

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**O impacto da bioturbação na morfologia de Luvisolos na região semiárida de Pernambuco**

Ihally Gomes Pereira

RECIFE

2021

Ihally Gomes Pereira

**O IMPACTO DA BIOTURBAÇÃO NA MORFOLOGIA DE LUVISSOLOS NA REGIÃO  
SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior

Co-orientador: Márlon da Silva Ribas

RECIFE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

P436i Pereira, Ihally Gomes.  
O impacto da bioturbação na morfologia de luvisolos na  
região semiárida de Pernambuco / Ihally Gomes Pereira. -  
Recife, 2018.  
46 f.; il.

Orientador(a): Valdomiro Severino de Souza Júnior.  
Co-orientador(a): Márlon da Silva Ribas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura  
em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Bioturbação. 2. Macrofauna. 3. Estruturas biogênicas.  
I. Júnior, Valdomiro Severino de Souza, orient. II. Ribas,  
Márlon da Silva, coorient. III. Título

CDD 574



**UFRPE**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

IHALLY GOMES PEREIRA  
**Graduanda**

Monografia submetida ao Curso de Licenciatura plena em Ciências Biológicas  
como requisito para obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovada em 15 de julho de 2021.

Examinadores:

---

Profº Drº Valdomiro Severino de Souza Júnior - UFRPE

Orientador

---

Profª Drª Giselle Gomes Monteiro Fracetto – UFRPE

Titular

---

MSc. Márton da Silva Ribas – UFRPE

Titular

---

Drª Felipe José Cury Fracetto – UFRPE

Suplente

RECIFE

2021

Á Deus, meus pais e minha irmã,  
em especial a minha mãe, por todo  
apoio, amor e compreensão.

**DEDICO**

## **Agradecimentos**

A Deus, autor e consumidor da minha fé, pelo amor e pela misericórdia derramada sobre minha vida, bem como por iluminar minha mente nos momentos difíceis, dando-me força e coragem para seguir.

A minha mãe, Roseane Gomes, essa rainha, por me ensinar a cada dia ser forte e nunca desistir. Mãe, te agradeço infinitamente, seu amor e cumplicidade foram essenciais nessa jornada, eu te amo!

Ao meu pai, Adelino Gomes, por todo apoio e incentivo, pelas inúmeras vezes a qual te recorri e o senhor sempre me ajudou, obrigada por tudo, eu te amo!

A minha irmã, Athilly Gomes, a quem chamo de Bê por me ensinar a amar, dividir e lutar. Obrigada por ser sempre tão positiva e acreditar no meu potencial. Ao meu cunhado, por todo apoio e ajuda e pelos litros de gasolina.

Família, eu amo infinitamente vocês. Obrigada por todo amor e carinho que deram em todos os momentos da minha vida, obrigada por tudo!

Ao meu namorado, Kaio Wanrannig, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigada, amor da minha vida, por aguentar tantas crises de estresse, sem você ao meu lado esse trabalho não seria possível. Também agradeço a sua família, por todo carinho e cuidado.

Ao meu orientador, prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior, pelo apoio, incentivo, compreensão, pelos conhecimentos repassados e por acreditar em mim.

Ao meu co-orientador, Márlon Ribas, pela ajuda, paciência (me fazendo enxergar as consequências de meus atos) e disposição. Você me ajudou em um importante momento da minha vida, obrigada!

A banca examinadora, composta por: prof. Dr. Giselle Gomes Fracetto, MSc. Márlon da Silva Ribas, Dr. Dr<sup>a</sup> Felipe José Cury Fracetto por aceitarem o convite.

Ao professor Ygor Jacques, por acreditar em mim e por ter me apresentado essa área linda da ciência do solo. Que Deus te recompense.

Ao grupo de gênese e mineralogia, Arthur, Márlon, Nara, Isamor, Rayanna, Marilya, Karine, Jane, e Gabriel por todos os sorrisos, conversas, desde pessoais a acadêmicas e por toda ajuda prestada.

Aos meus amigos, que sempre torceram e acreditaram em mim, em especial ao clube da Luluzinha, Rafa, Bia e Júuh, vocês são pau!

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio na graduação.

A todos os professores da graduação, levo comigo uma pequena parte de vocês. Obrigada pelos ensinamentos e experiências.

E a todos os outros que direta ou indiretamente me ajudaram nesta caminhada, a vocês, o meu muito obrigada.

Muito obrigada!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcutá)

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 Hipótese .....	16
1.2 Objetivo geral.....	16
1.3 Objetivos específicos .....	16
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
2.1 Solos: Atributos gerais .....	17
2.2 Luvisolos: Atributos gerais.....	18
2.3 Bioturbação: Definição e principais efeitos no solo.....	19
2.4 Macrofauna .....	20
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	22
3.1 Descrição geral da área do estudo.....	22
3.2 Amostragem e preparo de amostras dos solos e das estruturas biogênicas .....	22
3.3 Análise física.....	25
3.4 Análises químicas .....	25
3.5 Análise micromorfológica .....	26
<b>4. RESULTADOS</b> .....	27
4.1 atributos petrográficos.....	27
4.2 atributos morfológicos .....	27
4.2.1 Feições biológicas .....	30
4.3 Atributos físicos .....	32
4.4 Micromorfologia.....	34
4.5 Classificação dos solos pelo sistema brasileiro (SiBCS) .....	35
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	36
5.1 Luvisolos: registro de mudanças ambientais na região semiárida de Pernambuco.....	36
5.2 Atividade da Bioturbação no solo .....	37
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	39
<b>7 REFERENCIAS</b> .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos morfológicos dos perfis de solo, Serra Talhada – PE .....	28
Tabela 2 - Atributos morfológicos das estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos, Serra Talhada – PE .....	31
Tabela 3- Atributos físicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos .....	32
Tabela 4- Atributos químicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos .....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- localização da área de estudo, Serra Talhada – PE .....	23
Figura 2 - Local de coleta, Serra Talhada – PE .....	23
Figura 3- Amostragem do solo para coleta das estruturas biogênicas e macrofauna, Serra Talhada-PE. ....	24
Figura 4 - Perfis dos solos estudados, e divisão dos horizontes.....	29
Figura 5- Estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos.....	31

## **O IMPACTO DA BIOTURBAÇÃO NA MORFOLOGIA DE LUVISSOLOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

### **RESUMO**

O solo é um ecossistema complexo constituído pela associação de diversos elementos como a água, minerais, gases, seres vivos e matéria orgânica, que formam uma matriz tridimensional. Diante disso, é fundamental conhecer sua dinâmica bem como o processo de bioturbação, que se trata de uma homogeneidade atribuída a fauna do solo e consiste na modificação da estrutura física do solo, através da formação de estruturas biogênicas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar o impacto da bioturbação em 3 perfis de solos, que representam a ocorrência comum de Luvisolos na região semiárida de Pernambuco. Para tanto, observou-se o campo de estudo e a partir disto, foram determinados três perfis de Luvisolos, sendo priorizados pela seleção, os que haviam a vegetação local preservada e evidências de atividade da macrofauna (presença de bioestruturas e indícios da bioturbação). Foram feitas análises, químicas, físicas e mineralógicas, visando identificar as possíveis alterações da bioturbação. Os solos são pouco profundos, o que se deve ao intemperismo local e a baixa capacidade de infiltração. Dentre todos os perfis analisados, as estruturas biogênicas foram encontradas em maior quantidade nos horizontes superiores, e apresentam diminuição com o aumento da profundidade. O aparecimento dessas estruturas se deve a presença de alta concentração de exsudados e produtos metabólicos. Desta forma, a bioturbação, apesar de muito intensa nos primeiros horizontes, não ocasionou mudanças bruscas na morfologia dos Luvisolos.

Palavras chaves: Bioturbação. Macrofauna. Estruturas biogênicas.

# THE IMPACT OF BIOTURBATION ON LUVISOLS MORPHOLOGY IN THE SEMI-ARID REGION OF PERNAMBUCO

## ABSTRACT

Soil is a complex ecosystem constituted by the association of several elements such as water, minerals, gases, living beings and organic matter, which form a three-dimensional matrix. Therefore, it is essential to know its dynamics as well as the bioturbation process, which is a homogeneity attributed to soil fauna and consists of modifying the physical structure of the soil, through the formation of biogenic structures. In this context, the objective of this work was to identify the impact of bioturbation on 3 soil profiles, which represent the common occurrence of Luvisols in the semiarid region of Pernambuco. For that, the field of study was observed and from this, three profiles of Luvisols were determined, being prioritized by selection, those with preserved local vegetation and evidence of macrofauna activity (presence of biostructures and evidence of bioturbation). Chemical, physical and mineralogical analyses were carried out in order to identify possible changes in bioturbation. The soils are shallow, which is due to local weathering and low infiltration capacity. Among all the analyzed profiles, the biogenic structures were found in greater quantity in the upper horizons, and present a decrease with increasing depth. The appearance of these structures is due to the presence of a high concentration of exudates and metabolite products. Thus, bioturbation, despite being very intense in the first horizons, did not cause sudden changes in the morphology of Luvisols.

**Key words:** Bioturbation. Macrofauna. Biogenic struct.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é um ecossistema complexo constituído pela associação de diversos elementos como a água, minerais, gases, seres vivos e matéria orgânica, que formam uma matriz tridimensional. O solo serve de habitat para um grande grupo de organismos os quais estão em constantes interações uma vez que determinam na sua maioria as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo pelo fato de alterá-las de diferentes formas. Os processos mediados por esses organismos contribuem diretamente para a fertilidade do solo.

Grande parte dos processos biológicos importantes para a manutenção da vida na terra ocorrem no solo. Entre eles, podemos destacar a formação de agregados, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, purificação de água, produção de alimentos e a bioturbação, sendo esses mediados por organismos presente no solo.

A fauna edáfica que constitui o solo compreende os organismos que vivem durante toda a vida ou em algum estágio do ciclo biológico. Dentro da grande diversidade dos organismos que habitam o solo, é válido destacar os invertebrados, que compreende um grupo bastante diverso, classificados em microfauna, mesofauna e macrofauna. A macrofauna é constituída pelos invertebrados com mais de 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro, onde alguns – cupins, minhocas, formigas, besouros – induzem mudanças que levam a alterações nos solos, afetando de forma direta e indireta a dinâmica do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas.

A bioturbação trata-se de uma homogeneidade atribuída a fauna do solo e consiste na modificação da estrutura física do solo, através da formação de estruturas biogênicas (túneis, canais, poros, agregados, coprólitos, montículos e ninhos) e por meio da movimentação de partículas entre um horizonte e outro. Esse processo é responsável por algumas propriedades do solo, como aeração, infiltração, drenagem, etc. A bioturbação leva à descompactação do solo, o que aumenta a capacidade de infiltração de água, que por sua vez disponibiliza nutrientes e oxigênio para as plantas e promove a decomposição da matéria

orgânica. Em seguimento, as características químicas do solo conjuntamente sofrem modificações.

Os organismos responsáveis por realizarem a bioturbação são chamados de “engenheiros dos ecossistemas” (ALVES et al., 2014) ou “engenheiros do solo” (KORASAKI et al., 2013), sendo os principais representantes desse grupo as minhocas, os cupins, as formigas e os besouros escarabeídeos (SWIFT et al., 2010; KORASAKI et al., 2013).

Sendo assim, os organismos que compreendem a macrofauna desempenham diversas atividades, as quais contribui para o equilíbrio do ecossistema. Esses organismos compõem importantes bioindicadores de qualidade do solo, pois são afetados por diversos fatores, os quais podem influenciar negativamente a abundância e a sobrevivência de grupos específicos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar o impacto da bioturbação em 3 perfis de solos, que representam a ocorrência comum de Luvisolos na região semiárida de Pernambuco.

### **1.1 Hipótese**

O impacto da bioturbação tem o potencial de modificar a estrutura morfológica do solo.

### **1.2 Objetivo geral**

Constatar a ação do impacto da bioturbação na morfologia física, química e morfológica de Luvisolos na região semiárida de Pernambuco.

### **1.3 Objetivos específicos**

- Analisar morfológicamente o impacto da bioturbação.
- Identificar os organismos que estão atuando no processo de bioturbação.
- Analisar se o clima da região pode afetar no processo de bioturbação.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Solos: Atributos gerais**

O solo é um ecossistema complexo, composto pela união de diversos elementos: água, minerais, gases, seres vivos e matéria orgânica. É um corpo de material que cobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera, fato que lhe confere características únicas (BIGNELL et al., 2010).

O mais complexo sistema biológico do globo, e, ainda não completamente compreendido, o sistema solo, garante um lugar para a vida de muitos organismos e possui uma estreita relação com as cadeias alimentares das quais depende a maioria, senão todos os organismos terrestres, pois é o substrato de sustentação dos vegetais (STORK; EGGLETON, 1992). Para dar a necessária importância ao solo e protegê-lo, é fundamental conhecer a maneira como se forma e quais os elementos da natureza que participam na sua formação e os organismos que interagem nessa dinâmica (LIMA et al., 2007).

O solo é constituído por material mineral e material orgânico. Sendo o material mineral constituído pelas partículas areia, silte e argila. A água e o ar do solo ocupam os espaços existentes entre as partículas terrosas e entre agregados de partículas. O ar do solo ocupa os espaços não preenchidos pela água e a quantidade de água é variável em razão da precipitação e irrigação, à textura, estrutura, relevo e teor em matéria orgânica, podendo estar associada a uma grande variedade de substâncias (ARAGUAIA, 2017).

Estudar a morfologia do solo é de extrema importância, visto que é por meio do mesmo que se analisa diversos aspectos morfológicos, que visam a classificação do solo para um aproveitamento dos conhecimentos nas práticas agrícolas e estudo de gênese (PRADO, 1991). A caracterização do solo se dá de forma na qual se observa a cor, que avalia características importantes; a textura, que está relacionada às frações granulométricas presente no solo; a estrutura, que avalia o arranjo das partículas; a porosidade, que são os espaços existentes entre as partículas sólidas e os agregados do solo; e a consistência, que está relacionada à sua plasticidade (SILVA, 2010a).

## 2.2 Luvisolos: Atributos gerais

Os Luvisolos, anteriormente conhecido como Bruno não cálcico, fazem parte de áreas expressivas no nordeste Brasileiro com cerca de aproximadamente 107 mil km<sup>2</sup> (COELHO et al., 2002). Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 120cm), com sequência de horizontes A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles. (EMBRAPA 2018).

Os Luvisolos, por definição são solos constituídos por um material mineral. Esses solos se caracterizam por serem considerados um grupamento de solos com B textural, com argila de atividade alta e alta saturação por bases. Possuem evolução segundo atuação de processo de bissialitização conjugada à produção de óxidos de ferro e à mobilização de argila da parte mais superficial, com acumulações em horizontes subsuperficial. (EMBRAPA 2018).

Esse grupamento de solos representa de 500-600 milhões de hectare em todo o mundo, com mais evidencia em regiões temperadas tais como na planície do leste europeu e em partes da planície da Sibéria ocidental, do nordeste dos Estados Unidos e da Europa Central, mas também na região Mediterrânea e no sul da Austrália. Nas regiões subtropicais e tropicais, os Luvisolos ocorrem principalmente em superfícies jovens (WRB/FAO, 2014).

Os Luvisolos ocupam 225,6 mil km<sup>2</sup> no território brasileiro e 107 mil km<sup>2</sup> só no Nordeste, representando aproximadamente 47% do total. (COELHO et al., 2002). O reconhecimento desses solos no Brasil teve início na década de 1970 nos levantamentos de solos do Nordeste (Brasil 1971). Sua ocorrência está associada principalmente a regiões de clima com elevada restrição hídrica e com prolongados períodos de estiagem. No Nordeste distribuem-se principalmente na zona semiárido (EMBRAPA 2018).

Uma das potencialidades desses solos é a elevada fertilidade potencial, que é decorrente dos teores de nutrientes disponíveis para a planta e de minerais primários facilmente intemperizáveis ricos em base trocáveis, especialmente potássio (CUNHA et al., 2008). No entanto esses solos possuem algumas limitações decorrentes da frequente presença de calhaus e até matacões que se

espalham na superfície na camada superficial e da consistência variando de muito a extremamente dura, o que dificulta o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (oliveira et al., 1992). Esse solo é utilizado principalmente na região semiárida e está associada com pecuária extensiva.

### **2.3 Bioturbação: Definição e principais efeitos no solo**

Pedoturbação se caracteriza por ser um processo transformador do solo, que consiste na mistura de materiais sólidos a qual é ocasionada por diferentes agentes causais, tais como: água, gases, fauna, flora, gelo e atividades antrópicas (HOLE, 1960). A bioturbação é um termo utilizado para especificar a movimentação de partículas e agregados do solo por meio de processos diretos e indiretos, que é feita pela ação de raízes, como a queda de árvores, através da construção de tuneis e escavação e a forma indireta ocorre de forma em que esses tuneis se desfazem e de forma especial e de maior alcance em profundidade a ação da fauna edáfica.

Desta forma, os primeiros relatos em relação aos efeitos da biota alterando a distribuição de partículas foram registrados primeiro por Charles Darwin. Em 1881, Darwin observou a mistura de material orgânico e mineral no solo realizado por minhocas, além disso, evidenciou a capacidade que as minhocas possuem de modificar o solo tanto bioquimicamente quanto biomecanicamente (DARWIN, 1881). Logo, notou que as perturbações causadas eram evidentes em subsuperfícies que vão até 2,5 m (DARWIN, 1881 *apud* WILKINSON et al., 2009).

Em seguida, mais precisamente em 1891, Sharler fez o reconhecimento do papel de outros agentes, tais como as formigas e árvores o mesmo relatou que as distribuições de partículas vão refletir o efeito da classificação dos bioturbadores nos solos, principalmente os mantos livres de pedras, resultantes da redistribuição de material feitas pelos invertebrados. Darwin e Shaler fizeram observações que se disseminaram por quase 50 anos, mas foi suspenso pelo Departamento de Agricultura dos EUA (DARWIN, 1881 *apud* WILKINSON et al., 2009).

Por volta da década de 80 do século XX, os estudos voltados sobre a influência da Bioturbação na formação de solos foram retomados, agora com uma linguagem Pedogenética, ressaltada como bioturbação e biomanto (JOHNSON, 2002). O biomanto é caracterizado por ser uma zona onde uma ou mais camadas são produzidas primeiramente pela bioturbação, sendo diagnosticada pelas observações e mensurações dos atributos do solo, como por exemplo, a diferenciação da biofábrica e tamanho de partículas (SCHAETZEL; ANDERSON, 2005).

Os engenheiros do ecossistema físico são organismos que criam, modificam ou mantêm habitats (ou micro-habitat) ao causarem mudanças no estado físico de materiais bióticos e abióticos que, direta ou indiretamente, modulam a disponibilidade de recursos para outras espécies, Minhocas cupins e formigas foram identificados como engenheiros de solos mais relevante. (Jones et al., 1994, 1997). Esses organismos são caracterizados como engenheiros pelo fato de possuírem a capacidade de se mover através dos perfis do solo e construir estruturas organo-minerais com propriedades físicas, químicas e microbiológicas específicas (LAVELLE et al., 1997).

## **2.4 Macrofauna**

O solo se caracteriza por ser um reservatório faunístico composto por uma grande diversidade de organismos, que garantem o seu biofuncionamento e a sustentação de todo o bioma (Jacobs et al., 2007), uma vez que a maioria dos nutrientes no solo disponíveis para crescimento das plantas depende de complexas interações entre raízes, microorganismos e fauna do solo (BONKOWSKI et al., 2000; GESTEL et al., 2003).

A fauna do solo, engloba os invertebrados que vivem no solo durante toda a vida ou em algum estágio do ciclo biológico (AQUINO et al., 2008; BROWN et al., 2009; BARETTA et al., 2011). É classificada de acordo com seu tamanho em diferentes grupos: microfauna < 0,2 mm, seus representantes são os protozoários e nematoides, mesofauna variando de 0,2 a 2,0 mm, representada pelos ácaros e colêmbolos, Palpigradi, Protura, Pauropoda, Diplura, Enchytraeidae, Symphyla, diversas outras ordens de insetos, sendo alguns

oligoquetos e crustáceos e a macrofauna > 2,0 mm, representada por (moluscos, anelídeos e artrópodes) (SWIFT et al., 2010).

A macrofauna regula as populações de fungos e da microfauna, estimulam a atividade microbiana, podendo afetar a estrutura do solo, misturando partículas orgânicas e minerais, redistribuindo a matéria orgânica e microrganismos, promovendo a humificação e produzindo pelotas fecais (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). A macrofauna é composta pelos organismos invertebrados de maior diâmetro (2 mm - 20 mm), seus componentes têm o corpo em tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias em seu interior (ANDERSON, 1988).

Os organismos da macrofauna edáfica são componentes muito importantes da biota do solo, devido aos seus efeitos sobre as propriedades do solo e sua ação na disponibilidade dos recursos de outros organismos, sendo inclusos os microrganismos e as plantas. A capacidade de ocasionar modificações no solo confere a macrofauna à denominação de engenheiros do ecossistema. Essas modificações ocorrem através da alteração, manutenção e/ou criação de habitats, por meio de mudanças no estado físico de materiais bióticos ou abióticos, isso resulta em alterações na disponibilidade de recursos para si e para outras espécies (JONES et al., 1994).

Denominada de bioturbação, a atividade da macrofauna de acordo com Darwin (1881), resulta na modificação da estrutura do solo devido à formação de estruturas biogênicas (túneis, canais, poros, agregados, coprólitos, montículos e ninhos) e pela translocação de partículas de um horizonte para outro. Essas mudanças afetam diretamente as propriedades físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas do solo, fazendo com que o solo seja, possivelmente, o ambiente mais fisicamente bioperturbado de todos (JONES; LAWTON; SHACHAK, 1997).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição geral da área do estudo**

O espaço usado para o reconhecimento e obtenção das informações desenvolvidas neste trabalho está localizado no município de Serra Talhada – PE, mais precisamente localizado na mesorregião do Sertão e na microrregião do Pajeú, compreendendo um território de 2.959 km<sup>2</sup> (CPRM, 2005).

A área está adentrada na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, no qual representa a perspectiva um tanto quanto comum no semiárido nordestino. Descrita por superfície de pediplanação, com relevo hegemônico suave ondulado, cortado por vales estreitos e vertentes dissecadas. Também destaca-se algumas elevações residuais, cristas e/ou outeiros ao longo do horizonte (CPRM, 2005).

O clima foi classificado de acordo com o ensinamento de Köppen no qual é definido como Bsh e sua característica é a irregularidade na distribuição e escassez de chuvas, portanto, sua temperatura média é alta. A precipitação média anual é de 431,8 mm, estando concentrada entre os meses de novembro a abril (ARAÚJO FILHO et al., 2014; CPRM, 2005).

O local de estudo possui como vegetação prevalecente a de caatinga hiperxerófila (CPRM, 2005), sendo esta composta por uma diversidade de espécies, como catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), pereiro (*Aspidosperma pyriforme*), xique-xique (*Pilosocereus polygonus*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), entre outras.

Seguindo para a parte dos solos, encontra-se na área Planossolos, mal drenados, de fertilidade natural média e com problemas de sais; Luvisolos, pouco profundos a rasos e de fertilidade natural alta; Argissolos bem drenados e de fertilidade natural média; e os Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos e de fertilidade natural média; Cambissolos (EMBRAPA, 2006).

#### **3.2 Amostragem e preparo de amostras dos solos e das estruturas biogênicas**

Para a realização do trabalho, observou-se o campo de estudo e a partir disto, foram determinados três perfis de Luvisolos, sendo priorizados pela

seleção, os que haviam a vegetação local preservada e evidências de atividade da macrofauna (presença de bioestruturas e indícios da bioturbação). O processo de coleta foi operado no mês de setembro no qual corresponde à estação de seca na região.

Os perfis selecionados delimitam-se dentro da mesma área da região, equiparando-se a uma distância de aproximadamente 10 metros entre si (BARETTA et al., 2010).



*Figura 1- localização da área de estudo, Serra Talhada – PE*



*Figura 2 - Local de coleta, Serra Talhada – PE*

Após todo o processo de separação das áreas de estudo, os perfis do solo foram abertos e descritos morfologicamente (SANTOS et al., 2015), coletando-se também amostras indeformadas, de acordo com a metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), por meio de monólitos de 25 x 25 cm (ANDERSON; INGRAM, 1993), e profundidade correspondendo aos horizontes do solo.



*Figura 3- Amostragem do solo para coleta das estruturas biogênicas e macrofauna, Serra Talhada-PE.*

A classificação taxonômica dos perfis foi realizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) e o saprólito (horizonte Cr) classificado de acordo com Juilleret et al. (2016).

Após a coleta, deu-se início ao processo de manuseio do solo. O solo passou por uma catação manual, com auxílio de lupa, peneiras e pinças, com o propósito de separar as estruturas biogênicas e os organismos. Em ato contínuo, as estruturas biogênicas foram classificadas segundo Bullock et al. (1985).

Posteriormente a este processo manual, as amostras foram submetidas à secagem ao ar, seguidamente, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), sendo utilizada para

análises posteriores, sendo estas físicas, químicas e mineralógicas. As frações > 2 mm (cascalho e calhaus) foram separadas e quantificadas, de acordo com Fontana et al. (2017).

Com a intenção de padronizar as amostras laboratoriais, foi realizada outra seleção mais precisa para análises os horizontes A e o primeiro Bt de cada perfil, pois, na seleção anterior, foi visto que nem todos os horizontes possuíam estruturas biogênicas, podendo assim dificultar a obtenção de informações necessárias para a realização desse trabalho.

### **3.3 Análise física**

A composição granulométrica foi determinada pelo método do densímetro, utilizando como dispersante uma solução de calgon a 0,1 mol L<sup>-1</sup> (GEE; OR, 2002). A densidade do solo foi determinada pelo método do torrão parafinado (ALMEIDA et al., 2017), já a densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante (VIANA; TEIXEIRA; DONAGEMMA, 2017). Com os resultados foi calculada a porosidade total do solo (Pt) (ALMEIDA et al., 2017).

### **3.4 Análises químicas**

O pH foi determinado em água e KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> (proporção solo:solução de 1:2,5) (TEIXEIRA; CAMPOS; SALDANHA, 2017); acidez potencial (H + Al), extraída utilizando acetato de cálcio (0,5 mol L<sup>-1</sup>) a pH 7,0 e determinado por titulometria (NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>) (CAMPOS et al., 2017); Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> trocáveis e P disponível foram extraídos por solução de Mehlich 1, onde Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foram determinados por fotômetro de chama e P por colorimetria; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis, utilizando KCl 1 mol L<sup>-1</sup> como extrator, com Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> determinados por absorção atômica e Al<sup>3+</sup> por titulometria (TEIXEIRA et al., 2017). Carbono total foi determinado por meio de combustão a seco em analisador elementar LECO CN-2000.

Baseando-se nos resultados obtidos durante o processo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V) e atividade de argila (CTCr) conforme descrito em Teixeira et al. (2017).

O Fe e o Mn livre foram determinados na TFSA por dissolução seletiva dos óxidos pedogenéticos, os de alta e baixa cristalinidade foram extraídos após sucessivas extrações com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960) e os de baixa cristalinidade extraídos com oxalato ácido de amônio (OAA) no escuro (MCKEAGUE; DAY, 1966).

### **3.5 Análise micromorfológica**

As amostras indeformadas de solo foram utilizadas para micromorfologia, por meio de seções delgadas (MURPHY, 1986), interpretadas com o uso de microscópio petrográfico conforme recomendações de Brewer (1976), Bullock et al. (1985) e Fitzpatrick (1993).

As amostras indeformadas foram retiradas dos horizontes A e Bt dos três perfis. Após coleta as amostras foram submetidas à impregnação, laminação (2,5 x 5,0 cm), polimento e acabamento para posterior interpretação.

## **4. RESULTADOS**

Os perfis estudados ocorrem a uma distância pequena dentro de um mesmo segmento de paisagem, sendo enquadrados em uma ordem de solo, os Luvisolos. Em tese, os perfis são pouco profundos, o tamanho varia em torno de 76 cm no terceiro perfil a 90 cm de profundidade no perfil 1, características essas comuns aos Luvisolos na região semiárida nordestina (OLIVEIRA et al., 2004).

### **4.1 atributos petrográficos**

Os 3 perfis de solo, foram originados a partir do material de origem identificado como xisto ou paragnaisse, com fenocristais de feldspato- K caulinizados com espessura maior que 2 cm. Possui presença de mosqueados comuns, pequenos e distintos com coloração escura. A cor evidencia a formação de minerais secundários 2:1. Textura fanerítica e estrutura xistosa fraca, com consistência muito alterada.

### **4.2 atributos morfológicos**

O perfil 1, de acordo com a descrição morfológica, expôs sequencia vertical, do topo para base, identificando cinco horizontes, sendo eles A, Bt, Btv, Cv e Cr. Apresentou coloração muito homogênea, correspondendo a cor avermelhada, com a presença de mosqueados com coloração escura (2,5YR 2,5/1). A estrutura primaria é composta por blocos subangulares e angular, com variações de grau e tamanho que oscilou de moderada, pequena a média no horizonte A. Foi possível observar atividade biológica, sendo elas mais evidenciada nos horizontes A e Bt, essas atividades são visíveis por meio da presença de canais feitos pelas raízes e através da macrofauna.

O segundo perfil, de acordo com a descrição morfológica, expôs sequencia vertical, do topo para base, identificando cinco horizontes, sendo eles A, Bt, BC, C, Cr. Apresentou coloração avermelhada com a presença de mosqueados escuros (2,5YR 2,5/1) associados a óxidos de manganês no horizonte C. A estrutura primaria é composta por blocos subangular e granular, com variação de grau e de tamanho que varia de fraca e moderada a pequena e média no horizonte A. ao longo do segundo perfil, foi possível observar a

presença de cerosidade, característica comum nos Luvisolos, nas faces dos agregados dos horizontes BC e C.

O terceiro perfil, de acordo com a descrição morfológica, expõe sequência vertical, do topo para base, identificando cinco horizontes, sendo eles A, Bt1, Bt2, C e Cr. O perfil apresenta coloração vermelha com presença de cerosidade no horizonte Bt2. A estrutura primária é composta por blocos subangular e angular, com variação de grau e tamanho que variam de fraca e moderada a pequena e baixa no horizonte A.

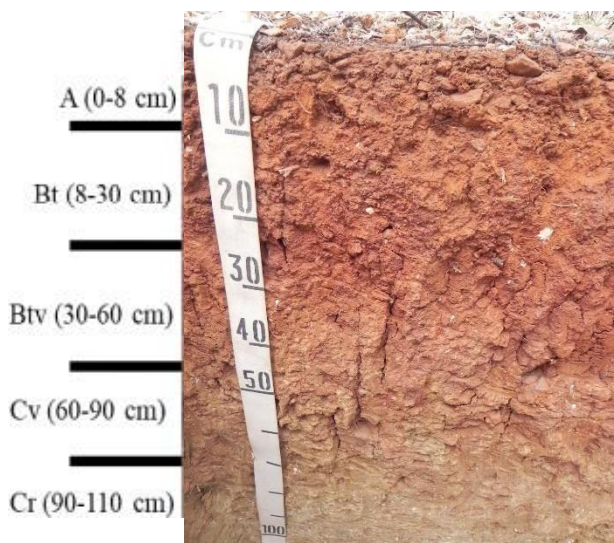
**Tabela 1** – Atributos morfológicos dos perfis de solo, Serra Talhada – PE.

*Tabela 1 – Atributos morfológicos dos perfis de solo, Serra Talhada – PE.*

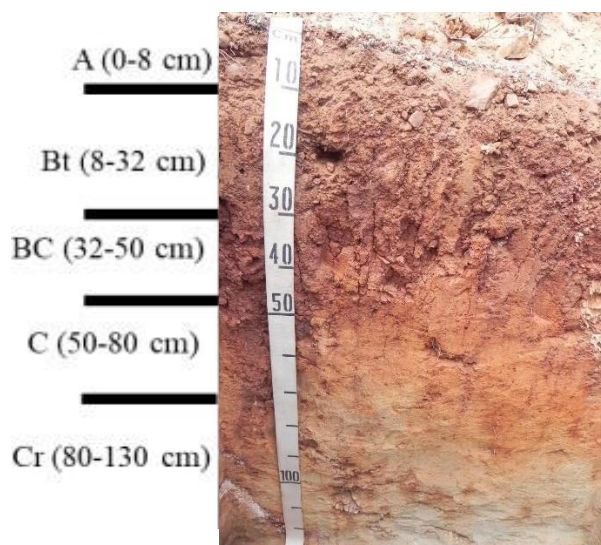
Horizontes Símb.	Prof. (cm)	Cor		Mosqueado	Textura	Estrutura	Consistência		
		Seca	Úmida	Úmido			Seca	Úmida	Molhada
P1 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico									
A	0-8	2,5YR 4/4	2,5YR 3/2	-	Franco-arenosa	BSA-BA, Pq-Méd, F-Md	D	Fr	LPI, LPe
Bt	8-30	2,5YR 4/6	2,5YR 4/6	-	Argilo-arenosa	P-BA-BSA, Méd-G, F-Md	ED, MD	Fr, Fi	PI, Pe
Btv	30-60	2,5YR 5/6	2,5YR 4/6	2,5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Argila	P-BA-BSA, Méd.-G., F-Md, Slick.	ED	Fi	MPI, Pe
Cv	60-90	-	7,5YR 4/4	2,5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Franco-siltosa	Maciça, P, Méd -G, F-Md, Slick.	ED	Fi	MPI, Pe
Cr	90-110	10YR 6/2	-	5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds	Franco-arenosa	Xistosa fraca	Muito alterada		
P2 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico									
A	0-8	5YR 4/4	5YR 3/3	-	Franco argilo-arenosa	BSA-Gr, Pq-Méd, F-Md	D, MD	Fr	LPI, LPe
Bt	8-32	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	-	Argilo-arenosa	P-BA-BSA, Méd-Pq, F-Md	MD, ED	Fr, Fi	PI, LPe
BC	32-50	2,5YR 4/6	2,5YR 3/4	-	Argila	P-BA-BSA, Méd-Pq, F-Md	MD, ED	Fi	MPI, Pe
C	50-80	2,5YR 4/8	2,5YR 4/6	2,5YR 2,5/1 Ab, Pq, Ds	Argila	P-BA-BSA, Méd-Pq, F	D	Fr	PI, Pe
Cr	80-130*	10YR 6/2	-	5YR 2,5/1, Cm, Pq, Ds, Pr	Franco argilo-arenosa	Xistosa moderada	Moderadamente alterada		
P3 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico									
A	0-8	2,5YR 4/4	2,5YR 3/3	-	Franco argilo-arenosa	BSA-BA-Gr, Méd-Pq, F-Md	D, MD	Fr	PI, LPe
Bt1	8-30	2,5YR 4/6	2,5YR 4/4	-	Argilo-arenosa	BSA-BA, Méd-Pq, F-Md	D, MD	Fr, Fi	PI, Pe
Bt2	30-50	2,5YR 5/6	2,5YR 4/6	-	Argila	BA-P, Méd-G, F-Md	MD, ED	Fr, Fi	MPI, Pe
C	50-76	2,5YR 6/8	2,5YR 5/8	-	Franco argilo-arenosa	BSA-BA, Méd-G, F-Md.	D,MD	Fr, Fi	PI, Pe
Cr	76-120+	10YR 6/2	-	2,5YR 2,5/1 Ab, Pq, Ds	Franco-arenosa	Xistosa moderada	Moderadamente alterada		

Prof – profundidade. **Mosqueado:** Cm- comum; Pq- pequeno; Ds- distinto; Ab- abundante; Pr- proeminente. Estrutura: BSA- bloco subangular; BA- bloco angular; P- prismática; Gr- granular; Pqpequena; Méd- média; G grande; F- fraca; Md- moderada; Slick- slickenside. Consistência: ED- extremamente dura; MD- muito dura; D- dura; Fr- friável, Fi- firme; LPI- ligeiramente plástica; PIplástica; MPI- muito plástica; LPe- ligeiramente pegajosa; Pe- pegajosa

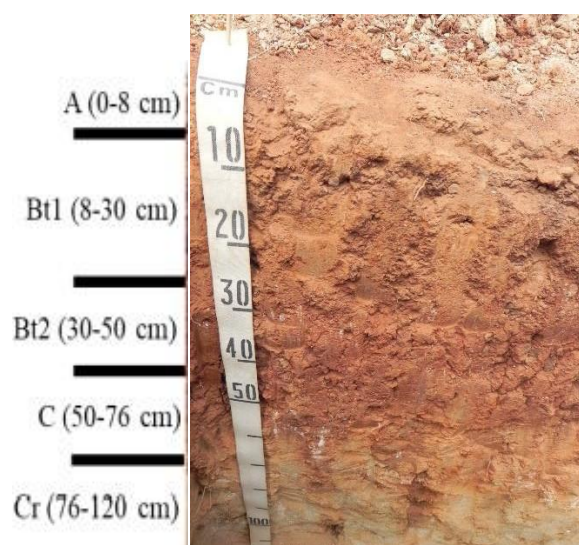
Perfil 1



Perfil 2



Perfil 3



*Figura 4 - Perfis dos solos estudados, e divisão dos horizontes.*

De forma geral as estruturas nos 3 perfis são bem definidas, com a presença de pouco material solto, que ocorre por consequência dos agentes cimentantes como argilominerais 2:1 e presença de óxidos de ferro que estão relacionados com estrutura e agregação do solo (CORNELL; SCWERTMANN, 1996, SCWERTMANN: CORNELL, 2007b).

Quanto a consistência, os perfis apresentaram muita plasticidade e pegajosidade, e as transições dos perfis variam de clara para plana, com variações.

#### **4.2.1 Feições biológicas**

Ao contrastar aos 3 perfis de solo, foi notada uma diferença na quantidade de feições biológicas, sendo mais fácil identificar essas feições nos horizontes iniciais. Os valores de quantificação biológica observados nos blocos, apresentam para todos os 3 perfis, um decréscimo com o aumento da profundidade.

As estruturas biogênicas, tendem a se difundir no solo de forma aleatória sendo elas de fácil diferenciação da matriz do solo através da cor e das estruturas. Em todos os perfis, ocorreu uma maior presença de estruturas do tipo esférica, cerca de 60%.

No primeiro perfil, essas estruturas foram localizadas apenas nos horizontes A e Bt. As feições, possuíam coloração bruno-avermelhada (5YR 4/4), que continham a presença de óxidos de manganês ligados a elas, visíveis principalmente nas estruturas do horizonte A. Apresentam forma cilíndrica, esférica e cônica com desenvolvimento incipiente, no horizonte A. Quanto ao horizonte Bt, as estruturas estão em maior quantidade e bem melhor estruturada que no horizonte anterior.

No segundo perfil, as estruturas foram encontradas nos horizontes iniciais A e Bt e também no Bc. Apresentam forma esféricas, cilíndricas e elipsoidais, já no BC foram esféricas e elipsoidais. Não apresentaram concreção de óxidos de manganês visível. Se torna importante destacar a presença de organismo habitando a cavidade da estrutura que confere o tipo esférica, no horizonte Bt.

No terceiro perfil, demonstraram acréscimo das estruturas biogênicas ao longo dos horizontes A, Bt1, Bt2 e C. Possui como coloração bruno-avermelhada (5 YR 4/4). Em todos os horizontes foram apresentadas estruturas cilíndricas e esféricas, nas quais variam apenas o grau de desenvolvimento. Esse horizonte possui uma alta quantidade de concreções de óxidos de manganês, que em sua

maioria estão associados principalmente a bioporos e a canais de circulação da macrofauna.



Figura 5- Estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos

Tabela 2 - Atributos morfológicos das estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos, Serra Talhada – PE

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor		Textura	Forma
		Seca	Úmida		
P1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico					
A	0-8	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica, cônica
Bt	8-30	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica, cônica e elipsoidal
P2 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico					
A	0-8	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica, cilíndrica e elipsoidal
Bt	8-32	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica, cônica e elipsoidal
BC	32-50	5 YR 4/4		-	Esférica e elipsoidal
P3 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico					
A	0-8	5 YR 4/4		Argilo-arenosa	Esférica e cilíndrica
Bt1	8-30	5 YR 4/4		Franco argilo-arenosa	Esférica e cilíndrica
Bt2	30-50	5 YR 4/4		-	Esférica e cilíndrica
C	50-76	5 YR 4/4		-	Esférica e cilíndrica

### 4.3 Atributos físicos

Em relação as amostras das estruturas biogênicas, pode-se observar que as mesmas obtiveram maiores porcentagens de TFSA ao longo de todo perfil e em todos os horizontes quando comparado ao solo, variando de 93 a 99%.

O perfil 2, apresentou um alto percentual de cascalho e calhaus, atingindo 50% no horizonte A, mas, nas estruturas o percentual foi de 7%.

Os teores de argila aumentam em profundidade enquanto o de areia reduz, com exceção apenas das amostras de estruturas do perfil 3.

A relação silte/argila não existe grandes diferenças entre as estruturas biogênicas e amostras de solo, com exceção do horizonte A do primeiro perfil, no qual os valores de silte se sobressaem em relação a argila nas amostras de solo.

Em relação a argila é perceptível que ocorre uma sobreposição dos valores de silte no horizonte A do perfil 1, esses valores de silte se sobressaem nas amostras de solo.

*Tabela 3- Atributos físicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvissoles*

Horizonte	Prof. (cm)	Cascalho e calhaus (> 2 mm) (%)	TFSA (< 2 mm) (%)	Composição granulométrica da TFSA (g kg <sup>-1</sup> )		
				Areia	Silte	Argila
<b>SOLO</b>						
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico						
A	0-8	17	83	520	330	150
Bt	8-30	10	90	447	128	425
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	50	50	560	140	300
Bt	8-32	37	63	471	104	425
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	6	94	540	135	325
Bt1	8-30	6	94	475	150	375
<b>ESTRUTURAS BIOGÊNICAS</b>						
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico						
A	0-8	2	98	509	141	350
Bt	8-30	1	99	477	123	400
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	7	93	551	149	300
Bt	8-32	1	99	467	133	400
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico						
A	0-8	1	99	460	140	400
Bt1	8-30	1	99	487	163	350

#### 4.5 Atributos químicos

Com base nas análises químicas, a reação das estruturas biogênicas, mostra uma predominância levemente alcalina, porém no solo houve o predomínio de reações levemente ácidas a ácidas.

Em todos os perfis, os teores do pH são maiores em água do que em KCL, possuindo por sua vez um predomínio de cargas negativas no complexo sortivo.

Os valores de  $\text{Ca}^{2+}$  foram altos nas estruturas biogênicas, ocasionando um alto valor na soma de base nos diferentes tipos de amostras. Também foi possível observar, o aumento dos valores de  $\text{Na}^+$  com foco para o segundo perfil no horizonte Bt.

A atuação da fração argila foi bastante destacada nos horizontes superficiais e nas amostras das estruturas biogênicas. Essa atuação se deu maior que  $27 \text{ cmolc kg}^{-1}$  em todas as amostras e em todos os horizontes.

Os teores de carbono não variaram nos 3 perfis de solo. Sendo esses valores mais altos nos horizontes superficiais e em subsuperfície sofrem redução, ao longo dos perfis e nas estruturas biogênicas.

Os teores de óxidos de Fe e dos óxidos de Mn são bastante semelhantes para o solo e as estruturas biogênicas. Os teores extraídos por oxalato são menores que os valores encontrados nas extrações com ditionito.

No entanto, o pH do solo, Ca, Na, Mg e CTC potencial tiveram correlacionados positivamente com as estruturas biogênicas, desta forma contrastando com as variáveis, P e K que são as principais correlações das amostras de solo.

*Tabela 4- Atributos químicos dos horizontes A e Bt das amostras de solo e estruturas biogênicas encontradas nos três perfis de Luvisolos*

Horizonte	Profundidade (cm)	pH (1: 2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							CTCr	C g kg <sup>-1</sup>
		H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	H + Al	T		
<b>SOLO</b>												
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico												
A	0-8	6,55	5,44	7,96	3,50	0,68	0,06	12,20	1,93	14,13	94	23,47
Bt	8-30	6,89	5,00	7,01	2,08	0,21	0,08	9,38	2,67	12,05	28	8,07
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	6,45	5,53	9,65	2,59	0,79	0,07	13,10	1,84	14,94	50	15,76
Bt	8-32	6,57	5,07	8,05	2,83	0,19	0,05	11,12	2,34	13,45	32	9,77
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	5,96	5,34	8,89	2,92	0,55	0,05	12,41	1,60	14,01	43	12,83
Bt1	8-30	6,16	4,82	8,48	4,06	0,10	0,04	12,68	3,33	16,01	43	7,36
<b>ESTRUTURAS</b>												
Perfil 1 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico												
A	0-8	7,79	5,91	80,99	3,53	0,52	0,15	85,19	2,59	87,78	251	14,02
Bt	8-30	7,54	5,40	74,36	4,24	0,21	0,14	78,95	3,25	82,20	205	8,20
Perfil 2 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	7,05	5,69	77,94	3,46	0,84	0,17	82,41	2,59	85,00	281	17,03
Bt	8-32	7,06	5,63	91,25	3,89	0,21	0,15	95,50	3,25	98,75	246	9,31
Perfil 3 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico												
A	0-8	7,00	5,48	101,73	3,93	0,27	0,14	106,07	2,75	108,82	272	10,35
Bt1	8-30	6,68	5,37	90,07	4,31	0,15	0,11	94,64	3,16	97,80	279	7,94

SB- soma de bases; T- capacidade de troca de cátions a pH 7,0; H + Al- acidez potencial; CTCr- atividade de argila

#### 4.4 Micromorfologia

No primeiro horizonte, foram observadas feições pedológicas, com a ocorrência de hiporevestimentos, raros, presentes em canais e com coloração vermelha, assim como nódulos típicos, raros, vermelho-escuro, com presença de quartzo no seu interior e esféricos.

No segundo perfil P2 Com relação às feições pedológicas, foi observada a presença de excrementos antigos de origem biológica dentro de raiz morta, com forma esférica, diâmetro de 25 µm e coloração vermelha

No terceiro perfil foram observadas feições pedológicas em ambos os horizontes. No horizonte A foi observado nódulo pseudomórfico, vermelho-escuro (óxido de ferro), esféricos e raros; preenchimento de cavidade esférica e canais biológicos; excrementos biológicos, esféricos, raros, com diâmetro de 40 µm, presente na borda de estrutura biológica, provavelmente raiz morta.

No horizonte Bt1 observou a presença de excrementos biológicos, esféricos, raros, vermelhos, recentes e presentes em raiz morta, com diâmetro de 120 µm. Preenchimentos ocasionais de canais biológicos, com material semelhante à matriz adjacente, preenchimento de estrutura com cavidade esférica de diâmetro de 13,5 mm, formado por material não selecionado e semelhante à matriz adjacente, ocorrendo de forma ocasional e com provável origem biológica.

#### **4.5 Classificação dos solos pelo sistema brasileiro (SiBCS)**

O perfil 1, foi classificado como no primeiro nível categórico (ordem) como Luvissolo, por atender os seguintes critérios: Compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, apresentando argila de atividade alta e saturação por base alta, imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte E. esses solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundo, com sequência de horizontes A, Bt e C e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles. A transição para o Bt é clara e plana. No segundo nível categórico (subordem) foi classificado como Crômico, por apresentar cor vermelha. No terceiro nível categórico (grandes grupos) foi avaliado como Órtico por não se enquadrar em outras classes. No quarto nível categórico (subgrupos) é considerado vertissólico, pois apresenta caráter vértico, ou seja, presença de sliques e fendas. Sendo assim o solo foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico.

O segundo e o terceiro perfil, possuem as mesmas características do perfil 1 até o terceiro nível categórico, no quarto nível categórico se enquadra como típico, já que não se enquadra nas classes anteriores. Sendo assim foram classificados como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico.

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Luvisolos: registro de mudanças ambientais na região semiárida de Pernambuco

Os Luvisolos, se caracterizam por serem solos pouco profundos quando localizados na região semiárida de nordestina (OLIVEIRA et al., 2004). Isso, se deve ao fato de que o intemperismo ocorre de forma menos intensa. Boa parte dos solos da região do sertão nordestino tem solo de embasamento cristalino, bem como a baixa capacidade de infiltração, refletindo assim na profundidade desses solos.

Na depressão sertaneja os Luvisolos têm como principal material de origem, as rochas ricas em minerais máficos (ARAÚJO FILHO 2014). As cores avermelhadas, como observadas nos três perfis, evidencia o reflexo do material de origem rico em minerais máficos com fontes principais de Fe e Mg. A coloração vermelha destes solos ao longo de todo o perfil indica a presença de hematita com seu forte poder pigmentante (ARAÚJO FILHO 2014).

No primeiro perfil, ocorre a presença de estruturas prismáticas nos horizontes Bt, bem como a presença de slickensides.

Em relação a consistência, alguns horizontes apresentaram alta plasticidade e pegajosidade, o que evidencia a quantidade expressiva de argilominerais 2:1. Esse atributo decorre da maior área superficial externados argilominerais, que promove um afastamento entre as camadas, fazendo com que a argila se torne mais plástica, influenciando no volume (BRADY; WEIL, 2013;).

A influência da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes tornam a camada superficial mais rica em nutrientes, podendo assim, ter influenciado na formação das estruturas biogênicas em maior quantidade nos horizontes superficiais.

Os perfis apresentaram um revestimento pedregoso superficial, característica essa evidente em zonas áridas e semiáridas (JACOMINE et al., 1973).

## 5.2 Atividade da Bioturbação no solo

As constantes atividades intensas no solo, associadas ao tipo de cobertura vegetal constitui fator determinante sobre a biodiversidade e abundância das comunidades de organismos presentes no solo. Apesar disso, segundo MAIA et al., 2007, a rápida decomposição da matéria orgânica, como também BRÉVAULT et al., 2007, afirma que o clima extremo encontrado na região semiárida tende a afetar a comunidade da macrofauna, destarte, não foi possível observar a bioturbação nos solos estudados.

Com base nas análises realizadas, foi possível observar no presente estudo que a diversidade da macrofauna no solo obteve um índice baixo, ocasionando uma baixa atividade da bioturbação. Os resultados revelaram variedade de formas e abundancia de estruturas biogênicas nos horizontes superficiais de todos os três perfis. Dentre as estruturas encontradas, a mais abundante com cerca de 60 % foi do tipo esférica.

Com base na ocorrência e distribuição das estruturas esféricas, a presença das mesmas deve-se a falta de interação entre os organismos presentes no solo, o que leva a conclusão de que essas feições são feitas por organismos de comportamento solitário. Matthews e González (2004), encontraram em seu trabalho, o qual foi realizado com vespas, estruturas semelhantes às do terceiro perfil no horizonte Bt1.

A presença de estrutura cilíndrica, evidencia uma grande atividade do papel da bioturbação no solo. Essas estruturas são resultantes do preenchimento de canais e tocas criadas por esses organismos ao se movimentar no solo (BORST, 1968).

A presença de raízes nas zonas superficiais pode ter favorecido a ação da fauna, em que a medida que foi se decompondo abriu caminho para que os organismos pudessem se locomover e se alimentar, criando assim, um maior fluxo de movimentação (BACHELIER, 1978). Com o aumento da profundidade do solo, essas condições apresentaram valores cada vez menores, influenciando na ação da fauna edáfica.

Os perfis apresentam alto teor de areia, o que torna a preservação de feições biológicas menos eficiente. (BAYER et al., 2001).

No Perfil 2, a textura mais arenosa (menos argila e matéria orgânica) juntamente com a grande quantidade de cascalhos e calhaus prejudica a preservação de estruturas biológicas, que se desmantelam mais rapidamente, estando elas em menor quantidade e em grau de desenvolvimento mais fraco, sua aparição se tornava mais evidente a medida que ia aprofundando.

Em termos relativos, a distribuição das estruturas biogenicas nos perfis estudados é similiar a ação da bioturbação, a qual apresenta diminuição com o aumento da profundidade. A diminuição linear de feições biológicas com o aumento da profundidade no perfil sugere o decréscimo de aporte energético para o desenvolvimento da fauna edáfica (BACHELIER, 1978).

O que favorece o aparecimento dessas estruturas nos horizontes superficiais, é possuir uma alta concentração de exsudados e produtos metabólitos, fazendo com que haja uma intensidade de compostos lábeis no horizonte A das estruturas, onde o mesmo é favorecido pela atividade microbiana e maior dinâmica de renovação das estruturas na superfície. No entanto, nos horizontes Bt, ocorre uma rápida decomposição, que ocorre devido as estruturas serem mais antigas e ocorrer uma maior concentração de compostos aromaticos (SHIPITALO; PROTZ, 1989; LAVELLE et al., 1997).

## 6 CONCLUSÃO

É necessário compreender a dinâmica do solo para que assim possa existir uma conduta harmoniosa entre o homem e o meio ambiente. A vivência do homem e suas ações estão intrinsecamente ligadas à natureza assim como os estudos das ciências geográficas, sendo assim de grande importância entender a relação entre o solo e as atividades da macrofauna e a produção como consequência.

- Os perfis estudados apresentam semelhança nas zonas de bioturbação, sempre ocorrendo nos horizontes superficiais.
- A bioturbação apesar de muito intensa nos primeiros horizontes, não ocasionou mudanças bruscas na morfologia dos Luvisolos.
- Não foi constatado indícios de atividade dos “engenheiros do ecossistema” como cupins e formigas, agentes biológicos mais comuns no processo de bioturbação.
- A ação da macrofauna afeta atributos químicos e micromorfológicos dos Luvisolos estudados.
- O papel da macrofauna no solo bem como para o equilíbrio do mesmo, precisa ser melhor compreendido, principalmente no Brasil, onde os estudos são poucos, em relação à biodiversidade existente no país.

## 7 REFERENCIAS

ALVES, F. A. L.; ALVES, C. A. B.; ALVES, P. R. R.; OLIVEIRA, R. de; ROSA, J. H.; FERNANDES, Y. T. D.; NUNES, E. N.; SOUTO, J. S. Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em AreiaPB. *Gaia Scientia*, v. 8, n. 1, p. 384-391, 2014.

ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 25, p.5-14, 1988.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Wallingford: CAB International, 1993. 240 p.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais*. Lavras: Editora da UFLA, p. 143-170.2008.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas tropicais*. Lavras: Editora da UFLA, p. 143-170.2008.

ARAGUAIA, Mariana. "Constituição do Solo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/constuicao-solo.htm>. Acesso em 04 de junho de 2021.

ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; MARQUES, F. A.; LOPES, H. L. Solos. In: TORRES, F. S. D. M.; SANTOS PFALTZGRAFF, P. A. D. *Geodiversidade do estado de Pernambuco, Programa Geologia do Brasil*. Recife: CPRM, 2014. Cap. 7, p. 111-135

BACHELIER, G. 1978 — La faune des sols — Son écologie et son action. **Documentations Techniques** N.º 38, ORSTOM, Paris. 391 p.

BACHELIER, G. 1978 — La faune des sols — Son écologie et son action. **Documentations Techniques** N.º 38, ORSTOM, Paris. 391 p.

BARETTA, D.; BROWN, G.G.; CARDOSO, E.J.B.N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *Acta Zoológica Mexicana*, v. 26, p. 135-150, 2010.

<https://doi.org/10.21829/azm.2010.262883>

BARETTA, D.; SANTOS, J. P. C.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRAFILHO, L. C. L.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERGFILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. *Tópicos em Ciências do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 141-192, 2011.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C.N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1473-1478, 2001.

BIGNELL, D.; CONSTANTINO, R.; CSUDI, C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J. N. C.; SUSILO, F. X.; TONDOH, J. E.; ZANETTI, R.

Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade*. Lavras: Editora da UFLA, p. 121-137.2010.

BONKOWSKI, M.; GRIFFITHS, B.; SCRIMGEOUR, C. Substrate heterogeneity and microfauna in soil organic “hotspots” as determinants of nitrogen capture and growth of ryegrass. *Applied Soil Ecology*, v. 14, n. 1, p. 37-53, 2000.

BORST, G. The occurrence of crotovinas in some southern Californian soils. Adelaide: Transactions of the 9th International Congress Soil Science. v.2, p.19–27, 1968.

BRADY, N. C. & WEIL R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. São Paulo: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, Covênio. MA/USAID/BRASIL. 1971. 530 (Boletim técnico, 21).

BRÉVAULT, T.; BIKAY, S.; MALDE'S, J.M.; NAUDIN, K. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton

cropping system. *Soil & Tillage Research*, v.97, p.140-149, 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.still.2021.06.009>

BREWER, R. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976. p. 482.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. *Macrofauna do solo em sistemas agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR*. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 51 p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 1985. 152 p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 1985. 152 p.

CÂMARA, Elis Regina Guimarães. **CARACTERIZAÇÃO E PEDOGÊNESE DE LUVISSOLOS E PLANOSSOLOS NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DE CABROBÓ, PERNAMBUCO**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

CAMPOS, D. V. B.; TEIXEIRA, P. C. ; PERES, D. V. ; SALDANHA, M. F. C. . ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; 68 TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017. 233-237 p.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, E.F.; AGLIO, M.L.D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JR., E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p.1-11, 2002.

CORNELL, R.M. & SCHWERTMANN, U. *The iron oxides: Structure, properties, reactions, occurrence and uses*. Weinheim, VHC, 1996. 573p.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. *Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos*. Documento nº 112, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 2000.

- CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. Recife, CPRM/PROODEEM, 2005.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de CAVALCANTI, A.C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008.
- DUCHAUFOR, P. Pedology: Pedogenesis and classification. London, George Allen & Unwin, 1982. 187p
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5.ed. Brasília - DF, 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro. **Embrapa Solos**, 2006. 306p.
- FAO, world reference base for soil resources. World soil resources Reports 106. FAO, Roma, 2014. 192 p
- FITZPATRICK, E.A. Soil microscopy and micromorphology. New York: John WileySons, 1993. 304 p.
- FONTANA, A.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; ALMEIDA, B. G.; CORREA, J. C. O.; OLIVEIRA, E. M. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 21-28 p.
- GEE, G.W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C., eds. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods, Soils Science Society of America, Book Series, n. 598, p. 255-293, 2002.
- GESTEL, C.AM.; KRIDENIER, M.; BERG, M.P. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. Biology and Fertility of Soils, v. 37, n. 2, p. 115-123, 2003.
- Hole F. D. A classification of Pedoturbations and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism. Soil scienc

91,375-377,1961 in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:1473-1478, 2001.

JACOBS, L.E.; ELTZ, F.L.F.; ROCHA, M.R.; GUTH, P.L.; HILCKMAN, C. Diversidade da fauna edáfica em campo nativo, cultura de cobertura milho + feijão de porco sob plantio direto e solo descoberto. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 4. 2007, Gramado, RS. Anais... Gramado: SBCS, 2007.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P.

JOHNSON, D.L. Darwin would be proud: bioturbation, dynamic denudation, and the power of theory in science. **Gearchaeology** 17, 7–40, 2002.  
Jones CG, Lawton JH, Shachak M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386

JUILLERET, J.; DONDEYNE, S.; VANCAMPENHOUT, K.; DECKERS, J.; HISSLER, C.; Mind the gap: a classification system for integrating the subsolum into soil surveys. *Geoderma*, v. 264, p. 332-339, 2016.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.06.04>

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W. de; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA. F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras: Editora da UFLA, p. 79-128.2013.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, MA/DNPEA – SUDENE/DRN, 1973. v.1.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v.33, p. 159-193, 1997. Disponível em: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_51-52/010015216.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010015216.pdf)

LIMA, S. S. DE; AQUINO, A. M. DE ; LEITE, L. F. C; SILVA, P. H. S. DA; CASTRO, A. A. J.F.; OLIVEIRA, F. das C. Diversidade da macrofauna edáfica em 53 agroflorestas de diferentes estádios sucessionais. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v.2 n..2. 2007.invertebrateecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology** 33, 159–193, 1997.

MAIA, S.M.; XAVIER, F.A.Z.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. *Agroforestry Systems*, v.71, p.127-138, 2007.

- MATTHEWS, R.W.; GONZÁLEZ, J.M. Nesting biology of Zeta argillaceum (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae) in southern Florida, U.S. Florida Entomologist, v.87, p.37-40, 2004.
- MCKEAGUE, J.A.; DAY, J. Dithionite-and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Canadian Journal of Soil Science, v. 46, p. 13-22, 1966.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite– citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: Clays and Clay Minerals. London. v.7 , 1960. p. 317-327.
- MURPHY, C.P. Thin section preparation of soils and sediments. Berkhamsterd: Academic Publishers, 1986. p.145.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos no Brasil: guia auxiliar para o seu reconhecimento.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 17-29.
- OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C.; FONTES, M.P.F.; LANI, J.L. Solos Brunos não cálcicos do Nordeste Brasileiro: Revisão das características e de sua classificação no sistema brasileiro de classificação de solos. In: MENDONÇA, E.S.; XAVIER, F.A.S.; LIBARDI, P.L.; ASSIS JR., R.N. & OLIVEIRA, T.S., orgs. Solo e água: Aspectos de uso e manejo com ênfase no semiárido nordestino. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. p.325-346. 2004.
- PRADO, H. Manejo dos Solos- aspectos pedológicos e suas implicações. Primeira. ed. São Paulo:Nobel, 1991. 116 p.
- RIBAS, Márton da Silva. **FEIÇÕES DE BIOTURBAÇÃO DA MACROFAUNA EM LUVISSOLOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO.** 2021. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.
- Rizzato *et al.* O Recurso Natural Solo. In: COELHO, Maurício Rizzato; SANTOS, Humberto Gonçalves dos; SILVA, Enio Fraga da; AGLIO, Mario Luiz Diamante. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Cap. 1. p. 6-10.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solos no campo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 102 p.
- SCHAETZEL, R. J.; ANDERSON, S. Soils: Genesis and Geomorphology. **Cambridge University Press**, New York, 2005, 817p.

- SCHAETZEL, R. J.; ANDERSON, S. Soils: Genesis and Geomorphology. **Cambridge University Press**, New York, 2005, 817p.
- SHIPITALO, M.J.; PROTZ, R. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma*, v. 45, p. 357-374, 1989.  
[https://doi.org/10.1016/0016-7061\(89\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0016-7061(89)90016-5)
- SILVA, F. A. M.; ANJOS, L. N. C. dos; SANTOS, K. O. dos; SILVA, E. M. da ; SILVA, S. A. S. da; Caracterização morfológica dos solos em três propriedades rurais, no travessão das 6 e 8 no município de Brasil Novo – PA, 2010. In: Semana de Integração das Ciências Agrárias, 10. Altamira- PA. Anais... Altamira: SICA, 2010.
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, v.7, p.38-47, 1992.
- SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. de S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41.2010.
- TEIXEIRA, P.C.; CAMPOS, D.V.B. ; SALDANHA, M.F.C. pH do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 199-202 p.
- VIANA, J.H.M.; TEIXEIRA, W.G.; DONAGEMMA, G.K. Densidade das partículas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análises de Solo. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017. 76-81 p.
- WILKINSON, M.T.; RICHARDS, P.J.; HUMPHREYS, G.S. Breaking ground: pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. **Earth-Science Reviews**, 97: 254-269, 2009.