



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

KEDMA CRISTINA BARROS ARAÚJO

**BESOUROS (COLEOPTERA: INSECTA) E HERBÁCEAS COMO
INDICADORES DE DESEMPENHO DA TRANSPOSIÇÃO DE SOLO NA
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NA CAATINGA**

PETROLINA

2022

KEDMA CRISTINA BARROS ARAÚJO

**BESOUROS (COLEOPTERA: INSECTA) E HERBÁCEAS COMO
INDICADORES DE DESEMPENHO DA TRANSPOSIÇÃO DE SOLO NA
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NA CAATINGA**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Renato Garcia Rodrigues
Coorientadora: Ma. Raphaela Aguiar de Castro

PETROLINA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO - UNIVASF

Gabinete da Reitoria

Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI)

Av. José de Sá Maniçoba, s/n, Campus Universitário – Centro CEP 56304-917
Caixa Postal 252, Petrolina-PE, Fone: (87) 2101- 6760, biblioteca@univasf.edu.br

Araújo, Kedma Cristina Barros
A663b Besouros (Coleoptera: Insecta) e herbáceas como indicadores de desempenho da transposição de solo na recuperação de área degradada na Caatinga / Kedma Cristina Barros Araújo. – Petrolina-PE, 2022.
ix, 40f.: il.; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2022.

Orientador: Prof.º Dr.º Renato Garcia Rodrigues.

Inclui referências.

1. Coleópteros. 2. Herbáceas. 3. Transposição de solo. 4. Restauração ecológica. I. Título. II. Rodrigues, Renato Garcia. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 595.76

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UNIVASF.
Bibliotecária: Andressa Laís Machado de Matos CRB – 4/2240.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

FOLHA DE APROVAÇÃO

KEDMA CRISTINA BARROS ARAÚJO

BESOUROS (COLEOPTERA: INSECTA) COMO INDICADORES DE
DESEMPENHO DA TRANSPOSIÇÃO DE SOLO NA RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DEGRADADA NA CAATINGA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 12 de abril de 2022.

Banca Examinadora



Renato Garcia Rodrigues, Doutor, UNIVASF - Orientador



Adeilson de Melo Silva, Doutor, Nema-UNIVASF – 1º Examinador



Daniela Cristine Mascia Vieira, Doutora, Nema-UNIVASF – 2ª Examinadora

Ao meu esposo Victor Andrey Campos Alves.

Aos meus pais Tereza Cristina Barros Araújo e José Antônio de Araújo.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força para perseverar e conseguir concluir mais esse ciclo.

À minha família pelo apoio em todos os aspectos durante todos esses anos para que fosse possível chegar até aqui. Meu esposo, meus pais, meu irmão, minha prima por toda a ajuda que me deram.

Ao Prof. Renato pela orientação concedida, por todas as conversas, pelas ideias, pela paciência e confiança em mim depositadas.

À minha co-orientadora Raphaela por todo apoio que me deu desde que começamos a trabalhar juntas. Obrigada pelas horas de conversas, pelas observações realizadas, por tudo que me ensinou.

Às minhas colegas de estágio, Patrícia e Letícia por todo companheirismo, empatia e trabalho em equipe. Foi ótimo trabalhar com vocês, conversar sobre os artigos que estudamos, nas trocas de ideias sobre a vida, vocês são incríveis.

Aos professores e colegas de turma, agradeço a vocês que de alguma forma contribuíram na minha jornada até aqui. Vou levar vocês pra sempre na memória e espero que nos encontremos por aí novamente.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nesse percurso, me ajudando de alguma forma.

RESUMO

A macrofauna responde rapidamente às operações de manejo, principalmente em relação a perturbações no ambiente físico e na quantidade e qualidade de matéria orgânica e assim podem ser utilizados como bioindicadores. Dentre os grupos, os coleópteros podem ser utilizados como bioindicadores pela alta diversidade e pela ocupação em basicamente todos os nichos. Restauração ecológica consiste na restituição de um ecossistema de modo a se aproximar ao máximo o ambiente de sua condição original. A transposição de solo auxilia no restabelecimento vegetativo, enriquecendo o solo e facilitando o estabelecimento de outros organismos. Portanto, os objetivos deste trabalho foram: avaliar como a transposição do solo influenciará na riqueza de herbáceas para melhoria das condições locais e a relação entre a diversidade de morfotipos da Ordem Coleoptera e o condicionamento do solo através da transposição. A área do experimento foi dividida em parcelas de 4 m x 8 m (32 m²), com inserção de 3 diferentes tratamentos: (A) Sem aplicação de transposição; (B) Cobertura de 15% da área total da parcela; (C) Cobertura de 30% da área total da parcela. Para herbáceas, foram instaladas quatro subparcelas de 50 cm x 50 cm (formando 1 m²), em cada parcela, onde após um ano foram avaliadas as espécies vegetais que emergiram. No mesmo período, os animais foram coletados por meio de instalações de oito armadilhas de queda do tipo pitfall por parcela, que ficaram no campo por 48 horas. Organismos das armadilhas de uma mesma parcela foram unidos em pote único contendo álcool 70% e levados ao laboratório para armazenagem até a análise. Coleoptera foi levantada dentre as ordens de insetos para uma análise mais aprofundada e o enfoque deste trabalho. A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram avaliadas através dos testes Shapiro-Wilk e Levene. A comparação da riqueza das herbáceas e da riqueza e diversidade dos coleópteros foi realizada pelo procedimento GLM da ANOVA com um fator, com posterior teste Tukey. Para Coleoptera, foi realizada a análise de similaridade (ANOSIM) entre os tratamentos e Escalonamento multidimensional não paramétrico (nMDS), para informação de quão distante cada tratamento está dos outros em relação à composição de coleópteros. Para a análise de diversidade foi utilizado o índice de Alfa de Fisher. As análises estatísticas foram realizadas nos programas STATISTICA 13, com $\alpha = 5\%$, no software R e no Past. A riqueza de herbáceas mostrou-se significativa para a transposição de solo. Com relação aos coleópteros, foram encontrados ao final das análises um total de 11 morfotipos e os dados de riqueza deram não normais ($p < 0,001$). O GLM comprovou que os tratamentos não apresentam diferença estatística, porém a similaridade entre parcelas que receberam o solo foi maior do que com o controle. A análise dos resultados mostrou a ocorrência do aumento da riqueza de herbáceas nas parcelas com transposição em relação às que não receberam tratamento. Faz-se necessário um maior período de avaliação dos coleópteros como indicadores de qualidade do solo pós implantação de condicionamento do solo através da transposição na Caatinga.

Palavras-chave: Macrofauna edáfica, Coleoptera, herbáceas, transposição de solo, restauração ecológica.

ABSTRACT

The macrofauna responds quickly to management operations, mostly in relation to the disturbances in the physical environment and in the quantity and quality of organic matter and so can be used as bioindicators. Among all the groups, beetles can be used as bioindicators due to their high diversity and occupation in basically all niches. Ecological restoration is the restitution of an ecosystem in order to bring the environment as close as possible to its original condition. Soil transposition helps in vegetative restoration, enriching the soil and facilitating the establishment of other organisms. Therefore, the objectives of this work were: to evaluate how soil transposition will influence herbaceous richness to improve local conditions and the relationship between the diversity of morphotypes of the Order Coleoptera and soil conditioning through transposition. The experiment area was divided into 4 m x 8 m (32 m²) plots, with insertion of 3 different treatments: (A) No transposition application; (B) Coverage of 15% of the total area of the plot; (C) Coverage of 30% of the total area of the plot. For herbs, four subplots measuring 50 cm x 50 cm (forming 1 m²) were installed in each plot, where after one year the plant species that emerged were evaluated. In the same period, the animals were collected by installing eight pitfall traps per plot, which were left in the field for 48 hours. Organisms from the traps of the same plot were united in a single pot containing 70% alcohol and taken to the laboratory for storage until analysis. Coleoptera was chosen among the insect orders for further analysis and the focus of this work. Data normality and variance homogeneity were evaluated using the Shapiro-Wilk and Levene tests. Comparison of herbaceous richness and coleopteran richness and diversity was performed by the GLM procedure of the one-way ANOVA, with subsequent Tukey test. For Coleoptera, similarity analysis (ANOSIM) was performed between treatments and non-parametric multidimensional scaling (nMDS) for information on how far each treatment is from the others in relation to Coleoptera composition. For diversity analysis, Fisher's Alpha index was used. Statistical analyzes were performed in the STATISTICA 13 programs, with $\alpha = 5\%$, in the R and Past software. The herbaceous richness was significant for soil transposition. With regard to Coleoptera, a total of 11 morphotypes were found at the end of the analyses, and the richness data were not normal ($p < 0.001$). The GLM proved that the treatments do not show statistical difference, but the similarity between plots that received the soil was greater than with the control. The analysis of the results showed the occurrence of an increase in herbaceous richness in plots with transposition in relation to those that did not receive treatment. A longer period of evaluation of beetles is necessary as indicators of soil quality after implantation of soil conditioning through the transposition in the Caatinga.

Key-words: Edaphic macrofauna, Coleoptera, herbaceous, topsoil transfer, ecological restoration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	05
2. REFERENCIAL TEÓRICO	08
2.1 MACROFAUNA EDÁFICA	08
2.2 MACROFAUNA COMO BIOINDICADOR	09
2.3 DEGRADAÇÃO DA CAATINGA	11
2.4 RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	12
3. METODOLOGIA	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO	14
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	14
3.3 ANÁLISE DE HERBÁCEAS	16
3.4 ANÁLISE DE MACROFAUNA	18
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 ÁREA DE HERBÁCEAS	20
4.2 ANÁLISE DE MACROFAUNA	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
6. REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A fauna edáfica é composta por milhares de espécies de organismos invertebrados que podem variar de alguns micrômetros (microfauna) até metros de comprimento, nesse caso, macrofauna (BROWN et al., 2015). A macrofauna abrange mais de 20 grupos taxonômicos do tipo ordem e dentre os seus representantes estão aranhas (Araneae), tesourinhas (Dermaptera), caracóis (Pulmonata) e escorpiões (Scorpiones) (BROWN et al., 2015; CORREIA et al., 2019). Suas atividades e especificidades são imprescindíveis para a sustentabilidade de ecossistemas manejados ou naturais (COELHO et al., 2021; SOUZA et al., 2015).

A camada superficial do solo é a mais afetada pelas ações antrópicas de manejo, como o preparo do solo para plantio e a adubação (ARAUJO et al., 2009). Acontece nessa região a maior concentração da macrofauna, que é sensível a processos de modificações no ambiente, de modo que, havendo a redução na disponibilidade de recursos, alterações de temperatura e pH do solo, por exemplo, podem levar a uma diminuição dessa fauna edáfica. Estes invertebrados respondem de forma rápida às operações de manejo, principalmente em relação a perturbações no ambiente físico e na quantidade e qualidade de matéria orgânica (BARETTA et al., 2010. ARAUJO et al., 2012). A utilização da macrofauna como indicadora da qualidade do solo é fartamente documentada, principalmente em ambientes submetidos à interferência antrópica (ALMEIDA et al., 2015).

Muitos são os trabalhos que indicam Coleoptera como potenciais bioindicadores (AGUIAR et al., 2021, VIEGAS, 2018; NASCIMENTO, 2019; NUNES et al., 2017), por estes serem comumente amostrados, com grande diversidade, em razão da grande variedade de nichos que ocupam e pelos hábitos alimentares diversos, quando são submetidos a diversos manejos apresentam uma rápida resposta às alterações ambientais, podendo ter um aumento da diversidade quando há um enriquecimento no ambiente ou levando a diminuição em situações de processos de degradação ambiental. Porém, mesmo com a importância desses animais para os ecossistemas, os trabalhos de avaliação de seus efeitos bioindicadores na Caatinga são poucos.

Pelos parâmetros biológicos apresentarem a tendência de maior susceptibilidade a mudanças no ambiente, estabelecer índices qualitativos e quantitativos da macrofauna edáfica contribui na compreensão da alteração na qualidade do solo ocasionada pela interferência antrópica nos ecossistemas (MARQUES et al., 2014). Esses resultados podem servir de auxílio no processo da restauração dos ecossistemas degradados e no monitoramento das áreas manejadas (TEIXEIRA et al., 2018). Os coleópteros podem

indicar se uma metodologia de restauração, como a transposição de solo, está contribuindo para a restauração do ambiente (SPILLER et al., 2018).

A abundância, riqueza e diversidade da macrofauna são os principais parâmetros que variam com práticas de manejo, influenciando de maneira direta as funções biológicas e ecológicas do solo. Entretanto, também são afetadas pela intensidade da utilização do solo, pelas mudanças ocorridas na cobertura vegetal e no microclima. A ordem Coleoptera é bastante variável com pequenas mudanças e pode se apresentar como uma boa indicadora de alterações ocorridas no ambiente (SPILLER et al., 2018).

A intensificação das atividades antrópicas em processos de exploração do ambiente como atividades agrícolas que promovem a retirada da vegetação nativa para substituição por cultivos, de ciclo diferente (SOUTO et al., 2017) e atividades pecuárias na Caatinga têm contribuído para a degradação do ecossistema e para a formação de núcleos de desertificação (LEAL et al., 2003; SOUSA et al., 2020). Dessa forma, têm-se solos sem a reposição de nutrientes que levam a uma perda de fertilidade. Diante disso, torna-se cada vez mais necessário em seu território o processo de restauração de áreas degradadas (FABRICANTE et al., 2017). A recuperação de uma área degradada pode ocorrer através da regeneração natural ou por técnicas de restauração ecológica ativas (SOUTO et al., 2017).

A restauração ecológica é um processo de restituição de um ecossistema de modo a se aproximar ao máximo o ambiente de sua condição original (REIS et al., 2014). Através da utilização de técnicas de nucleação, esse processo de restauração é uma alternativa quando a regeneração natural se torna inviável (SOUSA, 2017). Entre as técnicas de nucleação, a de transposição de solo está em destaque por que o solo depositado na área degradada serve de fonte de propágulos e pode introduzir abundância e riqueza de espécies nativas regionais, estabelecendo novo ritmo sucessional na área degradada (REIS et al., 2003). O acréscimo vegetativo pode promover um aumento na riqueza e abundância das espécies da macrofauna, facilitando o processo de restabelecimento dos organismos no ambiente (LIMA et al., 2017).

A técnica de transposição de solo consiste em retirar camada superficial do solo de uma área conservada e depositar na área degradada de mesma tipologia vegetal (REIS et al., 2014; SOUSA et al., 2020). Neste caso, espera-se que através da transposição do solo, a área com maior transposição se mostrará com maior diversidade vegetativa, e conseqüentemente apresentará maior riqueza de coleópteros. Por meio disso, os objetivos deste trabalho foram: i) Avaliar se a transposição do solo em diferentes condicionamentos

influenciará na riqueza de herbáceas para melhoria das condições locais e ii) Verificar se há relação entre a diversidade de morfotipos da Ordem Coleoptera e o condicionamento do solo através da transposição. Para isso, as hipóteses do estudo determinam que i) A transposição de solo proporcionará aumento da riqueza de herbáceas ii) Aumento da riqueza e diversidade de coleópteros nas áreas que foram implantadas o condicionamento do solo. Além disso, iii) As áreas com transposição apresentarão maior similaridade entre si em relação a composição das espécies comparadas com as áreas em que a transposição não ocorreu.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MACROFAUNA EDÁFICA

A fauna do solo é constituída de um grupo diverso de organismos que podem apresentar parte do seu ciclo de vida no solo ou viver nele de modo permanente (MANHÃES; FRANCELINO, 2012). Estes organismos são variantes em tamanho podendo ir desde alguns micrômetros (ex.: protozoários), terem centímetros de diâmetro (ex.: caracóis terrestres) e até mais de um metro de comprimento (ex.: minhocas) (LINDEN et al., 1994 ; MARTINS et al., 2021). A classificação desses animais pode ser embasada em muitos critérios como aspectos da mobilidade, hábito alimentar e função que desempenham no solo. Com base no tamanho e mobilidade, estes organismos são subdivididos em micro, meso e macrofauna (MELO et al., 2009; DIONÍSIO et al., 2016).

A macrofauna engloba organismos visíveis a olho nu (>2,0 mm), pertencentes a mais de 20 grupos taxonômicos (LIMA et al., 2021). A macrofauna edáfica está envolvida especialmente em funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas de detritos da serrapilheira e do interior do solo. Essas funções podem estar relacionadas aos mais diversos processos, tais como o revolvimento do solo, incorporação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (SANTOS et al., 2017). A abundância e riqueza dos animais que participam destes processos vai determinar a sua velocidade e magnitude, por exemplo, da mineralização, assim as plantas podem ser afetadas por esses organismos edáficos, ainda que haja a adubação mineral (CORREIA; OLIVEIRA, 2006; FERREIRA et al., 2019).

O filo Mollusca é representado pela classe Gastropoda, que inclui os caracóis e lesmas. Estes animais fazem uso da matéria orgânica encontrada no substrato, que servirá como fonte energética para seu desenvolvimento, suas atividades metabólicas e seu processo reprodutivo (TEIXEIRA et al., 2018). As minhocas (Oligochaeta) são as representantes de Annelida. Arthropoda é altamente diversificado e entre seus representantes estão os insetos (Hexapoda), crustáceos (Crustacea) e aranhas (Arachnida) (BRUSCA e BRUSCA, 2007; SOUZA et al., 2015). Incluso nos insetos mais conhecidos estão os cupins, as formigas, os besouros, os tatuzinhos, as tesourinhas e os percevejos (MELO et al., 2009; ALVES et al., 2014).

A diversidade de organismos que compõem a fauna edáfica leva aos ecologistas de modo frequente façam uso dos grupos funcionais para facilitar na descrição desses animais (BROWN et al., 2015). O conceito de grupo funcional pode ser alterado de acordo com o objetivo da análise a ser realizada. De modo geral, para fazer a definição, considera-se o critério trófico, porém, a função específica exercida pelo organismo e/ou os

processos específicos que por eles são mediados pode ser utilizada (CORREIA et al., 2019). Segundo BROWN et al. (2015) os principais grupos funcionais da fauna do solo são os geófagos, detritívoros/decompositores, fitófagos, predadores e parasitos.

Geófagos são aqueles que se alimentam especialmente de matéria orgânica do solo em diferentes níveis de humificação e/ou raízes mortas. As minhocas endógenas são as principais representantes desta categoria. Os caracóis, minhocas epígeas e anécicas, assim como diversos artrópodes se alimentam de material animal ou vegetal em diferentes graus de decomposição e por isso são chamados de detritívoros (BROWN et al., 2001; CORREIA et al., 2019).

Animais predadores são sobretudo carnívoros, se alimentando de outros indivíduos de variadas famílias, como é o caso das espécies de coleópteros da família Carabidae. Os onívoros são generalistas, alimentando-se tanto de organismos de origem animal quanto de origem vegetal. Os fitófagos e rizófagos comem plantas vivas e incluem artrópodes e caracóis. São considerados os parasitos aqueles que vivem às custas de outros organismos sem lhes trazer nenhum benefício, como os nematódeos. (BROWN et al., 2001, BROWN et al., 2015). Mesmo que de maneira geral os nematódeos sejam geralmente considerados como parte da microfauna, os mermitídeos, principalmente aqueles que são entomopatógenos podem chegar a vários centímetros de comprimento e por isso podem ser considerados como parte da macrofauna (BROWN et al., 2001).

Alguns indivíduos ou grupos da macrofauna, como os besouros escarabeídeos, as minhocas, as formigas e os cupins podem atuar como engenheiros do ecossistema (BROWN et al., 2001, BROWN et al., 2015). Estes por sua vez são organismos que diretamente ou indiretamente são capazes de modular a disponibilidade de recursos para outras espécies. Isso acontece através de modificações no estado físico em materiais bióticos e abióticos, criando e/ou mantendo habitats passíveis de utilização pelas espécies beneficiadas (JONES et al., 1994; CORREIA ; OLIVEIRA, 2006; BROWN et al., 2015).

2.2 MACROFAUNA COMO BIOINDICADOR

A qualidade do solo é definida como a capacidade edáfica de funcionar dentro dos limites dos ecossistemas manejados ou naturais, mantendo a qualidade ambiental, assim como também promovendo a saúde dos organismos (DORAN, 2002; MOÇO, 2006; BIANCHI et al, 2017). A estimativa da qualidade do solo é realizada através da observação ou medição de diversos processos, que pode levar em consideração como indicadores das condições do solo as características biológicas, químicas e físicas (MANHÃES, 2011). Um bom indicador da qualidade do solo deve estar associado aos

grandes processos do ecossistema, precisa integrar propriedades físicas, químicas e biológicas, ser sensível a variações no manejo e no clima e ser acessível a muitos usuários e aplicável a condições de campo (DORAN; PARKIN, 1994; CORREIA; OLIVEIRA, 2000;).

Os bioindicadores são espécies ou grupos de espécies, que respondem perceptivelmente a mudanças nas condições do ambiente e às perturbações ambientais (ZATORRE, 2008; BARETTA et al., 2010; CORREIA et al., 2019). A macrofauna edáfica vem sendo utilizada como indicador ecológico em razão desses invertebrados do solo serem capazes de refletir mudanças no ambiente, sejam estas químicas, físicas ou biológicas (LINDEN et al., 1994; MATOS et al., 2019).

Em análises de propriedades físicas, a fauna edáfica pode interferir na aeração do solo, em sua porosidade, percolação e armazenamento de água, por exemplo. Nos parâmetros químicos do solo, dentre os que são utilizados como variáveis que influenciam a distribuição dos invertebrados estão o Ca, K, C.O e P. Eles têm sido associados a uma correlação positiva com a macrofauna, quando são encontrados no solo. Nos aspectos biológicos, estes animais podem ser relacionados aos processos de decomposição e disseminação de esporos (PATUCCI et al., 2018; SILVA et al., 2020). Além disso, a macrofauna está bem relacionada aos processos de decomposição e ciclagem dos nutrientes, que são fundamentais no processo de manutenção da produtividade dentro de um ecossistema (MANHÃES; FRANCELENO, 2012; MORALES-ROJAS et al., 2021).

A macrofauna do solo é afetada por fatores como, temperatura, pH, qualidade e quantidade da matéria orgânica, teores de nutrientes, umidade e cobertura vegetal. As práticas agrícolas promovem alteração na abundância de organismos e diversidade de espécies, causando a redução deles e pode representar uma alteração das próprias características do solo (MOÇO, 2006). O conhecimento da comunidade dessa fauna edáfica, pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de um sistema natural interferido (LINDEN et al., 1994; HOFFMANN et al., 2009).

Ações de impacto destrutivo levam ao comprometimento das funções desses organismos dentro dos sistemas biológicos (ROVEDDER et al., 2009). A medida da abundância, diversidade ou atividade da fauna do solo pode apresentar um indicador útil da qualidade do solo (LINDEN et al., 1994). Desse modo, uma maneira estratégica de avaliar o impacto ambiental e adquirir mais informações sobre os bioindicadores da qualidade do solo é realizando um comparativo dos índices de diversidade da macrofauna edáfica em áreas que passaram por degradações com áreas que permanecem mais

próximas ao estado natural do ecossistema. O que tem sido observado é que estas áreas com o esgotamento de nutrientes e redução na complexidade e estabilidade da comunidade biológica do solo apresentam menor diversidade de organismos do solo do que áreas cobertas por vegetação natural (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; MOÇO, 2006).

Para a compreensão dos índices quantitativos e qualitativos dos invertebrados do solo, se faz necessário uma percepção e conhecimento da diversificação de um ecossistema, em diversas épocas do ano. Além disso, saber como a variação de clima e temperatura altera a quantidade de organismos que vivem, ou dependem do solo é importante (TEIXEIRA et al., 2018). A macrofauna edáfica pode receber benefícios com o aumento quanti e qualitativo dos resíduos vegetais, como de serapilheira, que utilizam como recurso alimentar. Assim o esperado é que em áreas que apresentaram uma maior cobertura vegetal, seja encontrada uma maior riqueza de animais (SILVA et al, 2013; SILVA et al, 2015).

Coleoptera representa o maior grupo dentre os animais e possui mais de 340.000 espécies descritas. Eles se diferenciam dos outros grupos principalmente por possuírem élitros, que dentre suas funções, tem a de proteção das asas funcionais desses insetos. (MAGALHÃES et al., 2015; COMPARSI et al., 2021). Os coleópteros estão muito associados à matéria orgânica, onde podem desempenhar funções detritívoras de matéria orgânica, abrindo galerias verticais pela deposição de excrementos, assim como podem atuar como predadores (MUDREK; MASSOLI JUNIOR., 2014; SILVA et al., 2015). Spiller et al (2018) afirmam que os coleópteros, como os pertencentes às famílias Chrysomelidae, Elateridae, Carabidae, Cerambycidae e Curculionidae estão entre aqueles considerados bons indicadores por representarem fielmente as condições ecológicas dos habitats onde ocorrem.

Na família Scarabaeidae, os besouros coprófagos atuam na fragmentação da matéria orgânica, reciclam excrementos de outros animais, aumentando a fertilidade do solo, assim como agem no controle populacional. São considerados um grupo com uma grande importância ecológica, de modo que sua ausência ou presença podem colaborar em estudos sobre a intervenção não natural ocasionadas nos ambientes. (RODRIGUES et al., 2010; SANTOS; BARROS, 2021).

2.3 DEGRADAÇÃO DA CAATINGA

A cobertura vegetal típica do semiárido brasileiro é composta pelas Caatingas, que apresentam alta diversidade em seus padrões fisionômicos e florísticos e se distribuem em uma área com cerca de 800.000 km² (FARIAS et al., 2016). O nome “caatinga” é originado

do Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, uma referência ao aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem (PRADO, 2003). Podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas. Durante o período de seca, diversas espécies realizam a construção e manutenção no estoque do banco de sementes pela produção e dispersão de sementes, como uma estratégia de sobrevivência (LEAL et al., 2003; RIBEIRO et al., 2017). As Caatingas englobam uma diversidade vegetativa rica em espécies raras e endêmicas, sendo um ecossistema exclusivamente brasileiro (SIQUEIRA FILHO et al., 2012; AGRA; PINA, 2020).

O processo de degradação das terras em áreas de regiões semiáridas pode ser causado por diversos fatores e as atividades humanas, principalmente no que se refere a utilização inadequada de recursos naturais como a extração excessiva de produtos florestais, queimadas, e a utilização intensiva do solo com manejo inadequado tem uma grande parcela no problema (MMA, 2004; SANTOS, 2016). Essa intensificação de uso do solo tem causado na Caatinga a erosão do solo, a sedimentação de rios e reservatórios e a perda de diversidade biológica. (ARAÚJO FILHO, 2013)

De modo geral, o processo de degradação do ecossistema leva a uma queda da qualidade do solo, assim como a uma regressão da sucessão ecológica (RODRÍGUES et al., 2005; ALVES; ALMEIDA, 2020). Assim, a identificação do grau de conservação e da transformação da paisagem desse ecossistema e a identificação do sistema de manejo florestal mais adequado à realidade do ecossistema Caatinga é fundamental para garantir sua recuperação após intervenções antrópicas. Nesse caso, esse resultado levará a compreensão do grau de perturbação gerado naquele ambiente e fornecerá parâmetros para selecionar manejos mais adequados (MATOS et al., 2019). Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas que otimizem a recuperação dos ambientes degradados é necessário para reverter o quadro. A restauração ecológica possibilita a recomposição dos ambientes, pelo uso das características edafoclimáticas da região em questão (SARAIVA, 2018).

2.4 RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A restauração ecológica pode ser definida como o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER, 2004). É o caminho pelo qual há uma alteração intencional em um local com o intuito de resgatar o funcionamento, estrutura, diversidade e dinâmica do ecossistema específico (PRIMACK e RODRIGUES, 2001; MICCOLIS et al., 2016). Os processos de recuperação

de uma área degradada podem acontecer de maneira natural, sendo desnecessária a intervenção humana. A rapidez dessa recuperação vai depender do processo de intemperização dos solos, da proximidade de árvores porta-sementes e do banco de sementes (LIMA, 2004).

A restauração ecológica com frequência é utilizada em diferentes regiões do Brasil, como uma maneira de potencializar a conservação da diversidade biológica assim como na reversão do processo de degradação (GOMES, 2017). Dentre os modelos de restauração utilizados, a nucleação atualmente está entre os mais utilizados (SOUSA, 2017). A nucleação é um processo que envolve um elemento biológico ou abiótico que potencialize dentro das comunidades em restauração novas populações. O resultado da ação destes elementos bióticos e abióticos é a formação de núcleos de diversidade (REIS et al., 2014). Segundo Reis et al. (2003) a transposição do solo, os poleiros artificiais e a transposição de galharia estão entre as técnicas de nucleação.

Dentre as potencialidades dos elementos naturais acessíveis no local de formação utilizados na nucleação estão em destaque a serapilheira e a transposição de solo e que visam aperfeiçoarem o processo de recuperação da área degradada por meio do banco de sementes do material transposto (SARAIVA, 2018). A transposição consiste na transferência de pequenas faixas de solo de uma área em melhor estado de conservação para outra mais degradada (REIS et al., 2014). Essa técnica visa a melhora do ambiente para os organismos edáficos, incluindo a macrofauna e mostra-se eficiente no restabelecimento das interações entre as formas de vida e também possibilita a associação entre espécies vegetais pioneiras, herbáceas e arbustivas. O material transportado por apresentar uma excelente heterogeneidade favorece a incorporação de novos organismos (SARAIVA, 2018).

Para avaliação do sucesso das técnicas de restauração diversos fatores são considerados no período pós implantação, o monitoramento. Na avaliação realizada nas áreas pode-se obter valores relacionados ao ganho em número de espécies vegetais, de herbáceas a árvores, de diversidade, funcionalidade, cobertura vegetal e favorecimento do advento de novas espécies. Dentre estas, a diversidade e a densidade da macrofauna podem servir como um indicativo da qualidade do solo, sendo utilizadas na determinação da degradação ou recuperação de áreas (ALVES et al., 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo pertence à Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Ciências Agrárias, localizado em Petrolina-PE (Figura 1). Apresenta mais de 15 anos de degradação, no qual a sua camada superficial de solo foi retirada para construção da estrada que passa pelo campus. O clima em Petrolina, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, caracterizado pela irregularidade e escassez das precipitações, com chuvas no verão e forte evaporação, como consequência das altas temperaturas com média entre 24°C e 28°C e pluviosidade média anual de 535,5 mm (TEIXEIRA, 2010; SALAZAR et al., 2020).

Figura 1. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias – Petrolina-PE



Fonte: CEAGRO UNIVASF.

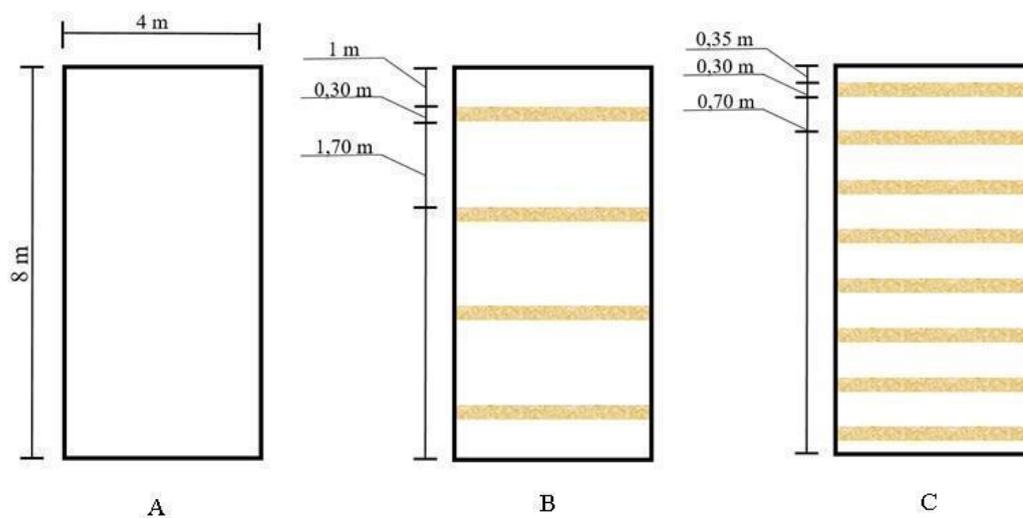
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento faz parte de um projeto de doutorado a respeito de Técnicas de Restauração de Áreas Degradadas desenvolvido pela Ma. Raphaela Aguiar de Castro, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, da Universidade Federal de Sergipe em parceria com o Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental – NEMA.

O solo encontrava-se degradado, sem camada superficial e sem presença de espécies vegetais. A área foi limpa e fez-se o revolvimento de aproximadamente 30 cm desse solo

para descompactá-lo. A área foi dividida em parcelas de 4 m x 8 m (32 m²). Para o condicionamento, houve transposição de solo em diferentes porcentagens da área de cada parcela (Figura 2). Isso ocasionou no surgimento de 3 tratamentos diferentes a serem analisados (Figura 3): (A) Sem aplicação de transposição; (B) Quatro faixas de 4 (comprimento) x 0,3 (largura) x 0,05 (altura) m, representando a cobertura de 15% da área total da parcela, compondo um total de 60 litros de solo utilizado por faixa; (C) Oito faixas de 4 x 0,3 x 0,05 m, representando 30% de cobertura. Cada tratamento foi desenvolvido com 10 repetições cada, formando um total de 30 parcelas. O solo retirado foi composto da camada inicial de solo, de 10 cm, incluindo a serrapilheira, de uma área em melhor estado de conservação próxima ao local do experimento. Este solo não foi hidratado, sendo irrigado apenas com água de precipitação pluviométrica.

Figura 2. Delineamento experimental dos tratamentos de condicionamento do solo desenvolvido para restauração da Caatinga, Petrolina, PE. À saber: (A) Sem aplicação de transposição; (B) Quatro faixas de solo, representando a cobertura de 15% da área total da parcela; (C) Oito faixas de solo, representando 30% de cobertura.



Fonte: CASTRO (2019)

Figura 3. Estabelecimento das parcelas e condicionamento do solo. (A) Deposição do solo transposto na área de estudo; (B) e (C) Estabelecimento das faixas contínuas; (D) Parcelas condicionadas.

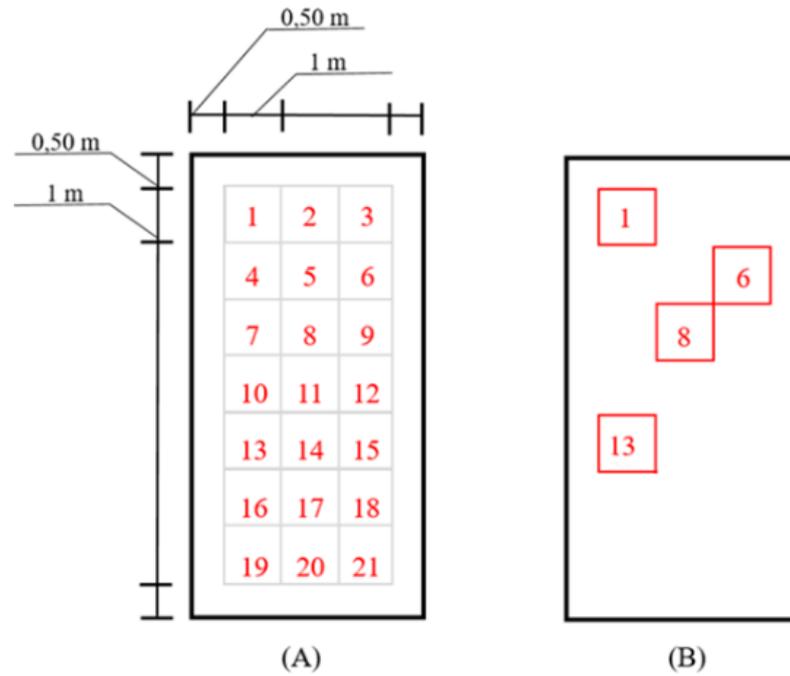


Fonte: CASTRO (2019)

3.3 ANÁLISE DE HERBÁCEAS

Para avaliar a relação entre os organismos vegetais e os coleópteros nos tratamentos de transposição foi realizado um desenho experimental em cada parcela. Criou-se um GRID com 21 quadrantes de 50 x 50 cm para sorteio de quatro subparcelas, (Figura 4). Para avaliação da riqueza das espécies, foram utilizadas essas quatro subparcelas, que juntas formaram uma amostragem de 1 m². Cada parcela teve seu próprio sorteio, visando maior variabilidade possível para as análises. Após um ano de implantação do experimento, no período chuvoso do local, foram contabilizadas todas as espécies que emergiram nas subparcelas (Figura 5).

Figura 4. Modelo esquemático do GRID utilizado para o sorteio (A) das quatro subparcelas (B) que estão sendo utilizadas nas avaliações dos tratamentos de condicionamento do solo desenvolvido para restauração da Caatinga, Petrolina, PE.



Fonte: CASTRO (2019)

Figura 5. Subparcela 0,5m x 0,5m.

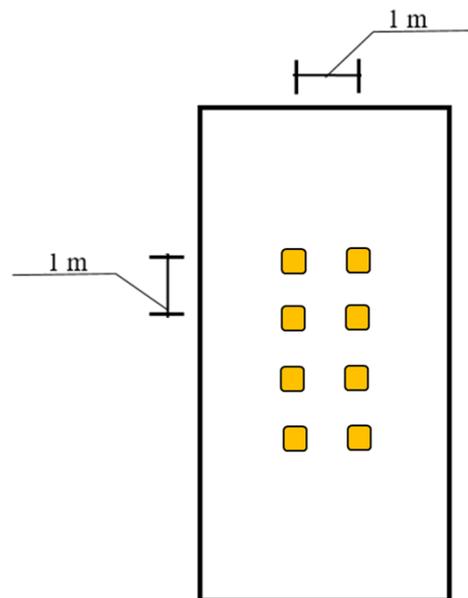


Fonte: CASTRO (2019)

3.4 ANÁLISE DE MACROFAUNA

A coleta dos animais também ocorreu um ano após o condicionamento do solo. A captura dos organismos aconteceu por meio de instalações de armadilhas de queda do tipo pitfall, com a utilização de potes plásticos de 500g. Os potes foram enterrados a nível do solo, contendo uma solução de 200mL de água e 2 gotas de detergente (para quebrar a tensão superficial da água). Ficaram no campo por 48 horas, com reposição da solução quando se fez necessário. Cada parcela recebeu 8 armadilhas distanciadas 1 m entre si, formando um GRID de 3 m² (Figura 6).

Figura 6. Modelo esquemático do GRID utilizado para as oito armadilhas de queda do tipo pitfall em cada parcela experimental nas avaliações dos coleópteros nos tratamentos de condicionamento do solo desenvolvido para restauração da Caatinga, Petrolina, PE.



Quando retiradas, o conteúdo foi peneirado (Figura 7), os organismos das armadilhas de uma mesma parcela foram unidos em um único pote contendo álcool 70% e levados ao laboratório para armazenagem até o momento da análise. A Ordem Coleoptera foi levantada dentre as ordens de insetos para uma análise mais aprofundada e o enfoque deste trabalho. Assim, foi verificada a presença desses organismos dentre as parcelas.

Figura 7. Coleta e organização dos invertebrados para posteriores análises. O conteúdo dos oitos potes de uma mesma parcela, sendo unido em um pote único.



Fonte: Autoria própria

A identificação dos organismos foi realizada por meio da utilização do microscópio estereoscópico e a classificação no grupo taxonômico Ordem Coleoptera aconteceu através da comparação morfológica de acordo com a literatura. Em cada um dos potes foram anotados se havia a presença ou ausência de coleópteros e quais os morfotipos encontrados em cada uma. Com as informações obtidas foram calculadas a abundância, a riqueza e a diversidade dos invertebrados.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

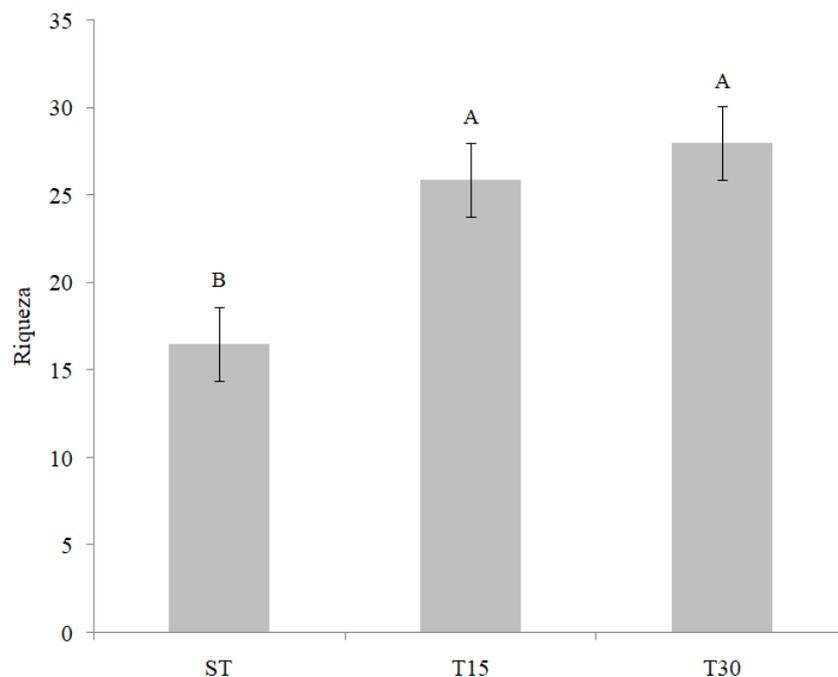
A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram avaliadas através dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente (ZAR, 1999). A comparação da riqueza das herbáceas e da riqueza e diversidade dos coleópteros foi realizada pelo procedimento GLM da ANOVA com um fator (transposição do solo), com posterior teste Tukey. Além disso, para Coleoptera, foi realizada a análise de similaridade (ANOSIM) entre os tratamentos e Escalonamento multidimensional não paramétrico (nMDS), para informação de quão distante cada tratamento está dos outros em relação à composição de coleópteros. Para a análise de diversidade foi utilizado o índice de Alfa de Fisher. As análises estatísticas foram realizadas nos programas STATISTICA 13, com $\alpha = 5\%$ (STATSOFT, 2012), no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) e no Past.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÁREA DE HERBÁCEAS

A análise da riqueza de herbáceas demonstrou a normalidade dos dados ($p = 0,15$). Entre os tratamentos, os dados se apresentaram estatisticamente diferentes ($p < 0,0001$). Nas parcelas sem a transposição foi observada uma riqueza de $16,6 \pm 4,4$, que diferiu dos demais tratamentos com transposição. Os dois tratamentos de solo se apresentaram iguais estatisticamente, com valores de $25,9 \pm 6$, para T15 e $28 \pm 3,5$, para T30 (Figura 8).

Figura 8. Riqueza de herbáceas dos tratamentos de condicionamento do solo desenvolvido para restauração da Caatinga, Petrolina, PE. À saber: (ST) Sem aplicação de transposição; (T15) Quatro faixas de solo, representando a cobertura de 15% da área total da parcela; (T30) Oito faixas de solo, representando 30% de cobertura.



Fonte: Autoria própria

A transposição de solo leva a um aumento na riqueza em razão de trazer sementes no banco de sementes de herbáceas, arbustivas e arbóreas. Ao longo do tempo, essas espécies que germinaram inicialmente florescem e frutificam aumentando o banco de sementes daquele solo que tendem a crescer mais a cada ciclo chuvoso. No mesmo sentido, a presença dessas espécies promovem alterações edafoclimáticas locais que proporcionam atração da fauna dispersora e melhora as características do ambiente para o advento de novos propágulos (SANTOS et al., 2020). As espécies herbáceas-arbustivas que são predominantes em fases mais iniciais são muito importantes no processo de conservação do solo, protegendo-o da ação direta das gotas de chuva, radiação solar e

ventos (SOUSA et al., 2020).

Assim, a cada novo ciclo germinativo proporcionado pelas chuvas e favorecimento da sucessão da nova área implantada as características do solo são modificadas. O tempo para que se torne significativa as alterações vai depender das características locais, como o estado inicial do solo que sofreu degradação, a disponibilidade de advento de novos propágulos pela presença de fragmentos florestais do entorno, bem como, da manutenção da restauração, através, por exemplo, do cercamento da área contra presença de animais de pastoreio e presenças indesejáveis.

Na Caatinga, dentre as famílias de herbáceas mais frequentes estão a Caesalpinaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Poaceae (ANDRADE et al., 2009; ARAÚJO FILHO., 2013; AGUIAR et al., 2019). Entre as espécies encontradas na área de estudo estão *Hexasepalum teres*, *Richardia brasiliensis.*, *Scoparia dulcis*, *Portulaca eliator*, *Chamaecrista pilosa*, *Zornia latifolia*, *Sida galheirensis*, *Corchorus argutus* e *Cyperus fugax*.

Em seu trabalho, SOUSA et al (2020) analisaram como o transporte de solo em parcelas de 1m² influenciou em diferentes regiões em estágio de sucessão avançado. Foi possível perceber a presença de espécies herbáceas e arbustivas-arbóreas, assim como um aumento na riqueza nas áreas em que a transposição de solo foi realizada. Dessa forma, têm-se o respaldo de como a transposição deve ser eficaz no aumento de riqueza a curto prazo, necessitando de análises futuras para avaliação de melhorias gerais em relação aos demais parâmetros associados à restauração ambiental.

4.2 ANÁLISE DE MACROFAUNA

Foram encontrados ao final das análises um total de 10 morfotipos de coleópteros (Tabela 1).

Tabela 1: Riqueza e abundância dos morfotipos nas parcelas.

CONDICIONAMENTO	MORFOTIPO									
	sp1	sp2	sp3	sp4	sp5	sp6	sp7	sp8	sp9	sp10
ST	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST	9	0	0	1	4	3	2	0	0	0

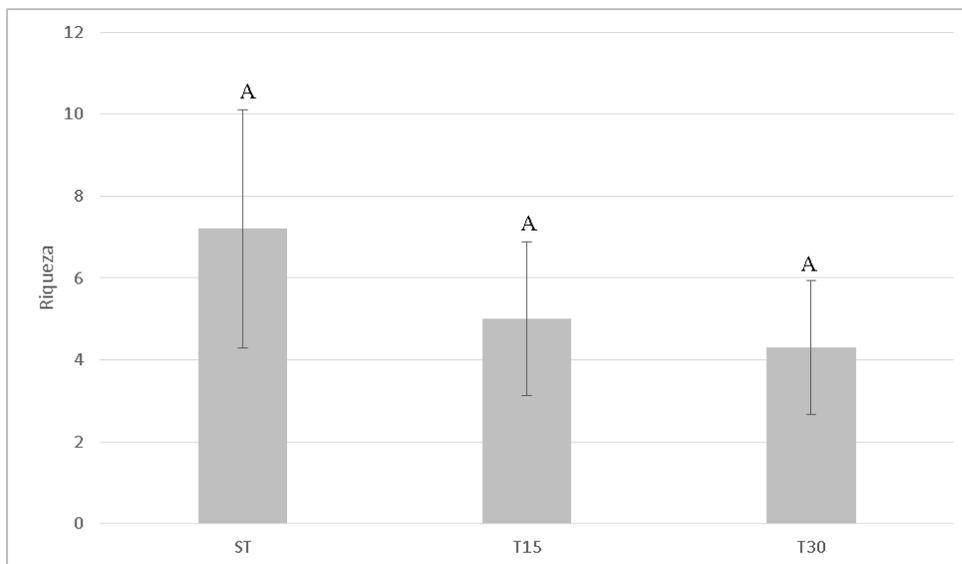
ST	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ST	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0
ST	21	0	0	1	2	0	0	1	0	0
ST	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
ST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
ST	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T15	1	0	0	5	1	0	1	0	0	0
T15	4	0	0	2	3	0	0	0	0	0
T15	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
T15	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
T15	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0
T15	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
T15	4	0	0	0	0	0	0	0	6	0
T15	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0
T15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDICIONAMIENTO	MORFOTIPO									
	sp1	sp2	sp3	sp4	sp5	sp6	sp7	sp8	sp9	sp10
T15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
T30	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0
T30	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0

T30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
T30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
T30	2	0	0	0	0	0	0	1	3	0
T30	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1
T30	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
T30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Os dados de riqueza de coleópteros foram não normais ($p < 0,001$). Assim, através do GLM pode-se comprovar que os tratamentos não apresentam diferença estatística ($p = 0,43$), com médias e desvio padrão de $7,2 \pm 8,4$; nas parcelas sem transposição, para $5 \pm 3,5$; para T15 e $4,3 \pm 2,7$, para T30 (Figura 9).

Figura 9 . Riqueza de coleópteros nos tratamentos de condicionamento do solo desenvolvido para restauração da Caatinga, Petrolina, PE. À saber: (ST) Sem aplicação de transposição; (T15) Quatro faixas de solo, representando a cobertura de 15% da área total da parcela; (T30) Oito faixas de solo, representando 30% de cobertura.



Fonte: Autoria própria

Para composição das espécies, a análise de similaridade demonstrou igualdade na

composição das espécies entre os dois tratamentos com transposição de solo ($p = 0,62$), e entre as parcelas sem transposição e com 30% de cobertura da área ($p = 0,76$), bem como entre as parcelas sem transposição ($p = 0,26$) quando comparada a com 30% da área, como observado na Tabela 2.

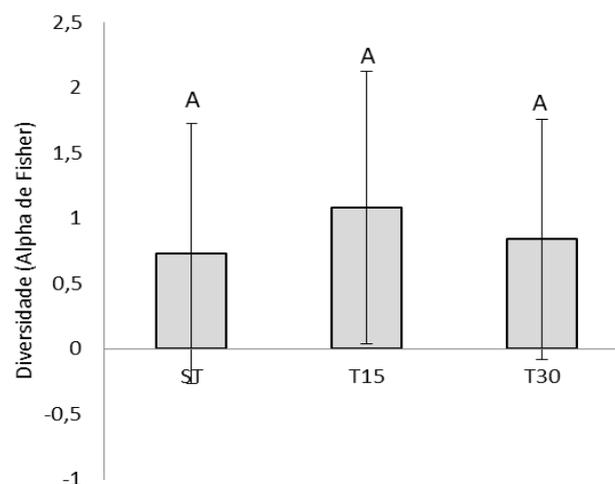
Tabela 2. Análise de similaridade (ANOSIM) entre as parcelas: (ST) Sem aplicação de transposição; (T15) Quatro faixas de solo, representando a cobertura de 15% da área total da parcela; (T30) Oito faixas de solo, representando 30% de cobertura.

	ST	T15	T30
ST		$p = 0,26$	$p = 0,76$
T15	-	-	$p = 0,62$
T30	-	-	-

Fonte: Autoria própria

A respeito da normalidade dos dados de diversidade, se apresentaram não normais ($p < 0,01$). A diversidade entre os coleópteros não demonstrou ser significativa entre os tratamentos ($p = 0,73$), corroborando com os dados de riqueza já apresentados, com média e desvio padrão de $0,73 \pm 0,98$, para áreas sem transposição, $1,08 \pm 1,09$, para T15 e $0,84 \pm 0,85$, para T30 (Figura 10).

Figura 10. Análise de Diversidade (Alpha de Fisher) entre as parcelas: (ST) Sem aplicação de transposição; (T15) Quatro faixas de solo, representando a cobertura de 15% da área total da parcela; (T30) Oito faixas de solo, representando 30% de cobertura.

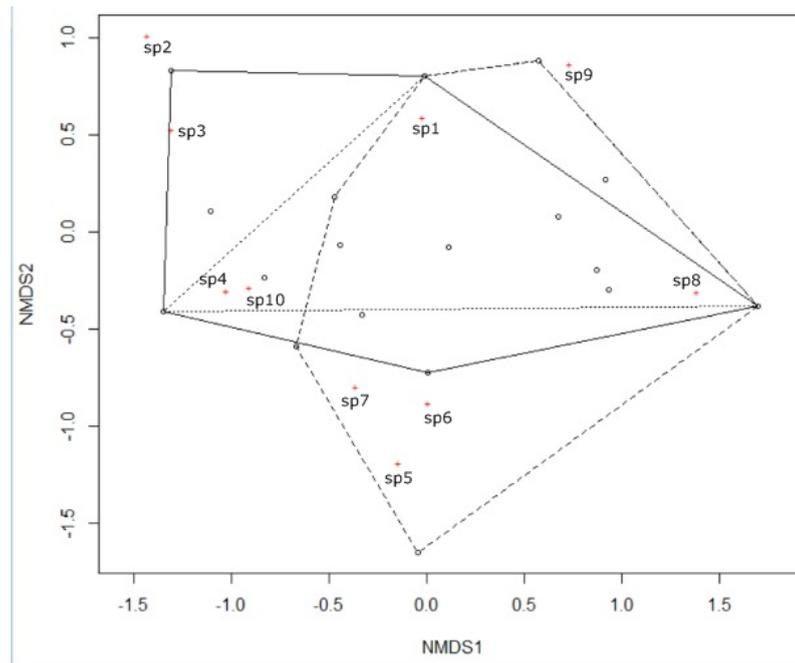


Fonte: Autoria própria

A análise de nMDS corroboram com os dados já apresentados. Pode-se observar

na Figura 11 como os diferentes tratamentos se sobrepõem em relação aos morfotipos plotados. O NMDS indicou uma associação entre os indivíduos encontrados. Apesar disso, pode-se observar a presença de morfotipos exclusivos entre os ambientes estudados. O dendrograma representa a similaridade da macrofauna entre as parcelas da área de estudo.

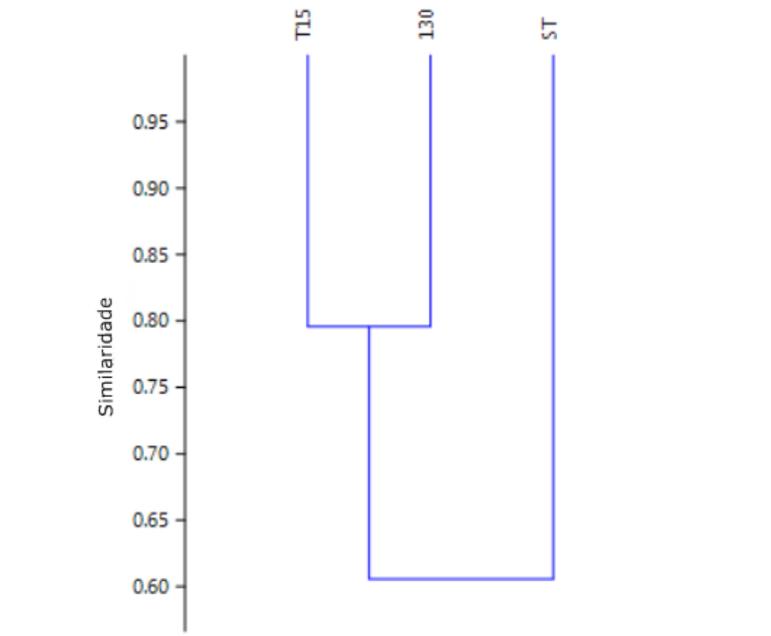
Figura 11. Representação gráfica do nMDS utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis para a distribuição espacial dos morfotipos de Coleoptera na área de estudo: — Sem aplicação de transposição (ST) (Preto); - - - - - Quatro faixas de solo (T15) (Vermelho); Oito faixas de solo (T30).



Fonte: Autoria própria

Ainda que a resposta das áreas com faixas de solo transpostas não tenham indicado uma resposta positiva para a presença significativa de coleópteros, quando comparada às parcelas sem tratamento, por meio do dendrograma de similaridade é possível observar uma maior similaridade entre as parcelas com transposição de quatro e oito faixas de solo, seguida pela parcela sem aplicação de transposição (Figura 12). Mesmo o teste de ANOSIM demonstrando a falta de similaridade significativa entre os tratamentos, o dendrograma mostrou que as parcelas com transposição são mais similares entre si.

Figura 12. Dendrograma de similaridade da macrofauna por meio do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis. Sem transposição de solo (ST); Com 4 faixas de solo transpostas (T15); Com 8 faixas de solo transpostas (T30).



Fonte: Autoria própria

Como visto, as áreas com transposição de solo apresentaram maior riqueza de herbáceas porque essa técnica ajuda no acréscimo de espécies e na inclusão das mais diversas formas de vida nas áreas que estão sendo restauradas (SOUSA et al., 2020). Isso interfere diretamente na facilitação do fluxo gênico da diversidade biológica local por meio do desenvolvimento da biota edáfica e pela emergência do banco de sementes (REIS et al., 2014). A cobertura vegetal mostra-se como um dos fatores destaques no que se refere a distribuição dos organismos edáficos, em decorrência da formação da serrapilheira como alimento e também como substrato variado para a macrofauna, assim como causa a redução da temperatura do solo e a formação da serrapilheira (SPILLER et al., 2018).

Segundo Araújo Filho (2013), os solos na Caatinga, de maneira geral, são pouco profundos, com baixo teor de matéria orgânica, assim como baixa permeabilidade. Além disso, recebe anualmente calor e luz em excesso, o que resulta em rápida mineralização da matéria orgânica. Pela susceptibilidade das espécies que compõem a serapilheira a diversos fatores como o clima, quantidade de recursos ambientais disponíveis e da formação vegetal atual (MUDREK; MASSOLI JUNIOR, 2014), esses aspectos podem ter

afetado diretamente a abundância dos coleópteros na área.

O fato de não haver diferença entre os coleópteros nessas mesmas áreas pode estar associado ao pouco tempo de implantação das técnicas de restauração. Um resultado similar foi encontrado no trabalho de Parreira et al (2021), no qual, a comunidade da macrofauna no topsoil inicialmente mostrou-se reduzida, alterou-se ao longo dos 2 anos seguintes do estudo, porém, permaneceu mais semelhante à comunidade da área degradada. Os autores afirmam que essa diminuição na riqueza pode ter ocorrido em decorrência de uma simplificação significativa de habitat, menor oferta de recursos, levando a uma menor diversidade de artrópodes no solo. A composição da macrofauna pode ter permanecido semelhante entre os tratamentos pela proximidade destes entre si, o que pode ter facilitado a colonização das parcelas experimentais do solo superficial por organismos da área de controle.

Os coleópteros mostram-se como excelentes bioindicadores ambientais pela sua diversidade e abundância. Pinheiro Junior e Silva (2021) retratam que o fato de estarem distribuídos nos mais diferentes nichos ecológicos e possuírem representantes que podem ser, por exemplo, fitófagos, xilófagos, rizófagos e necrófagos corrobora para a utilização desses animais nessa função. Considerando que a área se encontra no início do processo de restauração ecológica, pode-se inferir que nesse primeiro momento, as condições foram desfavoráveis para o estabelecimento dos organismos da ordem Coleoptera.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises dos resultados podemos inferir que a hipótese do aumento da riqueza de herbáceas nas parcelas com transposição em relação às que não receberam tratamento foi corroborada. Em contrapartida, um ano de implantação do experimento pode não ter sido suficiente para que essas espécies que germinaram pudessem modificar de forma favorável o solo para o estabelecimento dos coleópteros. Dessa forma, a hipótese (ii) não foi comprovada, onde não há diferença de riqueza, diversidade e composição dessas espécies entre os tratamentos com e sem o condicionamento do solo através de um ano da transposição.

A terceira hipótese não foi corroborada pela análise de ANOSIM e nMDS, sobre a similaridade entre as parcelas com transposição de solo, mas teve indicativo de ocorrência quando o dendograma é avaliado. Assim, ressalta-se que é necessário um maior período de avaliação dos coleópteros como indicadores de qualidade do solo pós implantação de condicionamento do solo através da transposição na Caatinga.

REFERÊNCIAS

- AGRA, A.C.; PINA, W.C. Insetos como Bioindicadores de Áreas Degradadas ou em Processo de Restauração no Bioma Caatinga. **Ensaios e Ciência**, v. 24, n. 5 esp. p.630-635, 2020. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/ensaioeciencia/article/view/7865>. Acesso em 25 mar. 2022.
- AGUIAR, M. I. de; FIALHO, J. S.; CAMPANHA, M. M.; OLIVEIRA, T. S. Florística e estrutura vegetal em áreas de Caatinga sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 39, n. 1, 2019. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1715>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- AGUIAR, M. I.; FREITAS, C. C. de.; MELO, J. L. M.; SILVA, B. A.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B. da.; NOGUEIRA, R. S. PINTO, O. R. O.; ALCÓCER, J. C. A. Composição, abundância e diversidade da fauna edáfica em um fragmento de Caatinga. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 2, 2021. Disponível em: <http://sustenere.co/index.php/nature/article/view/CBPC2318-2881.2021.002.0005>. Acesso em 23 mar. 2022.
- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil. **Ambiência Guarapuava**, Paraná, v. 11, n. 2, p. 393–407, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/de25/66a93bea5a2392543481fdbafc48aadffc5d.pdf>. Acesso em 30 nov. 2021.
- ALVES, M.C.; ALMEIDA, D.H.de. Identificação da meso e macrofauna edáfica na Reserva Estância São Luiz e uma área sob o cultivo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*). **Diversitas Journal**, [S.l.], v. 5, n.3, p.1671-1690, 2020. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/954. Acesso em 07 mar. 2022.
- ALVES, F.A. L.; ALVES, C. A. B.; ALVES, P. R. R.; OLIVEIRA, R. ROSA, J. H. FERNANDES, T. D.; NUNES, E. N.; SOUTO, J. B. Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 384-391, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/18598>. Acesso em 02 dez. 2021.
- ANDRADE, M. V. M. de.; ANDRADE, A. P. de.; SILVA, D. S. da.; BRUNO, R. L. A.; GUEDES, D. S. . Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo e subarbustivo em áreas de caatinga no Cariri paraibano. *Revista Caatinga* , v. 22, n. 1, p. 229- 237, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1059/pdf>. Acesso em 19 abr. 2022.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; PAZERA JR, E. Levantamento da Macrofauna Invertebrada do Solo em Área de Caatinga no Semiárido da Paraíba. **Geoambiente On-Line**, v. 13 p. 01–13, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/25989>. Acesso em 11 mar. 2022.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; ÉDER-SILVA, E. Grupos taxonômicos da macrofauna edáfica encontrados em São João do Cariri (PB). **Revista Geografia**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 005-018, 2012. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/8937>. Acesso em 10 mar. 2022.
- ARAÚJO FILHO, J. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. IICA, Brasília (Brasil) Projeto Dom Helder Camara, Recife (Brasil) Projeto SEMEAR, Brasília (Brasil) Associação Brasileira de Agroecologia, Rio Grande do Sul (Brasil), 2013. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/4209/1/BVE17099221p.pdf>. Acesso em 18 abr. 2022.
- 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**, n. 2, p. 135-150, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a10.pdf>. Acesso em 05 jan. 2022.
- BIANCHI, M. O.; SCORIZA, R. N.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. CORREIA, M. E. F.; SILVA, R. E. M. Macrofauna Edáfica como Indicadora em Revegetação com Leguminosas Arbóreas. **Revista Floresta e Ambiente**, v.24, n. 1, p. 1-8, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/floram/a/Cv6GYMMgpmjJyTPLpbGY8PJ/?lang=pt#:~:text=Hist%C3%B3rico-,RESUM O,e%2075%25%20\(75L\)](https://www.scielo.br/j/floram/a/Cv6GYMMgpmjJyTPLpbGY8PJ/?lang=pt#:~:text=Hist%C3%B3rico-,RESUM O,e%2075%25%20(75L)). Acesso em 04 mar. 2022.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B. de; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (Ed.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília: Embrapa, 2015. Cap. 15, p. 121-154, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282977786_Biodiversidade_da_fauna_do_solo_e_sua_contribuicao_para_os_servicos_ambientais. Acesso em 05 jan. 2022.

BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRÓN, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRIGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, número especial, v. 1, p. 79-110, 2001. Disponível em: <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/1847>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G.J. 2007. *Invertebrados*, p.968. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

CEAGRO UNIVASF. Colegiado de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal do Vale do São Francisco: Univasf - Campus Ciências Agrárias. Disponível em: <http://www.agronomia.univasf.edu.br/>. Acesso em: 18 abr. 2022.

COELHO, V. O.; RIBEIRO NETO, A.; ANHÊ, A. C. B. M.; LIMA, S. S. de.; VIEIRA, D. M. da S.; LOSS, A.; TORRES, J. L. R. Soil macrofauna as bioindicator of soil quality in different management systems. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e54210616118, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16118>. Acesso em 28 mar. 2022.

COMPARI, D. M.; FELTRIN, B. C.; SANTOS, M. SILVEIRA.; SAPATEIRO, M. F.; RAGONHA, F. H. Alterações na Composição, Diversidade e Abundância da Fauna Edáfica Ocasionalmente Pelo Efeito de Borda em um Fragmento Urbano de Mata Atlântica. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 71-90, 13 ago. 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/58086>. Acesso em 28 mar. 2022.

CORREIA, I. M. G.; SOUZA, B. H.; MOURA, D.C.; SOUZA, Y. G. Mata ciliar, conservação e sustentabilidade, fundamentos da importância para o semiárido paraibano: estudo de caso no alto curso do Rio Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 41, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/17233>. Acesso em 07 jan. 2022.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Fauna de Solo: Aspectos Gerais e Metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, fev. 2000. 46p. In: Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/27350/1/doc112.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Importância da Fauna de Solo para a Ciclagem de Nutrientes. *Miolo Biota*, Cap. 4. 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap4ID-QOAsuHeSsM.pdf>. Acesso em 09 fev. 2022.

DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M.; MACEDA, A.; MATTANA, A. L. **Guia prático de Biologia do solo**. Paraná: Sociedade brasileira de ciências do solo. Paraná, 2016. 152 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1043646/guia-pratico-de-biologia-do-solo>. Acesso em 03 dez. 2021.

DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 88, n. 2, p. 119-127, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222675967_Soil_health_and_global_sustainability_Translating_science_into_practice. Acesso em 02 dez. 2021.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, p. 3-21, 1994. (SSSA special publication, 35). Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub35.c1>. Acesso em 10 jan. 2022.

FABRICANTE, J. R.; ARAÚJO, K. C. T.; MANFIO, M.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Mortalidade de mudas de espécies nativas sob efeito do pastejo de caprinos, ovinos e emas: implicações para projetos de recuperação/restauração de áreas degradadas na Caatinga. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 6, p. 410-413, 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/4465/pdf>. Acesso em 4 mar. 2022.

FARIAS, S. G. G.; RODAL, M. J. N.; MELO, A. L.; SILVA, M. A. M.; LIMA, A. L. A. Fisionomia e estrutura de

- vegetação de Caatinga em diferentes ambientes em serra talhada – Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 435-448, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22745>. Acesso em 20 jan. 2022.
- FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. S.; ANJOS, L. H. CUNHA. dos.; PEREIRA, M. G. Diversidade da Macrofauna Edáfica em Áreas de Plantio Direto com Diferentes tempos de implantação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 599-610, 2019. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/40-\(2019\)-2/diversidade-da-macrofauna-edafica-em-areas-de-plantio-direto-com-difer/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/40-(2019)-2/diversidade-da-macrofauna-edafica-em-areas-de-plantio-direto-com-difer/). Acesso em 24 mar. 2022.
- GOMES, J. M. Restauração ecológica de área ciliar degradada da Caatinga do Rio São Francisco, Pernambuco. 265f. 2017. Tese. Universidade Federal de Pernambuco Departamento de Ciências Florestais. Recife- Pernambuco. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7384>. Acesso em 06 jan. 2022.
- HERNÁNDEZ, M. I. M. Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga Paraibana, Brasil. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 3, p. 356-364, 2007. Disponível em: <https://lecota.paginas.ufsc.br/files/2011/08/Hernandez-OB-2007.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadoras para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 117-121, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1015/pdf>. Acesso em 02 dez. 2021.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258223063_Jones_CG_Lawton_JH_Shachak_M_Organisms_as_ecosystem_engineers_Oikos_69_373-386. Acesso em 21 dez. 2021.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9865/Livro_Ecologia-e--Conserva%C3%A7%C3%A3o-da-Caatinga_MMA.pdf?sequence=1. Acesso em 16 dez. 2021.
- LINDEN, D. R.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. & van VLIET, P. C. J. Faunal indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, (Special, 35), p. 91-106, 1994. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub35.c6>. Acesso em 13 jan. 2022.
- LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina, PE. [Anais...]. Petrolina: SBB; Embrapa Semi-Árido; UNEB, 2004. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/153079>. Acesso em 21 dez. 2021.
- LIMA, K. D. R.; CAMARA, R.; CHAER, G. M.; PEREIRA, M. G.; RESENDE, A. S. Soil Fauna as Bioindicator of Recovery of Degraded Areas in the Caatinga Biome. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 401 – 411, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/6JwMXHgNCjNmqpSmng6mqyg/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 23 fev. 2022.
- LIMA, R. W. S.; SILVA, C. A. R. da.; DIAS, D. S.; SANTOS, E. M. C.; GOMES, D. L.; ARAUJO, K. D. Macrofauna do solo no Parque Municipal de Maceió, Alagoas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 22, n. 81, p. 292–307, 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55261>. Acesso em 14 mar. 2022.
- MAGALHÃES, C. R. I.; OLIVEIRA, C. R.F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; NASCIMENTO, A R. L. Biodiversidade de coleópteros predadores em áreas de Caatinga (Fazenda Saco, Serra Talhada -PE). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n.21, p. 2068-2079, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/biologicas/biodiversidade%20de%20coleopteros.pdf>. Acesso em 10 fev. 2022.
- MANHAES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v. 9, n. 2, 2012. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/701>. Acesso em 20 dez. 2021.
- MANHÃES, Carmen Maria Coimbra. Caracterização da fauna edáfica de diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte

Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ. Disponível em:

<https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Carmen.pdf>. Acesso em 06 mar. 2022.

MARTINS, A. E. DE S.; RODRIGUES, J. C.; SILVA, M. R. DE A.C.; SOUZA, M. T. A.; LIMA, F. O.; GONÇALVES, M. V. P.; BARROS, R. DE K. DOS S.; FORMIGA, L. D. A. DA S. Levantamento da Macrofauna Edáfica em Áreas de Proteção Ambiental no Maranhão. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 1, p. 30-37, 11 jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/19859>. Acesso em 27 mar. 2022.

MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; SILVA, L. M.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Biosci. J**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/946715/macrofauna-edafica-em-diferentes-coberturas-vegetais.pdf>. Acesso em 03. mar. 2022.

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Effect of different forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal Caatinga. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 741 – 750, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/7789>. Acesso em 20 dez. 2021.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A. Importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Boletim Informativo da SBCS, p. 38-43, , 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/428233/a-importancia-da-meso-e-macrofauna-do-solo-na-fertilidade-e-como-bioindicadores>. Acesso em 06 dez. 2021.

MICCOLIS, A. et al. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais. **Como conciliar conservação com produção-opções para cerrado e caatinga. Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal. Brasília: ICRAF**, 2016. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/publicacoes/873-guia-tecnico-restauracao-ecologica-com-sistema-agroflorestais-conciliar-conservacao-com-producao-opcoes-para-cerrado-e-caatinga>. Acesso em 25 mar. 2022.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN - Brasil**. 2004. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf >. Acesso em: 14 dez. 2021.

MOÇO, M. K. S. **Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia**. 2006.93f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes-RJ. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/11/Maria-Kellen.pdf>. Acesso em 21 mar. 2022.

MORALES-ROJAS, E.; CHÁVEZ-QUINTANA, S.; HURTADO-BURGA, R.; MILLA-PINO, M.; SANCHEZ-SANTILLÁN, T.; COLLAZOS-SILVA, E.M. Macrofauna edáfica asociada al cultivo de maíz (Zea maíz). **Journal of the Selva Andina Biosphere.**, La Paz , v. 9, n. 1, p. 15-25, 2021. Disponível em: <http://ucbconocimiento.ucbcba.edu.bo/index.php/JSAB/article/view/675>. Acesso em 21 mar. 2022.

MUDREK, J. R; MASSOLI JUNIOR, E. V. Estrutura da comunidade de artrópodes de solo em diferentes fitofisionomias da reserva particular do patrimônio natural – SESC Pantanal, Brasil. **Holos**, v.30, n.1, p.60-67, 2014. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1622>. Acesso em 21 mar. 2022.

NASCIMENTO, Mariana Sampaio do. **O uso de artrópodes terrestres na avaliação de áreas em processo de restauração ecológica**. 2019. 65f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7629223. Acesso em 25 mar. 2022.

NUNES, M. S; DE ALMEIDA, ESTEVAM FERREIRA; OLIVEIRA, FLÁVIO RODRIGUES. Avaliação de Entomofauna com Armadilhas Coloridas em Reserva Ecológica no Município de Patrocínio/MG. **Revista Educação, Saúde e Meio Ambiente Centro Universitário do Cerrado–Patrocínio UNICERP**, p. 158, 2017. Disponível em: <https://www.unicerp.edu.br/public/magazines/docs/e7161a5a8d5d-ef3f.pdf#page=158>. Acesso em 21 mar. 2022.

PARREIRA, B. V.; BEIRÃO, M. ANTONINI, Y. LEITE, M. G. P. **Efeitos da Transposição de Topsoil na**

Riqueza Taxonômica e Funcional da Macrofauna em Área Degradada. In: Anais III Workshop Fênix-Emborcação P&D0602 “Estratégias para acelerar a sucessão Ecológica em Áreas Degradadas no Entorno da UHE-Emborcação: serviços ecológicos executados por animais, em favor da restauração ambiental, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Thaise-Bahia/publication/356726474_Anais_II_Workshop_Fenix-Emborcao_PD0602/links/61a8d0d6ca2d401f27bbcde3/Anais-II-Workshop-Fenix-Emborcao-P-D0602.pdf#page=42. Acesso em: 25 mar. 2022.

PATUCCI, N. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SILVA, C. B.; OLIVEIRA, D.; BARETTA, DILMAR, BRESCOVIT, A. D. Bioindicadores Edáficos de Fragmentos Florestais Urbanos da Cidade de São Paulo (SP). *Revista do Departamento de Geografia*, v. 36, p. 77-90, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/149144>. Acesso em 18 abr. 2022.

PRADO D.E. 2003. Seção I- Cap.1: **Padrões de Diversidade e Distribuição de Espécies em Escala Regional: As Caatingas da América do Sul.** In: *Ecologia e conservação da caatinga*/editores Leal I.R., Tabarelli M. & Silva J.M.C. Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822 p. Disponível em: http://www.bibliotecafloral.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9865/Livro_Ecologia-e--Conserva%C3%A7%C3%A3o-da-Caatinga_MMA.pdf?sequence=1. Acesso em 16 dez. 2021.

PINHEIRO JUNIOR, E. C.; SILVA, N. C. Diversidade de Coleoptera (Insecta) Presente no Centro de Formação Laranjal no Município de Abaetetuba-PA. *Journal of Education Science and Health*, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://www.jeshjournal.com.br/jesh/article/view/34>. Acesso em 17 mar. 2022.

PRIMACK, R. B. e RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina, 2001.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em 20 dez. 2021.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza e Conservação*, v. 1, n.1, p. 28-36, 2003. Disponível: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/reis2003.pdf>. Acesso em 15 Dez. 2021.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982014000200509&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 20 jan. 2022.

RIBEIRO, T. O.; BAKKE, I. A.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A.; LUCENA, D. S. Diversidade do banco de sementes em diferentes áreas de Caatinga manejadas no semiárido da Paraíba, Brasil. *Ciênc.Florest.*, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 203-213, Mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/nzLzJr9MdPBkNbsMxdkgnnH/abstract/?lang=pt>. 25 jan 2022.

RODRIGUES, S. R.; BARROS, A. T. M.; PUKER, A.; TAIRA, T. L. Diversidade de besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae) coletados com armadilha de interceptação de voo no Pantanal Sul-Mato-Grossense, Brasil. *Biota Neotropical*, v. 10, n.2, p. 123-129, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/cj99kw9BGHQZxMPbmbktgS/abstract/?lang=pt>. Acesso 02 mar. 2022.

RODRÍGUEZ, A. R.; MORA, J. L.; ARBELO, C.; BORDON, J. Plant succession and soil degradation in desertified area (Fuerteventura, Canary Islands, Spain). *Catena*, v. 59, p. 117-131, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248379409_Plant_succession_and_soil_degradation_in_desertified_areas_Fuerteventura_Canary_Islands_Spain. Acesso em 27 dez. 2021.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1061-1068, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/fpZp7twNq5WBGZCfHDSyLSM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 20 dez. 2021.

SARAIVA, Maria Monique Tavares. **Restauração florestal de ambientes degradados do bioma Caatinga por meio de banco de sementes do solo.** 2018. 62f. Monografia. Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Serra Talhada Curso de Agronomia. Serra Talhada- Pernambuco. Disponível em <https://repository.ufpe.br/handle/123456789/1236>. Acesso em 20 dez. 2021.

SANTOS, A. M. S.; BRUNO, R. L. A.; CRUZ, J. O.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. Variedade Espacial do Banco de Sementes em Área de Caatinga no Nordeste do Brasil. *Ciênc. Florest.* v. 30, n.2, 2020. Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/V7MtKvGVPZfsVY5JtpYZWPv/?lang=pt>. Acesso em 17 mar. 2022.

SANTOS, Marilania da Silva. **Fauna edáfica como bioindicador ambiental em áreas de Caatinga sob pastejo caprino**. 2016. 66f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Areia-Paraíba. Disponível em https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15822?locale=pt_BR. Acesso em 01 dez. 2021.

SANTOS, D. P.; MOURA, R. S.; ARAÚJO, F. B. C.; JUNIOR, J. P. S.; PEREIRA, M. M. Macrofauna edáfica e suas funções ecológicas em áreas irrigadas no Sudoeste do Piauí. **Scientific Electronic Archives**, Especial Edition, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Regiana-Moura/publication/330598895_Macrofauna_edafica_e_suas_funcoes_ecologicas_em_areas_irrigadas_no_Sudoeste_do_Piaui/links/5c49d2f8299bf12be3e05dd6/Macrofauna-edafica-e-suas-funcoes-ecologicas-em-areas-irrigadas-no-Sudoeste-do-Piaui.pdf. Acesso em 02 dez. 2021.

SANTOS, T. S.; BARROS, R. P. Entomofauna em área de Caatinga no município de Batalha-AL. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 2, p. 53–59, 2021. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/291#:~:text=Conclui%2Dse%20que%20o%20fragmento,pontos%20da%20C3%A1rea%20de%20estudo>. Acesso em 22 mar. 2022.

SIQUEIRA FILHO, J. A. et al. **A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: História Natural e Conservação**, p. 1-89, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270817492_A_Flora_das_Caatingas_do_Rio_Sao_Francisco. Acesso em 20 dez. 2021.

SALAZAR, G. A.; GUEYMARD, C.; GALDINO, J. J. B.; VILELA, O. C.; FRAIDENRAICH, N. Solar irradiance time series derived from high-quality measurements, satellite-based models, and reanalyses at a near-equatorial site in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, p. 109478, 2020.

STATSOFT. STATISTICA 13. 2012. StatSoft South America. Disponível em <<http://www.statsoft.com.br>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

SER. Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica e Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política (2004) Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica), Tuscon, Arizona. Disponível em: https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-portuguese.pdf. Acesso em 22 dez. 2021.

SILVA, M. O.; VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L. do.; OLIVEIRA J. de.; PEREIRA, D. F.; COSTA, K. D. S. Indicadores Químicos e Físicos de Qualidade de Solo. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360>. Acesso em 21 mar. 2022.

SILVA, R. F.; CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; SANTI, A. L.; STEFFEN, R. B. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/k3hQGMBkXmYY4ywGdvX6jYf/?lang=pt>. Acesso em 15 mar. 2022.

SILVA, B. A.; FREITAS, C. C.; MELO, J. L. M.; LIMA, S. M. S.; AGUIAR, M. I. Macrofauna edáfica em áreas de policultivo e mata nativa na Fazenda Experimental da UNILAB. *Anais do Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Natal, RN, Brasil, 35, 2015. Disponível em: <https://www.eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1965.pdf>. Acesso em 17 mar. 2022.

SOUSA, F. Q. **Transposição de solo para restauração de área degradada no núcleo de desertificação do Seridó, na Paraíba**. 106f. 2017. Tese. Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Areia-Paraíba. Disponível em: <https://1library.org/document/q59mrjz-transposicao-restauracao-area-degradada-nucleo-desertificacao-serido-paraiba.html>. Acesso em 22 dez. 2021.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.; SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120-50138, 2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13759>. Acesso em 18 mar. 2022.

SOUTO, J.S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C. S. BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora “BOCAJ” em área de Caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil. **ACSA, Patos-PB**, v.

13, n. 2, p.154-161, Abril-Junho, 2017. Disponível em:

<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/899>. Acesso em 28 jan. 2022.

SOUZA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL, A. A. Macrofauna do solo. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.11, n. 22, p. 115, 2015. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/Macrofauna.pdf>. Acesso em 02 dez. 2021.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 425-441, 2018. Disponível em:

<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/4516>. Acesso em 25 mar. 2022.

TEIXEIRA, A. H. C. Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-1963 a 2009.

Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E), 2010. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/883657/informacoes-agrometeorologicas-do-polo-petrolina-pejuazeiro-ba---1963-a-2009>. Acesso em 10 jan. 2022.

TEIXEIRA, J. C. A.; SANTOS, D. E. C. S.; FREIRE, R. M. J.; NETO, C. A. N.; ROCHA, D. H. B.; T. A. A.; ALBUQUERQUE, A. L. S. Diversidade da Macrofauna em uma área da Caatinga. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. 6576, 2018.

VIEGAS, Gustavo. **Respostas dos besouros (Insecta: Coleoptera) a pressões pastoris em campos naturais no sul do Brasil**.2018. 99f.Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de

Biociências Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Porto Alegre. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/187235>. Acesso em 07 mar. 2022.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis. New Jersey, **Prentice Hall Inc**, 1999.

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**, v. 2, n.1, p. 9 – 13, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/2315>. Acesso em: 29 dez. 2021.