



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA
ANTONIO GABRIEL ZANELLA**

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS NA VITRINE TECNOLÓGICA DE
AGROECOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL-PR**

**LARANJEIRAS DO SUL
2019**

ANTONIO GABRIEL ZANELLA

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS NA VITRINE TECNOLÓGICA DE
AGROECOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

LARANJEIRAS DO SUL
2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Zanella, Antonio Gabriel
AVALIAÇÃO DE BIOPOROS NA VITRINE TECNOLÓGICA DE
AGROECOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL-PR / Antonio
Gabriel Zanella. -- 2019.
33 f.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey .
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR , 2019.

1. Minhocas . 2. Qualidade do solo . 3. Manejo do
solo . I. , Rubens Fey, orient. II. Universidade Federal
da Fronteira Sul. III. Título.

ANTONIO GABRIEL ZANELLA

**AVALIAÇÃO DE BIOPOROS NA VITRINE TECNOLÓGICA DE
AGROECOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com Ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul- Campus Laranjeiras do Sul (PR)

Orientador: Prof. Dr. Rubens Fey

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
27/06/2019.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Rubens Fey
(UFFS)



Prof. Dr. José Francisco Grillo
(UFFS)



Eng. Agrônomo Marcio Dulnik
(COPROSSEL)

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à Deus, por proporcionar ter chegado até aqui e por todos os momentos e as histórias vividas.

À minha Família, pela preocupação, pela contribuição econômica e por toda motivação. Ao pai e mãe, meu irmão Jair e Irmã Suelen.

Agradeço pela oportunidade de frequentar à UFFS, e a todos os professores, pelo conhecimento que foi possível adquirir.

Agradeço minha namorada pelo apoio e parceria, e todos os meus amigos e colegas de profissão.

Também agradeço ao Professor Orientador, pelo empenho e profissionalismo.

RESUMO

O uso do solo em diferentes manejos agrícolas tem impactos na propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Estas alterações precisam ser monitoradas com a finalidade de avaliar para prever ações de manejo e evitar sua degradação. Um indicador de qualidade é a avaliação dos bioporos no perfil do solo. Os bioporos são canais de diversos tamanhos deixados no solo por raízes de culturas anteriores, adubos verdes e macrofauna do solo (engenheiros do ecossistema). Estes possuem papel importante na infiltração de água, trocas de calor e gases com a atmosfera, além de facilitar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e acesso a nutrientes e água. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a densidade de bioporos do solo sob diferentes manejos. Esta avaliação foi realizada no município de Cascavel-PR, situando-se na Latitude: -24° 57' 20" S, Longitude: 53° 27' 19" W Oeste de Greenwich, a uma altitude de 782 m ao nível do mar. Foram avaliados quatro manejos de solo a campo. Sendo: Semeadura de grãos, Sistema Agroflorestal; Área de Olericultura, e Pastagem (testemunha). O tamanho de cada parcela, para a análise de bioporos, foi 50 x 50 cm (0,25 m²), na profundidade de 20 cm. Foram escolhidas áreas com o mesmo tipo de solo - Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Todas as análises possuem 4 repetições (4 manejos x 4 repetições) totalizando 16 parcelas. Foram analisadas as variáveis: densidade de bioporos (<2mm e >2mm), quantidade e espécie (s) de minhocas, e plantas de cobertura. As plantas de cobertura presente em todos os manejos influenciavam a formação de bioporos, porem não houve correlação entre a densidade de minhocas e a formação de bioporos, pois a espécie presente no local era do tipo californiana (*Eisenia fetida*).

Palavras-chave: Minhocas. Qualidade do solo. Manejo do solo.

ABSTRAT

The use of the soil in different agricultural management has impacts on the chemical, physical and biological properties of the soil. These changes need to be monitored for the purpose of assessing to predict management actions and prevent their degradation. A quality indicator is the evaluation of the biopores in the soil profile. Biopores are channels of various sizes left in the soil by roots of previous crops, green manures and macrofauna of the soil (ecosystem engineers). They play an important role in the infiltration of water, heat and gas exchange with the atmosphere, as well as facilitating the development of the plant root system and access to nutrients and water. The objective of this work is to evaluate the soil biopore density under different management. This evaluation was carried out in the municipality of Cascavel-PR, at Latitude: -24 ° 57'20 "S, Longitude: 53 ° 27'19" W West of Greenwich, at an altitude of 782 m at sea level. Four soil-to-field operations were evaluated. Being: Seeding of grains, Agroforestry System; Área of Olericultura, and Pasture (witness). The size of each plot for the analysis of biopores is 50 x 50 cm (0.25 m²), at a depth of 20 cm. Areas with the same soil type were chosen - Dystrophic Red Latosol. The experimental design was completely randomized design (DIC). All analyzes have 4 replicates (4 treatments x 4 replications) totaling 16 plots. The following variables were analyzed: density of biopores (<2mm and> 2mm), quantity and species (s) of earthworms, and surface plants. The cover plants present in all the managements influence the formation of biopores, but there was no correlation between the density of earthworms and the formation of biopores, since the present species is of the Californian type (*Eisenia fetida*).

Key words: Earthworms. Soil quality. Soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de quantificação de Bioporos à 20 cm de profundidade, na Vitrine de Tecnológica de Agroecologia, no Município de Cascavel – PR.....	19
Figura 2: Vista superficial da Vitrine Tecnológica de Agroecologia, e seus respectivos manejos, em Cascavel – PR.....	20
Figura 3: Sistema de Pastejo (à esquerda) e (à direita) raízes da espécie Tifton 85 (<i>Cynodon spp.</i>) em Sistema de Pastejo (sem pisoteio), à 20 cm de profundidade.....	22
Figura 4: Raízes de planta de cobertura em Manejo Agroflorestal, em início de deterioração (à esquerda), e (à direita) casulo de coró, à 20 cm de profundidade.....	23
Figura 5: Visualização de bioporos >2mm em escala real (à esquerda) e (à direita) exemplares de minhoca californiana (<i>Eisenia fetida</i>), à 20 cm de profundidade.....	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Categorias ecológicas, habitat, alimentação e características morfológicas das minhocas.....	13
TABELA 2. Média climatológica de Cascavel-PR, referente aos últimos 30 anos.....	17
TABELA 3. Densidade de BP de tamanho <2mm em diferentes Manejos Agroecológicos avaliados na profundidade de 20 cm.....	21
TABELA 4. Densidade de BP de tamanho > 2mm em diferentes Manejos Agroecológicos avaliados na profundidade de 20 cm.....	23
TABELA 5. Densidade de Minhocas epigéicas em diferentes Manejos Agroecológicos com 1m ² , avaliados na profundidade de 20 cm.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
	1.1. OBJETIVOS.....	8
	1.1.1. Geral.....	8
	1.1.2. Específico.....	8
	1.2. JUSTIFICATIVA.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
	2.1. BIOPOROS.....	9
	2.2. MINHOCAS.....	11
	2.3. SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS.....	13
	2.4. PLANTAS DE COBERTURA.....	14
3	METODOLOGIA.....	15
	3.1. HISTÓRIA DA VITRINE TECNOLÓGICA DE AGROECOLOGIA.....	16
	3.2. DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DE CASCAVEL.....	17
	3.3. TRATAMENTOS.....	17
	3.4. DETERMINAÇÃO DE BIOPOROS.....	18
	3.5. MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE MINHOCAS DO SOLO.....	19
	3.6. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS DE SUPERFÍCIE.....	19
	3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A utilização de práticas não sustentáveis e/ou a introdução de sistemas agropecuários intensivos podem proporcionar perdas na qualidade do solo e prejudicar o crescimento do sistema radicular das plantas, reduzir a infiltração de água no solo, promovendo assim a susceptibilidade a erosão e a alteração da estrutura do solo (GUIMARÃES et al., 2013).

Entretanto a utilização de práticas de manejo sustentáveis eleva a qualidade física do solo, uma vez que este, bem estruturado, promove melhorias de aspectos como a infiltração, a retenção e disponibilidade de água para as plantas e mananciais hídricos, na resistência à degradação ocasionada pelo manejo, nas trocas de calor e gases com a atmosfera, além de permitir o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

O subsolo, geralmente é considerado relativamente compactado e pobre em nutrientes, desta forma, os bioporos têm uma relevância especial para o crescimento das raízes e servem como pontos para aquisição de nutrientes pelas raízes das culturas, sendo também importantes vias de fornecimento de nitrogênio atmosférico para as rizobactérias fixadoras de Nitrogênio (Han et al., 2015). A avaliação dos bioporos do solo pode ser uma ferramenta para indicação da qualidade física, química e biológica do solo.

A busca por elevada produtividade e melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo faz com que sejam necessários estudos que avaliem diferentes sistemas de manejo. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo é quantificar a densidade dos bioporos no solo em diferentes tipos de manejo orgânico sob condições de campo, em Latossolo Vermelho distrófico do Paraná.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. Geral

Quantificar a densidade de bioporos em diferentes tipos de manejo orgânico do solo.

1.1.2. Específicos

- a) Relacionar o número e tipo de plantas de superfície com o número de bioporos do solo;
- b) Quantificar e classificar as espécies de minhocas encontradas em cada manejo.

c) Correlacionar o número organismos da macrofauna encontrada (engenheiros do ecossistema) com o número de bioporos no solo.

1.2. JUSTIFICATIVA

Na busca por altas produtividades, a maioria das vezes o produtor desenvolve manejo inadequado do solo, gerando impactos e consequências danosas ao sistema ecológico, desconsiderando a presença e atividade dos mantenedores e indicadores de fertilidade do solo, conhecidos como “Engenheiros do solo”, sendo os principais agentes as minhocas. Estes organismos desempenham papel fundamental no solo de natureza química, biológica e física. Com o crescente interesse dos agricultores pelo sistema orgânico, visando ao aumento da rentabilidade e melhoria da qualidade de vida no meio rural, além da preservação da capacidade produtiva do solo á longo prazo, é necessário gerar informações sobre a contribuição dessas práticas na manutenção da qualidade do solo.

O presente trabalho visa verificar se a metodologia pode ser empregada em sistemas tropicais de produção, pois até então, existem relatos de trabalhos apenas na Europa, em clima temperado. Existem metodologias para avaliar bioporos em esfera nacional, porém exigem trabalho, tempo, e custos operacionais e equipamentos. Desta forma, a metodologia testada pode ser uma opção viável para futuros trabalhos e materiais informativos, devido ser de fácil aplicação e exigir baixos custos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BIOPOROS

As práticas de manejo influenciam na química, física e na biologia do solo (HAN et al., 2015). As raízes e os organismos da macrofauna do solo são responsáveis em deixar canais no solo, os bioporos. Bioporos são vazios nos solos formados por atividade biológica. Em geral, os bioporos podem ser inferiores <2 mm de diâmetros (estes são exemplos de poros criado por pêlos radiculares e raízes fasciculadas) podendo chegar até >5 mm. Normalmente, o termo bioporos refere-se a forma tubular destes canais contínuos formados por raízes de plantas e escavações realizadas pelos chamados “engenheiros do solo”, como é o caso das minhocas (Kautz T, 2015).

Outro importante engenheiro de solo é o *Phyllophaga triticophaga*, conhecido no Brasil pelos nomes de coró, bicho-bolo, pão-de-galinha e capitão. Em outros países essas larvas são conhecidas como *whitegrub*, *gallina ciega*, *gusano blanco*, *joboto*, *chisa* e *mojojoy*, denominações para a larva de besouros de escaravelhos que pertencem à superfamília Lamellicornia ou Scarabaeoidea, da ordem Coleoptera (Oliveira et al., 2003).

Algumas espécies de coró constroem galerias no solo, em alguns casos, esses túneis atingem mais de 1 m de comprimento. Essas espécies promovem intensa incorporação e decomposição de resíduos vegetais, contribuindo para melhorar as características físico-químicas do solo (Oliveira et al., 2003). Todavia, apesar dos benefícios que o *Phyllophaga triticophaga* traz ao agroecossistema, é também considerado uma praga agrícola, já que algumas espécies rizófagas incidem em níveis populacionais capazes de causar danos econômicos na agricultura (Oliveira et al., 2003).

Os bioporos com diâmetro aproximado a 5 mm, são considerados mais ou menos verticais e contínuos e possuem forte relação com o aumento na infiltração de água assim contrariando a probabilidade de erosão (Edwards et al. 1990). Além disso, eles são caminhos preferenciais de alongamento para raízes de plantas (McKenzie et al. 2009).

Bioporos estão presentes no perfil do solo, desde a superfície até vários metros em profundidade (Kautz et al., 2014). Bioporos com diâmetro <2 mm e >2mm de diâmetro fornecem canais para o crescimento de novas raízes e condução de água e ar (Athmann, Kautz e Köpke, 2013). A concentração de oxigênio no solo geralmente diminui com o aumento da profundidade, como consequência do comprimento e tortuosidade da via de difusão, uma vez que o transporte de oxigênio da superfície do solo até as camadas mais profundas ocorre por difusão gasosa, a presença de bioporos contínuos verticais fornecem caminhos retos de difusão no solo, assim a concentração de oxigênio dentro desses bioporos permanece relativamente estável em todo o perfil do solo (HAN et al., 2015).

No Brasil, o uso de adubos altamente solúveis nos sistemas de agricultura orgânica é proibido segundo o Decreto Nº 6.323/2007, desta forma os bioporos podem facilitar o crescimento das raízes e contribuir para a absorção de nutrientes, tendo particular relevância onde a disponibilidade de nutrientes é limitada (Kautz T, 2015). Além disso as raízes podem preferencialmente crescer nos bioporos deixados após a mineralização das raízes (Han et al., 2015), isto devido a facilidade apresentada para a penetração das raízes nos mesmos.

A presença e densidade de bioporos também pode ser um indicador da densidade do solo. A compactação do solo, ocorre como resultado de forças compressivas aplicadas a longo prazo, especialmente de máquinas pesadas (Batey 2009), sendo um dos principais fatores

físicos que dificultam penetração das raízes nos horizontes profundos do solo (Materechera et al 1992, Valentine et al., 2012). As raízes encontram menor resistência para crescerem em zonas de baixo impacto mecânico (Bengough 2006). Desta forma a presença de bioporos, também contribui para reduzir a densidade aparente, pelo maior número de vazios no solo. A partir do século XIX, estudos sobre bioporos foram inspirados pelos avanços no campo das ciências ecológicas. De tal maneira que essas pesquisas contribuíram para compreensão mais profunda dos processos ecológicos do solo, uma fonte de conhecimento para gestão orgânica de solos (Kautz, 2014).

2.2. AS MINHOCAS

As minhocas podem modificar consideravelmente as propriedades dos bioporos. Após a passagem da minhoca, Pagenkemper et al. (2014) detectaram alterações nas propriedades físicas dos bioporos, aumentando os comprimentos, larguras e conectividade do caminho, com possíveis implicações para o crescimento das raízes em bioporos e subsequente absorção de nutrientes. Kautz et al. (2014) descobriram no local em estudo, que as minhocas preferem colonizar o perfil do solo com teores de nutrientes disponíveis, como por exemplo Ca, C.O. e N. Athmann et al. (2013) mostraram que as raízes estabelecem contato com a parede do bioporo na maioria dos casos, ou seja, que eles podem se beneficiar do enriquecimento de nutrientes dos revestimentos de bioporos. Além disso, as raízes mostram uma preferência por poros ricos em nutrientes.

As minhocas apresentam corpo alongado e segmentado em forma de anéis. A grande maioria destes organismos essencialmente edáficos habita as camadas superficiais, geralmente até profundidades de 30 a 50 cm no perfil do solo (BROWN, 2006), onde desempenham importantes funções ecológicas e ambientais. As minhocas são onívoras e se alimentam de resíduos vegetais em diferentes graus de decomposição, juntamente com organismos decompositores acompanhantes, tais como fungos, bactérias, protozoários e nematóides. Também podem ingerir seus próprios excrementos, bem como fezes de outros organismos. As minhocas são capazes de selecionar seu alimento ingerindo, preferencialmente, as partes macias das folhas, bem como resíduos contendo teores elevados de nitrogênio e cálcio (RIGHI, 1999).

Em relação à categoria nutricional ou estratégia alimentar, as minhocas são divididas em dois grandes grupos: detritívoras e geófagas. As detritívoras são aquelas que se alimentam

próximo à superfície do solo ingerindo, principalmente serrapilheira, raízes de plantas mortas e outros resíduos vegetais. As minhocas geófagas alimentam-se no subsolo, ingerindo restos orgânicos sem estrutura celular reconhecível, dispersos entre as partículas minerais do solo (LEE, 1985; RIGHI, 1999).

As diferentes espécies de minhocas foram classificadas em três grupos funcionais ou categorias ecológicas, relativas à estratificação vertical: epigéicas, endogéicas e anécicas (BOUCHÉ, 1977; LEE, 1985; JAMES, 2000) (**Tabela 1**).

TABELA 1. – Categorias ecológicas, habitat, alimentação e carac. morfológicas das minhocas.

Categoria	Subcategoria	Habitat	Alimento	Tamanho e Pigmentação
EPIGÉICA	Epigéica	liteira	serrapilheira, micróbios	< 10 cm, altamente pigmentada
	Epi-anécica/ Epi-endogéica	superfície do solo	serrapilheira, microrganismos	10-15 cm, parcialmente pigmentada
ANÉCICA	Anécica	galerias (> 40 cm)	liteira e solo	> 15 cm, pigmentação anterodorsal
ENDOGEICA	Polihúmica	superfície do solo e rizosfera	solo com alto teor de matéria orgânica	< 15 cm, filiforme, despigmentada
	Mesohúmica	0-20 cm do solo	camada de solo de 0–10 cm	10-20 cm, despigmentada
	Endo-anécica	0-50 cm do solo, algumas fazem galerias	camada de solo de 0–10 cm	> 20 cm, despigmentada
	Oligohúmica	15-80 cm do solo	camada de solo de 20–40 cm	> 20 cm, despigmentada

Fonte: Extraída e modificada de Hendrix e Bohlen (2002).

As minhocas podem ainda ser divididas entre engenheiras do ecossistema e decompositoras ou transformadoras da serrapilheira. As engenheiras do ecossistema são aquelas minhocas que vivem dentro do solo (endogéicas e anécicas), que constroem galerias e produzem estruturas organominerais altamente resistentes, que persistem no solo (meses a anos) afetando o ambiente e os organismos menores que vivem nele. Estas minhocas interagem com a microbiota edáfica, desenvolvendo relação mutualística com os organismos que vivem em seu trato digestivo (intestino) e nas estruturas que constroem. As transformadoras da serrapilheira ou decompositoras são as minhocas epigéicas que vivem e se alimentam da serrapilheira, produzindo estruturas puramente orgânicas que são menos persistentes no ambiente (GILLER et al., 1997; LAVELLE, 1997).

A maior abundância de minhocas anécicas ocorre em função do repouso do solo (Binet et al., 1997) e quantidades elevadas de alimentos para as minhocas disponibilizadas pelos

resíduos de rebentos deixados no local (Riley et al., 2008). McKenzie et al. (2009) demonstraram um melhor acesso a subsolo de água de cinco genótipos de cevada cultivada com poros de 2 mm em Cambissolo com índice de área foliar aumentado, altura de planta e Índice Vegetativo Diferenciado Normalizado (NDVI), especialmente aos 55 dias após a semeadura.

De acordo com Brown e Domínguez (2010), a comunidade de minhocas presente em um determinado local é em função das condições edáficas (tipo de solo, mineralogia, teor de matéria orgânica, textura, estrutura, temperatura, umidade e valor de pH), da vegetação (espécie e cobertura), da topografia (posição fisiográfica, inclinação), do clima (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, vento), das interações com outros organismos edáficos, além das condições históricas que originaram o solo e o local (história humana e geológica).

A presença de minhocas no ecossistema provoca alterações nas propriedades químicas do solo, tais como valor de pH e disponibilidade de nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo, potássio e nitrogênio; nas propriedades físicas, tais como aumento da capacidade de retenção e infiltração de água, aeração e formação da estrutura do solo; além de alterações na atividade e população de microrganismos existentes no ambiente, devido à elevada diversidade de microrganismos que habitam o trato digestivo das minhocas (LEE, 1985; BROWN; JAMES, 2007). Segundo Brito-Veja e Espinosa-Victoria (2009), dentre os microrganismos que habitam o trato digestivo das minhocas, destacam-se os fixadores de nitrogênio, produtores de hormônios de crescimento vegetal e solubilizadores de fosfato, os quais estão envolvidos em importantes processos no solo.

2.3. SISTEMA RADICULAR DAS PLANTAS

As raízes são as primeiras estruturas a emergirem da semente durante a germinação. Suas principais funções são fixação das plantas no substrato e absorção de água e sais minerais. Entretanto, outras funções como condução e armazenamento também podem estar associadas com as raízes (Raven, 2007). O sistema radicular pivotante ou axial é característico das plantas do tipo dicotiledôneas como a soja e o feijão, e é constituído por uma raiz principal desenvolvida, que usualmente penetra profundamente no solo e a partir da qual se formam as ramificações e as raízes laterais. Nas monocotiledôneas, como o milho e as gramíneas, as raízes são mais finas, com espessura uniforme e se originam de uma mesma região do caule. Essas raízes são chamadas de raízes adventícias, e o sistema recebe o nome

de sistema radicular fasciculado. Nesse sistema não há a proeminência de nenhuma raiz e estas se encontram localizadas mais superficialmente no solo (Souza, 2009).

Para BALL, 2007 as gramíneas possuem dois sistemas de raízes: raízes seminais ou embrionárias e raízes permanentes, caulinares ou adventícias. As raízes seminais ou embrionárias têm origem no embrião e estão cobertas pela coleorriza. A duração dessas raízes é curta, correspondendo a algumas semanas. A coleorriza funciona como órgão de proteção e de absorção de água e de nutrientes. Sobre ela, tem-se observado, em muitas espécies, pêlos absorventes. As raízes permanentes (caulinares ou adventícias) originam-se dos primeiros nós basais, de estolões ou, também, de outros nós que estejam em contato com o solo. Elas são numerosas e substituem as raízes seminais. Alcançam certo comprimento e, geralmente, produzem muitas ramificações. Nas espécies anuais morrem com a planta, e nas espécies perenes ocorrem duas classes distintas, denominadas anuais e perenes. As anuais são as que as raízes regeneram-se totalmente durante a estação de crescimento, e as perenes são aquelas que se formam durante o primeiro ano, porém seguem funcionando no ano seguinte.

De acordo com Kautz, 2014 bioporos são influenciados pela espécie de cobertura. No experimento de Han et al., 2016 a densidade de enraizamento de raízes finas $<0,2$ mm, foi significativamente maior em solo ocupado por espécies de plantas com raízes finas, principalmente as com sistema radicular do tipo fasciculado. Por outro lado, grandes poros foram ocupados por plantas com raiz grossa, de diâmetro >2 mm, onde se destacam as com sistema radicular do tipo Axial ou Pivotante e que deixam vazios após sua decadência. Porém bioporos com diâmetro >2 mm são influenciados principalmente pelas minhocas (Edwards et al. 1990; Athmann et al, 1013; Han et al, 2015; Han et al., 2016).

2.4. PLANTAS DE COBERTURA

De acordo com Albuquerque et al. 2013, as plantas de cobertura proporcionam melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da eficiência dos fertilizantes, diminuição de variações de temperatura do solo, grande efeito de proteção do solo do das gotas de chuva e da ação do vento.

Recursos como água e nutrientes são utilizadas de forma racionais, conseqüentemente proporcionando um ganho para o próprio sistema no âmbito da fertilidade do solo, pois através desses cultivos há o aumento do teor de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, sem contar na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que será afetada de forma positiva pelo uso dessas culturas (MORO et al., 2013).

As raízes das plantas de cobertura têm influência importantíssima tanto na capacidade de realizar a descompactação do solo, como na capacidade de absorver nutrientes e também na atividade microbiana, assim contribuindo positivamente com o aumento da aeração do solo. Através da zona de influência das raízes as plantas de cobertura interferem no aumento e na diversidade microbiana do solo (CORDEIRO; COÁS & NAHAS, 2008). Com a introdução das plantas de cobertura, que se caracterizam pela boa capacidade de produção de biomassa, e através da manutenção dos resíduos culturais em superfície, também é possível promover maior acúmulo de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes e melhorar as condições físicas do solo e a estrutura dos agregados do solo (DONEDA, 2010). As plantas de cobertura do solo são cultivadas com a finalidade principal de cobrir o solo. Posteriormente os seus resíduos são depositados protegendo o solo do impacto da chuva e com a sua decomposição há liberação de nutrientes para as culturas seguintes (EMBRAPA, 2011).

As raízes também estão ligadas direta e indiretamente com a estrutura e estabilidade do solo, as gramíneas embora não possuam sistema radicular que se desenvolva em profundidade, apresentam sistema radicular abundante possibilitando a estruturação do solo e diminuindo assim a suscetibilidade do solo à erosão (WOLSCHICK, 2014).

As leguminosas são conhecidas pela alta capacidade de fixar N atmosférico, em função da relação simbiótica com bactérias capazes de fixar nitrogênio atmosférico, porém as leguminosas apresentam uma baixa relação C/N, o que faz com que elas se decomponham rapidamente, podendo vir a deixar o solo descoberto antes do estabelecimento da cultura em sucessão (SANCHEZ, 2012).

Wohlenberg et al. (2004), verificaram que a sequência de culturas com a sucessão de gramíneas com leguminosas foi a que favoreceu a maior agregação do solo. Estes autores atribuíram esse comportamento ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à agregação pela ação das raízes, cobertura do solo, quantidade de resíduos orgânicos da decomposição e conservação da umidade favorável à ação dos microrganismos.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido no município de Cascavel-PR, situando-se na Latitude: - 24° 57' 20" S, Longitude: 53° 27' 19" W Oeste de Greenwich, a uma altitude de 782 m ao nível do mar, com população de 328.476 pessoas (IBGE, 2018), no espaço dedicado ao Show Rural Coopavel, às margens da BR-277, no km 577, saída para Curitiba, a dez quilômetros do

centro de Cascavel. O solo predominante na região é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (EMBRAPA, 2013). Segundo Köppen-Geiger, o clima predominante na região é classificado como clima subtropical úmido (Cfa), apresentando temperatura média anual de 19 °C e precipitação anual variando de 1800 a 1900 mm.

A área de pesquisa localizou-se na Vitrine de Tecnológica de Agroecologia, que corresponde um espaço de 2600 m². A produção é um projeto da Itaipu Binacional, por meio do Programa Cultivando Água Boa, e organizações parceiras. A Vitrine Tecnológica de Agroecologia teve início com o plantio de soja no sistema orgânico feito pela Embrapa. A manutenção da área é feita por meio de parcerias firmadas entre IAPAR, CPRA, ITAIPU, COOPAVEL, EMATER, BIOLABORE, CAPA, GEBANA, ADEOP, UNIOESTE, UFPR e UFFS. A Vitrine exhibe propostas que integram processos produtivos nas propriedades rurais, reunindo alternativas agroecológicas para plantios, consórcios, produção animal, manejo de pragas, sistemas agroflorestais, bioconstruções e sustentabilidade (CARTILHA AGROECOLÓGICA, 2016).

3.1. HISTÓRICO DA VITRINE TECNOLÓGICA DE AGROECOLOGIA

No ano de 2003 a Embrapa em parceria com a Emater-PR, iniciaram Vitrine Tecnológica de Agroecologia com o cultivo de soja no sistema orgânico. Dois anos depois, foram cultivadas parcelas, com várias espécies tradicionais na região, dentre elas o milho, a soja, o feijão, o arroz e culturas potenciais (MERTZ, 2009).

Em 2006, o projeto foi ampliado para os moldes de uma propriedade agrícola familiar diversificada, com casa, pastagens, grãos, frutíferas e horta, trazendo a visão sistêmica da unidade. Em 2007, ampliou-se com os cultivos de inverno no sistema orgânico, participando do Encontro Técnico de Inverno (MERTZ, 2009).

No ano de 2012, teve início a implantação de um sistema agroflorestal, incluindo na vitrine, espécies perenes em consórcio para demonstração de um sistema de produção diversificado e baseado em árvores de valor econômico, como frutíferas nativas, Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Araucária (*Araucaria angustifolia*) e Bracatinga (*Mimosa scabrella*) (MERTZ, 2009).

A Vitrine tecnológica de Agroecologia simula uma propriedade agrícola conduzida segundo os princípios e as normas agroecológicas de acordo com a Lei que dispõe sobre a agricultura (BRASIL, 2003). São manejados cultivo de grãos, frutíferas, hortaliças, plantas medicinais, um sistema agroflorestal, a produção e o manejo animal e as bioconstruções.

Tudo isso visando despertar o interesse dos agricultores em adotar as tecnologias apresentadas na Unidade de Agroecologia, buscando a sustentabilidade econômica, social e ambiental (MERTZ, 2009).

3.2. DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DE CASCAVEL

Os dados de pluviosidade mensal da região Cascavel no período avaliado, compreende as datas de Janeiro de 2018 a Março de 2019, dispostos na tabela.

TABELA 2 – Média climatológica de Cascavel-PR, referente aos últimos 30 anos.

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	20	29	178
Fevereiro	20	29	167
Março	20	29	132
Abril	18	27	141
Mai	13	21	173
Junho	13	21	122
Julho	12	21	96
Agosto	14	24	85
Setembro	15	25	141
Outubro	18	28	196
Novembro	18	28	153
Dezembro	20	29	177

Fonte: Adaptado de Climatempo (2018)

Os meses mais chuvosos vão de outubro a fevereiro e os mais secos de julho a setembro.

3.3. TRATAMENTOS

O experimento foi a avaliação de quatro manejos de solo a campo. Sendo: Semeadura de grãos; Sistema Agroflorestal; Pastagem (testemunha); e Área de Olericultura. O delineamento experimental é o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Todas as análises possuem 4 repetições (4 manejos x 4 repetições), totalizando 16 unidades experimentais. As amostras das repetições foram coletadas de forma aleatória dentro de cada sistema de produção.

O tamanho de cada unidade experimental, para a análise de bioporos, é 50 x 50 cm (0,25 m²), nas trincheiras.

3.4. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO BIOPOROS

Nas unidades experimentais foram escavadas trincheiras, com a utilização de uma espátula o solo solto foi aspirado com um aspirador de pó da marca Electrolux de modelo GT2000 de 1400w, para assim revelar os bioporos (BPs) do solo. Uma folha de plástico transparente, medindo 50 cm × 50 cm foi colocado sobre a superfície do solo aspirado e todos os BPs visíveis através da folha de plástico foram marcados com marcador permanente de marca PILOT de ponta média. Foi marcado BPs e em dois tamanhos: (abaixo) BPs <2mm e (acima) BP >2 mm, sendo delimitados através do uso de régua milimétrica. Após identificar os poros na folha plástica transparente, foi realizada a contagem de bioporos. Este método segue ao descrito por Athmann et al, 2013; Han et al, 2015.

FIGURA 1: Processo de quantificação de Bioporos á 20 cm de profundidade, na Vitrine de Tecnológica de Agroecologia, no Município de Cascavel – PR.



Fonte: ZANELLA, 2019.

3.5. MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE MINHOCAS DO SOLO

Para remoção das minhocas do solo foi utilizado o método físico, sendo a amostra do solo de cada parcela retirada e depositada sobre um saco vazio para posterior triagem manual e separação das minhocas. Segundo Brown e James (2007) o método de extração deve facilitar o trabalho de avaliação a ser realizado, no entanto, sem comprometer a representatividade dos resultados a serem obtidos. De acordo com Ressetti (2004), a coleta manual é o método mais preciso, possibilitando tanto a coleta de casulos, quanto de indivíduos latentes, além de ser mais rápido e prático.

3.6. LEVANTAMENTO DAS PLANTAS DE SUPERFÍCIE

Abaixo, o levantamento das plantas de cobertura e o histórico de plantio e manejo em cada sistema, à partir do ano de 2017.

- Semeadura de grãos: Em Novembro de 2017 foi capinado o local e semeado algumas variedades de Soja (*Glycine max*), Arroz (*Oryza sativa*), Amendoim (*Arachis hypogaea*) e Crotalaria (*Crotalaria juncea*) consorciada com Milho (*Zea mays*). Em Dezembro do mesmo ano, foi realizado raleio Milho (*Zea mays*) e eliminação manual de plantas espontâneas. Em Janeiro de 2018, foi realizada adubação de cobertura com Sílica e Cal. Em Dezembro de 2018, foi realizado a semeadura de algumas variedades de Feijão (*Phaseolus vulgaris*). No final de Fevereiro de 2019, após a eliminação de plantas espontâneas foi feito a semeadura de Aveia branca (*Avena sativa*) para cobertura no inverno.

- Sistema Agroflorestal: Implantado em 2012, com a presença das seguintes espécies de cobertura: Inhame (*Colocasia esculenta* (L.)), Bananeira (*Musa* spp.), Pessegueiro (*Prunus pérsica*), Figo (*Ficus carica*), Café (*Coffea*), Erva-cidreira (*Melissa officinalis*), Araucária (*Araucaria angustifolia*), Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*), Bracatinga (*Mimosa scabrella*). Em dezembro de 2017, realizado poda das frutíferas e adubação com vermicomposto. Em Janeiro de 2018, realizado a eliminação manual de plantas espontâneas, já em Novembro do mesmo ano foi realizado o plantio de Abóboras (*Cucurbita pepo*), e em Dezembro, plantado Feijão de corda (*Vigna unguiculata*). Em Janeiro de 2019, realizado manejo de poda em Frutíferas com coroamento, arranquio de invasoras e controle de Pragas com Extrato de Mamona.

- Pastagem (sem presença de gado), com cobertura de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e sombreamento da espécie Ingá (*Inga edulis*), presente desde 2011. Em Novembro de 2018 foi realizado a poda e coroamento do Ingá (*Inga edulis*). Em Dezembro de 2018, foi realizado adubação orgânica composta de 2 kg/m² de urina de vaca curtida, sendo pulverizada com bomba costal. Em Janeiro de 2019, foi roçado a Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e capinado algumas ervas espontâneas presente no local.

- Área de Olericultura em formato Mandala, com a presença de hortaliças, plantas medicinais e condimentares. Em novembro de 2017, foi realizada atividade de capina e irrigação por gotejamento nos Tomates (*Solanum lycopersicum*), posteriormente plantados. Feito o plantio de Coentro (*Coriandrum sativum*), Melão (*Cucumis melo*), Beringela (*Solanum melongena*), Pimenta doce (*Capsicum annuum Group*), Couve de folha (*Brassica oleracea*), Repolho roxo (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*), Cebolinha (*Allium schoenoprasum*), Salsa (*Petroselinum crispum*). A capina neste sistema foi realizada, quando necessário. Nos meses de Outubro e Novembro de 2018, foi plantado Couve (*Brassica oleracea*), Cebola (*Allium cepa*), Trigo Mourisco (*Fagopyrum esculentum*), Alecrim (*Rosmarinus officinalis*), Salvia (*Salvia officinalis*), Melão (*Cucumis melo*) e Melancia (*Citrullus lanatus*). Esta área, em Maio de 2019, apresenta pouca cobertura vegetal e presença de maravalha sob o perfil e misturado ao solo. Foi realizado adubação orgânica com vermicomposto nesta área, nos anos anteriores a 2017.

FIGURA 2: Vista superficial da Vitrine Tecnológica de Agroecologia, e seus respectivos manejos, em Cascavel - PR.



Fonte: ITAIPU, 2017.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi utilizando o programa SISVAR 5.6, sendo que todos os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias submetidas a comparações pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade.

O teste de Student Newman Keuls (SNK) é um teste aplicado da mesma forma que o teste de Duncan, com a diferença que, ao calcularmos a amplitude total mínima significativa do teste, utilizamos os valores da tabela de Tukey, em vez de utilizarmos os valores da tabela de Duncan. O SNK serve para contornar os inconvenientes do teste t para ensaios com mais de dois tratamentos ajustando o valor de t dependendo da distância entre as médias então ordenadas (SAMPAIO, 2002). Então, o SNK é um teste intermediário entre o teste de Tukey (mais rigoroso) e o teste de Duncan (menos rigoroso) (BANZATTO & KRONKA, 2006).

Foi necessário transformar os dados, pois são dados de contagem e apresentaram CV% alto, para assim, reduzir a variação em relação á média.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação de biopóros (BPs) de tamanho <2 mm, no Sistema Pastejo ocorreu em menor quantidade, enquanto nos demais manejos não foi possível visualizar diferença estatística (Tabela 3) entre eles. Presente como cobertura no Sistema de Pastejo, a gramínea Tifton 85 (*Cynodon spp.*) apresenta raízes fasciculadas que são caracterizadas como raízes finas com diâmetro <2mm.

TABELA 3. Densidade de BP de tamanho <2 mm em diferentes Manejos Agroecológicos avaliados na profundidade de 20 cm.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Trat.	3	15.049	5.016	4.268	0.028
Semeadura de grãos			28.5 a		
S. Agroflorestal			31.0 a		
Pastagem			9.75 b		
Olericultura			28.0 a		
CV (%)	22.61				

*Médias submetidas ao teste SNK á 5% de significância.

No momento da quantificação da densidade de bioporos, muitas raízes da cultura forrageira da espécie Tifton 85 (*Cynodon spp.*), não estavam totalmente deterioradas, bloqueando os poros criados (Figura 3), desta forma, a maioria dos bioporos estavam ocupados pelas raízes. As gramíneas influenciam a formação de bioporos <2mm, mas para quantificar a presença de bioporos através deste método, seria necessário as raízes estarem em decomposição ou decompostas.

O maior conteúdo de lignina, presente nos restos culturais das gramíneas, faz com que se mantenham mais tempo cobrindo o solo, promovendo assim uma melhor estruturação e estabilidade dos agregados do solo (GUIMARÃES et al. 2006). A espécie de gramínea Tifton-85 (*Cynodon dactylon cv.*), segundo Vilela e Alvim (1996) desde que tenha condições adequadas de fertilidade e umidade, continua a se desenvolver em dias curtos e frios até o limite inferior de 4°C, sendo esta uma espécie C4 tendo seu crescimento maximizado nas temperaturas de 30 a 35°C.

Os bioporos foram classificados abaixo de 2mm (<2mm) e acima de 2 mm (>2mm), seguindo a metodologia de Athmann et al (2013); Han et al (2015). O tamanho dos BPs variam em função da cultura, estágios de crescimento, características de raiz / parte aérea e espécies. No experimento de Han et al. (2016) a densidade de enraizamento de raízes finas <0,2 mm, foi significativamente maior em solo ocupado por espécies de plantas com raízes finas. Por outro lado, grandes poros foram ocupados e criados pelas minhocas e plantas com raiz de diâmetro >2 mm.

FIGURA 3: Sistema de Pastejo (á esquerda) e (á direita) raízes da espécie Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em Sistema de Pastejo (sem pisoteio), á 20 cm de profundidade.



Fonte: ZANELLA, 2019.

Na avaliação da densidade de BPs de tamanho >2 mm, não houve diferença significativa entre todos os manejos (Tabela 4). A presença de BPs >2 mm tem importância fundamental para o desenvolvimento radicular. Para Athmann et al (2013), as raízes de crescimento dos bioporos entram em contato com a parede do poro e, portanto, podem usar os nutrientes disponíveis lá. Ainda, segundo Athmann et al (2013), uma alta densidade de bioporos resultará principalmente em benefícios com efeitos no crescimento das raízes e no desempenho das culturas. A relevância desses efeitos pode ser particularmente pronunciada em sistemas de produção orgânica, onde as culturas dependem da aquisição de nutrientes da fase sólida do solo com benefício particular do aumento da densidade de comprimento e a presença de pontos quentes para aquisição de nutrientes no subsolo. Uma alta densidade biopores pode facilitar a aquisição de água e nutrientes especialmente sob condições de seca, contribuindo para o aumento da estabilidade do sistema de cultivo, outro objetivo geral da agricultura orgânica.

TABELA 4. Densidade de BP de tamanho > 2mm em diferentes Manejos Agroecológicos avaliados na profundidade de 20 cm.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Trat.	3	6.164	2.054	1.587	0.244
Semeadura de grãos			22.75 a		
S. Agroflorestal			37.75 a		
Pastagem			24.50 a		
Olericultura			20.5 a		
CV (%)	22.53				

*Médias submetidas ao teste SNK á 5% de significância.

No Manejo Agroflorestal, foi possível observar raízes em fase de decomposição que promovem a formação de bioporos (Figura 4).

Neste sistema existe uma variada quantidade de espécies de cobertura, e no geral o sistema radicular que predomina é o pivotante, desta forma ocorre a maior formação de bioporos >2mm. As raízes agressivas e ramificadas conseguem absorver nutrientes das camadas inferiores do solo e, depois de sua decomposição formarão bioporos, que são fundamentais para a disponibilidade hídrica e pelo fluxo em massa de nutrientes (SANTOS et al., 2014). Com o manejo das plantas de cobertura quantidades consideráveis de nutrientes voltam ao solo e posteriormente são absorvidas pelas culturas seguintes (SORATTO et al., 2012).

FIGURA 4: Raízes de planta de cobertura em Manejo Agroflorestal, em fase de deterioração (á esquerda), e (á direita) casulo de coró, á 20 cm de profundidade.



Fonte: ZANELLA, 2019.

Para Han et al (2015) a densidade de enraizamento de trigo (*Triticum aestivum*) dentro e fora do bioporos de grande porte (>2mm), aumentou significativamente. No sistema de semeadura de grãos, a planta de cobertura é aveia branca (*Avena sativa*), em fase vegetativa, e neste local foi possível observar canais de bioporos <2mm e >2mm. Relatórios sobre o crescimento preferencial das raízes através canais porosos de grande porte são antigos. Por exemplo, foi observado o crescimento radicular semanal de aveia (*Avena sativa*), em solo com presença de bioporos, estando intimamente relacionada com a presença de canais de minhocas, especialmente em solos não cultivados (EHLERS et al. 1983).

FIGURA 5: Visualização de bioporos >2mm em escala real (á esquerda) e (á direita) exemplares de minhoca californiana (*Eisenia fetida*), á 20 cm de profundidade



Fonte: ZANELLA, 2019.

Na Pastagem e Agrofloresta, foi observado maior abundância de minhocas, respectivamente (Tabela 5), porém, a maior quantidade de minhocas encontrada no Sistema de Pastejo, não influenciou a DBPs. De acordo com Binet et al., 1997 a maior abundância de minhocas é considerada em função do repouso do solo, e quantidades elevadas de alimentos para as minhocas disponibilizadas pelos resíduos de rebentos deixados no local como cobertura morta (RILEY et al., 2008).

As minhocas presente no perfil do solo averiguado, são da espécie *Eisenia fetida*, conhecida como minhoca californiana vermelha, atingindo profundidades até 10 cm, sendo considerado o hábito preferencial. Também foi outros organismos considerados “engenheiros do solo”, como formigas (*Formicidae*), encontrado cupins (*Isoptera*), corós e besouros (*Cyclocephala flavipennis*), que também estão ligados a formação de biopóros, porém foram encontrados em baixa quantidade e em áreas isoladas. Esses organismos não foram quantificados para estatística, pois foram encontrados com uma frequência muito baixa, especialmente os corós (*Cyclocephala flavipennis*).

Neste experimento, não houve correlação entre abundância de minhoca e DBP (Tabela 5), devendo-se ao fato da espécie de minhoca presente neste estudo, ocupar em sua maioria a superfície do solo que se estende até 10 cm, e no estudo foi avaliado DBP em 20 cm de profundidade. Desta forma, sugere-se novos estudos que trabalhem com diferentes profundidades e manejos, a fim de que se tenha uma melhor avaliação da formação dos bioporos.

De acordo com SINHA (2002), a minhoca californiana é um espécie exótica e se reproduz abundantemente no Brasil devido ao habitat favorável. Depositam pequenos casulos de cor branca (ovos), sendo que uma minhoca pode gerar 600 ovos ao ano e podem viver até 16 anos. Na área da Vitrine Tecnológica, foi incorporado ao solo adubação localizada, composta por vermicomposto. Esta é uma das espécies mais utilizadas em vermicompostagem, vermicultura e vermirremediação. Desta forma a presença desta espécie no local pode estar associado ao uso de vermicompostagem. A presença, a abundância e a diversidade de minhocas, passam a indicar o impacto causado por atividades antrópicas em ecossistemas agrícolas e naturais (BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010).

TABELA 5. Densidade de Minhocas em diferentes Manejos Agroecológicos com 1m², avaliados na profundidade de 20 cm.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Trat.	3	45.779	15.259	16.378	0.0001
Plantio de grãos			19.50 a		
S. Agroflorestal			41.75 b		
Pastagem			70.50 c		
Olericultura			18.25 a		
CV (%)	16.45				

*Médias submetidas ao teste SNK á 5% de significância.

Este mesmo resultado foi observado por Kautz et al., 2014; Perkons et al. 2014, que também argumentam que a formação inicial da BPs é considerada em função da penetração das raízes das diferentes culturas de cobertura, que é seguido pela utilização desses BPs de raiz por minhocas do solo (PAGENKEMPER et al., 2014).

O manejo que apresentou menos minhocas foi a área de Olericultura. Existem neste manejo poucas espécies de cobertura, e o solo é removido periodicamente para a implantação de novas hortaliças. De acordo com CLAPPERTON et al., 1997; BROWN; DOMÍNGUEZ (2010), as práticas de manejo que provocam revolvimento do solo tendem a reduzir as populações de minhocas e, conseqüentemente, a atividade e os benefícios destes organismos no meio edáfico. Corroboram com o mesmo argumento de Gaiser (2013), em que a densidade de bioporos na camada (0-30 cm) de solo, é altamente variável devido ao preparo do solo. A redução do número de minhocas em áreas agrícolas pode ser ocasionada diretamente pela morte dos organismos, devido a lesões provocadas pelos equipamentos utilizados no revolvimento do solo, ou ainda indiretamente, pela destruição das galerias (drilosfera), redução das fontes de alimento, alteração da temperatura, umidade e aeração do solo (CURRY et al., 2002).

Os resultados deste estudo sugerem diversificar a promoção de minhocas do tipo anecicas e endogéicas para enriquecer a profundidade > 10 cm e promover a maior formação de BPs. Além da quantidade de bioporos, as propriedades dos bioporos individuais são presumivelmente relevantes para a aquisição de nutrientes. Portanto, as estratégias de manejo na agricultura orgânica devem se concentrar em aumentar tanto a quantidade de bioporos quanto a qualidade, através da promoção de minhocas anêmicas e endogéicas.

5 CONCLUSÃO

As plantas de cobertura presente em todos os manejos influenciaram a formação de bioporos, porém não houve correlação entre a densidade de minhocas e a formação de bioporos, pois a espécie presente no local é do tipo californiana (*Eisenia fetida*), apresentando preferência pelo habitat até 10 cm do perfil do solo e a pesquisa se desenvolveu avaliando em 20 cm de profundidade.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE A. W. et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p. 721-726, 2013.
- Athmann, M.; Kautz, T.; Pude, R. & Köpke, U. Root growth in biopores - evaluation with endoscopy in situ. **Plant Soil**, v.1, p. 179-190, 2013.
- BALL, D. M. ; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. Forages of the south. **International Institute of Plant Nutrition (IPNI)**. Lawrenceville, Georgia. 4. ed. p. 322, 2007.
- BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, 4 ed. 2006.
- BATEY, Tom. Soil compaction and soil management—a review. **Soil use and management**, v. 25, n. 4, p. 335-345, 2009.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de Dezembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf/view>> Acesso em: 14 de jun. 2019.
- Bengough, A. G. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. **Journal of Experimental Botany**, n. 57: p. 437-447, 2006.

BINET, F.; HALLAIRE, V.; CURMI, P. Agricultural practices and the spatial distribution of earthworms in maize fields. Relationships between earthworm abundance, maize plants and soil compaction. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3-4, p. 577-583, 1997.

BOUCHÉ, M. B. Lombriciennes strategies: Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletins**. Estocolmo, v. 25, p. 122-123, 1977.

BONKOWSKI, Michael; GRIFFITHS, Bryan S.; RITZ, Karl. Food preferences of earthworms for soil fungi. **Pedobiologia**, v. 44, n. 6, p. 666-676, 2000.

BROWN, GEORGE G. et al. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 339, 2006.

BROWN, George G.; DOMÍNGUEZ, Jorge. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas—o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO3). **Acta Zoológica Mexicana (ns)**, v. 26, n. 2, 2010.

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

BRITO-VEGA, Hortensia et al. Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (Oligochaeta). **Journal of Biological Sciences**, v. 9, n. 3, p. 192-199, 2009.

CARTILHA AGROECOLÓGICA. **Vitrine tecnológica de agroecologia**, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20835455/65-mil-pessoas-visitam-vitrine-de-agroecologia-na-coopavel>> Acessado em: 25 de maio de 2019.

CLAPPERTON, M. Jill et al. Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in southern Alberta, Canada. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3-4, p. 631-633, 1997.

CORDEIRO, M. A. S.; CORÁ, J. A.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em Rotação no sistema de semeadura direta. **R. Bras. Ciência do Solo**, n. 36, p. 1794-1803, 2008.

CLIMATEMPO. **Histórico de chuvas de Cascavel-PR**. Disponível em:

<<https://www.climatempo.com.br/climatologia/268/cascavel-pr>> Acessado em 02 de jun. 2019.

CURRY, James P.; BYRNE, David; SCHMIDT, Olaf. Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, n. 2, p. 127-130, 2002.

DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. Dissertação. Santa Maria, RS, Brasil. 2010.

EDWARDS, W. M. et al. Effect of *Lumbricus terrestris* L. burrows on hydrology of continuous no-till corn fields. **Geoderma**, v. 46, n. 1-3, p. 73-84, 1990.

Ehlers, W.; Köpke, U.; Böhm, W. Resistance to penetration and growth of oats roots in plowed and uncultivated soil. **Soil Till Res**, v. 3: p. 261-275. 1983.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Adubação verde**. Utilização de leguminosas contribui no fornecimento de nitrogênio para culturas de interesse comercial e protege solo da erosão, 2011.

GILLER, K. E. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystemic function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, v. 6, n. 1, p. 3-16, ag. de 1997.

GAISER, Thomas et al. Modeling biopore effects on root growth and biomass production on soils with pronounced sub-soil clay accumulation. **Ecological modelling**, v. 256, p. 6-15, 2013.

GUIMARÃES, R. M. L. et al. Relacionando a avaliação visual da estrutura do solo com as propriedades físicas em solos de textura e manejo contrários. **Pesquisa sobre solo e cultivo**, v.127, n.1, p.92-99, 2013.

GUIMARÃES, Geovane et al. Efeitos de culturas de verão e opções de inverno na cultura do milho e no solo na implantação do plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, 2006.

Han, E.; T, Kautz; Perkons, U. Dynamic root growth in and out of soil biopores as affected by crop sequence determined with the profile wall method. **Biology and Fertility of Soils**, v. 5, p. 847-856, 2015.

HAN, Eusun; KAUTZ, Timo; KÖPKE, Ulrich. Precrop root system determines root diameter of subsequent crop. **Biology and fertility of soils**, v. 52, n. 1, p. 113-118, 2016.

HENDRIX, Paul F.; BOHLEN, Patrick J. Exotic earthworm invasions in North America: ecological and policy implications: expanding global commerce may be increasing the likelihood of exotic earthworm invasions, which could have negative implications for soil processes, other animal and plant species, and importation of certain pathogens. **Bioscience**, v. 52, n. 9, p. 801-811, 2002.

JAMES, Sam. Earthworms (Annelida: Oligochaeta) of the Columbia River basin assessment area. **Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-491. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 13 p**, v. 491, 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística IBGE. **Panorama das cidades**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/cascavel/panorama>> Acessado em 02 de Jun. 2019.

Kautz, T. et al. Contribution of anebic worms to the formation of biopores during the cultivation of perennial crops. **Pedobiology**, accepts 2014.

KAUTZ, Timo. Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A review. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 30, n. 4, p. 318-327, 2015.

LAVELLE, Patrick. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, 1997. p. 93-132.

LEE, Kenneth Ernest et al. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Academic Press Inc., 1985.

MATERECHERA, S. A. et al. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and soil**, v. 144, n. 2, p. 297-303, 1992.

MCKENZIE, B. M. et al. Deep rooting and drought screening of cereal crops: a novel field-based method and its application. **Field Crops Research**, v. 112, n. 2-3, p. 165-171, 2009.

MERTZ, U. T. et al. Unidade Didática de Agroecologia do Show Rural COOPAVEL: Conquistando Espaços e Mentos. **Rev. Bras. De Agroecologia**. Vol. 4 No. 2, Nov. 2009.

Disponível em:

<<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/4693/3483>> Acessado em 12 jun de 2019.

MORO, E. et al. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Tropical Agropecuária**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 424-435, out./dez. 2013.

OLIVEIRA, Lenita J.; BROWN, George G.; SALVADORI, J. R. Corós como pragas e engenheiros do solo em agroecossistemas. **ii DII ILIDifiI III W**, p. 76, 2003.

Pagenkemper, S. K.; Athmann, M. et al. **Investigação da dinâmica de biopore induzido por minhoca**: uma abordagem quantitativa com tomografia de raios X e endoscopia in situ. Pesquisa de solo e lavoura, aceita 2014.

Perkons, U.; T, Kautz.; Uteau, D. et al. Root length densities of the English culture after cultures with contrasting root systems. **Soil Till Res**, n. 137: p. 50-57, 2014.

Raven, P.; Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 7ª ed. p. 830. 2007.

RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de Alil isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de oligochaeta edáficos**. 2004. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RIGHI, G. Oligochaeta (Annelida) Diversidade e Agro-Ecologia. In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (Ed.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. 5. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, p. 13-21, 1999.

RILEY, Hugh et al. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 124, n. 3-4, p. 275-284, 2008.

Souza, L. A. **Morfologia e anatomia vegetal: células, tecidos órgãos e plântula**. Ponta Grossa: Ed. UEPG, p. 259. 2009.

SANTOS, H. G. et al. **Argissolos Vermelhos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - EMBRAPA. Brasília-DF, 2014.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 59. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia. 2 ed. 2002.

SINHA, Rajiv K. et al. Vermiculture and waste management: study of action of earthworms *Elsinia foetida*, *Eudrilus euginae* and *Perionyx excavatus* on biodegradation of some community wastes in India and Australia. **Environmentalist**, v. 22, n. 3, p. 261-268, 2002.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

SORATTO, R. P. et al. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, out. 2012.

VALENTINE, Tracy A. et al. Soil strength and macropore volume limit root elongation rates in many UK agricultural soils. **Annals of Botany**, v. 110, n. 2, p. 259-270, 2012.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. V. Produção de leite em pastagem de “coast-cross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON. 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: CNPGL, p. 77-91, 1996.

WOLSCHICK, N. H. Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão. Lages, p. 93, 2014.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **R. Bras. Ciência do Solo**, n. 28: p. 891-900, 2004.