



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DAMARES AZEVEDO DA SILVA CORRÊA
INÊS ARIANE DE PAIVA CÂNCIO**

**FAUNA EPÍGEA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS
REFLORESTADAS APÓS MINERAÇÃO DE BAUXITA NO OESTE DO PARÁ**

**JURUTI - PARÁ
2023**

**DAMARES AZEVEDO DA SILVA CORREA
INÊS ARIANE DE PAIVA CÂNCIO**

**FAUNA EPÍGEA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS
REFLORESTADAS APÓS MINERAÇÃO DE BAUXITA NO OESTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Área de concentração: Ciências Agrárias
Orientador (a): Celeste Queiroz Rossi
Coorientador (a): Sandra Santana de Lima

**JURUTI - PARÁ
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Juruti

Correa, Damares Azevedo da Silva.

Fauna epígea como bioindicadora de qualidade do solo em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Oeste do Pará / Cândia, Inês Ariane de Paiva. - Juruti, 2023.

47fl.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA. Campus Universitário de Juruti. Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Celeste Queiroz Rossi.

Coorientador: Sandra Santana de Lima.

1. Organismos. 2. Áreas degradadas. 3. Nucleação. 4. Diversidade. I. Rossi, Celeste Queiroz. II. Lima, Sandra Santana de. III. Título.

UFOPACampus Juruti

CDD 630.7 23.ed.


**DAMARES AZEVEDO DA SILVA CORREA
INÊS ARIANE DE PAIVA CÂNCIO**

**FAUNA EPÍGEA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS
REFLORESTADAS APÓS MINERAÇÃO DE BAUXITA NO OESTE DO PARÁ**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Conceito: **APROVADO**


Data da Aprovação: **25 de novembro de 2023**

Documento assinado digitalmente
 **CELESTE QUEIROZ ROSSI**
Data: 02/12/2023 11:20:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Celeste Queiroz Rossi - orientadora
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de
Juruti(UFOPA/CJUR)

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ ALBERTO DA SILVA RODRIGUES PINTO**
Data: 02/12/2023 17:27:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(UFRRJ)

Documento assinado digitalmente
 **DAYSE DRIELLY SOUZA SANTANA VIEIRA**
Data: 02/12/2023 11:07:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Dayse Drielly Souza Santana Vieira
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de
Juruti(UFOPA/CJUR)

AGRADECIMENTOS

À Deus por me alcançar com sabedoria, entendimento e discernimento no decorrer da trajetória universitária, Ele é a razão de tudo em minha vida.

À minha mãe Maria Marli (*in memoriam*), por ter acreditado em mim, mesmo quando eu duvidei de minha capacidade e, pelos conselhos e incentivos para tornar-me um ser humano melhor.

Ao meu esposo Márcio Correa Pereira e nossos filhos Liz Emmanuele e Emmanuel Davi, por serem incentivadores nos momentos difíceis e compreenderem a minha ausência enquanto eu me dedicava à graduação.

À minha sogra Gercyrene Correa, por me incentivar, auxiliar financeiramente, e ser como uma segunda mãe.

Ao seu Joaci Correa, que como forma de amor à minha pessoa, deu-me o jaleco que me acompanhou nas pesquisas.

Aos meus familiares que sonharam junto comigo, em especial, às minhas irmãs Débora e Marcilede, cunhada Celma e papai Mestrinho, por tirarem momentos de suas vidas para me ajudarem com meus filhos.

À amiga e irmã em Cristo, Ideuciane Guimarães, por ter abraçado meus filhos como se fossem seus, dando-lhes amor, atenção e seu cuidado.

Aos meus irmãos em Cristo Jesus que sempre oraram por mim, em especial, a irmã Rute Braga e meus pastores Dilermano e Sileane.

À professora doutora Celeste Queiroz Rossi, por aceitar conduzir este trabalho.

À professora doutora Sandra Santana de Lima, por aceitar a coorientação e dar todo suporte para que este trabalho fosse realizado.

À amiga, parceira e companheira, Inês Ariane, por depositar sua confiança e credibilidade em minha pessoa para que juntas realizássemos este trabalho.

À professora doutora Dayse Drielly Vieira, por sua empatia, pelo apoio e incentivo, que foram e são alicerces para as minhas realizações.

Ao professor doutor Adriano Olímpio da Silva, por ter sido, além de professor, meu psicólogo, num dos momentos mais difíceis de minha vida pessoal.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, campus de Juruti, e todo o corpo docente e administrativo, pela oportunidade de realizar o sonho da graduação.

Em primeiro lugar à Deus, por ter me proporcionado sabedoria e coragem durante essa desafiadora trajetória.

Ao meu maravilhoso pai e herói Adil, que nunca mediu esforços para me proporcionar o suporte financeiro necessário durante esses 5 anos que permaneci longe de casa, além do seu amor, carinho e incentivo. Eu te amo, pai, e devo tudo a você! Vocês são meu combustível, a força que eu preciso para ir sempre em busca dos meus objetivos.

À minha rainha e mãe Izanei, que na angústia de não me ter debaixo dos seus olhos, fez da distância uma aliada das suas orações, onde nos momentos de preocupação fez com que seu cuidado e amor me alcançassem. Obrigada, mãe, por todas as comidas deliciosas que você me mandou através de encomendas ao longo desses anos. Eu admiro e agradeço por tamanho amor dedicado a mim.

Às minhas irmãs maravilhosas Izis Anié e Iris Aline, por toda a ajuda, pelo apoio emocional e financeiro, por todas as vezes que amenizaram a falta de um abraço e a dor da saudade com uma mensagem que me arrancaram risos e aliviaram o peso da jornada. Deus não poderia me conceder melhores irmãs.

À família Cância, em especial ao tio Adamor, e à família Paiva, especialmente minha tia Maria, por também se fazerem sempre presentes com palavras de carinho e incentivo.

À minha professora e Orientadora Celeste Rossi, por apostar mais em mim do que em si mesma (risos), por todas as orientações para que este trabalho se concretizasse, por todas as oportunidades a mim concedidas durante a minha trajetória acadêmica. Obrigada por seu carinho e pelos momentos vividos além da sala de aula.

À maravilhosa professora Dayse Drielly, por também acreditar e vibrar a cada conquista minha alcançada, por ser sempre receptiva e grande incentivadora. Vocês fazem parte do meu sucesso, de cada vitória.

Ao professor Michel Arévallo, por confiar desde o início no meu potencial e ser um grande colaborador para o melhor desempenho do meu sucesso profissional.

À querida Sandra Lima, pela paciência, instruções e ensinamentos sobre a fauna, por nos fazer acreditar que tudo daria certo.

À minha parceira e incentivadora Damares, por tamanha dedicação e competência no desenvolvimento de todos os nossos trabalhos, você é realmente muito boa em tudo que se propõe a fazer, te admiro por tudo que és e pela maneira

como lida com as adversidades da vida.

À Universidade Federal do Oeste do Pará – Ufopa Campus Juruti, pelos anos de aprendizado, superação, amadurecimento, e oportunidade de realizar o primeiro de muitos sonhos.

A todos os demais professores que fizeram parte dessa trajetória, tanto em sala de aula quanto em campo, por todo profissionalismo, empenho e dedicação em compartilhar conhecimento e instigar o pensamento crítico e transformador.

Obrigada a todos que em algum momento dessa longa caminhada colaboraram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

Inês

RESUMO

A mineração é uma atividade econômica que contribui para o local onde é desenvolvida, pois proporciona geração de emprego, investe nos setores de saúde e educação, além de ser um setor responsável por geração de impostos. No entanto, deve ser colocado em pauta os impactos de alta magnitude que a operação minerária gera ao meio ambiente, como o desmatamento e eliminação das camadas superiores do solo. Dessa forma, alterando a paisagem natural e modificando os habitats de microrganismo que exercem funções tróficas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a diversidade dos organismos da fauna epígea em áreas reflorestadas sob diferentes métodos de nucleação, após mineração de bauxita no Município de Juruti, na Mesorregião do Baixo Amazonas, Oeste do Pará. Foram selecionadas três áreas com diferentes tempos de recuperação florestal e uma área de referência, a saber: (A1) área reflorestada em 2018; (A2): área reflorestada em 2015; (A3): área reflorestada em 2012, e (A4) área representativa das características avaliadas antes do processo de mineração (área de Floresta). Para a coleta da fauna epígea, foram instaladas armadilhas no mês de maio, com duração de 5 dias em campo. Utilizou-se armadilha de queda do tipo “*pitfall*”, constituídas de recipientes plásticos com 11 cm de diâmetro e 11 cm de altura, enterrados ao nível do solo, cobertas com embalagem descartável de alumínio, sustentada com palitos a 10 cm da abertura da armadilha, para proteger da chuva, evitar que os indivíduos se deteriorassem e as armadilhas enchessem com água. Cada armadilha continha cerca de 170 mL de álcool 70% e 3 gotas de detergente neutro, para a conservação dos animais durante o processo de triagem. No laboratório, o conteúdo das armadilhas foi acondicionado em frascos contendo álcool 70%, posteriormente, feita a identificação quanto aos grupos taxonômicos com o auxílio de lupa binocular. Em termos de abundância, não foram verificadas diferenças entre as áreas, contudo, a área A2, com a técnica de nucleação em que se utilizou o *topsoil* + plantio de mudas + galharia no ano de 2015, apresentou um maior número de organismos. Quanto a riqueza total, não houve diferença entre as áreas recuperadas. Para os índices de Shannon e Pielou, verificou-se valores mais elevados na Área 1, em razão de maior diversidade e uniformidade da fauna epígea. Dessa forma, a utilização da fauna epígea mostrou-se eficiente como bioindicadora de qualidade do solo, uma vez que as áreas

estudadas retrataram valores de riqueza similares aos da área de referência.

Palavras-chave: Organismos. Áreas Degradadas. Nucleação. Diversidade.

ABSTRACT

Mining is an economic activity that contributes to the place where it is developed, as it provides job creation, invests in the health and education sectors, in addition to being a sector responsible for generating taxes. However, the high magnitude impacts that mining operations generate on the environment, such as deforestation and elimination of the upper layers of the soil, must be considered. Thus, altering the natural landscape and modifying the habitats of microorganisms that perform trophic functions. In this context, the objective of this work was to characterize the diversity of epigeal fauna organisms in reforested areas under different nucleation methods, after bauxite mining in the Municipality of Juruti, in the Lower Amazonas Mesoregion, West of Pará. Three areas with different forest recovery times and a reference area were selected, namely: (A1) area reforested in 2018; (A2): area reforested in 2015; (A3): area reforested in 2012, and (A4) area representative of the characteristics evaluated before the mining process (Forest area). To collect epigeal fauna, traps were installed in the month of May, lasting 5 days in the field. A "pitfall" type trap was used, consisting of plastic containers 11 cm in diameter and 11 cm high, buried at ground level, covered with disposable aluminum packaging, supported with toothpicks 10 cm from the trap opening, to protect from rain, prevent individuals from deteriorating and traps from filling with water. Each trap contained approximately 170 mL of 70% alcohol and 3 drops of neutral detergent, to preserve the animals during the sorting process. In the laboratory, the contents of the traps were placed in bottles containing 70% alcohol, subsequently, identification was made regarding taxonomic groups with the aid of a binocular magnifying glass. In terms of abundance, no differences were observed between the areas, however, area A2, with the nucleation technique using topsoil + planting of seedlings + gallaria in 2015, presented a greater number of organisms. As for total wealth, there was no difference between the recovered areas. For the Shannon and Pielou indices, higher values were found in Area 1, due to the greater diversity and uniformity of the epigeal fauna. Thus, the use of epigeal fauna proved to be efficient as a bioindicator of soil quality, since the areas studied showed richness values similar to those of the reference area.

Keywords: Organisms. Degraded Areas. Nucleation. Diversity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Transposição de solo: Área preservada de onde o solo foi retirado (A); Solo transportado para a área degradada, contendo sementes oriundas da área preservada (B); Área degradada onde o solo foi transposto, iniciando o processo de recuperação (C).	22
Figura 2 - Demonstração do enleiramento de galharia.	23
Figura 3 - Desenho esquemático do plantio de mudas.	24
Figura 4 - Mapa da Localização Geográfica da cidade de Juruti-Pará.....	27
Figura 5 - Localização da Mina de Bauxita e seus respectivos platôs de extração mineral.	27
Figura 6 - Distribuição de chuvas no estado do Pará no ano de 2021, com redução na distribuição na região oeste do estado.....	29
Figura 7 - Disposição das armadilhas pitfall.	30
Figura 8 - Fauna acondicionada em álcool 70%.	30
Figura 9 - Triagem da fauna epígea com auxílio de lupa binocular (A), organismos visualizados na lupa (B).	31
Figura 10 - Abundância de indivíduos da fauna epígea, coletados nas áreas de estudo.	32
Figura 11 - Distribuição da frequência dos organismos nas áreas estudadas.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Técnicas de nucleação aplicadas em diferentes tempos de reflorestamento na mina de bauxita de Juruti-Pará.....	28
Tabela 2 - Número de indivíduos por armadilha ao dia dos grupos e erro padrão dos grupos da fauna epígea, nas áreas A1: Reflorestada em 2018; A2: Reflorestada em 2015; A3: Reflorestada em 2012; A4: Área de referência (Floresta).....	34
Tabela 3 - Indivíduos por armadilha ao dia, Riqueza Total, Índice de Diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou dos grupos de fauna nas quatro áreas estudadas.	38

LISTA DE SIGLAS

Abal	Associação Brasileira de Alumínio
CDCC	Centro de Divulgação Científica e Cultural
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FAO	Organização para a Alimentação e Agricultura
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
Ibram	Instituto Brasileiro de Mineração
Prad	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PIB	Produto Interno Bruto
Rima	Relatório de Impacto Ambiental
Semas	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Aspectos gerais e áreas degradadas após Mineração de Bauxita	19
2.2 Sistemas de nucleação	20
2.2.1 Transposição do solo (Topsoil).....	21
2.2.2 Transposição de galharias.....	22
2.2.3 Plantio de mudas.....	23
2.3 Importância da fauna epígea na recuperação de áreas degradadas	24
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
3.1 Local de realização do experimento e seleção das áreas	26
3.2 Técnicas aplicadas na nucleação e coleta da Fauna Epígea do Solo	28
3.3 Coleta da Fauna Epígea do solo.....	28
3.4 Triagem da fauna no laboratório	30
3.5 Análise estatística dos dados.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Abundância da fauna epígea	31
4.2 Atividade da fauna epígea	33
4.3 Frequência relativa da fauna epígea	36
4.4 Riqueza, Índice Ecológico de Shannon e Equitabilidade de Pielou	38
5. CONCLUSÕES	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

A exploração mineral é uma atividade econômica que promove benefícios para o local onde é desenvolvida, proporcionando geração de emprego, avanços na infraestrutura das áreas urbanas, investimentos nos ramos da saúde e educação, e arrecadação de impostos (Cavenaghi, 2019). A mineração é uma das esferas que mais contribui para o PIB brasileiro com cerca de 2,5 a 4,0 % (Kuhn, 2023). No ano de 2022, segundo o Ibram (2023), o setor minerário mesmo com a queda de produção de 26%, consequência do rebaixamento das *commodities*, recolheu de tributos R\$ 86,2 bilhões. Apresentou ainda um acréscimo de mais de 204 mil vagas de empregos diretos e 800 mil indiretos.

O setor mineral ressalta sua participação no desenvolvimento socioeconômico do país de forma positiva. No entanto, deve ser colocado em pauta os impactos de alta magnitude gerados ao meio ambiente, como o desmatamento e eliminação das camadas superficiais do solo (Maffia, 2011), que têm potencial elevado de alterar a paisagem natural (Cavenaghi, 2019).

Visando a mitigação dos impactos causados pela mineração, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente de 1986 Art. 2º, impele que as empresas de mineração, desenvolvam o estudo de impacto ambiental (Eia) e o respectivo relatório de impacto ambiental (Rima), antes da execução de suas operações, pois a atividade de mineração altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (Conama, 1986). Assim, as áreas afetadas pela extração mineral devem ser devolvidas para a sociedade em uma condição produtiva e semelhante ao encontrado no princípio das atividades, por meio da reabilitação (Santos, 2017), que deve ser planejada de acordo com a Lei Nº 7.632, art. 1º, que dispõe sobre o Projeto de Recuperação de áreas Degradadas (Prad) (Brasil, 1989).

A exploração mineral pode ocorrer de modo subterrâneo ou a céu aberto. No Brasil, este último método é o mais utilizado, onde o solo é o fator que corresponde à interferência de forma direta. No início do processo de extração de minério, toda a vegetação (supressão) e camada superficial são removidas (decapeamento) (Bomfim, 2017). Essa ação ocasiona a perda das propriedades químicas, físicas, biológicas e da camada fértil do solo, reduzindo e/ou extinguindo ecossistemas (Carneiro *et al.*, 2008). Além de degradar a fauna do solo, que atua como reguladora de populações microbianas (Correia; Oliveira, 2006). Essas etapas da mineração contribuem para a

degradação ambiental, transformando a paisagem natural e ocasionando mudanças tanto no meio biótico quanto no meio abiótico. Assim sendo, o planejamento de recuperação das áreas degradadas é de suma importância e deve ser incluso monitoramento do retorno dos microrganismos pertencentes aos grupos da fauna epígea, uma vez que, atuam como bioindicadores de qualidade do solo. Em outras palavras, são agentes de transformação, por meio dos quais é refletido a eficiência do método de recuperação aplicado em áreas mineradas (Correia *et al.*, 2020).

A mina de Juruti conduz a lavra no tipo tiras (*strip mining*), devido ao depósito ser em camadas. Este método consiste na retirada do estéril de uma nova tira, que será lavrada, e depositada na tira que foi lavrada anteriormente (Silva, 2013). Por estar localizada na Amazônia e ser uma região tropical, no processo de recuperação das áreas degradadas deve ser considerado a principal característica marcante do bioma amazônico, que é a baixa fertilidade natural dos solos (Madari *et al.*, 2009), onde os nutrientes que mantêm o ecossistema em equilíbrio, são oriundos da decomposição de remanescentes de vegetais e animais (Rodrigues *et al.*, 1996 p. 146), e assim, possibilitam um bom desenvolvimento à fauna e flora.

O planejamento de recuperação após o processo de mineração, deve abranger todas as características regionais, isto é, o bioma onde está localizada a exploração. Na região Amazônica encontra-se a maior concentração de jazidas de bauxita do Brasil, especificamente no estado do Pará, que possui uma mineradora no município de Paragominas e outras duas no Baixo Amazonas, localizadas nos municípios de Oriximiná e Juruti (Sampaio *et al.*, 2005), sendo esta última, o foco do estudo, no qual será abordado a influência das formas de recuperação das áreas degradadas sobre a fauna epígea.

O sistema adotado para a recuperação das áreas degradadas na mina de Juruti é a nucleação. Este método consiste em dispor núcleos com capacidade de induzir a regeneração natural das áreas degradadas, por meio do desenvolvimento de espécies naturais e novos ecossistemas (Silva, 2013). Assim, o surgimento de atividades da fauna epígea em áreas antes mineradas é uma resposta positiva ao método de recuperação, pois a fauna epígea é responsável pela ciclagem de nutrientes, que são liberados para as plantas, como também, a facilitadora do processo de decomposição dos fungos (Berude *et al.*, 2015). Desse modo, grupos como Collembola, Formicidae, Acari e Coleoptera, podem ser citados como importantes organismos nas atividades tróficas, fragmentação de materiais vegetais e regulação das populações microbianas

(Correia; Oliveira, 2000). Além desses grupos, os diplópodes e larvas de coleópteros também atuam como agentes transformadores de serapilheira e contribuem para a fertilidade do solo (Correia; Oliveira, 2006, p. 84). Devido à importância desses organismos na recuperação de áreas degradadas, são considerados indicadores de qualidade do solo, pois toda alteração ambiental pode afetá-los diretamente (Berude *et al*, 2015). Diante disso, acredita-se que a fauna epígea e as diferentes técnicas aplicadas no sistema de nucleação, são fatores primordiais a serem considerados nas etapas de reflorestamento de áreas em recuperação após a mineração de bauxita.

Considerando o impacto que a lavra de bauxita causa ao meio ambiente, mesmo a céu aberto, é importante a avaliação do método de nucleação utilizado no processo de recuperação, para que se tenha um diagnóstico da sua eficiência quanto ao retorno parcial ou total da biodiversidade e das propriedades do solo ao que era antes dessas áreas serem submetidas ao processo de lavra. A presença ou ausência de grupos de organismos, estimam a recuperação ou degradação do ambiente (Moreira, 2010).

Por outro lado, a fauna epígea como bioindicadora de qualidade, sofre o efeito das alterações e reflete em seu hábitat, indicando se determinada área está respondendo positiva ou negativamente ao processo de recuperação. Portanto, o objetivo do estudo foi caracterizar a diversidade dos organismos da fauna epígea em áreas reflorestadas sob diferentes métodos de nucleação, após mineração de bauxita no município de Juruti - Pará.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais e áreas degradadas após Mineração de Bauxita

A mineração é uma atividade econômica extrativa de recursos minerais encontrados no subsolo (Almeida Júnior, 2017). O termo bauxita refere-se a um minério de coloração avermelhada, rico em alumínio, apresentando teores acima de 40% de óxidos de alumínio (Al_2O_3), tendo sido descoberto pelo mineralogista Pierre Berthier, na região sul da França, denominada Les Baux (Sampaio, 2005; Vaz, 2019). De acordo com Vaz (2019), as maiores concentrações de reservas mundiais de bauxita estão localizadas em regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a região Amazônica contempla as maiores reservas de bauxita de alta qualidade do mundo (Oliveira; Costa; Prazeres Filho, 2016).

Segundo o Ibama (1990, p.13), entende-se como degradação ambiental as alterações das características originais do ambiente, que resultam no desequilíbrio do meio, ou ainda, a incapacidade de renovação do ecossistema. Dentre as atividades que podem causar e/ou intensificar a degradação ambiental, destacam-se a produção agrícola, pecuária, aberturas de estradas, implantação de pontes e mineração. Nesse sentido, essas atividades contribuem diretamente para mudanças drásticas das paisagens naturais.

A mineração de bauxita com lavra a céu aberto se configura como a principal responsável por essa transformação, já que, as etapas do seu desenvolvimento consistem em: 1) desmatamento em grande escala; 2) retirada da primeira camada do solo, onde se encontra a matéria orgânica e a presença de microrganismos que realizam as ciclagens de nutrientes, denominada camada fértil, que por não possuir teores de minérios de interesse, é chamado pela mineração de estéril (Milanez, 2017); e por último, é feito o 3) decapeamento da argila acima do minério, e então, começam as explorações, propriamente dita.

A utilização antrópica do solo para a agricultura e mineração, estão entre os principais agentes de degradação deste importante recurso natural (Oliveira, 2003). Sendo que, cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados ou em processo de degradação (FAO, 2015). Apesar dos impactos sociais positivos que a mineração de bauxita proporciona, o processo de lavra do minério também contribui para a degradação do ambiente físico, gerando impactos, sobretudo, nas propriedades do solo. Para que essas áreas voltem a ser produtivas, é necessário a implantação de

sistemas de manejo do solo e revegetação do local, a fim de estimular o retorno da fauna aos sítios degradados (Moreira, 2004). Corroborando a essa ideia, Russo (2014) destaca que a redução na produtividade é causada por diversos fatores, necessitando da intervenção humana para a recuperação das áreas.

Dessa maneira, as empresas envolvidas na extração de minérios, têm o compromisso de recuperar essas áreas como forma de atender às exigências determinadas nos licenciamentos ambientais, bem como cumprir o que estabelece a Constituição Federal Brasileira de 1988, no Art. 255º, inciso 2º, que dispõe sobre a obrigatoriedade de recuperação de áreas degradadas após mineração, de acordo com a solução técnica imposta pelo órgão público competente (Brasil, 1988). No município de Juruti, a lavra de bauxita é conduzida de modo a prezar pelo cumprimento do que determina a legislação, dedicando esforços a fim de reduzir os impactos causados pela extração da bauxita, por meio do reflorestamento em áreas mineradas.

De acordo com a Associação Brasileira de Alumínio (Abal, 2017), no reflorestamento, são utilizadas técnicas que estimulam a rápida formação natural dos solos, como o método de nucleação, desenvolvido pela empresa de mineração instalada no município de Juruti, no qual são utilizadas plantas oriundas da vegetação original e mudas produzidas nos viveiros da empresa. Portanto, práticas de manejo como o reflorestamento são, segundo Moreira (2004), fundamentais para o sucessora recuperação de um ecossistema degradado, possibilitando o restabelecimento dos seus processos ecológicos, como também, a transposição de galharia e de *topsoil*, que permitem a recolonização da área degradada pela fauna epígea (Grani, 2017).

2.2 Sistemas de nucleação

Após o processo de exploração intensiva de bauxita, é necessário a recuperação florestal nas áreas mineradas (Barbosa, 2021). Essa recuperação constitui-se do retorno gradual de processos naturais que foram perdidos ao longo do tempo pela degradação (Toso, 2018). Devido serem submetidas à atividade de lavra, as áreas se transformam em ambientes frágeis, pois suas estruturas são alteradas e acabam perdendo grande parte das suas propriedades.

A recuperação desses ambientes degradados pode ser feita através da

regeneração natural, técnica também conhecida como restauração passiva, que consiste no isolamento de uma área dos fatores de degradação, para promover a recuperação espontânea da diversidade, estrutura e funções (Crouzeilles *et al.*, 2017). Outro método utilizado é a restauração ativa, na qual se tem a direta intervenção humana para o desenvolvimento de técnicas como o plantio de mudas e a nucleação (Martins, 2018).

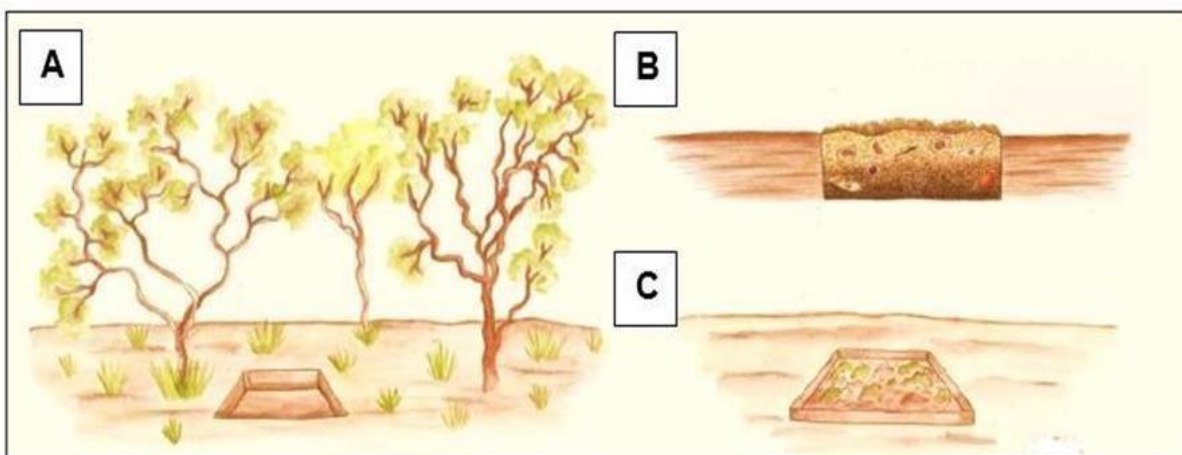
Em Juruti, a empresa de mineração de bauxita vem utilizando ao longo dos anos, diferentes sistemas de nucleação para a recuperação das áreas recém mineradas. Essa técnica consiste em recuperar a cobertura do solo causando o mínimo impacto possível, atraindo a fauna e auxiliando na formação de relações interespecíficas (Souza; Costa, 2010). Pois proporciona a construção de micro-habitat em núcleos, o que contribui para a regeneração natural a partir da introdução de espécies vegetais responsáveis pela formação de rede de interações entre os organismos (Barbosa, 2021).

A transposição do solo e de galharias, bem como o plantio de mudas fazem parte dos sistemas de nucleação, baseadas em Reis *et al.* (2003), e são utilizadas pela empresa de mineração do município. Tais sistemas têm apresentado constante evolução dentro dos módulos de recuperação da mina de Juruti desde a sua implantação, tornando o município pioneiro na aplicação dessa técnica para a regeneração das áreas (Silva, 2013).

2.2.1 Transposição do solo (*Topsoil*)

A recuperação do solo é considerada como a principal finalidade desse tipo de sistema (Tatsch, 2011; Silva, 2013), pois consiste em retirar uma camada de solo superficial de um local preservado e inseri-la em uma área que foi submetida a degradação (Figura 1). A transposição de solo não degradado permite a recolonização da área com sementes e microrganismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo (Reis *et al.*, 2003). Visto que, os núcleos formam aglomerados de vegetação, servindo de abrigo para a fauna e para as espécies vegetais (Sant'anna, 2010). Essa técnica contribui, portanto, para o aumento da população de microrganismos, demonstrando sua eficiência técnica nucleadora na recuperação ecológica dessas áreas (Silveira, 2020).

Figura 1 - Transposição de solo: Área preservada de onde o solo foi retirado (A); Solo transportado para a área degradada, contendo sementes oriundas da área preservada (B); Área degradada onde o solo foi transposto, iniciando o processo de recuperação (C).

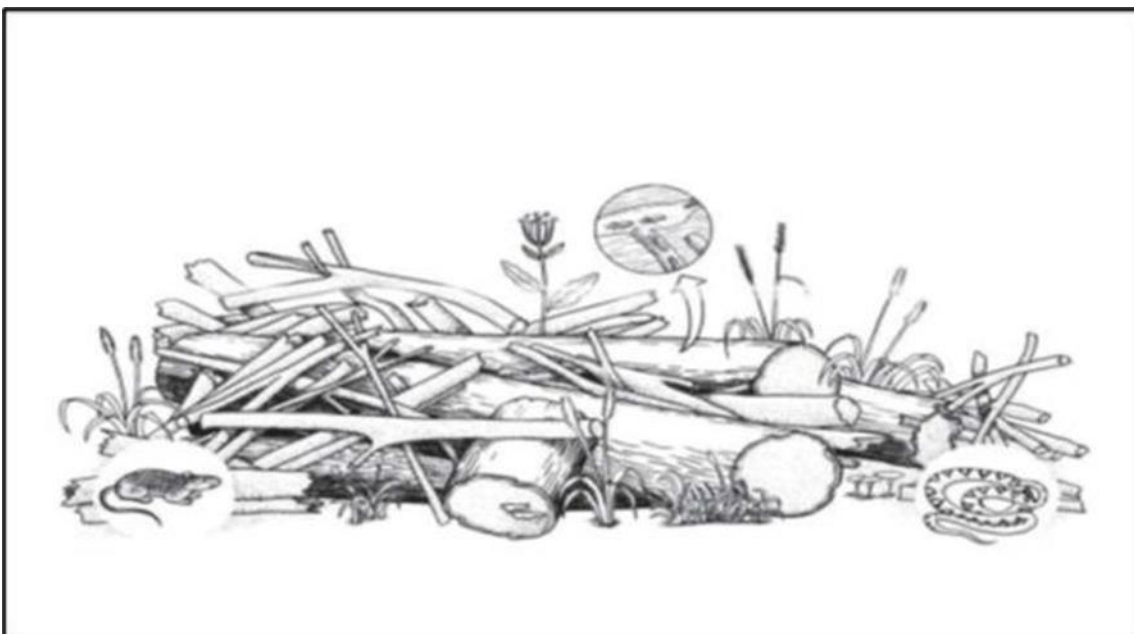


Fonte: Almeida, 2020.

2.2.2 Transposição de galharias

A transposição de galharias constitui-se como uma das técnicas mais importantes dentro dos sistemas de nucleação para a recuperação de sítios degradados (Oliveira, 2013). Através dela, os restos vegetais são dispostos de maneira desordenada, formando um emaranhado de resíduos na área (Tatsch, 2011). Esse método estimula a incorporação de matéria orgânica no solo (Reis *et al.*, 2003) que foi perdida em virtude da remoção da cobertura vegetal por processos antrópicos, como a extração de minérios de bauxita. As leiras de galharias também podem servir de abrigos para os organismos, constituindo núcleos de biodiversidade (Abreu, 2007; Silva, 2013). Além disso, pode-se contar com a presença de muitos pássaros, que passam a frequentar as galhadas em busca de insetos, o que levará a esses locais muitas sementes através das suas fezes (Leite, 2016). Ademais, Tatsch (2011) ressalta que esse modelo de sistema ajuda a manter o ambiente úmido e sombreado, favorecendo o surgimento de espécies mais adaptadas a essas condições (Figura 2).

Figura 2 - Demonstração do enleiramento de galharia.



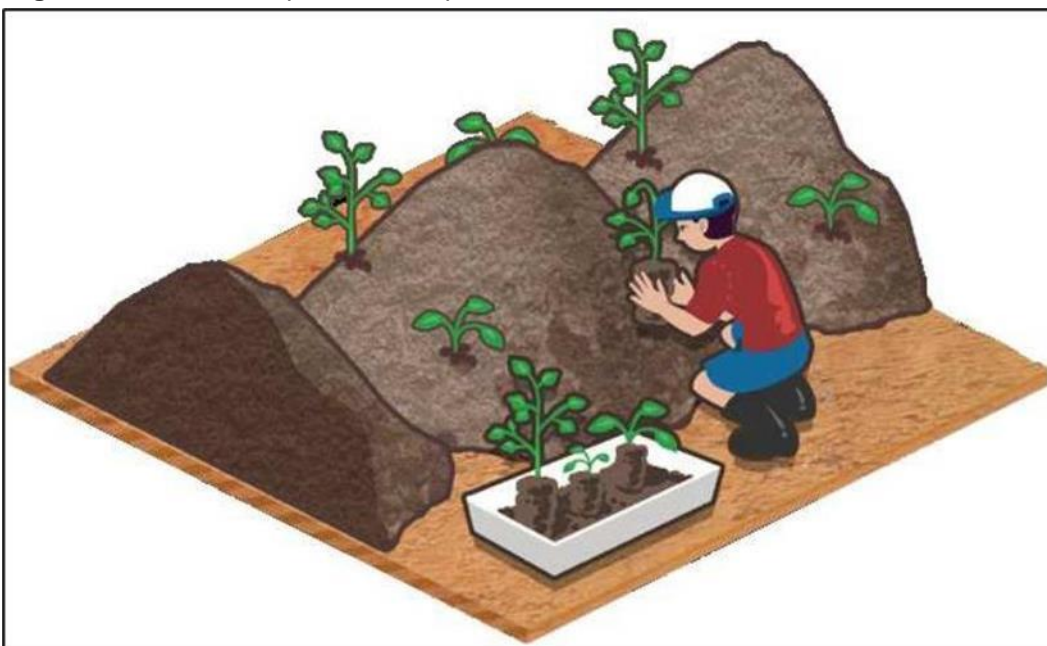
Fonte: Reis, 2003.

As galharias são adquiridas sem nenhum custo, uma vez que todo o material utilizado provém de resíduos existentes nas áreas experimentais, como árvores fragmentadas após supressão, que é a etapa inicial do processo de extração mineral (Leite, 2016). Dessa forma, a implantação do sistema é fundamental, pois o material orgânico fornecido pelos resíduos florestais, possibilita que as áreas que foram degradadas sejam reestruturadas através dos núcleos de biodiversidade, fazendo com que ocorra a recuperação ecológica do ecossistema corrompido pela mineração.

2.2.3 Plantio de mudas

A técnica do plantio de mudas (Figura 3), proporciona a formação de núcleos ou ilhas de vegetação, através dos quais se formam pequenas manchas de florestas que passarão a abranger toda a área com o decorrer do tempo, constituídas por uma grande diversidade de espécies em um ambiente degradado (Sousa, 2017). Por meio desse sistema, os núcleos gerados são capazes de atrair para as áreas degradadas uma maior diversidade biológica (Reis *et al.*, 2003), auxiliando no processo de recuperação. Esses núcleos só se tornam extremamente efetivos a partir do momento em que passam a oferecer uma contínua produção alimentar, de forma diversificada (Reis *et al.*, 2003).

Figura 3 - Desenho esquemático do plantio de mudas.



Fonte: PRAD – Mina de Bauxita de Juruti.

As mudas utilizadas no sistema de nucleação, devem ser preferencialmente de espécies nativas, com funções nucleadoras e que possuam boa interação com a fauna (Silva, 2013). Elas serão fundamentais na função de acumular matéria orgânica no solo e contribuir com o processo de estruturação do material argiloso e do *topsoil* depositado, favorecendo efetivamente para a neopedogênese almejada (Silva, 2013).

2.3 Importância da fauna epígea na recuperação de áreas degradadas

Caracteriza-se como fauna epígea invertebrados que habitam na interface serapilheira-solo (Lima *et al.*, 2019), que precisamente, se enquadram como pertencentes a macro e mesofauna, sendo que passam uma parte ou todo o seu ciclo de vida no solo (Berude *et al.*, 2105). Esses indivíduos possuem tamanhos diversificados, e podem ser diferenciados pelo diâmetro corporal. A mesofauna abrange invertebrados entre 0,2 mm e 2,0 mm, enquanto a macrofauna >2,0 mm (Correia; Oliveira, 2006). Diferenciam-se ainda, pelo modo de vida e hábitos alimentares (Correia; Oliveira, 2000), como também pelas funções exercidas no meio onde habitam. Quanto às funções, estas podem ser diferentes ou semelhantes (redundância funcional), onde o meio faz a filtragem mantendo espécies com similaridade nas funções ou até mesmo nos hábitos (Correia, 2002). As atividades

exercidas por esses organismos contribuem para a estruturação do solo, devido ao papel que executam na decomposição dos resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e os processos biológicos (Berude *et al.*, 2015; Correia; Oliveira, 2006), que são essenciais para a manutenção da fertilidade do solo (Correia; Oliveira, 2006).

A fauna epígea é utilizada como uma importante ferramenta na avaliação da qualidade ambiental de áreas após mineração. Os microrganismos atuam como os principais reguladores do solo na prestação de serviços, participando das interações e processos químicos, físicos e biológicos (Lavelle *et al.*, 2006). A utilização da fauna como bioindicador em áreas em processo de recuperação se refere à relação que esses organismos possuem com as características ambientais e teores de matéria orgânica no solo (Reis, 2006). Além disso, respondem rapidamente às mudanças ambientais quando as estruturas nas comunidades são alteradas em decorrência das perturbações ocorridas no ambiente (Moreira, 2010), sejam elas naturais ou antrópicas. Dessa forma, estudos têm sido desenvolvidos para consolidar a importância da presença desses invertebrados no processo de recuperação de áreas degradadas.

Ao fazer levantamento da fauna edáfica em reflorestamentos de idades diferentes após a extração de bauxita, Moreira (2010) concluiu que a estruturação e a diversidade da fauna do solo, de acordo com os anos, estavam coerentes com as características dos sistemas. Ou seja, quanto mais idade as áreas reflorestadas tinham, melhor era a diversidade da fauna presente. Corroborando a esses resultados, Correia *et al.* (2020), ao avaliarem a colonização da comunidade edáfica em plantios de diferentes idades em estéril de bauxita, pontuaram a estruturação e diversidade das comunidades de fauna do solo nos plantios mais antigos, enquanto, nos mais recentes, a comunidade edáfica apresentou oscilações na diversidade.

Embora venha ocorrendo um aumento na avaliação do impacto de diferentes sistemas de manejo do solo referente a biota edáfica, poucos estudos têm se concentrado em entender e monitorar a dinâmica desses organismos em sítios degradados (Rieff, 2014), principalmente, em áreas após os processos de mineração. Visto que, é por meio das funções e atividades tróficas exercidas por estes, que ocorre o desenvolvimento das plantas e manutenção de florestas.

De acordo com o método adotado no processo de recuperação de áreas mineradas, a fauna epígea corresponde significativa ou negativamente, pois desempenham interações contribuintes para a fertilidade e produtividade do

ecossistema (Correia; Oliveira, 2006). A eliminação da macrofauna do solo reduz a proporção da decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira (Aquino, 2006). Devido esta ser responsável pela fragmentação da serapilheira, indiretamente estabelece um controle nos processos biológicos (Correia, 2002), misturam partículas orgânicas, redistribuem a matéria orgânica e produzem pelotas fecais (Correia; Oliveira, 2000). Por outro lado, a mesofauna tem capacidade de criar bioporos, melhorar a aeração do solo, regular a população microbiana e colaborar com a humificação (Berude *et al.*, 2015).

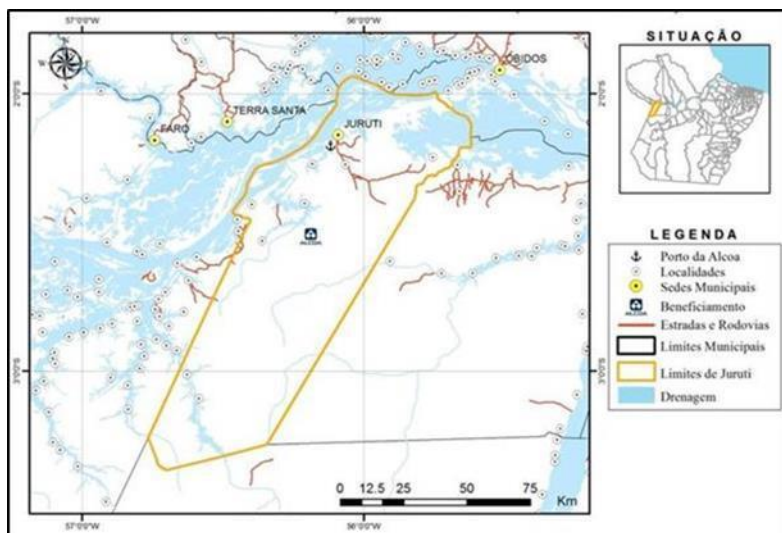
Portanto, a fauna epígea pode ser utilizada como bioindicadora de qualidade do solo, pois esta reflete as modificações ocorridas no ambiente. Isto é, mostra-se sensível às alterações no meio físico, químico e biológico (Baretta *et al.*, 2011). O manejo adotado para a manutenção do solo, pode interferir nos grupos edáficos e acarretar prejuízos ou benefícios à fauna presente.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Local de realização do experimento e seleção das áreas

O estudo foi realizado no município de Juruti (Figura 4), localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas, Oeste do Estado do Pará, nas coordenadas 2° 9' 12" de latitude sul e longitude 56° 5'14" oeste (Cidade - Brasil, 2021). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, é uma transição entre o tipo climático Af e Aw, é descrito por temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C apresentando uma estação seca que é compensada pelos totais elevados de precipitação. É uma região tropical que possui solos de baixa fertilidade natural, intemperizados e lixiviados.

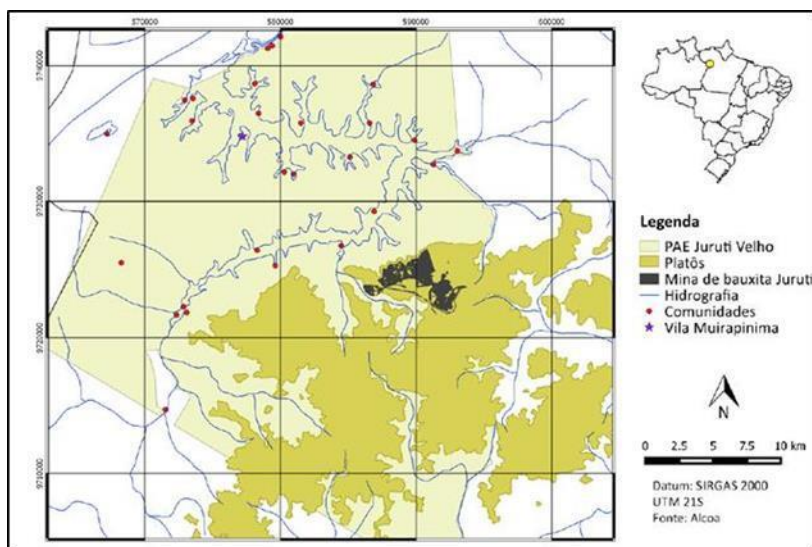
Figura 4 - Mapa da Localização Geográfica da cidade de Juruti-Pará.



Fonte: Base Cartográfica IBGE.

As áreas estudadas foram definidas de acordo com o tempo de recuperação dos fragmentos após a extração da bauxita, situada no platô Capiranga, onde se localiza um dos depósitos de bauxita da Mina (Figura 5). Foram selecionadas três áreas com diferentes tempos de recuperação florestal e uma área de referência, a saber: (A1): área reflorestada em 2018; (A2): área reflorestada em 2015; (A3): área reflorestada em 2012; e (A4): área representativa das características avaliadas antes do processo de mineração (área de Floresta).

Figura 5 - Localização da Mina de Bauxita e seus respectivos platôs de extração mineral.



Fonte: Rosa (2019) a partir de informações fornecidas pela Empresa de Bauxita de Juruti.

3.2 Técnicas aplicadas na nucleação e coleta da Fauna Epígea do Solo

No ano de 2012, para o reflorestamento das áreas era utilizado na técnica de nucleação, apenas os montes com *topsoil* + plantio de mudas. Já nos anos de 2013 e 2014 passou-se a utilizar o material vegetal oriundo da supressão da floresta + o plantio de mudas. A partir do ano de 2015 foi utilizado o método de nucleação utilizando o *topsoil* + o material vegetal oriundo da supressão da floresta + plantio de mudas para a recuperação das áreas (tabela 1). Parte das mudas utilizadas neste processo são produzidas em comunidades no entorno da área de extração da bauxita, e outra parte oriundas da atividade de resgate nas áreas onde serão suprimidas.

Tabela 1 - Técnicas de nucleação aplicadas em diferentes tempos de reflorestamento na mina de bauxita de Juruti-Pará.

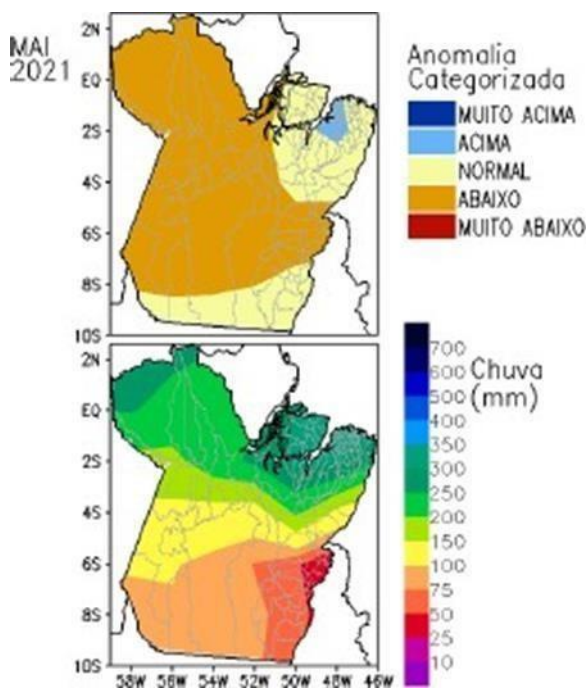
Ano de Reflorestamento	Técnica de Nucleação aplicada
2012	<i>Topsoil</i> + plantio de mudas
2013	Plantio de mudas + galharia
2014	Plantio de mudas + galharia
2015	Plantio de mudas + <i>topsoil</i> + galharia

Fonte: Autoras, 2023.

3.3 Coleta da Fauna Epígea do solo

As armadilhas foram instaladas no período de inverno amazônico, no dia 5 de maio e retiradas dia 10 de maio de 2021, época em que foram registrados baixos índices pluviométricos, de acordo com o Anuário Climatológico do Estado do Pará do ano de 2021, (Semas, 2022), como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Distribuição de chuvas no estado do Pará no ano de 2021, com redução na distribuição na região oeste do estado.



Fonte: Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará – RPCH, 2021.

Para as coletas da Fauna Epígea, utilizou-se armadilha de queda do tipo “*pitfall*” em cada uma das áreas avaliadas, de acordo com a metodologia de Aquino *et al.* (2006). Constituídas de recipientes plásticos com 11 cm de diâmetro e 11 cm de altura enterrados ao nível do solo, cobertas com embalagem descartável de alumínio, sustentada com palitos a 10 cm da abertura da armadilha, para proteger da chuva, evitar que os indivíduos se deteriorassem e as armadilhas enchessem com água (Figura 7). Cada armadilha continha cerca de 170 mL de álcool 70% e 3 gotas de detergente neutro, para a conservação dos animais durante o processo de triagem. Para cada área utilizou-se 8 armadilhas dispostas de modo aleatório, totalizando 32 (quatro áreas avaliadas e 8 réplicas de campo), que permaneceram nas áreas por cinco dias. Considerou-se as técnicas de nucleação como tratamentos.

Figura 7 - Disposição das armadilhas pitfall.



Fonte: Autoras, 2021.

3.4 Triagem da fauna no laboratório

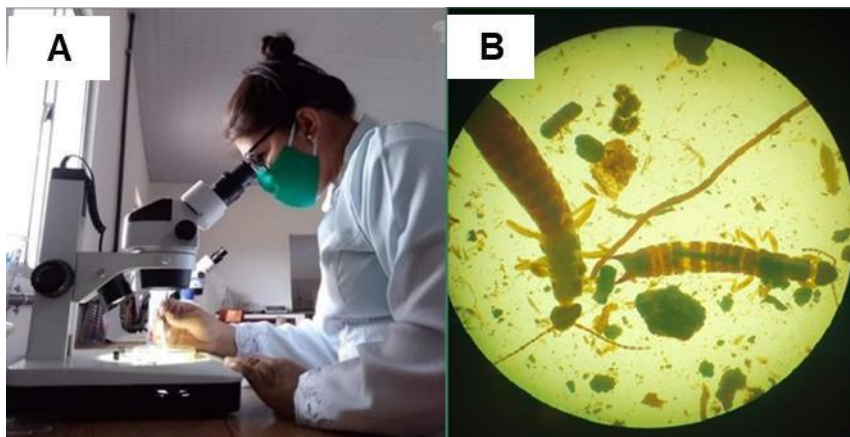
No laboratório, o material coletado foi submetido ao processo de lavagem, para a retirada do excesso de solo e resíduos vegetais. O conteúdo das armadilhas foi acondicionado em frascos contendo álcool 70% (Figura 8) (Aquino *et al.*, 2006), posteriormente, realizou-se a identificação com o auxílio de lupa binocular (Figura 9) e separados, utilizando placas de petri para facilitar a visualização. Os indivíduos identificados quanto aos grupos taxonômicos (ordem, classe ou família), foram classificados de acordo com a metodologia de Pereira *et al.* (2018).

Figura 8 - Fauna acondicionada em álcool 70%.



Fonte: Inês Cância, 2021.

Figura 9 - Triagem da fauna epígea com auxílio de lupa binocular (A), organismos visualizados na lupa (B).



Fonte: Damares Corrêa, 2021 (Fig. A), Inês Cânciao, 2021 (Fig. B)

3.5 Análise estatística dos dados

A partir dos dados obtidos calculou-se para cada área, o número de indivíduos armadilha⁻¹ dia⁻¹, seguido pelo erro padrão. As comunidades da fauna epígea foram comparadas por meio do índice de diversidade de Shannon ($H = - \sum p_i \cdot \log p_i$), onde $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo, $N = \sum$ densidade de todos os grupos, e equitabilidade de Pielou ($e = H/\log R$), onde, R = riqueza total, representada pelo número de grupos taxonômicos.

Os dados dos grupos de organismos foram submetidos aos testes estatísticos de Bartlett, para a homocedasticidade das variâncias e ao teste de Shapiro-Wilk, para a normalidade dos resíduos. Como os dados não atenderam os pressupostos da Anova, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%, a partir do Software R, versão 3.6.3 (Reference Index The R Core Team, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

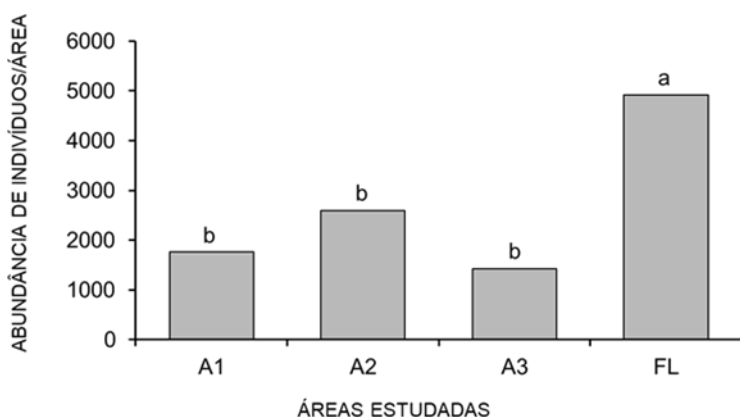
4.1 Abundância da fauna epígea

Na avaliação da fauna epígea, contabilizou-se 28 grupos taxonômicos, sendo predominantes neste estudo a Entomobryomorpha, Formicidae, Coleoptera, Poduromorpha, Symphypleona, Acari, Diptera, Thysanoptera, Orthoptera, Hymenoptera, Aranae, Larva de Diptera, Blattodea, Larva de Coleoptera, Isoptera e

Diplopoda. Enquanto os grupos com menor ocorrência foram agrupados em “outros”, sendo eles: Archaeognatha, Auchenorrhyncha, Chilopoda, Dermaptera, Diplura, Isopoda, Larva de Lepidoptera, Oligochaeta, Opilionida, Scorpionida e Sternorrhyncha. A classe Collembola foi dividida em três ordens diferentes sendo: Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symphypleona. As espécies na fase adulta foram separadas das formas larvais, pois exercem funções ecológicas diferentes no solo, mesmo estes sendo pertencentes ao mesmo grupo taxonômico.

Foi coletado um total de 10.707 indivíduos, número muito significativo para a quantidade de dias. Dos organismos edáficos contabilizados, 1.762 foram encontrados na Área A1 (2018), 2.592 na Área A2 (2015), a segunda área recuperada, 1.431 na Área A3 (2012) e 4922 indivíduos na A4, Área de Floresta. Numericamente, pode-se observar que a técnica de nucleação utilizada no ano de 2015, favoreceu uma maior quantidade de indivíduos na Área 2, porém, a abundância não foi um fator determinante para a separação das áreas, pois os valores da A2 não diferiram das áreas A1 (2018) e A3 (2012) (Figura 10).

Figura 10 - Abundância de indivíduos da fauna epígea, coletados nas áreas de estudo.



Nota: Áreas com diferentes tempos de recuperação, após mineração de Bauxita: área 4 (FL) e áreas em processo de recuperação (A1, A2 e A3).

Devido ao tempo de reflorestamento da Área A3, esperava-se um número total de indivíduos semelhante ao da Área A4, contudo, a técnica aplicada na nucleação foi montes com *topsoil* + plantio de mudas, sem uso de material de supressão (galharia), que explica o número reduzido de indivíduos epigeicos. Nesse contexto, Reis *et al.* (2003), ressaltam a importância do uso da galharia nos processos de recuperação de áreas degradadas, pois além da incorporação de matéria orgânica do solo, permite a germinação de espécies vegetais, principalmente em áreas mineradas. A introdução

da galharia nas técnicas de nucleação, disponibiliza alimento para os decompositores (Grani, 2017), proporcionando a recolonização dos microrganismos (Almeida, 2016) e gerando novos nichos ecológicos (Abreu, 2022), facilitando a recuperação da biodiversidade da área reflorestada.

4.2 Atividade da fauna epígea

No que se refere a comparação de médias entre as áreas de estudo, os grupos Araneae, Acari, Blattodea, Diplopoda, Heteroptera, Hymenoptera, Isoptera, Larva Coleoptera, Larva Diptera e Oligochaeta, apresentaram números de indivíduos por armadilha ao dia semelhantes, não se diferenciando entre as Áreas do estudo (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de indivíduos por armadilha ao dia dos grupos e erro padrão dos grupos da fauna epígea, nas áreas A1: Reflorestada em 2018; A2: Reflorestada em 2015; A3: Reflorestada em 2012; A4: Área de referência (Floresta).

GRUPOS	A1	A2	A3	A4
	Ind. arm ⁻¹ . dia ⁻¹			
Acari	4,55 ± 0,91 a	2,55 ± 0,63 a	3,30 ± 1,26 a	5,35 ± 0,82 a
Aranea	0,55 ± 0,09 a	0,60 ± 0,16 a	0,55 ± 0,13 a	0,93 ± 0,11 a
Blattodea	0,23 ± 0,14 a	0,40 ± 0,13 a	0,35 ± 0,13 a	0,35 ± 0,13 a
Diplopoda	0,03 ± 0,02 a	0,13 ± 0,07 a	0,03 ± 0,02 a	0,05 ± 0,05 a
Heteroptera	0,10 ± 0,05 a	0,08 ± 0,05 a	0,03 ± 0,02 a	0,18 ± 0,08 a
Hymenoptera	0,93 ± 0,41 ^a	0,28 ± 0,14 a	0,15 ± 0,06 a	1,40 ± 0,55 a
Isoptera	0,03 ± 0,02 a	0,10 ± 0,09 a	0,18 ± 0,10 a	0,03 ± 0,02 a
Larva Coleoptera	0,13 ± 0,05 a	0,23 ± 0,14 a	0,18 ± 0,08 a	0,15 ± 0,09 a
Larva Diptera	0,63 ± 0,13 a	0,33 ± 0,11 a	0,35 ± 0,08 a	0,60 ± 0,20 a
Oligochaeta	0,15 ± 0,07 a	0,00 ± 0,00 a	0,08 ± 0,05 a	0,28 ± 0,12 a
Coleoptera	3,38 ± 0,44 ab	12,20 ± 5,66 a	1,03 ± 0,25 b	7,83 ± 1,45 a
Diptera	6,45 ± 0,99 a	1,13 ± 0,28 b	2,10 ± 0,45 b	1,50 ± 0,35 b
Entomobryomorpha	6,83 ± 1,76 b	17,93 ± 5,00 b	16,03 ± 3,07 b	72,50 ± 6,27 a
Formicidae	7,13 ± 1,21 ab	18,60 ± 6,62 a	3,78 ± 0,93 b	7,08 ± 1,32 ab
Orthoptera	1,75 ± 0,35 a	0,08 ± 0,03 b	0,13 ± 0,06 b	1,65 ± 0,17 a
Poduromorpha	7,58 ± 0,82 a	2,48 ± 0,89 b	4,43 ± 1,21 ab	9,28 ± 2,09 a
Psocoptera	0,33 ± 0,11 a	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
Sympleypleona	3,05 ± 0,49 ab	6,83 ± 2,89 ab	1,70 ± 0,80 b	8,83 ± 1,49 a
Thysanoptera	0,15 ± 0,10 b	0,63 ± 0,32 b	1,18 ± 1,00 b	4,78 ± 1,03 a
Outros	0,16 ± 0,1 a	0,21 ± 0,16 a	0,26 ± 0,11 a	0,35 ± 0,23 a

Médias seguidas de mesma letra, em linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. (A1): área reflorestada em 2018; (A2): área reflorestada em 2015; (A3): área reflorestada em 2012; (A4): área de floresta.

Para o grupo Coleoptera, as áreas A1, A2 e A4 não se diferiram estatisticamente, contudo, a A1 também não se diferiu de A3, o que ressalta a importância da galharia no processo de recuperação das áreas degradadas. Os hábitos alimentares desses organismos estão atrelados com seu modo de vida (hábitat), uma vez que, a maioria das espécies vivem sobre a vegetação ou na superfície do solo (Buzzi, 2013, p. 382). Segundo Alves *et al.* (2010), por se tratar de organismos que vivem no interior do recurso alimentar, são mais sensíveis às condições adversas do meio, preferindo áreas florestadas. Essa disponibilidade de recursos possibilita melhores condições ao desenvolvimento da fauna como um todo

(Machado *et al.*, 2021). Sendo assim, Sampaio *et al.* (2009), ao avaliarem Coleópteros como indicadores de recuperação florestal, concluíram que os diversos atributos, como os antes mencionados da ordem coleóptera, a qualificam como bioindicadora de qualidade ambiental. Corroborando a esses resultados, Bett e Farias (2013), ao avaliarem em seu estudo, a presença-ausência de Coleópteros em áreas com diferentes estádios de recuperação ambiental após uso pela mineração, salientaram que a presença de besouros em áreas com estágio avançado de recuperação, possuem aumento da biodiversidade e que o uso destes organismos como bioindicadores de qualidade são considerados.

O grupo Díptera se destacou com maior média na Área A1 (2018). São organismos que possuem um papel ecológico importante como inimigo natural de vários organismos e se alimentam de matéria orgânica animal e vegetal (Buzzi, 2013, p. 500). Para o grupo Entomobryomorpha, os maiores valores foram observados na área A4, sendo que nas três áreas onde utilizou-se diferentes técnicas de nucleação, apresentaram valores similares. Esses indivíduos desenvolvem um papel determinante no processo de decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (Baretta *et al.*, 2011). A expressividade desse grupo na área de floresta corrobora aos resultados verificados por Baretta *et al.* (2008), que ao estudar Colêmbolos como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*, constataram que esses organismos apresentaram maior sensibilidade às intervenções antrópicas, uma vez que na mata nativa foi observada uma maior diversidade desse grupo em razão das melhores condições edáficas.

O grupo Formicidae não se diferiu nas áreas A2, A1 e A4, porém, estas duas últimas também não se diferiram da área A3, que obteve um número de indivíduos inferior ao das áreas mais recentes recuperadas. A presença desses organismos tende a aumentar à medida em que há maior complexidade vegetal, disponibilidade de micro-habitat, e, conseqüentemente, maior diversidade de alimentos e abrigos (Andersen, 2000). As formigas têm várias funções ecológicas, atuam como predadoras de outros organismos, cultivam fungos, ajudam na dispersão de sementes, herbivoria, ciclagem de nutrientes, estruturação física e química dos solos (Melo *et al.*, 2009).

Organismos ortópteros, destacaram-se tanto na área de floresta A4, quanto na área A1 (2018). A presença desses organismos apenas nessas áreas, se dá pelas condições favoráveis que o ambiente proporciona a esses indivíduos, pois de acordo

com Begon *et al.* (2006) e Guerra *et al.* (2012), ambientes com recursos ideais, proporcionam maiores taxas de sobrevivência e longevidade aos ortópteros, principalmente quando o alimento é de qualidade e maior disponibilidade. Buzzi (2013, p. 234), afirma também, que os ortópteros são invertebrados facilmente encontrados em regiões com presença de alimentos disponíveis. Para o grupo Poduromorpha, verificou-se que as médias não se diferiram nas áreas A1, A4 e A3, sendo que esta última também não se diferiu da área A2, reflorestada em 2015.

O grupo Psocoptera foi expressivo na área reflorestada em 2018, onde se pertence aos decompositores, pois estes se alimentam de restos orgânicos e de conjunto de seres microscópicos (antes conhecidos por microflora) (CDCC, 2008). São encontrados em casca e folhagens de árvores, em serapilheira úmidas, em rochas e até ninhos de pássaros (Valbuza, 2015). Outro grupo que sobressaiu na área de 2018, quando comparado a área de referência (floresta), foi díptera. São organismos que possuem um papel ecológico importante como inimigo natural de vários organismos e se alimentam de matéria orgânica animal e vegetal, (Buzzi, 2013, p. 500).

A média do grupo Symphypleona não se diferiu nas áreas A4, A1 e A2, sendo que estas duas últimas também não se diferiram da A3, área em que se utilizou como técnica de nucleação apenas plantio de mudas + *topsoil*. Essas médias indicam que a utilização do material oriundo da supressão vegetal (galharia), proporciona melhores condições para o desenvolvimento da atividade microbiana, uma vez que esses organismos são diretamente influenciados pelas condições promovidas de acordo com o sistema de manejo adotado (Ferreira, 2020).

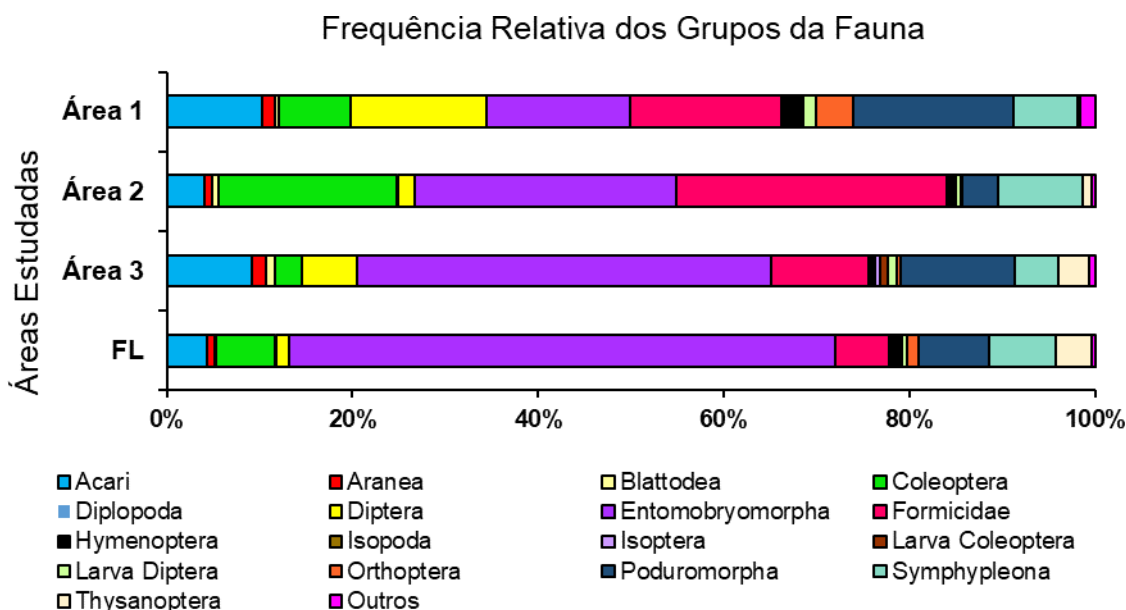
Indivíduos do grupo Thysanoptera apresentaram maior atividade na área A4, pois é o ambiente que apresenta certo equilíbrio e beneficia o grupo, pois as alterações ocorridas na composição das vegetações, influenciam a estrutura e composição da serapilheira, e conseqüentemente, influencia na presença de fauna do solo. Correspondente à essas alterações no meio, pode se citar organismos do grupo Thysanoptera (tripes fungívoros), que segundo Santos *et al.* (2020), apresentam abundância relativamente baixa, principalmente, quando determinada área passa por processo de regeneração.

4.3 Frequência relativa da fauna epígea

Em relação à frequência relativa da fauna nas áreas estudadas, pode-se

observar que na Área A1 (2018), os grupos de maior frequência, em ordem decrescente foram: Poduromorpha, Formicidae, Entomobryomorpha e Díptera, cuja frequência deste último grupo foi superior à área de referência (Figura 11).

Figura 11 - Distribuição da frequência dos organismos nas áreas estudadas.



Áreas com diferentes tempos de recuperação, após mineração de Bauxita. Área 1: reflorestada em 2018; Área 2: reflorestada em 2015; Área 3: reflorestada em 2012; FL: área de referência (Floresta).

Os organismos presentes na Área A1 apresentaram melhor distribuição em relação às demais áreas estudadas. Essa frequência superior de organismos colêmbolos, está correlacionada com a oferta de alimentos, condições climáticas e fertilidade do solo, além disso, são importantes na decomposição da serapilheira, principalmente em áreas com menor tempo de reflorestamento (Serrano, 2007).

Na Área A2 (2015) os mais frequentes foram: Formicidae, com frequência similar ao grupo Entomobryomorpha, seguido de Coleóptera e Symphypleona. Enquanto na Área A3 (2012), o grupo Entomobryomorpha foi o que apresentou maior frequência relativa, seguido de Poduromorpha, Formicidae e Acari. Nas três áreas em processo de recuperação, pode-se observar a presença do grupo Formicidae. Em áreas mineradas, onde os nutrientes são removidos, a atividade desses organismos é fundamental para a manutenção da fertilidade do solo (Moreira, 2010).

Na Área A4, houve dominância na frequência relativa do grupo Entomobryomorpha, o que fez com que o percentual dos demais grupos reduzissem.

Além desse grupo, organismos como Poduromorpha, Symphypleona e Coleoptera também apresentaram maior frequência em relação aos demais grupos. Para Moreira (2010), essa dominância de alguns grupos em ambientes mais diversos, como na área de floresta, é justificada pela forma com que esses indivíduos se adaptam ao ecossistema.

4.4 Riqueza, Índice Ecológico de Shannon e Equitabilidade de Pielou

A riqueza total de espécies refere-se ao número de diferentes grupos dentro de uma amostra e não leva em consideração o quão raros ou comuns são esses indivíduos (Baretta *et al.*, 2011). O índice de Equitabilidade de Pielou indica a uniformidade das áreas amostradas, com valores variando de 0-1, em que resultados próximos de 0 indicam prevalência de poucos grupos (Da Silva *et al.*, 2022), isto é, muitos indivíduos de uma determinada espécie e poucos de outras. Por outro lado, resultados mais próximos de 1 indicam uniformidade entre as áreas avaliadas. A Diversidade de Shannon está relacionada com a riqueza e abundância relativa na distribuição dos indivíduos entre as áreas.

Tabela 3 - Indivíduos por armadilha ao dia, Riqueza Total, Índice de Diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou dos grupos de fauna nas quatro áreas estudadas.

Tratamentos	Ind.arm ⁻¹ .dia ⁻¹	Erro Padrão	Riqueza Total	Shannon (H')	Pielou (e)
A1	44,08	3,65	23	3,28	0,72
A2	64,73	17,67	21	2,65	0,60
A3	35,08	7,28	22	2,76	0,62
A4	123,05	9,48	25	2,30	0,50

Nota: Áreas com diferentes tempos de recuperação, após mineração de Bauxita: área A4 (Floresta) e áreas em processo de recuperação (A1, A2 e A3).

Em relação aos valores de indivíduos por armadilha ao dia, observou-se menor valor na área A3 (2012) e maior na área A4. Sendo que nesta última, seu valor se elevou devido à dominância de indivíduos de um mesmo grupo (Entomobryomorpha), que conseqüentemente, influenciou nos demais. Sendo assim, ressalta-se que, a Floresta oferece condições necessárias para o melhor desenvolvimento desses

organismos, que por sua vez, são mais frequentes em áreas úmidas (Silva *et al.*, 2013). Quando comparadas as 3 áreas de estudo, observa-se que a área A2 (2015) teve em média $64,73 \text{ ind.arm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, número superior às áreas A1 e A3, contudo, sua riqueza foi inferior às áreas A1 e A3, como também, os índices ecológicos de Shannon e Pielou. Os dados avaliados não foram caracterizados por parâmetros, tendo o resultado do Erro Padrão discrepante apenas na área A2, que apresentou médias mais variáveis. Já em relação aos valores de Riqueza Total, todas as áreas estudadas apresentaram bons parâmetros de avaliação, sendo semelhantes ao da área de Floresta.

Quanto ao Índice de Shannon (H) e Equitabilidade de Pielou (e), os maiores valores foram observados na área A1 (2018), seguido das áreas A3 e A2, respectivamente, com valores superiores em relação à área A4 (Floresta). Esse resultado indica que a condução da nucleação nessas áreas, proporcionou melhor efeito sobre a fauna estudada, pois as coletas dos microrganismos dependem diretamente de uma serapilheira compatível. Deste modo, isto indica que a nucleação ofertou maior diversificação de grupos faunísticos e esses valores avaliados estão diretamente correlacionados com a riqueza.

Quanto a área de floresta, verificou-se que tanto o Índice de Diversidade quanto de Pielou, apresentaram valores inferiores quando comparados as demais áreas. Essa redução está diretamente relacionada a dominância de alguns grupos em relação a outros (Souto *et al.*, 2008), pois na área de referência, os organismos Entomobryomorpha apresentaram um número superior de indivíduos em detrimento aos demais grupos epigeicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues *et al.* (2016) ao avaliar a diversidade da fauna epigea em voçoroca revegetada com diferentes espécies de leguminosas, onde a mata apresentou menores valores de diversidade, devido a dominância dos grupos Formicidae e Entomobryomorpha. Dessa forma, a floresta continua em destaque, pois possui a maior quantidade de organismos, assim como na riqueza total, porém, o fato de ter muitos organismos de um mesmo grupo, reduziu os valores dos índices de Shannon e Pielou.

Quanto a equitabilidade, a área A1 (2018) se destacou com maior valor de Pielou, o que indica que apesar desta ter apresentado riqueza similar às demais áreas, os indivíduos se mostraram distribuídos de maneira mais uniforme. Vale ressaltar que na área de referência foi observado o menor índice de Equitabilidade devido a

predominância de alguns grupos em detrimento aos demais, que de acordo com Da Silva *et al.*, (2022), quanto menor o valor obtido no Índice de Pielou, maior será a dominância de poucos grupos.

5. CONCLUSÕES

A semelhança dos grupos de fauna nas áreas em recuperação e na área de floresta, indicam que a nucleação tem possibilitado a formação de núcleos nesses ambientes degradados após o processo de extração do minério, proporcionando as condições necessárias para o retorno da comunidade de invertebrados às áreas em processo de recuperação.

As áreas de nucleação favorecerem o bom restabelecimento de organismos com diferentes funcionalidades, importantes para manter os processos no solo.

A utilização da fauna epígea como bioindicadora de qualidade do solo mostrou-se eficiente na avaliação do processo de recuperação das áreas por meio das técnicas de nucleação empregadas, uma vez que, as áreas apresentaram valores de riqueza similares aos da área de referência.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo de recuperação nem sempre é um fator determinante, pois, se tratando de nucleação, a técnica aplicada, influencia diretamente no retorno parcial e total dos grupos faunísticos.

Há necessidade de novas pesquisas para levantamento de dados sobre as atividades da fauna nas áreas mineradas, como a avaliação dos grupos taxonômicos presentes nas estações seca e chuvosa, além de estudos sobre a serapilheira presente.

REFERÊNCIAS

- ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). **Bauxita no Brasil: mineração responsável e competitividade**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.abal.org.br>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- ABREU, Analuce de Araújo. **Técnicas de nucleação na restauração de áreas perturbadas**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Minas Gerais, 2007. 25p. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTI3>. Acesso em: 01 jun. 2023.
- ALMEIDA JÚNIOR, Marcus Vinícios Costa. **Mineração e dinâmica da paisagem**. Cruz das Almas, BA: UFR, 2017. 42p.; ISBN: 978-85-5971-024-3. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175242/2/Dinamica%20da%20Paisagem.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.
- ALMEIDA, Danilo Sette de. Modelos de recuperação ambiental. *In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. [online] 3ª ed. rev. e ampl. Ilhéus: EDITUS, 2016. p. 108. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/sumarios/recuperacao_ambiental_mata_atlanica.pdf. Acesso em: 15 nov. 2023.
- ALVES, Frederico Rezende. *et al.* **Modo de vôo e suas implicações na busca por alimento em cinco espécies do gênero eurysternus dalman (coleoptera: scarabaeinae: eurysternini)**. Lab. de Ecologia e Conservação de Invertebrados, Setor de Ecologia, DBI, UFLA. Lavras – MG, 2010. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/1717.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- ANDERSEN, ALAN. A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. *In: Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. 2000, cap 3, p. 25-34. Disponível em: <https://mbd-db.osu.edu/hol/publications/0f5e7e16-f30c-4086-aa13-5a75425073cd>. Acesso em: 02 nov. 2023.
- AQUINO, Adriana Maria de. **Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema**. Miolo Biota, Cap. 3. p. 156, 2006.
- AQUINO, Adriana Maria de; AGUIAR-MENEZES, Elen de Lima; QUEIROZ, Jarbas Marçal de. **Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“Pitfall-Traps”)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia – EMBRAPA. Seropédica – RJ. 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34091/1/cit018.pdf>. Acesso em: 02 maio 2023.
- BARBOSA, Rodrigo de Souza. **Técnicas de restauração florestal em áreas mineradas e definição de espécies chaves para a Amazônia Oriental**. 2021. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1175>. Acesso em: 20 maio 2023.
- BARETTA, Dilmar. *et al.* Colêmbolos (hexapoda: collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2693-2699, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700012>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BARETTA, Dilmar. *et al.* **Fauna edáfica e qualidade do solo**. 7 ed. Santa Catarina, 2011, p. 119-170. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267333227_FAUNA_EDAFICA_E_QUALIDADE_DO_SOLO. Acesso em: 10 maio 2023.

BEGON, Mike. *et al.* **Ecology: from individuals to ecosystems**. Oxford Blackwell. 2ª Ed., 738 p. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216849765_Ecology_From_Individuals_to_Ecosystems/citation/download?_tp=eyJjb250ZXh0ljp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 11 nov. 2023.

BERUDE, Marciana Christo. *et al.* **A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, Alegre, ES, Brasil. Enciclopédia biosfera: Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/A%20MESOFAUNA.pdf>. Acesso em: 22 maio 2023.

BETT, Joana Zamprônio; FARIAS, Patrícia Menegaz de. Escarabeíneos como indicadores de qualidade ambiental em áreas recuperadas após mineração. 2º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul.2013. ISSN 2175-5302. Universidade do Sul de Santa Catarina/ Laboratório de Entomologia do Curso de Agronomia da Unisul (LECAU). **Revista Técnico-Científica do IFSC**. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/1154>. Acesso em: 31 maio 2023.

BOMFIM, Marcela Rebouças. **Avaliação de impactos ambientais da atividade minerária**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017. 46p.; il. ISBN: 978-85-5971-038-0. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175229/1/avaliacao.pdf>. Acesso em: 12 maio 2023.

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. **Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989**. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/>. Acesso em: 12 maio 2023.

BUZZI, Zundir José. Entomologia Didática. 6ª ed. Curitiba: Editora UFPR, 2013. 234, 382 e 500 p.

CAPELINI, Winy Agnolette. **Identificação e quantificação das famílias de coleópteros que atacam a madeira Teca (*Tectona grandis*)**. 2014. Monografia (Engenheiro Florestal) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES, 2014. Disponível em: https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Winy_Agnollette_Capelini.pdf. Acesso em: 02 nov. 2023.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone. *et al.* Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008, vol.32 n.2, p.621-632. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ZwZ5yxXXTspQGG8H8sSpmWw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 maio 2023.

CAVENAGHI, Andressa Gabrielly de Oliveira Gonçalves. **Os impactos socioeconômicos da mineração na cidade de Araxá-MG**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG. Araxá, 2019. Disponível em: https://www.engminas.araxa.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/170/2020/02/TC_C_AndresCavenaghi_Impactos_Socioeconomicos_da_Mineracao_na_Cidade_de_Araxa-MG-mesclado.pdf. Acesso em: 10 maio 2023.

CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural). **Guia para identificação de animais do solo e da serapilheira**. Programa “ABC na Educação Científica – Mão na massa”. São Carlos, 2008. Disponível em: <https://cdcc.usp.br/wp-content/uploads/sites/512/2019/11/GuiaParaIdentificacaoDeAnimaisDoSoloESerapilheira.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CIDADE-BRASIL. **Município de Juruti**. 2021. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-juruti.html>. Acesso em: 02 maio 2023.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; OLIVEIRA, Luís Cláudio M. de. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112). ISSN 1517-8498. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/597278/1/doc112.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2002. 33 p. Documentos 156. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/597327/1/doc156.pdf>. Acesso em: 31 maio 2023.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes.; OLIVEIRA, Luís Cláudio M. **Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes**. Miolo Biota, Cap. 4. 2006.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes. *et al.* **Fauna edáfica no processo de revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará**. Ciência Floresta, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1048-1060, out./dez. 2020. ISSN 1980-5098. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509839276>. Acesso em: 24 maio 2023.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br>. Acesso em: 15 maio 2023.

CROUZEILLES, Renato. *et al.* (2017). **Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests**. Science advances, 3 (11), e1701345. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/320952163_Ecological_restoration_success_is_higher_for_natural_regeneration_than_for_active_restoration_in_tropical_forests. Acesso em: 20 maio 2023.

DA SILVA, Fernando Rodrigues. *et al.* Diversidade Taxonômica. *In: Análises Ecológicas no R*. Nupeea: Recife, PE, Canal 6: São Paulo. 640 p. ISBN 978- 85-7917-564-0. Disponível em: <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/analises-ecologicas-no-r/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

GUERRA, Wanderlei Dias. *et al.* Gafanhotos (Orthoptera, Acridoidea) em áreas de cerrados e lavouras na Chapada dos Parecis, Estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. São Paulo, v. 56, n. 2, p. 228-239, abr-jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262012005000027>. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/28315/1/ARTIGO_GafanhotosAreasCerrados.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

FAO. **Status of the world's soil resources**. 2015. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

GRANI, Rafael. A restauração ecológica e as ações nucleadoras nos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD. **XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias – COBREAP**, Foz do Iguaçu, 14 a 25 de agosto de 2017, p. 17. Disponível em: <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2018/02/101.pdf>. Acesso em: 03 set. 2023.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/ManualdeRecuperacaodeareasDegradadaspelaMineracao.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Desempenho da mineração tem queda em 2022, mas setor cria mais empregos e aumentará investimentos para US\$ 50 bi até 2027**. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/desempenho-da-mineracao-tem-queda-em-2022-mas-setor-cria-mais-empregos-e-aumentara-investimentos-para-us-50-bi-ate-2027>. Acesso em: 04 maio 2023.

KUHN, Caiubi. **Por uma nova política para o setor mineral: Faltam fiscalização e investimentos em mapeamento geológico e pesquisa**. FOLHA DE SÃO PAULO, São Paulo, 07 de agosto de 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/opiniaio/2023/08/por-uma-nova-politica-para-o-setor-mineral.shtml>. Acesso em: 03 set. 2023.

LAVELLE, Patrick. *et al.* **Soil invertebrates and ecosystem services**. *European Journal of Soil Biology*. Volume 42, Supplement 1, November 2006, Pages S3-S15. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>. Acesso em: 04 mar. 2023.

LEITE, Islanny Alvino. **Técnica nucleadora de transposição de galhadas em diferentes espaçamentos no semiárido da Paraíba**. 2016. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Patos – Paraíba, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/14681>. Acesso em: 30 maio 2023.

LIMA, Sandra Santana. *et al.* Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido (Diversity of epigeal fauna in different management systems in the semi-arid). **Revista Agrarian**. v.12, n.45, p. 328-337, Dourados, 2019. ISSN: 1984-2538. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/8975>. Acesso em: 27 maio 2023.

MACHADO, Deivid Lopes. *et al.* Caracterização da composição e estrutura da fauna

epígea em monocultivos de café e eucalipto, no Norte do Espírito Santo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, e32810615652, Espírito Santo, ES, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15652>. Acesso em: 15 out. 2023.

MADARI, Beáta Eموke. *et al.* Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. 2009. *In: As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste, conhecimento na criação de novas áreas.* Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/576059/materia-organica-dos-solos-antropicos-da-amazonia-terra-preta-de-indio-suas-caracteristicas-e-papel-na-sustentabilidade-da-fertilidade-do-solo>. Acesso em: 06 maio 2023.

MAFFIA, Angela Maria de Carvalho. **Impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita e proposição de estratégias de formação docente no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro.** 2011. Tese (*Doctor Scientiae*) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/571/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 12 set. 2023.

MARTINS, Venâncio Sebastião. Alternative Forest Restoration Techniques. 2018. *In: Viana H, editor. New Perspectives in Forest Science.* 1st ed. London: IntechOpen; p. 131-148. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72908>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MELO, Fernando Vaz. *et al.* **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores.** Embrapa Florestas: Boletim informativo da SBCS - Biologia do Solo. Artigo de periódicos, Janeiro-abril, 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: 04 maio 2023.

MILANEZ, Bruno. **Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação.** Boletim regional, urbano e ambiental, jan.-jun. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7916>. Acesso em: 12 maio 2023.

MOREIRA, Paulo Roberto. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG.** 2004. xv, 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. Rio Claro, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/100645>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MOREIRA, Joventino Fernandes. **Fauna do solo como bioindicador no processo de Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Seropédica, 2010. Disponível em: [http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/217_\(DO2010\)_Joventino_Fernandes_Moreira.pdf](http://www.ia.ufrj.br/cpacs/arquivos/teses_dissert/217_(DO2010)_Joventino_Fernandes_Moreira.pdf). Acesso em: 16 maio 2023.

MUSSURY, Rosilda Mara. *et al.* Study of Acari and Collembolas population in four cultivation systems Dourados, MS. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 257-263, 2002. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/babt/a/pCyncJdsV49ZrczTgxrwVcs/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 18 out. 2023.

NUNES, Luis Alfredo Pinheiro Leal. *et al.* Recolonização da fauna edáfica em áreas de caatinga submetidas a queimadas. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.214-220, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/download/375/402/2097>. Acesso em: 06 set. 2023.

OLIVEIRA, Anderson José Ferreira de. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013. xi, 116 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília. Brasília, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/15659>. Acesso em: 14 abr. 2023.

OLIVEIRA, Deise Machado Ferreira de. **Estudo da viabilidade de utilização de indicadores de recuperação de áreas degradadas por mineração de bauxita**. 2003. 75 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10798>. Acesso em: 14 fev. 2023.

OLIVEIRA, Saulo B. de; COSTA, Marcondes Lima da; PRAZERES FILHO, Hécio J. dos. **The lateritic bauxite deposit of Rondon do Pará: A new giant deposit in the Amazon Region, Northern Brazil**. *Economic Geology* 111, 1277-1290. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303789012_The_lateritic_bauxite_deposit_of_Rondon_do_Para_A_new_giant_deposit_in_the_Amazon_Region_Northern_Brazil. Acesso em: 21 maio 2023.

PEREIRA, Marcos Gervásio. *et al.* **Manual de coleta e identificação da fauna edáfica. 1ª ed. Seropédica, 2018**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333389492_Manual_de_coleta_e_identificacao_da_fauna_edafica_2018. Acesso em: 22 maio 2023.

REIS, Ademir. *et al.* Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessoriais. **Natureza & Conservação**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/reis2003.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.

RIEFF, Gleidson Gimenes. **Dinâmica dos ácaros e colêmbolos edáficos e seu potencial como bioindicadores da qualidade do solo em áreas sob diferentes sistemas de manejo**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) -Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/99120>. Acesso em: 14 maio 2023.

RODRIGUES, Tarcísio Ewerton. Uso e ocupação do solo da Amazônia Brasileira. Embrapa Amazônia Oriental. Parte de livro, 1996. p. 145-191. *In: Congresso brasileiro e encontro nacional de pesquisa sobre conservação do solo*, 8., 1990, Londrina. Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas: anais. Londrina: SBCS: IAPAR, 1996. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201293/1/Usos-e-ocupacao-do->

solo-da-amazonia.pdf. Acesso em: 06 jun. 2023.

RUSSO, Camila Carvalheiro. **Aspectos de recuperação de áreas degradadas**. 2014. Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz, 2014. Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Camila_C_Russo.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

SAMPAIO, João Alves. *et al.* Bauxita. *In: Rochas & minerais industriais: usos e especificações*. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. Parte II. cap.13. p. 279-304. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1049>. Acesso em: 05 mar. 2023.

SAMPAIO, Josenilton Alves. *et al.* Coleoptera cursores de solo como indicadores de recuperação florestal. Centro Universitário Jorge Amado. **Candombá Revista Virtual**, v. 5, n. 2, p. 149-168, jul-dez, 2009. ISSN 1809-0362. Disponível em: <https://web.unijorge.edu.br/sites/candomba/pdf/artigos/2009/a8.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SANT'ANNA, Cristina Silva; TRES, Deise Regina, REIS, Ademir. **Restauração ecológica: sistemas de nucleação**. CETESB - Biblioteca, São Paulo, p. 63, 2010. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br>. Acesso em: 29 maio 2023.

SANTOS, Mírian do Vale. *et al.* Forest regeneration affects litter fungivorous thrips fauna (Insecta: Thysanoptera) in Atlantic forest. **Acta Brasiliensis** 4(3):149-155 p, 2020. <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338415>. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/415/113>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Anuário Climatológico do Estado do Pará – Ano 2021**. Belém, PA, 2022. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2021/04/BOLETIM_RPCH_Mar%C3%A7o2021.pdf. Acesso em: 11 nov. 2023.

SERRANO, Mariana Botelho. **Collembola como bioindicadores da qualidade do solo de áreas recuperadas da Floresta Nacional Saracá-Taquera, Porto Trombetas, PA**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Manaus, 2007. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12515>. Acesso em: 20 maio 2023.

SILVA, Murilo Santos Murici da. **Coleoptera como parâmetro de recuperação de áreas degradadas na Caatinga**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, PE, 2022. Disponível em: https://www.nema.univasf.edu.br/files/GERAL/Publicacoes_NEMA/000026ca.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

SILVA, Rhaymá do Carmo. **Análise do método de recuperação de áreas degradadas da mina de bauxita de Juruti - nucleação**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) - Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente (Femma). Marabá, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unifesspa.edu.br/handle/123456789/478>. Acesso em: 29 maio 2023.

SILVA, Rodrigo Ferreira da. *et al.* Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43,n.

2, p. 130-137, abr./jun. 2013. e-ISSN 1983-4063. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/k3hQGMBKxmYY4ywGdvX6jYf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SILVEIRA, Bárbara Rúbia da. **Transposição de solo de mata cria núcleos de vegetação pioneira de cerrado em área de empréstimo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de pós-graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG, 2020. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/14867/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Transposi%C3%A7%C3%A3oSoloMata.pdf. Acesso em: 22 maio 2023.

SOUSA, Flaubert Queiroga de. **Transposição de solo para restauração de área degradada no núcleo de desertificação do Seridó, na Paraíba**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14544>. Acesso em: 17 maio 2023.

SOUTO, Patrícia Carneiro. *et al.* Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100015>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SOUZA, Letícia Marrone de; COSTA, Mônica de Campos. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas e Profissões da saúde, Baurú, 2010. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso em: 23 maio 2023

TATSCH, Giovana Lucas. **Recuperação de uma área degradada através do método de nucleação - Santa Margarida do Sul, RS**. 2011. Relatório de estágio (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Pampa Campus São Gabriel. São Gabriel, 2011. Disponível em: <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenhariaflorestal/files/2014/06/Giovan a-Tatsch.pdf>. Acesso em: 27 maio 2023.

TOSO, Lucas Donato. **Nucleação como gatilho ecológico na restauração de áreas mineradas no rio grande do sul**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais. Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/13817>. Acesso em: 17 maio 2023.

VALBUZA, Marcia da Fonseca. **Conhecimento atual sobre Psocoptera no ambiente de armazenamento de grãos e alimentos industrializados**. 2015. Monografia (Especialização em Entomologia Urbana) – Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2015. Disponível em: <https://ib.rc.unesp.br/Home/Pesquisa58/CEIS-CentrodEstudosdelInsetosSociais/t7-conhecimento-atual-sobre-psocoptera-no-ambiente-de.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

VAZ, João Carlos Vaz de. **Caracterização de diferentes bauxitas e suas escórias do processo de produção de sulfato de alumínio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande Escola de Química e Alimentos, Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em:

https://ppgqta.furg.br/images/2020/Dissertao_JOO_CARLOS_VAZ_DE_VAZ.pdf.
Acesso em: 20 maio 2023.