

Nutrientes no solo e em coprólitos de minhocas nativas sob sistemas de produção convencional e agroecológico

Nutrients in soil and in coprolites of native worms under conventional and agroecological production systems

Nutrientes en suelo y en coprolitos de lombrices nativas bajo sistemas de producción convencional y agroecológico

Recebido: 08/08/2022 | Revisado: 22/08/2022 | Aceito: 24/08/2022 | Publicado: 01/09/2022

Márcia Daniele Pereira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8852-2732>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: marciadaniele91@gmail.com

Manoel Alexandre Diniz Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3190-8682>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: manoel.alexandre@academico.ufpb.br

Dayseana Carneiro Rufino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2212-0620>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: dayse.cr1@gmail.com

Thiago de Sousa Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-9571>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: thiagosoumelo@hotmail.com

Leandro Antônio de Bulhões

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2570-5720>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: leandrobulhoes@gmail.com

Belisia Lúcia Moreira Toscano Diniz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7580-2433>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: belisia.diniz@academico.ufpb.br

Evandro Franklin de Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5722-2235>
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
E-mail: elmesquita4@uepb.edu.br

Resumo

A estrutura do solo é constituída de agregados pedogênicos e biogênicos, formados respectivamente pela hierarquização de agregados e pela ação da macrofauna, especialmente por minhocas. O comportamento destes organismos no solo está diretamente relacionado aos sistemas de manejo utilizado nos agroecossistemas, pois são sensíveis aos diferentes manejos adotados em áreas agrícolas. O objetivo foi de comparar atributos químicos do solo e de coprólitos de minhocas nativas em subsistemas de produção familiar com produção agroecológico e convencional. As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial (2x3x4), dois sistemas de manejo (convencional e agroecológico), três profundidades de coleta (superficial - coprólitos, solo – 0 a 20 cm e 20 a 40 cm) e quatro agroecossistemas (banana, hortaliças, milho e mandioca de mesa), totalizando 24 tratamentos, com nove repetições. Houve efeito de interação tripla significativa nas características químicas dos coprólitos de minhocas e do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, entre sistemas de produção (S), profundidades (P) e subsistemas (A) em todas variáveis estudadas, exceto para o Ca²⁺, SB e CTC, as quais houve efeito de interações duplas significativas. A atividade das minhocas no solo reflete maior eficiência na qualidade nos atributos químicos dos agregados biogênicos, expressa pelos maiores valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e magnésio e menores de alumínio e acidez potencial. O sistema de manejo convencional promove maiores teores de fósforo, potássio e magnésio, entretanto, maior teor de alumínio, sódio e acidez potencial que o sistema de manejo agroecológico.

Palavras-chave: Agroecologia; Indicadores de qualidade do solo; *Lumbricus terrestris*.

Abstract

The soil structure consists of pedogenic and biogenic aggregates, formed respectively by the hierarchy of aggregates and the action of macrofauna, especially earthworms. The behavior of these organisms in the soil is directly related to the management systems used in agroecosystems, as they are sensitive to the different managements adopted in agricultural areas. The objective was to compare chemical attributes of soil and coprolites of native earthworms in family production subsystems with agroecological and conventional production. The variables studied were analyzed using the statistical model, in a completely randomized design, with a factorial scheme (2x3x4), two management systems (conventional and agroecological), three collection depths (surface - coprolites, soil - 0 to 20 cm and 20 to 40 cm) and four agroecosystems (banana, vegetables, corn and cassava), totaling 24 treatments, with nine replications. There was a significant triple interaction effect on the chemical characteristics of earthworm coprolites and soil at depths of 0-20 cm and 20-40 cm, between production systems (S), depths (P) and subsystems (A) in all variables studied, except for Ca²⁺, SB and CTC, which had significant double interactions. The activity of earthworms in the soil reflects greater efficiency in the quality of the chemical attributes of the biogenic aggregates, expressed by the higher values of pH, organic matter, phosphorus, potassium and magnesium and lower values of aluminum and potential acidity. The conventional management system promotes higher levels of phosphorus, potassium and magnesium, however, higher levels of aluminum, sodium and potential acidity than the agroecological management system.

Keywords: Agroecology; Soil quality indicators; *Lumbricus terrestris*.

Resumen

La estructura del suelo está formada por agregados pedogénicos y biogénicos, formados respectivamente por la jerarquía de los agregados y la acción de la macrofauna, especialmente las lombrices. El comportamiento de estos organismos en el suelo está directamente relacionado con los sistemas de manejo utilizados en los agroecosistemas, ya que son sensibles a los diferentes manejos adoptados en las áreas agrícolas. El objetivo fue comparar atributos químicos del suelo y coprolitos de lombrices nativas en subsistemas de producción familiar con producción agroecológica y convencional. Las variables estudiadas se analizaron mediante el modelo estadístico, en un diseño completamente al azar, con esquema factorial (2x3x4), dos sistemas de manejo (convencional y agroecológico), tres profundidades de recolección (superficial - coprolitos, suelo - 0 a 20 cm y 20 a 40 cm) y cuatro agroecosistemas (banano, hortalizas, maíz y yuca), totalizando 24 tratamientos, con nueve repeticiones. Hubo un efecto de interacción triple significativo sobre las características químicas de los coprolitos de lombriz y el suelo a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, entre sistemas de producción (S), profundidades (P) y subsistemas (A) en todas las variables estudiadas, a excepción de Ca²⁺, SB y CTC, que tuvieron interacciones dobles significativas. La actividad de las lombrices en el suelo refleja una mayor eficiencia en la calidad de los atributos químicos de los agregados biogénicos, expresada por los mayores valores de pH, materia orgánica, fósforo, potasio y magnesio y menores valores de aluminio y acidez potencial. El sistema de manejo convencional promueve niveles más altos de fósforo, potasio y magnesio, sin embargo, niveles más altos de aluminio, sodio y acidez potencial que el sistema de manejo agroecológico.

Palabras clave: Agroecología; Indicadores de calidad del suelo; *Lumbricus terrestris*.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o espaço rural brasileiro passou por transformações de cunho social, político, econômico e ambiental por meio da inserção de novas tecnologias na agricultura, principalmente a partir da década de 1970 com a Revolução Verde¹. Essas modificações no espaço rural foram muito além das metas de aumento da produção e da produtividade (Neumann et al, 2017). A produção de alimentos ficou em segundo plano e o principal objetivo foi a maximização dos lucros (Mariani, 2015), baseado em inovações técnicas no campo da química agrícola, mecânica e genética (Gonçalves, 2008).

As funções do solo como elemento dinâmico, complexo e vivo foram prejudicadas pelo processo de modernização da agricultura (Andrades & Ganimi, 2007). A degradação do solo está intimamente relacionada às formas de manejo adotadas em cada ambiente (Lal, 2009).

À medida que houve a intensificação das atividades agrícolas ocorreu a redução da diversidade biológica edáfica provocando alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, que podem significar perda de qualidade, comprometendo não só a sustentabilidade ambiental, como também a econômica da atividade agrícola (Niero, 2010).

O desmatamento deu início a esse processo de degradação, extensas áreas de matas nativas foram derrubadas para dar lugar ao monocultivo (Barreto & Ribeiro, 2008), ocorreu a perda progressiva da flora e fauna e da fertilidade do solo, provocado

¹“Revolução Verde” refere-se a um programa de inovações tecnológicas no setor da agricultura. O objetivo é aumentar a produtividade por meio de modificação em sementes, fertilização do solo, utilização de agrotóxicos e mecanização no campo.

pelas aplicações sucessivas de agrotóxicos, aos processos erosivos, levando à maior aplicação de produtos químicos (Andrades & Ganimi, 2007).

Segundo Romeiro e Abrantes (1981), a deficiência de nutrientes, ocasionada pela perda de atividade biológica no solo, afeta a qualidade fisiológica das plantas, tornando-as suscetíveis as pragas. Para garantir uma safra sem pragas e sem grandes perdas, os solos férteis foram contaminados por agroquímicos (Andrades & Ganimi, 2007).

Processos biológicos importantes para a manutenção da vida do planeta ocorrem nos solos, como a decomposição da matéria orgânica, a produção de húmus, ciclagem de nutrientes, a formação de agregados, a produção de metabólitos diversos, bem como a produção de alimentos e a macrofauna do solo é responsável por diversos desses processos (Moreira et al., 2013).

Entre os organismos que constituem a fauna do solo, destacam-se as minhocas, que desempenham importantes funções ecológicas e ambientais (Steffen, 2013), provocando alterações nas propriedades físicas e químicas do solo. Brito-Vega & Espinosa-Victoria (2009) destacam as minhocas como produtores de hormônios de crescimento vegetal e solubilizadores de fosfato e cálcio, os quais estão envolvidos em importantes processos no solo. Além de representarem um meio de incubação de micro-organismos benéficos para a sustentabilidade dos ecossistemas, as minhocas atuam na dispersão destes micro-organismos através da constante deposição de coprólitos, ricos em nutrientes disponíveis para as plantas.

Entretanto, o comportamento destes organismos no solo está diretamente relacionado aos sistemas de manejo utilizado nos agroecossistemas, pois apresentam sensibilidade aos diferentes manejos adotados em áreas agrícolas (Suthar, 2009; Lima & Brussaard, 2010), desse modo é necessário conhecer os efeitos das atividades humanas sobre esses organismos e adotar um sistema de manejo agrícola que se contraponha aos modelos impostos pela revolução verde, visando a manutenção da vida no solo (Primavesi, 2016).

Nesse contexto, com o presente trabalho, objetivou-se comparar os valores dos atributos químicos do solo e de coprólitos de minhocas nativas em subsistemas de produção familiar, sob sistemas de manejo agroecológico e convencional.

2. Material e Métodos

Para a realização da pesquisa foram selecionadas oito unidades produtivas de agricultores familiares na Microrregião do Brejo Paraibano, abrangendo as cidades de Bananeiras e Solânea. O clima dos municípios é do tipo As' segundo Alvarez et al (2014) com características de quente e úmido e precipitação média entre os meses de abril a junho de 133,1 mm para o município de Bananeiras e 117,7 mm para o município de Solânea (Aesa, 2017).

A forma de seleção dessas unidades foi não probabilística, a partir da localização de informantes-chave, levando em consideração dois critérios: os sistemas de manejo do solo e a similaridade dos subsistemas inseridos dentro dos sistemas. As coordenadas geográficas de cada agroecossistema foram obtidas com um GPS, modelo Garmin Etrex® 10.

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, com auxílio de um trado tipo "calador". Os coprólitos foram coletados individualmente de forma manual na superfície do solo, evitando a mistura com serrapilheira ou com solo de outras profundidades, totalizando 216 amostras simples. As amostras foram identificadas, colocadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras, PB, secas à sombra, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura, para realização das análises químicas.

Os agroecossistemas do sistema de manejo agroecológico caracterizam-se pelo baixo revolvimento do solo com o uso de enxada, adubos orgânicos (esterco bovino fresco e curtido), controle alternativo de pragas e doenças (biofertilizantes e caldas), cobertura do solo com restos culturais, rotação ou consorciação de culturas e capina manual. Os solos dos subsistemas de manejo agroecológico possuíam textura média à arenosa, de acordo com a classificação Atterbeg os subsistemas banana e hortaliças

foram classificados como Franco argilo arenoso e os cultivados com milho e macaxeira de mesa possuíam solo com textura franco arenosa.

O subsistema cultivado com banana foi implantado há dez anos, em área não declivosa, sem pedregosidade e com boa drenagem. Utilizou-se esterco bovino fresco ou curtido para a adubação de reposição. A quantidade utilizada variou entre 3 a 5 kg por touceira (planta mãe, filha e neta), o adubo foi aplicado no sulco no entorno das plantas. Os restos culturais resultantes do desbaste e desfolha da bananeira e do roço das ervas espontâneas da área de cultivo foram mantidos no local para o fornecimento de matéria orgânica ao sistema de produção. O roço foi realizado manualmente com auxílio de foice, sem revolvimento do solo.

O subsistema cultivado com hortaliças, foi implantado há dois anos e localizado em área declivosa, sem pedregosidade e com drenagem deficiente. O plantio das hortaliças foi realizado em curvas de nível. Durante o revolvimento dos canteiros foi realizado a adubação, incorporando cerca de 5 kg m⁻² de esterco bovino curtido ao solo e biofertilizante para o controle de pragas e doenças.

As plantas eram irrigadas duas vezes ao dia em dias amenos, e até três vezes ao dia nos dias mais quentes. Anteriormente, a área foi cultivada por dez anos com a cultura da banana. Para a implantação do subsistema atual, toda biomassa decorrente dos restos culturais da banana foi incorporada ao solo para o fornecimento de matéria orgânica ao sistema.

O subsistema cultivado com milho, foi manejado a mais de quinze anos rotacionando com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). A área não possuía declive, sem pedregosidade e com boa drenagem. As plantas foram cultivadas em sulcos, e a adubação com esterco bovino ocorreu durante o preparo do solo, antes do plantio, duas vezes ao ano. Parte dos restos culturais foram utilizados na alimentação animal e parte mantido na superfície da área.

O subsistema cultivado com macaxeira de mesa é cultivado há aproximadamente quinze anos e consorciada com a cultura do feijão. A área está localizada na parte baixa do terreno, não declivosa, sem pedregosidade, bem drenado. As plantas foram cultivadas em leirões e a adubação com esterco bovino ocorreu duas vezes ao ano. Os restos culturais resultantes dos ciclos anteriores e do roço das ervas espontâneas da área de cultivo foram mantidos no local.

Os agroecossistemas do sistema de manejo convencional fazem uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo, fertilizantes químicos à base de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), usando a formulação comercial 20-10-20, monocultivo e herbicida para o controle das ervas espontâneas.

Os solos dos agroecossistemas de manejo convencional possuem textura média à arenosa, de acordo com a classificação Atterbeg os agroecossistemas banana, hortaliças, milho e macaxeira de mesa foram classificados como franco argilo arenoso, areia franca e franco arenosa, respectivamente.

Entre os subsistemas do manejo de produção convencional, apenas o cultivado com banana é feita a análise de solo regularmente e utiliza 200 g de NPK comercial por touceira (planta mãe, filha e neta) a cada 90 dias na adubação de reposição, o adubo é depositado no sulco no entorno das plantas. Esse subsistema está implantado a 10 anos, em área não declivosa, com pedregosidade e boa drenagem. Os restos culturais da banana resultantes do desbaste, desfolha são mantidos no local para o fornecimento de matéria orgânica ao sistema de produção. O herbicida é aplicado com o auxílio de pulverizador costal sempre que necessário.

No subsistema cultivado com a hortaliça, as plantas são cultivadas em leiras e a adubação mineral ocorre aos 15 dias após o transplantio da alface, depositado nas linhas de plantio. No entanto, não é feita com regularidade e a quantidade utilizada varia entre 100 a 150 g m⁻² de NPK comercial. Além disso, o subsistema incorpora esterco bovino curtido ao solo sempre que ocorre o revolvimento das leiras, cerca de 5 kg m⁻².

O revolvimento das leiras é realizado com auxílio de um mini trator, com revolvimento intenso do solo. A preparação dos canteiros é realizada de forma manual e possui área não declivosa, sem pedregosidade, bem drenado, possui sistema de

irrigação, utilizado duas vezes ao dia em dias amenos, e até três vezes ao dia nos dias mais quentes. Esse agroecossistema está sendo cultivado a oito anos, anteriormente mais espécies olerícolas eram cultivadas no local, no entanto o aparecimento de pragas limitou o agricultor ao cultivo de folhosas.

No subsistema cultivado com milho, adubação mineral foi aplicada aos 40 dias do plantio, 200 g m⁻² de NPK comercial. Esse subsistema está implantado a seis anos, a área é localizada em área de várzea, não declivosa, sem pedregosidade, com drenagem deficiente. A área foi preparada com auxílio de trator e a confecção das leiras realizada de forma manual. As culturas implantadas anteriormente no local foram olerícolas (alface, couve, tomate, coentro, repolho, sendo os restos culturais dos ciclos anteriores do milho mantidos nos canteiros para o fornecimento de matéria orgânica ao sistema.

O subsistema cultivado com macaxeira de mesa foi implantado há quatro anos, com plantas cultivadas em leirões, com adubação mineral que ocorre cerca de sessenta dias da brotação, utilizando 200 g m⁻² de NPK comercial. A preparação dos canteiros é realizada de forma manual com auxílio de ferramentas. Está localizada na parte baixa do terreno, não declivosa, sem pedregosidade, bem drenado. A cultura implantada anteriormente no local foi o capim elefante, utilizado na alimentação animal.

Os atributos químicos avaliados foram pH em H₂O (1:2,5), sódio (Na), alumínio trocável (Al⁺³), cátions trocáveis (K⁺, Ca⁺² e Mg⁺²), fósforo disponível (P), acidez trocável (H⁺+Al⁺³), matéria orgânica (MO) segundo metodologia descrita pela Embrapa (2017).

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial (2x3x4), dois sistemas de manejo (convencional e agroecológico), três profundidades de coleta (superficial - coprólitos, 0 a 20 cm e 20 a 40 cm - solo) e quatro agroecossistemas (banana, hortaliça, milho e mandioca de mesa), totalizando 24 tratamentos, com nove repetições.

A análise estatística foi realizada mediante o uso do Software “*Statistical Analysis System*” (Sas, 2012), adotando o nível de 5% de significância. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F. Quando o efeito da interação foi significativo, os graus de liberdade foram desdobrados.

Ao incluir um terceiro elemento, o estudo da interação torna-se mais complexo, pois, neste caso, os dados são organizados em arranjos de três entradas em que não é possível aplicar a análise de componentes principais clássica (ABREU, 2012).

A interação tripla SxPxA (Sistema de manejo x Profundidade x Agroecossistemas) pode ser considerada de 3 formas: estudando o comportamento da interação S x A com o fator P; a interação S x P com o fator A e a interação A x P com o fator S. Dos três desdobramentos realizados na interação tripla pode ser utilizado qualquer um deles, dependendo apenas do interesse do pesquisador (Banzatto & Kronka, 2006).

3. Resultados e Discussão

As análises de variâncias (Tabelas 1 e 2) apresentam os valores de F referentes aos efeitos dos fatores principais e suas interações, a qual revelou efeito de interação tripla significativa nas características químicas dos coprólitos de minhocas e do solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, entre sistemas de produção (S), profundidades (P) e subsistemas (A) em todas variáveis estudadas, exceto para o Ca²⁺, SB e CTC.

Tabela 1. Quadro de análise da variância das características químicas (pH, MO, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), dos coprólitos de minhocas e do solo nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, dos subsistemas cultivados com banana (*Musa spp.*), hortaliças¹, milho (*Zea mays*) e mandioca de mesa (*Manihot esculenta*) sob sistemas de produção convencional e agroecológico.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		pH	MO	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ³	mg dm ³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³
Sistemas (S)	1	0,337***	0,353*	81,086***	53,943***	0,515**	0,289**
Profundidades (P)	2	0,463***	57,323***	82,175***	944,030***	4,547***	1,678***
Subsistemas (A)	3	0,193***	5,132***	74,142***	90,803***	2,502***	1,478***
S x P	2	0,003 ^{ns}	1,316**	3,5926**	5,035*	0,143*	0,088*
S x A	3	0,108***	16,783***	13,339***	34,073***	0,689***	0,013 ^{ns}
P x A	6	0,133***	0,410**	5,133***	32,573***	0,064 ^{ns}	0,044 ^{ns}
S x P x A	6	0,037***	1,267***	4,804***	52,802***	0,063 ^{ns}	0,060*
Resíduo	192	0,006	0,091	0,598	1,287	0,0329	0,026
CV%		3,411	6,835	9,129	11,410	11,533	10,898

Nível de significância pelo teste F: * 0,05 ** 0,01 *** <0,0001. ¹Hortaliças: Alface (*Lactuca sativa*), coentro (*Coriandrum sativum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), tomate (*Solanum lycopersicum*). Fonte: Autores.

Tabela 2. Quadro de análise da variância das características químicas (Na, SB, H⁺ + Al³⁺, Al³⁺, CTC, v) dos coprólitos de minhocas e do solo nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, dos subsistemas cultivados com banana (*Musa spp.*), hortaliças¹, milho (*Zea mays*) e mandioca de mesa (*Manihot esculenta*) sob sistemas de produção convencional e agroecológico.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					V
		Na	SB	(H ⁺ +Al ³⁺)	Al ³⁺	CTC	
		cmolc dm ⁻³					
Sistemas (S)	1	0,229***	0,015 ^{ns}	2,048***	0,044*	1,133***	4,853**
Profundidades (P)	2	0,110***	8,583***	2,449***	0,177***	10,864***	5,552***
subsistemas (A)	3	0,255***	3,849***	3,483***	0,047**	4,402***	22,355***
S x P	2	0,047***	0,386***	0,031 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,192*	0,665 ^{ns}
S x A	3	0,293***	0,756***	0,817***	0,028*	1,412***	1,762**
P x A	6	0,090***	0,127**	0,474***	0,011 ^{ns}	0,063 ^{ns}	3,442***
S x P x A	6	0,017***	0,061 ^{ns}	0,137*	0,022**	0,032 ^{ns}	1,348**
Resíduo	192	0,002	0,039	0,054	0,007	0,040	0,421
CV%		6,447	9,160	12,241	11,212	7,176	8,697

Nível de significância pelo teste F: * 0,05 ** 0,01 *** <0,0001. ¹Hortaliças: Alface (*Lactuca sativa*), coentro (*Coriandrum sativum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), tomate (*Solanum lycopersicum*). Fonte: Autores.

Nas Tabelas 3 e 4 estão descritos os resultados do desdobramento da interação tripla entre profundidades (P) e subsistemas (A) com o fator sistemas de produção (S), para as variáveis pH, matéria Orgânica (MO), fósforo disponível (P) e cátions trocáveis (K⁺, Mg⁺² e Na⁺), acidez potencial (H+Al³⁺) e alumínio trocável (Al³⁺).

Em relação ao pH verifica-se que a interação com o fator sistemas de produção apresenta diferenças em todas as combinações, exceto no subsistema cultivado com hortaliças, de ambos sistemas de produção, nos coprólitos de minhocas e na profundidade do solo de 0-20 cm.

O sistema de produção agroecológico, nos subsistemas cultivados com banana, milho e macaxeira de mesa, em todas as profundidades estudadas, apresentaram valores de pH superior ao sistema de produção convencional, exceto os coprólitos de minhocas do subsistema cultivado com milho (Tabela 3).

Semelhantemente aos resultados obtidos nesse trabalho, Lazzari et al., (2015) comparando os atributos químicos do solo sob sistema de produção convencional e agroecológico, também observaram maiores valores de pH no sistema de produção de base ecológica. Os valores mais elevados de pH no solo do sistema de produção agroecológico podem ser atribuídos à presença do material vegetal decomposto oriundo da deposição dos restos vegetais na superfície do solo.

A alteração do pH, pela aplicação de resíduos orgânicos, segundo Amaral et al., (2004), pode estar relacionada com o alto poder tampão do material orgânico, a possível neutralização do Alumínio, o efeito da saturação de bases, estimulando a

manutenção ou a formação de bases trocáveis, como cálcio, magnésio, potássio e sódio, contribuindo para redução da acidez e aumento da alcalinidade e uma relação positiva com a capacidade de troca catiônica, conforme observado nesse trabalho.

Além disso, o acréscimo de pH no solo do sistema de produção agroecológico em relação ao convencional pode ter sido afetado pela aplicação de esterco ou biofertilizante. Whalen et al., (2000) afirmam que modificações no pH de solos, com adição de esterco bovino, são devidas não só ao tamponamento por carbonatos e bicarbonatos, mas também a outros compostos, como os ácidos orgânicos com grupos carboxil e hidroxil fenólicos, os quais têm importante papel no tamponamento da acidez do solo e na variação do pH de solos ácidos manejados com esterco.

Tabela 3. Desdobramento da interação tripla do comportamento dos sistemas de produção (S) em cada combinação de níveis de profundidade (P) e subsistemas (A) para as variáveis pH, matéria orgânica do solo, fósforo, potássio e magnésio.

Sistemas de produção	Profundidades x subsistemas											
	Banana			Hortaliças			Milho			Macaxeira de mesa		
	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm
-----pH H ₂ O (1:2,5)-----												
Agroecológico	5,823 a	5,574 a	5,400 a	6,208 a	4,942 a	4,064 b	5,447 b	5,456 a	5,387 a	5,396 a	5,042 a	5,101 a
Convencional	5,374 b	4,976 b	4,952 b	6,038 a	5,046 a	4,387 a	5,994 a	4,841 b	4,823 b	4,174 b	4,383 b	4,382 b
-----MOS (g kg ⁻¹)-----												
Agroecológico	36,597 a	24,767 a	20,792 a	33,721 a	15,710 b	13,659 a	19,296 b	6,880 b	5,703 b	32,487 a	18,656 a	11,764 b
Convencional	27,088 b	14,393 b	8,636 b	30,847 a	18,813 a	12,695 a	26,285 a	21,081 a	18,464 a	26,413 b	17,480 a	17,340 a
-----P (mg dm ³)-----												
Agroecológico	119,770 b	68,553 b	45,294 b	116,519 a	65,751 b	60,976 a	49,522 b	45,772 b	27,102 b	67,749 a	51,487 a	50,119 a
Convencional	140,597 a	100,691 a	96,642 a	113,629 a	111,777 a	66,169 a	88,781 a	61,263 a	66,717 a	64,759 a	50,434 a	52,340 a
-----K (Cmol _c dm ⁻³)-----												
Agroecológico	182,500 b	63,332 b	42,500 b	250,000 a	120,000 b	56,000 a	130,000 b	70,000 a	36,667 a	198,571 a	45,713 b	21,111 b
Convencional	411,668 a	85,556 a	62,222 a	172,500 b	153,333 a	60,000 a	170,000 a	43,333 b	35,000 a	110,000 b	97,142 a	84,287 a
-----Mg (Cmol _c dm ⁻³)-----												
Agroecológico	2,962 a	2,212 a	2,038 a	2,378 a	1,000 a	0,971 b	2,144 a	1,411 b	1,378 a	1,789 a	1,038 a	0,858 b
Convencional	3,244 a	2,333 a	2,126 a	1,944 a	1,188 a	1,676 a	2,512 a	1,900 a	1,532 a	1,567 a	1,278 a	1,411 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

No subsistema cultivado com hortaliças, o valor de pH na profundidade de 20-40 cm do sistema de produção convencional foi superior ao sistema de produção agroecológico. O maior valor de pH observado nesse subsistema, provavelmente pode ter sido ocasionado pelo constante revolvimento do solo adotado no sistema de produção, promovendo o deslocamento de resíduos da superfície do solo para a camada mais profunda, além do uso do esterco bovino, proporcionando aumento no valor de pH.

Os valores médios de matéria orgânica do solo no subsistema cultivado com hortaliças nos coprólitos de minhocas e na profundidade de 20-40 cm e o subsistema cultivado com macaxeira na profundidade de 0-20 cm não diferiram entre os sistemas de produção.

Os estudos sobre o efeito de sistemas de produção têm demonstrado que as alterações no conteúdo de matéria orgânica são lentas, necessitando de um período de tempo relativamente longo para serem detectadas (Bayer & Bertol, 1999).

No sistema de produção agroecológico, o subsistema cultivado com banana, em todas as áreas de coleta e o subsistema cultivado com macaxeira nos coprólitos de minhocas possui teor de matéria orgânica superior ao sistema de produção convencional.

Silva et al., (2015) ao comparar os sistemas de produção do solo no Agreste paraibano, constatou que os solos sob sistema de base ecológica, apresentam médias estatisticamente maiores para os teores de matéria orgânica em relação aos solos submetidos ao sistema de cultivo convencional. Os autores destacaram que os sistemas de cultivo convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de fertilizantes minerais e pesticidas, contribuem mais intensamente para as reduções de matéria orgânica do solo comparado aos sistemas de cultivo orgânico.

Semelhantes aos resultados encontrados nesse estudo para o subsistema cultivado com banana, Freitas et al., (2013), estudando o efeito do manejo de base agroecológica sobre a matéria orgânica do solo no Cariri Paraibano, revelou que a produção de base agroecológica apresenta maior teor de matéria orgânica em comparação ao sistema de produção convencional.

A diminuição nos teores de Carbono orgânico, no sistema de produção convencional deve-se, principalmente, à oxidação da matéria orgânica gerada pelo revolvimento do solo (Bayer et al., 2000). Silva et al. (2005) avaliando os atributos de um solo sob diferentes sistemas de produção encontrou resultados que corroboram com os encontrados neste trabalho, para eles os sistemas conservacionistas de preparo afetam o teor de carbono orgânico, que conseqüentemente repercute na matéria orgânica do solo.

No sistema de produção convencional, as amostras de coprólitos de minhocas e de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em subsistemas com milho, o subsistema com hortaliças na profundidade de 0-20 cm e o subsistema com macaxeira na profundidade de 20-40 cm apresentaram teores de matéria orgânica superiores ao sistema de produção agroecológico. Apesar dos subsistemas de produção convencional fazerem uso de adubação química e agroquímicos, toda matéria orgânica oriunda dos restos culturais é incorporada ao solo.

Quanto ao comportamento do fósforo, verifica-se que existem diferenças em todas combinações, exceto no subsistema cultivado com hortaliças, de ambos sistemas de produção, nos coprólitos de minhocas e na profundidade do solo de 20-40 cm e no subsistema cultivado com macaxeira em todas as áreas de coleta.

O teor de fósforo, no sistema de produção convencional dos subsistemas cultivados com banana e milho, independente das áreas de coleta, e no subsistema cultivado com hortaliças na profundidade de 0-20 cm, é superior ao sistema de produção agroecológico. Esse resultado evidencia que o sistema de produção convencional e a adubação à base de fósforo utilizado no sistema de produção, eleva os teores desse elemento no solo.

Carvalho et al, (2007) estudando o efeito de sistemas de produção sobre o teor de fósforo, também observaram teores elevados ao sistema de produção com revolvimento mínimo do solo.

Estudando a qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso no Agreste paraibano Silva et al., (2015) encontraram resultados diferentes, com teores de fósforo no cultivo de base ecológica superiores aos obtidos nos solos sob cultivo convencional. Os autores atribuem esse resultado a forma de produção adotada em tais sistemas, com aplicação contínua de esterco e composto orgânico, nas áreas cultivadas com hortaliças, as quais demandam grandes quantidades de nutrientes em pequeno espaço de tempo.

O baixo teor de fósforo no sistema agroecológico comparado ao sistema de produção convencional está relacionado apenas a utilização de fertilizante químico, pois segundo a classificação química de Ribeiro, Guimarães & Alvarez (1999), todos os subsistemas, em ambos sistemas, possuem teor de fósforo disponível satisfatórios, acima de 30 mg dm⁻³.

Ainda na Tabela 3, verifica-se que não existem diferenças no comportamento do potássio nos subsistemas cultivados com hortaliças e milho na profundidade do solo de 20-40 cm entre os sistemas de produção.

O sistema de produção convencional no subsistema com banana em todas as áreas de coleta, o subsistema com hortaliças na profundidade de 0-20 cm, o subsistema com macaxeira nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e o subsistema com milho nos coprólitos de minhocas, apresentaram teor de potássio superior ao sistema de produção agroecológico. Os teores elevados no sistema de produção convencional provavelmente são resultantes da adubação à base de potássio utilizado nesse sistema.

Diferente dos resultados encontrados, Santiago et al. (2013) avaliando os atributos do solo cultivados com hortaliças, verificaram maiores valores de potássio no sistema de produção agroecológico em relação ao convencional.

Os subsistemas com milho na profundidade de 0-20 cm e o subsistema com hortaliças nos coprólitos de minhocas do sistema de produção agroecológico, o teor de potássio é superior ao sistema de produção convencional. Esse fato pode ser atribuído ao não revolvimento do solo e a deposição de resíduos vegetais na superfície do mesmo.

O teor de Mg²⁺ nos subsistemas com banana em todas as áreas de coleta, bem como os subsistemas com hortaliças e macaxeiras nos coprólitos de minhocas e na profundidade de 0-20 cm e o subsistema com milho nos coprólitos de minhocas também não diferiram entre os sistemas de produção.

No sistema de produção convencional, o teor de magnésio no subsistema com milho na profundidade de 0-20 cm e os subsistemas com hortaliças e macaxeira na profundidade 20-40 cm é superior ao sistema de produção agroecológico (Tabela 3).

Diferente dos resultados encontrados na presente pesquisa, Santiago et al. (2013), verificaram que o sistema de produção agroecológico através da incorporação de composto orgânico, cobertura morta, rotação e diversificação de culturas apresentou teor de magnésio superior à área com produção convencional.

Na Tabela 4 pode-se verificar que os teores de sódio nos subsistemas com macaxeira em todas as áreas de coleta, bem como, o subsistema com banana na profundidade de 0-20 cm e o subsistema com hortaliças na profundidade de 20-40 cm não diferiram entre os sistemas de produção estudados.

O subsistema cultivado com milho, do sistema de produção convencional, em todas as áreas de coleta estudadas (coprólitos de minhocas, 0-20 cm, 20-40 cm) apresenta teor sódio superior ao sistema de produção agroecológico.

O elemento sódio é importante na possibilidade de surgimento de fatores que conduzem à acumulação excessiva de sais no solo podendo ser naturais ou antropogênicos. Os fatores naturais que influem na salinidade dos solos são o clima, os materiais de origem do solo, o tipo de vegetação e a topografia. Os fatores antrópicos da salinização estão ligados principalmente aos sistemas de exploração agrícola (a irrigação com águas salinizadas, práticas de irrigação deficientes, drenagem inadequada, utilização de fertilizantes) muito utilizado na agricultura tradicional (Soco, 2009).

Dias et al. (2006) destacaram que um manejo inadequado ou excessivas aplicações de fertilizantes podem levar a ocorrência de salinização dos solos, afetando assim, o desenvolvimento e produção das culturas. Portanto, observar que os sais fertilizantes são nutrientes e que parte destes serão absorvidos pela cultura e a outra parte serão acumulados no solo, isto se somado a ciclos sucessivos, pode haver acúmulos excessivos de sais no solo (Silva, 2014).

O aumento nos teores de sódio no sistema de produção convencional pode ser atribuído a dissolução deste elemento presente nos fertilizantes e pesticidas agrícolas, durante a realização das adubações e dos tratos culturais. Se houver predomínio dos íons de Na⁺ no complexo de troca em relação a Ca²⁺, K⁺ e Mg²⁺ trocáveis, com a elevação da salinidade do solo os cátions anteriormente adsorvidos podem ser substituídos, por cátions com maior atividade na solução do solo, como neste caso específico, o Na⁺ (Santos et al., 2013).

Nota-se que inversamente aos valores encontrados para pH, os valores da acidez potencial nos subsistemas com banana e macaxeira em todas as áreas de coleta, e o subsistema com milho nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm do sistema de produção agroecológico, apresenta acidez potencial inferior ao sistema de produção convencional.

Tabela 4. Desdobramento da interação tripla do comportamento dos sistemas (S) em cada combinação de níveis de profundidade (AC) e subsistemas (A) para as variáveis sódio, acidez potencial, alumínio trocável e saturação por bases.

Sistemas	Áreas de coleta x Subsistemas											
	Banana			Hortaliças			Milho			Macaxeira de mesa		
	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm	Coprólitos	0-20 cm	20-40 cm
	-----Na ⁺ (Cmol _c dm ⁻³)-----											
Agroecológico	0,087 a	0,005 a	0,000 b	0,768 a	0,106 a	0,043 a	0,043 b	0,034 b	0,034 b	0,039 a	0,010 a	0,014 a
Convencional	0,087 a	0,063 a	0,121 a	0,300 b	0,121 a	0,048 a	0,454 a	0,638 a	0,478 a	0,058 a	0,039 a	0,048 a
	-----Acidez potencial (Cmol _c dm ⁻³)-----											
Agroecológico	3,868 b	2,878 b	3,227 b	2,365 a	2,585 a	3,007 a	3,942 a	1,192 b	1,173 b	4,235 b	3,263 b	3,410 b
Convencional	4,932 a	3,355 a	4,235 a	2,292 a	1,943 a	2,053 b	4,382 a	2,402 a	2,768 a	7,077 a	4,308 a	4,840 a
	-----Alumínio trocável (Cmol _c dm ⁻³)-----											
Agroecológico	0,006 a	0,056 a	0,067 b	0,006 a	0,100 a	0,267 a	0,006 a	0,078 a	0,111 a	0,044 b	0,078 a	0,306 a
Convencional	0,011 a	0,078 a	0,328 a	0,000 a	0,022 a	0,172 a	0,000 a	0,156 a	0,167 a	0,289 a	0,206 a	0,250 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Apenas o subsistema com hortaliças na profundidade de 20-40 cm, do sistema de produção agroecológico apresentou acidez potencial superior ao sistema de produção convencional, as demais combinações não diferiram entre os sistemas de produção (Tabela 4).

Os valores baixos de pH têm influência direta nos altos teores de acidez potencial, pois a acidez é medida pelo H⁺ dissociado na solução do solo, expressa em pH (Braga et al., 2010). Portanto, quanto mais baixo for o pH do solo, maior a quantidade de íons H⁺. Esse resultado evidencia a influência do manejo agroecológico sobre a dinâmica da acidez, e também é aplicável na interação com os demais fatores estudados (áreas de coleta e subsistemas).

Avaliando os efeitos causados na fertilidade do solo, devido aos diferentes manejos, Morais Filho et al. (2015) e Gomes et al. (2015), observaram que no sistema de produção convencional a acidez potencial é maior em relação à produção de base ecológica e mata nativa.

Os teores de alumínio não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de produção (Tabela 4), exceto em relação às amostras de coprólitos de minhocas nativas coletadas no subsistema com macaxeira de mesa e o solo na profundidade de 20-40 cm do subsistema com banana, do sistema de produção convencional, ambos possuem teor de alumínio superior ao sistema de produção agroecológico.

O alto teor de alumínio trocável no sistema de produção convencional pode estar relacionado à maior acidez potencial e menor valor de pH encontrado nessas áreas. Além disso, a redução de alumínio no sistema de produção agroecológico ocorre devido ao aumento dos teores de matéria orgânica no solo, reduzindo a solubilidade desse elemento. A alteração no teor de matéria orgânica tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio e na dinâmica de outros nutrientes (Morais Filho et al., 2015). Theodoro et al. (2003) constataram ausência de Al⁺³ trocável, e atribuíram o resultado ao aumento do pH e a provável complexação desse elemento por compostos oriundos da matéria orgânica adicionada.

Conforme Alvarez et al. (1999), os valores obtidos nesse estudo em todos os subsistemas de ambos sistemas de produção para os teores de alumínio trocável, estão muito abaixo do nível considerado tóxico, indicando não haver perigo de toxidez para as plantas (Freitas, 2015).

4. Conclusão

A atividade das minhocas nativas no solo reflete maior eficiência na qualidade dos atributos químicos desses agregados biogênicos, e expressa pelos maiores valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e magnésio e menores teores de alumínio e acidez potencial.

O sistema de manejo convencional promove maiores teores de fósforo, potássio e magnésio, entretanto, aumenta os teores de alumínio, sódio e acidez potencial, características que não se encontram nos sistemas de manejo agroecológico.

Referências

- Abreu, G. B., Toledo, F. H. R. B., Abreu, A. F. B., Ramalho, M. A. P & Vencovsky, R. *Estudo da interação tripla Genótipos x Locais Safras x pelo modelo de Tucker*. Anais Piracicaba: 2012.
- Aesa. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Consulta em 10 de fevereiro de 2018 às 23:40
- Alvarez, et al. (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728
- Andrades, T. O. & Ganimi, R. N. (2007) Revolução verde e a apropriação capitalista. *CES Revista*, Juiz de Fora, 21, 43-56
- Banzatto, D. A. & Kronka, S. do N. (2006) *Experimentação Agrícola* (4a ed.) p.127 Funep
- Barreto, C. A. & Ribeiro, H. (2008) Agricultura e meio ambiente em Rio Verde (GO). *Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, 3(1), artigo 5,
- Bayer, C. & Bertol, I. (1999) Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:687-694

- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J. & Ceretta, C.A. (2000) Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Tillage Res.*, 53:95–104
- Braga, G.N.M. *A Acidez do Solo -Ativa e Potencial*. 2010. <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/acidez-do-solo-ativa-epotencial.html>
- Brito-Vega, H. & Espinosa-Victoria, D. (2009) Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (Oligochaeta). *Journal of Biological Sciences*, 9, 192-199,
- Carvalho et al., 2007 Efeito de sistemas de manejo sobre o fósforo e o potássio em latossolo vermelho amarelo do sudeste paraense. In *XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Gramado- RS, 2007.
- Dias, N. S. et al. (2006) Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. II: Efeitos sobre o rendimento do meloeiro. *Irriga*, 11(3), 376-383
- Embrapa, *Manual de métodos de análise de solo*. (3a ed.), Embrapa, 2017.
- Freitas, D.F., Cerqueira Junior, E.P., Silva, E. F, Cruz, E.S., Dantas, J.S. & Lima, F.G.F. (2015) Características Químicas em Coprólitos de Minhocas Produzidos em Cambissolo no Semiárido Pernambucano. In: *XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 2015, Natal. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.
- Freitas, D.F., Cerqueira Junior, E.P., Silva, E.F., Cruz, E.S., Dantas, J.S. & Lima, F.G.F. Características Químicas em Coprólitos de Minhocas Produzidos em Cambissolo no Semiárido Pernambucano. In: *XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 2015, Natal. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.
- Gomes, M. S, Filho, L. F. F M, Moraes A. R. A, Miranda, L. S, Gomes, M. F. & Segtowich, A. C. *Análise de pH e Acidez Potencial em solos cultivados com soja em sistema de plantio direto e sistema convencional, em Paragominas, Pará*. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo, 2015.
- Gonçalves, S. *Campesinato, resistência e emancipação: o modelo agroecológico adotado pelo MST no Estado do Paraná*. 2008. 311. Tese. (Doutorado em Geografia)–Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- Lal, R. (2009) Laws of sustainable soil management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 7-9
- Mariani, C. M. E. & Henkes, J. A. (2015) Agricultura orgânica x agricultura convencional soluções para minimizar o uso de insumos industrializados *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 3(2), 315-338
- Morais Filho, L. F. F, G.M. F, Gomes, M. S, Sarah, S. M. M. & Moraes, A. R. A. *Teores de cátions trocáveis, CTC, saturação por bases e alumínio em solos submetidos ao sistema plantio convencional e direto em Paragominas, Pará*. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo, 2015.
- Moreira F. M. S., Cares J.E., Zanetti R. & Sturmer S. L. (2013) *O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*. (ed) UFLA. 352 p.,
- Neumann, E., Fajardo, S. & Marin, M.Z. (2017) As transformações recentes no espaço rural brasileiro: análises do papel do estado nas políticas de desenvolvimento rural das décadas de 1970 a 1990. *10.5380/raega* 40, 191-208
- Niero, L. A. C. et al. (2010) Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1271-1282.
- Primavesi, A. M. (2008) Agroecologia e manejo do solo. *Revista Agriculturas*. – Experiências em agroecologia (LEISA BRASIL) 5(3), 1-4
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Alvarez V. V. H. (1999) *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359p.
- Santiago, F. S, Nanes, M. B. J Alfim, F. T, Silva, N. C. G, Blackburn, R. M. & Freitas, R. A. L. (2013) *Atributos do solo em sistemas agroecológico e convencional de hortaliças no Sertão Central do Ceará* XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo.
- Santos et al. (2013) 2013 Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com Atriplex numulária e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(4), 397–404
- Silva et al. (2015) *Avaliação da fertilidade do solo em um sistema agroflorestal de 16 anos* In: Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal - RN. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.
- Silva, A.O. (2014) A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido Nativa, *Pesquisas Agrárias e Ambientais* 2(3), 180-186
- Soco. Ficha informativa n.º 4: *Salinização e sodificação* - Projeto «Agricultura sustentável e conservação dos solos (SoCo). Comunidades Europeias (2009)
- Steffen, G. P. K., Antoniollo, Z. I., Steffen, R. B. & Jacques, R. J. S. (2013) Importância ecológica e ambiental das minhocas. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, 36(2), 137-147
- Suthar, S. (2009) Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: a case study in semiarid region of India. *Ecological indicators*, 9(4), 588-594
- Theodoro, V.C. A. et al. (2003) Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 1039-1047