópodes mais quilópodes presente nas parcelas cultivadas com o algodoeiro no primeiro ano, constatou-se que os níveis de fitomassa e de manejo de solo, não a afetaram (Tabela 2.).

**Tabela 2 - Biomassa de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do algodoeiro.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>				Biomassa(g)	
	Não arado(g)		Arado(g)		I	II
	I	II	I	II		
C2,0	0,28	0,08	0,86	0,05	0,10 a <sup>3</sup>	0,75 a <sup>3</sup>
C2,5	1,73	0,39	0,26	0,07	1,15 a	0,82 a
C3,0	2,10	0,20	0,50	0,10	1,21 a	0,80 a
D2,0	1,02	0,56	0,39	0,07	1,05 a	0,75 a
D2,5	0,83	0,00	0,26	0,01	0,97 a	0,71 a
D3,0	0,47	0,18	0,38	0,01	0,94 a	0,76 a
MÉDIA	1,17 A	0,79 A	0,94 B	0,74 A	1,05	0,77

C.V. =33,1984; DMS = 0,2059 (Preparo); DMS = 0,5295 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando-se a biomassa da fauna do solo composta por anelídeos, diplópodes e quilópodes (Tabela 3), os dados demonstraram que não houve influência, da quantidade de fitomassa, quanto ao uso ou não de cobertura no primeiro ano do experimento. Verificou-se que a aração impactou negativamente enquanto o plantio direto favoreceu a biomassa da população considerada, presente nas parcelas cultivadas com o algodoeiro no primeiro ano do experimento.

**Tabela 3 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do algodoeiro.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Biomassa(g)
	Não arado(g)	Arado(g)	
C2,0	0,92	1,14	0,03 a <sup>3</sup>
C2,5	1,58	0,88	1,23 a
C3,0	1,57	1,00	1,28 a
D2,0	1,11	0,97	0,97 a
D2,5	1,09	0,86	1,04 a
D3,0	1,03	0,94	0,98 a
MÉDIA	1,25 A	0,96 B	1,09

C.V. = 31,5199; DMS = 0,2017 (Preparo); DMS = 0,5187 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

A densidade foi influenciada negativamente no que se refere ao número de indivíduos da população natural de anelídeos, considerando-se as parcelas preparadas. O plantio direto favoreceu a densidade da população destes animais nas parcelas cultivadas com o algodoeiro no primeiro ano do experimento; quanto ao nível de fitomassa, não foi observada a influência na densidade dos animais em questão. Os níveis de cobertura morta e de manejo de solo, testados na densidade da população natural de diplópodes mais quilópodes, não influenciaram este fator no primeiro ano de cultivo do experimento (Tabela 4).

Tabela 4 - Densidade de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do algodoeiro.

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>				Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
	Não arado		Arado			
	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>		Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>		I	II
	I	II	I	II	I	II
C2,0	5,00	1,00	6,00	2,50	2,36 a <sup>3</sup>	1,41 a <sup>3</sup>
C2,5	14,00	3,25	2,00	0,50	2,51 a	1,33 a
C3,0	12,75	1,75	2,50	3,50	2,39 a	1,63 a
D2,0	5,50	1,00	2,25	0,75	1,84 a	1,10 a
D2,5	4,00	0,00	1,00	0,50	1,51 a	0,82 a
D3,0	2,50	1,75	2,50	1,00	1,60 a	1,33 a
MÉDIA	2,47 A	1,26 A	1,60 B	1,28 A	2,03	1,27

C.V. = 14,7264; DMS = 0,6083 (Preparo); DMS = 1,56434 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Os fatores quantidade de fitomassa e manejo do solo influenciaram a densidade da fauna do solo composta por anelídeos, diplópodes e quilópodes, existindo inclusive um efeito da interação destes na referida população, sendo a densidade de indivíduos nas parcelas sob cobertura maior que nas descobertas, da mesma forma a densidade da população de animais nas parcelas não aradas foi maior que a densidade nas aradas, a interação entre os fatores estudados permitiu inferir que os níveis de fitomassa adicionadas ao solo associados ao manejo, não arado, possibilitaram a maior densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes no primeiro ano do experimento, (Tabela 5).

**Tabela 5 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do algodoeiro.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>
	Não arado Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	Arado Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
C2,0	3,69 Aab	2,41 Aa	2,69 ab <sup>3</sup>
C2,5	4,07 Aa	1,50 Aa	2,79 ab
C3,0	2,41 Aab	2,98 Aa	3.05 a
D2,0	2,10 Aab	1,80 Aa	2,06 ab
D2,5	1,88 Ab	1,35 Aa	1,62 b
D3,0	2,28 Aab	1,84 Aa	1,95 ab
MÉDIA	2,74 A	1,98 B	2,36

C.V. = 39,8502; DMS = 0,5528 (Preparo); DMS = 1,4216 (Cobertura); DMS = 1,3541 (Preparo X Cobertura); DMS = 2,0105 (Cobertura X Preparo) <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

A densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes no primeiro ano do experimento reflete por meio de seus resultados, os benefícios que a cobertura do solo pode trazer a fauna edáfica, devido a proteção ao agroecossistema, por conta da diminuição do impacto direto da chuva, da diminuição da insolação direta o que mantém a temperatura na camada superficial do solo mais propícia à vida e, do escoamento superficial conforme observado também por Jongmans et al (2001), associada a estes benefícios, a prática da não aração possibilitou a preservação da comunidade biológica do solo, condição necessária a viabilidade do sistema ao longo do ano, o que refletiu-se em uma maior densidade de indivíduos nas parcelas cobertas e sob plantio direto no primeiro ano do experimento. Por outro lado foi comprovada a influência apenas do fator manejo de solo na variável biomassa da população estudada, acarretando uma maior biomassa de indivíduos nas parcelas não aradas, ainda ficou demonstrado que no primeiro ano do experimento existiu uma tendência da não influência da população natural de diplópodes mais quilópodes, pelos fatores estudados, fato este devido ao seu hábito de locomoção predominantemente sobre o solo o que, por vezes, torna mais dinâmico o seu deslocamento em busca de abrigo, bem como facilita sua transferência de forma rápida para zonas com maior abundância de alimentos.



#### 4.1.2 Segundo Ano

Quanto a biomassa da população natural de anelídeos, presente nas parcelas cultivadas com o milho no segundo ano do experimento, observou-se no tocante a quantidade de fitomassa utilizada, que a cobertura morta possibilitou uma melhor performance dos animais pertencentes a esta população, tal comportamento não mudou quando foi analisado o fator manejo de solo, no qual as parcelas não aradas possibilitaram uma performance superior a alcançada nas aradas. Entretanto, com relação à biomassa da população natural de diplópodes mais quilópodes no segundo ano do experimento, foi observado que apenas o nível de fitomassa influenciou a referida variável, por meio da obtenção de maior biomassa da fauna considerada nas parcelas com uso de cobertura morta, quando comparado com a biomassa da população de animais presente nas parcelas descobertas (Tabela 6).

**Tabela 6 - Biomassa de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>				Biomassa(g)	
	Não arado(g)		Arado(g)		I	II
	I	II	I	II		
C2,0	1,98	0,25	1,92	0,09	1,59 ab <sup>3</sup>	1,65 ab <sup>3</sup>
C2,5	2,78	0,08	1,61	0,10	1,58 abc	1,59 ab
C3,0	4,83	0,38	2,64	0,23	2,03 a	2,10 a
D2,0	0,60	0,00	0,56	0,00	1,00 c	1,13 b
D2,5	1,82	0,00	0,76	0,01	1,28 bc	1,29 ab
D3,0	1,08	0,00	0,73	0,00	1,13 bc	1,10 b
MÉDIA	1,54 A	0,79 A	1,31 B	0,75 A	1,43	0,77

C.V. = 26,6066; DMS = 0,2231 (Preparo); DMS = 0,5736 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve influência, tanto do manejo do solo quanto da quantidade de fitomassa, na biomassa da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes, presente nas parcelas analisadas, no segundo ano do experimento (Tabela 7), evidenciado por meio da diferença de

biomassa entre as populações das parcelas preparadas e das parcelas sob plantio direto, estas últimas com um ganho de biomassa maior; de igual maneira, as parcelas descobertas possibilitaram um ganho de biomassa menor aos animais considerados, comparando às parcelas cobertas.

**Tabela 7 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Biomassa(g)
	Não arado(g)	Arado(g)	
C2,0	1,11	1,01	1,59 ab <sup>3</sup>
C2,5	1,43	0,85	1,65 ab
C3,0	2,60	1,44	2,10 a
D2,0	0,30	0,28	1,00 c
D2,5	0,91	0,38	1,29 bc
D3,0	0,54	0,37	1,13 bc
MÉDIA	1,58 A	1,33 B	1,46

C.V. = 25,2403; DMS = 0,2164 (Preparo); DMS = 0,5565 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

As densidades populacionais naturais de anelídeos, e de diplópodes mais quilópodes (Tabela 8), foram influenciadas, positivamente, no segundo ano do experimento pelos níveis de fitomassa adicionada ao solo com aplicação efetiva de cobertura morta, em especial pelo nível C3,0. No aspecto manejo do solo, foi observado que a diferença entre os tratamentos envolvendo não aração e aração nas densidades das populações da fauna de anelídeos, demonstrou uma maior densidade nas populações das parcelas não aradas que nas populações das parcelas aradas; observação não confirmada na análise da densidade das populações naturais de diplópode mais quilópodes.

**Tabela 8 - Densidade de anelídeos I e, diplópodes mais quilópodes II na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>				Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
	Não arado		Arado			
	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>		Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>		I	II
	I	II	I	II	I	II
C2,0	5,75	1,75	5,00	1,50	2,36 abc <sup>3</sup>	1,44 ab <sup>3</sup>
C2,5	10,00	1,50	7,25	0,75	2,91 ab	1,15 abc
C3,0	15,50	2,25	8,25	2,75	2,46 a	1,60 a
D2,0	2,75	0,00	2,00	0,00	1,54 c	0,71 c
D2,5	6,75	0,00	3,50	0,75	2,23 bc	0,90 bc
D3,0	3,50	0,00	1,50	0,00	1,59 c	0,71 c
MÉDIA	2,61 A	0,75 A	2,09 B	1,10 A	2,35	1,08

C.V. = 32,8196; DMS = 0,04527 (Preparo); DMS = 1,1640 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

A quantidade de fitomassa e o manejo do solo, influenciaram a densidade da populacional natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes presentes nas parcelas no segundo ano do experimento (Tabela 9), de tal forma que as parcelas cobertas possibilitaram uma melhor performance com relação à densidade quando comparadas as descobertas e, as parcelas não aradas possibilitaram uma maior contagem numérica de indivíduos que as aradas.

**Tabela 9 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>
	Não arado	Arado	
	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
C2,0	3,75	3,25	2,67 abc <sup>3</sup>
C2,5	5,75	4,00	3,09 ab
C3,0	8,87	5,50	3,79 a
D2,0	1,37	1,00	1,54 c
D2,5	3,37	2,12	2,35 bc
D3,0	1,75	0,75	1,59 c
MÉDIA	2,74 A	2,27 B	2,50

C.V. = 31,4638; DMS = 0,4638 (Preparo); DMS = 0,1913 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

A disponibilidade de pasto para os anelídeos e diplópodes, fornecido pela matéria orgânica oriunda da cobertura morta, possibilitou uma maior densidade e biomassa de ambos, assim como esta disponibilidade de indivíduos proporcionou maior fonte alimentar para os quilópodes, seus predadores e, maior densidade e biomassa também destes últimos (Tabelas 7 e 9). Já no que se refere ao nível de manejo, com relação a edafofauna estudada, os dados obtidos no segundo ano do experimento confirmam, em parte, os dados obtidos no primeiro ano do EXPERIMENTO 1, pois o plantio direto provocou uma maior contagem numérica e um maior ganho de biomassa de indivíduos que a aração, tal fato se deu pela associação entre a manutenção do ambiente preservado pela cobertura morta contra o arrasto superficial de partículas de solo; contra o aumento da temperatura da camada superficial do solo em decorrência da insolação direta e, associada a ação dos anelídeos, contra a compactação do solo, bem como pela não exposição da fauna ao sol, com sua conseqüente morte, provocada pelas operações de revolvimento do mesmo o que resulta também em sua desestruturação, esta observação também foi válida para a densidade populacional de anelídeos, diplópodes e quilópodes no primeiro ano do experimento. Estes resultados confirmam as observações de Peres et al (1998) e de Whalen et al (1998) no que se refere a maior abundância numérica e maior biomassa de indivíduos associada a presença de matéria orgânica e ainda, aquelas feitas por Siegrist et al (2000) no que se refere a densidades menores de indivíduos em solos arados comparadas a solos não arados.

**4.2 Experimento 2 - Biomassa e Densidade de Anelídeos, Diplópodes e Quilópodes em um Argissolo da Formação Itapecuru - MA Submetido a Diferentes Qualidades de Cobertura Morta.**

Dentre as diferentes qualidades de cobertura pesquisadas, o solo sob cobertura de guandu foi o que mais favoreceu a variável biomassa da população natural de anelídeos presente dentro das fileiras, pode-se ainda reportar a situação do eucalipto como a de pior desempenho. Por outro lado, observou-se que as diferentes qualidades de cobertura estudadas não afetaram a biomassa da população natural de diplópodes mais quilópodes, quando da amostragem dentro das fileiras, (Tabela 10).

**Tabela 10 - Biomassa de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das fileiras.**

Tratamento	Biomassa(g)	
	Anelídeos	Diplópodes mais Quilópodes
GUANDU	1,00 A <sup>1</sup>	0,04 A <sup>1</sup>
SOMBREIRO	0,52 AB	0,01 A
LEUCENA	0,34 BC	0,05 A
INGÁ	0,11 BC	0,00 A
CAPOEIRA 5 ANOS EM POUSIO	0,08 BC	0,00 A
EUCALIPTO	0,00 C	0,00 A

C.V. = 14.43; DMS = 0,2900; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

O guandu foi a espécie vegetal que melhor favoreceu a variável biomassa da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes, presente dentro das fileiras (Tabela 11), quando comparada com as demais espécies vegetais utilizadas como cobertura no experimento 2.

**Tabela 11 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das fileiras.**

Tratamento	Biomassa(g)
GUANDU	1,04 A <sup>1</sup>
SOMBREIRO	0,53 B
LEUCENA	0,39 B
INGÁ	0,11 B
CAPOEIRA 5 ANOS EM POUSIO	0,08 B
EUCALIPTO	0,00 B

C.V. = 13,69; DMS = 0,2732; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que o guandu foi a cobertura que mais favoreceu a variável densidade no tocante à população natural de anelídeos e, de diplópodes mais quilópodes presente dentro das fileiras (Tabela 12), pode-se ainda reportar que o sombreiro seguiu o comportamento do guandu quanto ao favorecimento da densidade e que a menor população foi observada na área de eucalipto.

**Tabela 12 - Densidade de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das fileiras.**

Tratamento	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
	Anelídeos	Diplópodes mais Quilópodes
GUANDU	25,25 A <sup>1</sup>	4,00 A <sup>1</sup>
SOMBREIRO	13,25 AB	0,01 AB
LEUCENA	6,00 BC	2,25 AB
CAPOEIRA 5 ANOS EM POUSIO	3,25 CD	0,00 B
INGÁ	1,75 CD	0,01 AB
EUCALIPTO	0,00 D	0,00 B

C.V. = 27,36; DMS = 1,5505; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação a variável densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes, presente dentro das fileiras (Tabela 13), o guandu foi a cobertura que melhor favoreceu a referida variável, por outro lado, as parcelas sob cultivo de eucalipto, apresentaram o pior desempenho.

**Tabela 13 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das fileiras.**

Tratamento	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>
GUANDU	29,25 A <sup>1</sup>
SOMBREIRO	13,26 B
LEUCENA	8,25 BC
CAPOEIRA 5 ANOS EM POUSSIO	3,25 CD
INGÁ	1,76 DE
EUCALIPTO	0,00 E

C.V. = 18,40; DMS = 1,1319; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando-se os resultados do EXPERIMENTO 2, tornou-se evidente que dentre as espécies vegetais utilizadas nas aléias, o guandu foi o que mais favoreceu as variáveis biomassa e densidade populacional natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes, bem como de anelídeos e diplópodes mais quilópodes tomados de forma separada, presentes dentro das fileiras, dados estes que corroboram as pesquisas que elencam as propriedades nutritivas desta espécie vegetal no sistema “alley cropping” tanto ao nível de fixação de nutrientes ao solo, quanto ao nível de forragem, esta última disponível aos anelídeos e diplópodes que por sua vez são presas dos quilópodes. O eucalipto e a capoeira com cinco anos em pousio apresentaram o pior desempenho, situação semelhante a encontrada por Araújo e Hernandez (1999) que obtiveram densidades populacionais de anelídeos maiores em sistemas melhorados pelo homem comparadas com sistemas naturais na Amazônia. Os resultados obtidos confirmam em parte a ordem decrescente da densidade de anelídeos encontrada por Kang; Akinnifesi; Pleysier (1994) em sombreiro e leucena já que apesar de não haver diferença estatística entre os dados obtidos com base nestas qualidades de cobertura, há uma tendência de superioridade do sombreiro sobre a leucena.

As diferentes qualidades de cobertura estudadas afetaram a biomassa da população natural de anelídeos de forma igual, a exceção das parcelas sob plantio de eucalipto, que possibilitaram uma performance inferior às demais. Já com relação à população natural de

diplópodes mais quilópodes, quando amostrados dentro das parcelas, observou-se que as coberturas estudadas não influíram na mesma (Tabela 14).

**Tabela 14 - Biomassa de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das parcelas.**

Tratamento	Biomassa(g)	
	Anelídeos	Diplópodes mais Quilópodes
GUANDU	0,42 A <sup>1</sup>	0,00 A <sup>1</sup>
ERVAS INVASORAS	0,36 A	0,00 A
LEUCENA	0,35 A	0,01 A
SOMBREIRO	0,25 A	0,00 A
INGÁ	0,06 A	0,00 A
EUCALIPTO	0,00 B	0,00 A

C.V. = 13,62; DMS = 0,2603; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se, quanto à amostragem dentro das parcelas, que as diferentes qualidades de cobertura estudadas afetaram a biomassa da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes de forma igual, a exceção das parcelas sob plantio de eucalipto, pois o mesmo possibilitou uma performance inferior às demais. (Tabela 15).

**Tabela 15 - Biomassa de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das parcelas.**

Tratamento	Biomassa(g)
GUANDU	0,42 A <sup>1</sup>
LEUCENA	0,36 A
ERVAS INVASORAS	0,36 A
SOMBREIRO	0,25 A
INGÁ	0,06 A
EUCALIPTO	0,00 B

C.V. = 14,34; DMS = 0,0560; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

O guandu, e o sombreiro afetaram a densidade da população natural de anelídeos de forma igual, contudo o desempenho destas coberturas foi superior ao dos demais ambientes estudados, por sua vez as parcelas sob plantio de eucalipto possibilitaram a pior performance no que se refere a variável densidade, quando da amostragem dentro das parcelas. Também se



tornou evidente que dentre as coberturas pesquisadas, o solo sob cobertura de leucena foi o que mais favoreceu a variável densidade no que se refere a população natural de diplópodes mais quilópodes presente dentro das fileiras. Pode-se reportar a situação do eucalipto e a da parcela coberta com ervas invasoras, como as de pior desempenho seguidas pela do guandu e do ingá (Tabela 16).

**Tabela 16 - Densidade de anelídeos e, diplópodes mais quilópodes dentro das parcelas.**

Tratamento	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>	
	Anelídeos	Diplópodes mais Quilópodes
GUANDU	8,25 A <sup>1</sup>	0,25 B <sup>1</sup>
SOMBREIRO	8,25 A	0,75 AB
ERVAS INVASORAS	7,75 AB	0,00 B
LEUCENA	5,50 AB	1,75 A
INGÁ	1,75 BC	0,50 B
EUCALIPTO	0,00 C	0,00 B

C.V. = 30,10; DMS = 1,4715; <sup>1</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à amostragem dentro das parcelas, as diferentes qualidades de cobertura estudadas afetaram a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes de forma igual, a exceção das parcelas sob plantio de eucalipto, que possibilitaram uma performance inferior às demais (Tabela 17).

**Tabela 17 - Densidade de anelídeos, diplópodes e quilópodes dentro das parcelas.**

Tratamento	Nº ind/0,0625m <sup>2</sup>
GUANDU	8,50 A <sup>1</sup>
SOMBREIRO	9,00 A
ERVAS INVASORAS	7,75 A
LEUCENA	7,25 A
INGÁ	2,25 AB
EUCALIPTO	0,00 B

C.V. = 29,95; DMS = 1,5395<sup>1</sup> Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

De maneira geral, o EXPERIMENTO 2 comprovou que o substrato guandu é eficaz, tanto relação a densidade como a biomassa, entre e dentro das aléias no que se refere a população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes, quando comparado com os demais substratos, tal diferença de comportamento em virtude da diversidade de substratos também foi encontrada por Hubbard; Jordan; Stecker (1998). Quanto à rápida decomposição do guandu, a mistura deste substrato a outro que disponibilize nutrientes em um prazo temporal mais longo tornaria o sistema mais sustentável, contudo os resultados no que se refere a este aspecto não são coisa finda, tornando-se necessária à investigação de associações, tais como do guandu com o sombreiro, dada a influência das referidas espécies vegetais, mesmo que de forma isolada, na biomassa e densidade da edafofauna estudada, por outro lado torna-se evidente também que o eucalipto promove uma diminuição considerável na população e biomassa da edafofauna analisada.

### 4.3 Produtividade das Culturas

Foi observado que as quantidades de fitomassa adicionada ao solo afetaram positivamente o número de frutos por parcela na cultura do algodoeiro, em especial as parcelas com o nível C3,0. Não foram verificadas diferenças no número de frutos entre os tratamentos envolvendo não aração e aração (Tabela 18).

**Tabela 18 - Número de frutos por parcela na cultura do algodoeiro.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Nº Frutos
	Não arado	Arado	
C2,0	254,50	122,00	188,25 ab <sup>3</sup>
C2,5	222,00	248,75	202,87 ab
C3,0	231,25	174,50	235,37 a
D2,0	115,25	145,75	130,50 b
D2,5	120,25	137,75	129,00 b
D3,0	143,25	189,25	136,87 ab
MÉDIA	181,08 A	159,87 A	170,48

C.V. = 14,7264; DMS = 40,8460 (Preparo); DMS = 104,8474 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Os níveis de fitomassa adicionada ao solo influenciaram positivamente o peso bruto dos grãos por parcela na cultura do milho, em especial as parcelas com os níveis C2,5 e C3,0. Por outro lado, o manejo do solo não proporcionou diferença entre os tratamentos utilizados (Tabela 19).

**Tabela 19 - Peso bruto dos frutos por parcela na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Peso bruto(Kg)
	Não arado(Kg)	Arado(Kg)	
C2,0	3,07	1,49	2,28 abc <sup>3</sup>
C2,5	2,65	4,74	3,69 a
C3,0	3,35	3,43	3,39 ab
D2,0	0,75	0,95	0,85 c
D2,5	1,16	2,18	1,67 bc
D3,0	0,45	1,06	0,76 c
MÉDIA	1,91 A	2,31 A	2,11

C.V. = 14,7264; DMS = 0,6954 (Preparo); DMS = 1,7850 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve influência das quantidades de fitomassa adicionada ao solo sobre o peso dos sabugos por parcela, na cultura do milho, em especial as parcelas com os níveis C2,5 e C3,0 com os melhores resultados Não foram observadas diferenças entre os tratamentos utilizando aração e os tratamentos utilizando plantio direto (Tabela 20).

**Tabela 20 - Peso dos sabugos por parcela na cultura do milho.**

Nível de fitomassa <sup>1</sup> (cobertura morta)	Manejo do solo <sup>2</sup>		Peso(Kg)
	Não arado(Kg)	Arado(Kg)	
C2,0	0,58	0,29	0,44 ab <sup>3</sup>
C2,5	0,39	1,05	0,72 a
C3,0	0,73	2,42	0,67 a
D2,0	0,13	0,23	0,14 b
D2,5	0,22	1,70	0,32 ab
D3,0	0,09	0,23	0,16 b
MÉDIA	0,36 A	0,46 A	0,41

C.V. = 64,5213; DMS = 0,1549 (Preparo); DMS = 0,3975 (Cobertura); <sup>1</sup>Fator B=Níveis de fitomassa de cobertura (leguminosa); <sup>2</sup>Fator A= Manejo do solo; <sup>3</sup>Tratamentos seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de produção obtidos no primeiro e no segundo ano do Experimento I indicaram influência da quantidade de cobertura morta utilizada, comprovando maior produção em parcelas cobertas, principalmente com os níveis C2,0 e C3,0, que nas descobertas, tal fato está associado a intrincada relação entre a disponibilidade de matéria orgânica presente na cobertura morta e às vantagens que a mesma proporciona, tais como

liberação de nutrientes, proteção contra a erosão, proteção contra a radiação solar direta, presença de edafofauna em densidades maiores e em condições alimentares melhores que nas parcelas descobertas, o que proporciona uma atividade de ciclagem de nutrientes mais ativa bem como uma maior aeração do solo visto que os anelídeos, em especial, têm o hábito geófago com fototropismo negativo como demonstrado por Tisdall e Mckenzie (1999).

Quanto a não influência do manejo do solo, sobre a produção, há indicação de que os possíveis benefícios obtidos pelas culturas com o revolvimento do solo foram suplantados pelas vantagens da manutenção do sistema de forma conservacionista ao longo do tempo como observaram Corsini e Ferraudo (1999).

## 5 CONCLUSÕES

- I- O revolvimento do solo impacta, negativamente, a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes;
- II- A cobertura do solo com guandu e o plantio direto impactam positivamente a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes;
- III- *Eucaliptus sp.* mostrou-se extremamente desfavorável a fauna estudada;
- IV- Nas condições da Formação Itapecuru, o manejo do solo em plantio direto sob cobertura morta de *Cajanus cajan* ou *Clitoria fairchildiana* constitui ótima opção para estimular a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes;
- V- A investigação das inter-relações entre a biomassa e a densidade da população natural de anelídeos, diplópodes e quilópodes e, os indicadores de qualidade físicos capacidade de aeração e condutividade hidráulica é sugestão para a continuidade deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Pequena agricultura maranhense: documentos do seminário. São Luís: Instituto do Homem, 1993. 84p.
- AHUJA, R. L.; et al. Evaluation of spatial distribution of hydraulic conductivity using effective porosity data. *Soil Sci.* 148:404-411, 1989.
- ALBUQUERQUE, J. M. **Níveis de preparo e de cobertura entre aléias de guandu com milho, como alternativa de melhoramento da qualidade física e do uso intensivo de um Argissolo da formação Itapecuru-MA**, São Luís, MA. 1999, 67p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão.
- ARAUJO, Y.; LOPEZ-HERNANDEZ, D. Earthworm populations in a savanna-agroforestry system of venezuelan amazonia. *Biology and Fertility of Soils.* v.29, n. 4, p. 413-418, 1999.
- ASSAD, M. L. L. **Papel da macrofauna edáfica de invertebrados no comportamento de solos tropicais**. Brasília: UNB. 1997. 26p.
- AUERSWALD, K., et al. Influence of soil proprieties on the population and activity of geophagous earthworms after five years of bare fallow. *Biology and Fertility of Soils.* v. 23, n. 4, p. 382-387, 1996.
- BERNIER, N.; PONGE, J.-F. *Lumbricus terrestris* L. distribution within an experimental humus mosaic in a mountain spruce forest. *Biology and Fertility of Soils.* v. 128, n. 1, p. 81-86, 1998.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 14(3): 369-374, 1990.
- CAVALCANTI, Clovis. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Cortez, 1995, 429p.
- COOK, S. M. F.; LINDEN, D R. Effect of food type and placement on earthworm (*Aporrectodea tuberculata*) burrowing and soil turnover. *Biology and Fertility of Soils.* v. 21, n. 3, p. 201-206, 1996.
- CORSINI, P C.; FERRAUDO, A S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*. EMBRAPA.. v.. 34, n. 2., fev., 1999.

CORREIA, M E F. **Organização de comunidades da fauna de solo: o papel da densidade e da diversidade como indicadores de mudanças ambientais.**

DIA, L. Earthworm the naturalist of the city. NYSite West Side – Earthworm. 2001

**Empreendimentos florestais do Maranhão**, São Luís, 1990, p.23-25.

**Empresa maranhense de pesquisa agropecuária (EMAPA).** Diagnóstico e propostas de ação para o desenvolvimento da região dos cocais – Maranhão. São Luís, 1991. 78p.

FERRAZ JR, A. S. L. **Arroz de sequeiro em aléias de leguminosas sobre solo de baixa fertilidade natural.** Rio de Janeiro, RJ. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

FRANZEN, H.; LAL, R.; EHLERS, W. Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical Alfisol. **Soil & Tillage Research**, 28: 329-346, 1994.

GALETI, P. A. **Guia do técnico agropecuário.** São Paulo: Circulo do Livro, 1979, 142p.

GLINSKI, J.; STEPNIEWSKI, W. **Soil aeration and its role for plants.** Lublin, Polônia: CRC, 1986. p.229.

GHODRATI, M.; CHENDORTIN, M.; CHANG, Y. J. Characterization of macropore flow mechanisms in soil by means of a split macropore column. **Soil Science Society of America Journal**. v. 63, p. 1099-1100, 1999.

GRAHAM, M. M. **The effects of agricultural practices on soil aeration.** Reports and dissertations, Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. v. 1, n. 59, p. 13, 1989.

HIMDELL, R.P.; MCKENZIE, B.M.; TISDALL, J.M. Influence of drying and ageing on the stabilization of earthworm (*Lumbricidae*) casts. **Biology and Fertility of Soils**. v. 25, n. 1, p. 27-35, 1997.

HOLE, F. D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v. 25, p. 75-112, 1981.

HUBBARD, V. C.; JORDAN, D.; STECKER, J. A. Earthworm response to rotation and tillage in a missouri claypan soil. **Biology and Fertility of Soils**. v. 29, n. 4, p. 343-347, 1999.



JONGMANS, A. G.; PULLEMAN, M. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Soil structure and earthworm activity in a marina silt loam under pasture versus arable land. **Biology and Fertility of Soils**. v. 33, n. 4, p. 279-285, 2001.

KANG, B. T.; AKINNIFESI, F. K.; PLEYSIER, J. L. Effect of agroforestry woody species on earthworm activity and physicochemical properties of worm casts. **Biology and Fertility of Soils**. v.18, p. 193-199, 1994.

KOUTIKA, L. S.; DIDDEN, W. A. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Soil organic matter distribution as influenced by enchytraeid and earthworm activity. **Biology and Fertility of Soils**. v. 33, n. 4, p. 294-300, 2001.

LAMARCA, C. C. Stubble over the soil: the vital role of plant residue in soil management to improve soil quality. **American Society of Agronomy**, 1996.

LAVELLE, P. Et al. Myths and science of soils of the tropics: impact of soil fauna on the properties in the humid tropics. USA. **Soil Science Society of America**, American Society of Agronomy. n. 29. 1992. (publicação especial)

LESSA, A. S. N. **Mineralização das raízes finas, e dinâmica da matéria orgânica e dos cátions trocáveis na agricultura tradicional do nordeste semi-árido**. Brasil. 1997. 13p.

LEITE, A. A. Z. **Sustentabilidade da produção de culturas alimentares em sistemas de cultivos em aléias em um solo de baixa fertilidade natural**. São Luís, MA. 2002, 55p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão.

LOMBARDI NETO, F.; et al. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 12, n. 1, p.71-75, 1988.

MACFFE, M., LINDSTROM, J., JHANSSON, W. Aeration studies on arable soil. 1. The effect of a sand/peat mulch on aeration regime in a silty clay loam. **Swed J. Agric. Res.** v.19, n. 3, p. 147-153,1989.

MANNA, M. C. et al. Growth and reproduction of the vermicomposting earthworm (*Perionyx excavatus*) as influenced by food materials. **Biology and Fertility of Soils** . v. 24, n. 1, p. 129-132. 1996.

MERTUS, J. **Earthworms**.[www.merthus.org](http://www.merthus.org).

MORAES SEGUNDA, N. **Crescimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) em resposta à cobertura morta, calagem e adubação em um Podzólico Vermelho Amarelo**. São Luís: UEMA, p. 31, 1997.

MOURA, E. G. de. **Atributos físico-hídricos e de fertilidade de um PVA distrófico da formação Itapecuru em São Luís, MA, que afetam o crescimento do milho (*Zea mays* L.)**. Botucatu, SP. 1995, 82p, Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista.

MYERS, P. Class Oligochaeta. **Zoology museum of Michigan web**. 1996.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro. Guanabara, 1988, 434p.

PERES, G. et al. Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. **Biology and Fertility of Soils**. v. 27, n. 4, p. 417-424, 1998.

PETRIK LABORATORIES, INC. **Quotes from understanding the soil processes**. Disponível em: <http://woodland.net/~petrik/ups.html>, dez. 1998.

PONGE, J.-F., et al. Interactions between earthworms, litter and trees in an old-growth beech forest. **Biology and Fertility of Soils**. v. 29, n. 4, p. 360-370, 1999.

SCHÖNING, E.; ALKÄMPER, J. **Effects of different mulch materials on soil properties and yield of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in an eastern amazon oxisol**. In: Symp. Humid Trop. 1 st. Manaus, Brasil, 1985.

SIEGRIST, S.; SCHAUB, D.; PFIFFNER, L.; MABER, B. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 33, n.14, p. 2045-2054, 2000.

SILVA da, R. F. **Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura**. Rio de Janeiro, RJ. 1998, p 8-115. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade federal Rural do Rio de Janeiro.

STIRZAKER, R. J.; SUTTON, B.G.; GEORGE, N. C. Sustainable systems of soil management in vegetable production. **Acta Horticulture**. v. 247, p. 81-84, 1989.

THOMASSON, A. J. **Towards an objective classification of soil structure**. England. 1978, 09p.

TISDALL, J. M.; ADEM, H. H. The effect of reduced tillage of an irrigated silty soil and mulch on seedling emergence, growth and yield of maize (*Zea mays*) harvested for silage. **Soil Tillage**. v. 6, p. 365-375, 1986.

TISDALL, J. M.; MCKENZIE, B. M. A method of extracting earthworms from cores of soil with minimum damage to the soil. **Biology and Fertility of Soils**. v. 30, n. 1/2, p. 96-99, 1999.

TROJAN, M. D.; LINDEN, D. R. Macroporosity and hydraulic properties of earthworm-affected soils as influenced by tillage and residue management. **Soil Science Society of America Journal**. v. 62, p. 1687-1692, 1998.

WADE, M. K.; SANCHES, P. A. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the amazon basin. **Agronomy Journal**. v. 75, p. 39-45, 1983.

WHALEN, J. K.; PARMELEE, R. W.; EDWARDS, C. A. Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. **Biology and Fertility of Soils**. v. 27, n. 4, p. 400-407, 1998.

ZUND, P. R. et al. Repair of a compacted Oxisol by the earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) (Glossoscolecidae, Oligochaeta). **Biology and Fertility of Soils**. v. 25, n. 2, p. 202-208, 1997.