

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAYANA MARCELINO DE SOUZA

O BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO EM
ÁREAS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2023

RAYANA MARCELINO DE SOUZA

O BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO EM
ÁREAS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2023

RAYANA MARCELINO DE SOUZA

O BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO EM ÁREAS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 30 de novembro de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 SUSTANIS HORN KUNZ
Data: 06/12/2023 09:00:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Sustanis Horn Kunz
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Documento assinado digitalmente
 CRISTIANE COELHO DE MOURA
Data: 06/12/2023 13:53:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Cristiane Coelho de Moura
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Documento assinado digitalmente
 PATRICIA BORGES DIAS
Data: 06/12/2023 13:58:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Patrícia Borges Dias
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

“A única maneira de aprender é vivendo”.
A biblioteca da meia-noite (Matt Haig).

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo em minha vida, por me dar forças para superar todos os obstáculos desta jornada.

Aos meus pais, Paulo Sérgio e Resi, e minha irmã Maiza, por todo o apoio e amor incondicional, obrigada por tornarem tudo possível, vocês são a minha base.

À professora, orientadora, Dr^a. Sustanis Horn Kunz, por toda orientação, incentivo, paciência e oportunidades ao longo da graduação, agradeço aos inúmeros conselhos e ideias compartilhadas que auxiliaram na escolha do tema do TCC.

Aos meus amigos de graduação, em especial Nathalia, Williana, Ricardo e Thuellem, obrigada pelas conversas e risadas, vocês foram essenciais, com toda certeza levarei por toda vida.

Para minha amiga e tia de consideração Carla Gomes, que já não está comigo, mas que me incentivou desde do início da minha caminhada, sei que está orgulhosa.

As minhas companheiras de apartamento, Barbara e Karoline, obrigada por dividir este último ano juntas, entre os surtos e as risadas, sempre me lembrarei de vocês.

A todos da equipe NUPEMASE, principalmente a Thais e Jéssica, pela disposição em ajudar na instalação do experimento e por sanarem muitas dúvidas.

A equipe de licenciamento ambiental por todo apoio e conhecimento transmitido, principalmente a Larissa, Ellen e Alexandra, por sempre responderem às minhas dúvidas, muitas vezes aleatórias.

Ao João Paulo Zorzanelli, pela ajuda na identificação de algumas espécies.

A banca avaliadora, Cristiane Coelho e Patrícia Borges, pelas valiosas contribuições.

À FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito) pela concessão das bolsas de pesquisa e pelos recursos financeiros ao projeto (Edital Universal 2021; Processo n. 2021-CVBFC).

Aos que não citei, mas que também me auxiliaram de forma direta e indireta durante o período de realização deste trabalho, deixo aqui meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A mineração de rochas ornamentais gera rejeitos com baixo valor econômico que são descartados na natureza, formando áreas de depósitos que não são devidamente restauradas. Para reverter esta situação é necessário buscar soluções viáveis, sendo uma delas a utilização da nucleação por meio da transposição do banco de sementes do solo (TBSS), que tem se tornado promissora para restauração de ecossistemas degradados. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial da técnica da TBSS como estratégia facilitadora da restauração em áreas de rejeitos de mineração de rochas ornamentais no município de Alegre, Espírito Santo. Para isso, foram coletadas 20 amostras do banco de sementes (solo + serapilheira) em um fragmento de floresta próximo das áreas a serem restauradas. Posteriormente foram depositados em quatro depósitos de rejeitos de mineração, em parcelas de 1 m². Para conhecer o banco de sementes do solo utilizado na transposição, em cada amostra de 1 m² foram coletadas duas amostras de solo, perfazendo um total de 40 amostras de banco de sementes do solo (BSS), retiradas com o auxílio de uma moldura de 25 cm x 25 cm. Em seguida, essas amostras foram transportadas para casa de sombra. Para o banco de sementes em casa de sombra (BSSC) e no banco de sementes transposto (BSST), foram quantificados o número de plântulas das espécies, identificadas e classificadas quanto ao grupo ecológico, síndrome de dispersão e forma de vida. Durante o período avaliado, foram amostrados no total, 554 indivíduos no solo transposto e 441 na casa de sombra. Em ambos os ambientes a composição florística foi predominantemente de espécies pioneiras. As espécies mais abundantes no BSST foram *Leonurus japonicus* Houtt., seguido de *Sida* sp., *Croton glandulosus* L. e *Solanum americanum* Mill.. Já para o BSSC, as espécies com maior abundância foram *Piper mollicomum* Kunth, *Phyllanthus tenellus* Roxb e *Clidemia hirta* (L.) D.Don. A forma de vida herbácea e a síndrome de dispersão anemocórica obtiveram destaque em nível de espécie para ambos os ambientes. Conclui-se que a técnica de transposição de banco de sementes possui um bom potencial, tendo em vista a introdução de novas espécies no local. Entretanto, devido ao grande número de espécies ruderais e herbáceas, aliada a ausência de espécies de estágios mais avançados, este estudo evidencia a importância do monitoramento da área e utilização de técnicas complementares para auxiliar no processo de restauração ecológica dos depósitos de rejeitos de rochas ornamentais.

Palavras-chave: ambientes minerados; nucleação; rochas ornamentais; sucessão ecológica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	O problema e sua importância	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo geral.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1	Restauração ecológica.....	4
2.2	O banco de sementes do solo.....	5
2.3	Transposição de banco de sementes do solo	6
3	METODOLOGIA	8
3.1	Área de estudo	8
3.2	Coleta do banco de sementes.....	9
3.2.1	Transposição do banco de sementes do solo	10
3.2.2	Avaliação do banco de sementes do solo em casa de sombra	12
3.3	Levantamento e análise de dados	14
4	RESULTADOS DA PESQUISA	16
5	CONCLUSÕES.....	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de depósitos de rejeitos de rochas ornamentais em Santa Angélica, ES.....	8
Figura 2 - Herbáceas encontradas no local de estudo.	9
Figura 3. Localização do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizado em Santa Angélica, ES.	10
Figura 4 - Moldura de PVC utilizada para a coleta do banco de sementes.....	11
Figura 5 - (a) Solo acondicionado em saco plástico com auxílio da pá de jardinagem (b) Identificação dos sacos plásticos.....	11
Figura 6 - (a) Retirada da vegetação nas áreas destinadas à alocação das parcelas de transposição do banco de sementes (b) Vista dos cinco núcleos depositados na área (c) Solo espalhado uniformemente com auxílio do PVC para demarcação da área (d) Delimitação com fita zebra e estacas.....	12
Figura 7 - Moldura de madeira utilizada na coleta do banco de sementes do solo. ...	13
Figura 8 - Esquema de coleta do banco de sementes do solo.....	13
Figura 9 - a) Bandejas identificadas com placas e (b) bandeja com areia esterilizada na casa de vegetação do Viveiro da área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.....	14
Figura 10 - (a) Bandejas em casa de sombra do Viveiro de Pesquisas do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. (b) Emergência das plântulas após montagem do experimento.	15
Figura 11 - Diagrama de Veen demonstrando o compartilhamento de espécies do banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, amostrados no solo transposto (BSST) e em casa de sombra (BSSC).	21
Figura 12 - Distribuição do número de espécies e indivíduos encontradas para as formas de vida de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, amostrados no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).	22
Figura 13 - Distribuição de espécies e indivíduos, quanto à síndrome de dispersão (Ane = Anemocórica; Aut = Autocórica; Zoo = Zoocórica), presentes no banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).....	24

Figura 14 - Quantificação de espécies e indivíduos, quanto ao grupo ecológico presentes no banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de espécies encontradas no banco de sementes do solo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre - ES, emergidas e desenvolvidas em campo (solo transposto) (BSST) e em casa de sombra (BSSC).....	16
Tabela 2. Dados obtidos pela análise de variância (ANOVA) para o número de espécies do BSST e BSSC a 0,05% de significância.....	21

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

O setor de rochas ornamentais tem importante relevância econômica, principalmente no atendimento ao mercado internacional, sendo o Espírito Santo o estado líder na exportação de rochas ornamentais brasileiras, em especial de mármore e granitos (ABIROCHAS, 2023). Entretanto, apesar da expressiva participação na economia, no processo de beneficiamento dos blocos rochosos são geradas grandes quantidades de resíduos, que em média, atingem a faixa de 65 a 75% de perda de material, e quando descartados de forma errônea afetam o meio ambiente (CAMPOS et al., 2009).

A maior parte dos resíduos gerados, são formados por pedaços de blocos de rochas que não atendem às características específicas do mercado, com baixo valor econômico. Este material é descartado no meio ambiente em forma de rejeitos, ocupando espaços ao ar livre (SILVA e CASTRO, 2016). Geralmente estes blocos são soterrados por solos advindos dos processos de abertura de lavra (VIDAL et al., 2014).

Além do acúmulo e deposição de rejeitos decorrentes do processo, a mineração provoca danos ambientais por meio da remoção de cobertura vegetal, retirada das camadas superficiais e subsuperficiais do solo e modificação da paisagem causando impacto visual e geração de poeira (BRITO, 2015; FERREIRA et al., 2006). Além disso, o uso intensivo de maquinaria pesada altera a estrutura do solo e impede o ressurgimento de espécies, reduzindo a capacidade de regeneração natural da área e a capacidade de infiltração, aumentando os processos erosivos do solo (FERREIRA et al., 2010).

A ampliação dos problemas ambientais causados pela mineração, reforça a necessidade de buscar soluções viáveis para restauração do crescente número de áreas degradadas impactadas por esta atividade, principalmente de áreas utilizadas como depósitos de rejeitos. Segundo Reis et al. (2014), a restauração de áreas degradadas cumpre um papel fundamental para conciliação entre áreas produtivas e conservadas, pois cria núcleos de vegetação que aumentam a conectividade entre áreas florestais fragmentadas.

O termo restauração pode ser entendido como o restabelecimento das condições ecológicas de uma área degradada a um nível mais próximo do original

(BRASIL, 2000). A restauração tem como base a indução da regeneração natural e a sucessão ecológica (NERY et al., 2013). De acordo com Reis et al. (2003), a redução de matéria orgânica devido a degradação retarda o processo de sucessão ecológica, isso devido a perdas de componentes essenciais para manter sua regeneração.

Para se obter o sucesso da restauração é necessário introduzir processos como ciclagem de nutrientes e aumentar atributos como os teores de matéria orgânica no solo (MORAES et al., 2008). A técnica transposição de banco de sementes do solo é uma técnica nucleadora de baixo custo indicada para restauração ecológica de áreas mineradas. Nestas áreas, a transposição de solo e serapilheira de ambientes não degradados em pequenos núcleos, funciona como fonte de matéria orgânica, nutrientes para o solo e microrganismos, que são componentes essenciais para aumentar a atividade biológica e conseqüentemente, contribui na recuperação da estrutura do solo (MARTINS, 2014). Além disso, a transposição servirá como fonte de propágulos para regeneração de áreas com pouca vegetação natural (REIS, et al., 2014).

A utilização do banco de sementes na restauração é citada por diversos autores que demonstraram ser uma estratégia promissora para restauração de ambientes degradados, destacando sua grande riqueza de espécies (MIRANDA NETO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010; MARTINS, et al.; 2017 PIAIA et al., 2017). Porém, ainda são escassos os estudos em áreas de depósitos de rejeitos de rochas ornamentais, especialmente no Estado do Espírito Santo. Desse modo, esta pesquisa visa contribuir com o entendimento da eficiência da técnica de nucleação como estratégica para restaurar áreas de rejeitos de mineração.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial da matriz fornecedora do banco de sementes e da técnica da transposição do banco de sementes do solo como estratégia facilitadora da restauração ecológica em áreas de rejeitos de mineração no Espírito Santo.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Quantificar e identificar as espécies do banco de sementes e no solo transposto;

- b) Comparar a composição do banco de sementes em casa de sombra e no solo transposto;
- c) Identificar qual(is) espécie(s) nativa(s) são mais abundantes no banco de sementes em casa de sombra e no solo transposto;
- d) Determinar a riqueza e abundância das espécies presentes no banco;
- e) Identificar o grupo ecológico, forma de vida e modo de dispersão predominante das espécies emergidas e desenvolvidas em casa de sombra e no solo transposto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Restauração ecológica

A partir da década de 80, o conceito de restauração ecológica passou por mudanças. Anteriormente, esse conceito era limitado no retorno do estado do ecossistema ao seu estado original. No entanto, a restauração pode ser definida como restabelecimento da estabilidade e da integridade ecológica de um ecossistema degradado (ENGEL e PARROTTA, 2003), com o objetivo de retornar os processos naturais da área e das complexas interações de comunidades naturais, incorporando conceitos ecológicos para utilização de técnicas de restauração e não somente recriar finalmente um modelo vegetacional (TRES et al., 2007).

Por meio do conhecimento adquirido ao longo do tempo, o conceito da restauração ecológica se baseia na transformação do paradigma, que vê os sistemas naturais como abertos e dinâmicos, em contraposição a fechados e estáticos. Isso implica que as mudanças na sucessão da vegetação podem seguir múltiplos estados, não se limitando a um clímax estável e único (PICKETT et al., 1992; HOBBS e HARRIS, 2001).

A restauração visa restabelecer características de estrutura, biomassa, ciclagem de nutrientes, e também dos processos vitais como reprodução, dispersão de sementes e estabelecimento, com o propósito de restaurar o dinamismo dos sistemas naturais, com uma composição variável de espécies, possibilitando a manutenção desses ecossistemas a longo prazo (NERY et al., 2013). Entretanto, esta prática ainda requer maiores estudos de forma a alcançar a eficácia desejada, principalmente florestas tropicais cujas porções remanescentes estão situadas em paisagens fragmentadas (BRANCALION et al., 2010).

A utilização da nucleação como mecanismo de restauração ecológica, tende a facilitar o processo de sucessão ecológica. As espécies estabelecidas por meio dos núcleos de diversidade, são pontos de partida para recolonização da área devido à atração sobre a fauna dispersora de sementes, além disso, à medida que as espécies pioneiras colonizam a área, estas melhoram as condições ambientais, criando um ambiente mais favorável para a entrada e estabelecimento de espécies mais exigentes, promovendo novos ritmos sucessionais (REIS et al., 2007).

Entre as técnicas de nucleação, destacam-se a transposição da chuva de sementes, transposição do banco de sementes do solo, transposição de galharia, poleiros artificiais e plantio de mudas nativas em grupos de Anderson (REIS et al., 2003). Estudos como o de Reis et al. (2010), indicam as técnicas de nucleação como facilitadoras de interação entre remanescentes naturais, promovendo pequenas áreas de diversidade capazes de fornecer fluxos ecológicos. No entanto, ainda há necessidade de maior número de estudos (CORBIN e HOLL 2012).

2.2 O banco de sementes do solo

O banco de sementes do solo pode ser definido como o reservatório natural de sementes viáveis em estágio de dormência de uma determinada área do solo e tem potencial de substituir plantas adultas que desapareceram após algum distúrbio (SOUZA et al., 2006). Sua utilização por meio da nucleação em áreas degradadas é uma alternativa para contribuir para restauração de ecossistemas (CORREIA et al., 2015).

O banco de sementes do solo é um componente fundamental, pois é fonte de diversidade de espécies, sendo essencial para o estabelecimento de populações frente a um distúrbio (MARTINS, 2009; CAMARGOS et al. 2013), e é por meio da emergência do banco de sementes que ocorre a vegetação das áreas (BOSSUYT e HONNAY, 2008), uma vez que inicia o processo sucessional (VIEIRA et al., 2003). De acordo com Gasparino et al. (2006), o banco de sementes é um sistema dinâmico, com entradas por meio da chuva de sementes e saídas que podem ocorrer por fatores bióticos (predação, ataque de patógenos e viabilidade das sementes) e abióticos (temperatura, umidade, luz etc.).

Ademais, é composto, em sua maioria, por espécies pioneiras, sendo estas as primeiras a se estabelecerem e se desenvolverem nas áreas após algum distúrbio, desempenhando um papel fundamental na regeneração natural (MIRANDA NETO et al., 2017). Segundo Martins (2009), as espécies pioneiras encontradas no banco de sementes podem não estar naturalmente presentes na vegetação local, uma vez que essas sementes têm capacidade de ser dispersar por longas distâncias, podendo ser provindas de áreas do entorno da floresta.

O entendimento da composição e quantificação das sementes no solo é fundamental para entender as dinâmicas ecológicas em áreas naturais e sua

capacidade de resiliência. O banco de sementes é um dos indicadores de avaliação da restauração ecológica, que possibilita inferir sobre a regeneração natural em ambientes que foram degradados e da sua população de plântulas (ARAÚJO, 2001; FREITAS et al., 2021). Portanto, avaliar a riqueza e abundância de espécies do banco de sementes é importante para definir as metodologias aplicadas na restauração (CALEGARI, et al., 2013). Ademais, os propágulos do banco de sementes podem ser uma fonte significativa para recolonização de áreas degradadas (HALL et al., 2010).

2.3 Transposição de banco de sementes do solo

A técnica de transposição do banco de sementes envolve a remoção da camada superficial do solo de uma área conservada próxima a área que se deseja restaurar, com a posterior deposição do material na área degradada (REIS et al., 2010). Este material pode ser depositado em forma de pequenos núcleos, deixando espaços abertos e criando pontos estratégicos de vegetação (BAHIA et al., 2023).

Por meio da nucleação, algumas espécies melhoram as condições ambientais, servindo como abrigo e alimentação, permitindo o estabelecimento de outras espécies de diferentes formas de vida, aumentando a diversidade local da área e acelerando a sucessão natural (BECHARA et al., 2007). A técnica de transposição do solo é importante não somente para a restauração do solo, mas também para o processo de regeneração natural em áreas degradadas, pois proporciona com o passar do tempo o recobrimento das áreas, aumento de espécies de diferentes formas de vidas provindas do estoque de sementes viáveis contidas no solo (CALEGARI et al., 2013).

A transposição do banco de sementes do solo juntamente com a serapilheira visa a restauração e melhoria da fertilidade e funcionamento biológico do solo degradado, por meio da deposição não somente de sementes, mas também de microrganismos, fungos micorrízicos, materiais minerais e orgânicos, nutrientes, propágulos etc. (RODRIGUES et al., 2010; REIS et al., 2003). Desse modo, o banco de sementes transposto irá contribuir com a reintrodução da micro, meso e macro fauna/flora do solo (REIS et al., 2010).

As espécies regenerantes nos núcleos de solo transposto estabelecerão um ecossistema no local que se assemelha, em termos de espécies presentes, ao ecossistema original (SOUZA et al., 2006). A partir dos núcleos de diversidade estabelecidos na área, há uma tendência de expansão territorial, promovendo um

novo ritmo sucessional (REIS et al., 2014; MARTINS, 2009), uma vez que ocorra o aumento das interações entre as espécies (REIS et al., 2003).

A transposição do solo de fragmentos vizinhos pode favorecer a diversidade da área degradada. Contudo, deve-se tomar alguns cuidados. De acordo com Reis et al. (2014), é fundamental que a coleta do banco de sementes seja realizada de forma espaçada para não degradar as áreas doadoras do banco de sementes. Dessa forma as áreas são rapidamente cicatrizadas. Além disso, é importante considerar que o banco de sementes pode conter espécies exóticas invasoras que podem retardar o processo de sucessão florestal (RODRIGUES et al., 2010).

A escolha da matriz doadora deve ser baseada em uma análise do fragmento, levando em consideração o efeito de borda, o histórico da área e presença de espécies exóticas (PIAIA et al., 2017). Neste contexto, é fundamental realizar um levantamento da composição florística do banco de sementes (TEKLE e BEKELE, 2000).

Portanto, a transposição do banco de sementes do solo surge como uma estratégia promissora para restauração de áreas degradadas, principalmente devido à introdução de novas espécies na área, o que proporciona a cobertura do solo. Adicionalmente, o levantamento da composição florística do banco de sementes complementa essa abordagem.

3 METODOLOGIA

Para melhor compreensão, o estudo foi realizado em duas partes. Na primeira parte, avaliou-se a composição de espécies no solo transposto nas quatro áreas de rejeitos de mineração. Na segunda parte, foi realizada uma avaliação da composição do banco de sementes transportados para a casa de sombra com a finalidade de servir como tratamento de controle. Ambas as etapas foram realizadas de forma concomitante.

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em Santa Angélica, distrito do município de Alegre, Espírito Santo, nas coordenadas geográficas 20°41 '34 " latitude Sul e 41° 27' 11" longitude Oeste, localizado na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim. Foram selecionadas quatro áreas de depósitos de rejeitos de mineração, as quais constituem os blocos do experimento (Figura 1).

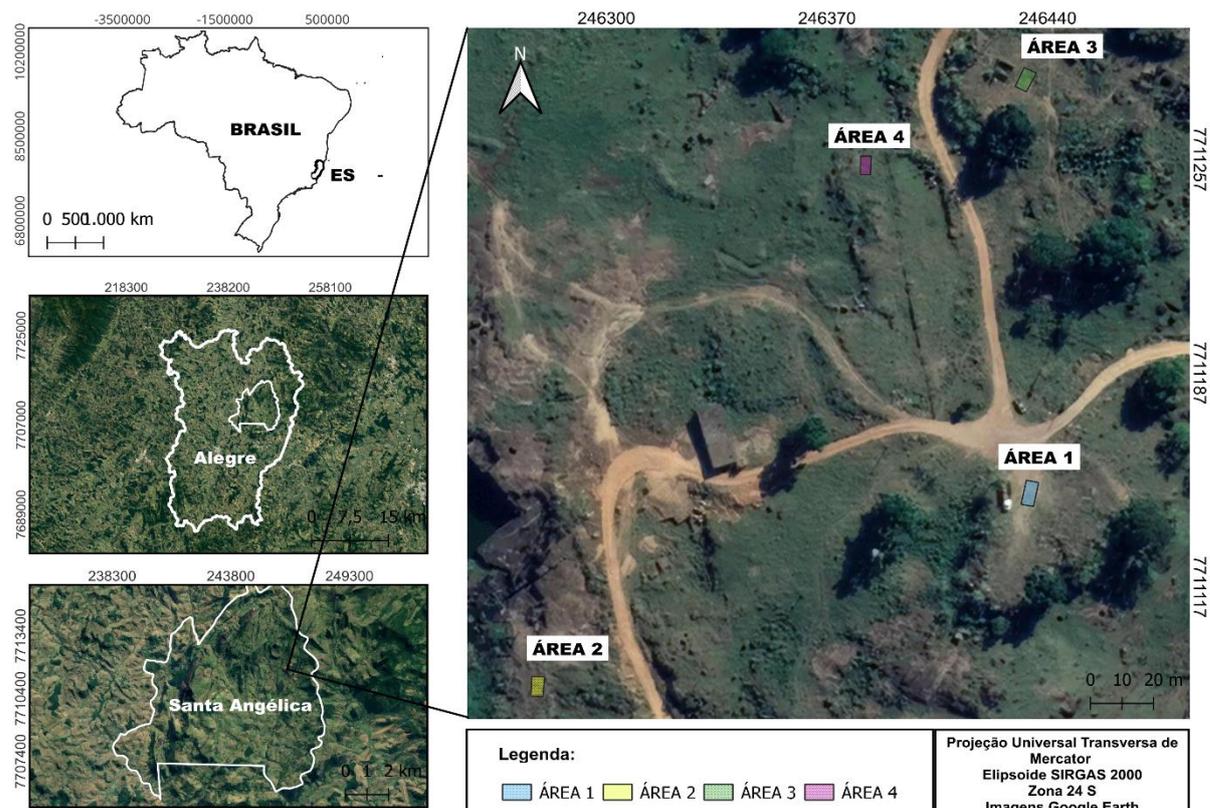


Figura 1 - Mapa de localização das áreas de depósitos de rejeitos de rochas ornamentais em Santa Angélica, ES.

Fonte: A autora (2023).

Entre as áreas selecionadas, a área 2 é a mais próxima do remanescente florestal utilizado para coleta do banco de sementes, enquanto a área 1 está próxima a pequenos fragmentos de floresta em estágio inicial de sucessão. Por sua vez, a área 3 tem o seu entorno com algumas espécies arbóreas dispersas na paisagem, e a área 4 tem o entorno formado por pastagem.

O clima da região se enquadra no tipo Aw, tropical quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al. 2013), com precipitação média anual de 1.340 mm e temperatura anual média de 23 °C (LIMA et al., 2008). O município de Alegre está inserido no bioma mata atlântica, apresentando uma vegetação classificada como Floresta Estadual Semidecidual. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A moderado (EMBRAPA, 2006).

Anteriormente, os depósitos eram utilizados como pastejo animal, com predominância de gramíneas (*Urochloa* sp.) e algumas herbáceas (Figura 2).



Figura 2 - Herbáceas encontradas no local de estudo.

Fonte: A autora (2023).

Para implantação do experimento foi realizado o cercamento de ambas as áreas com o uso de madeira de eucalipto tratado e fios de arame farpado para evitar entrada de gado. As herbáceas foram mantidas no local.

3.2 Coleta do banco de sementes

A coleta do banco de sementes foi realizada em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual situado próximo dos depósitos de rejeitos selecionados para o estudo (Figura 3). A matriz doadora do banco de sementes possui em seu entorno pastagens com diferentes históricos de degradação e regeneração e apresenta uma floresta secundária. A área do remanescente de floresta secundária possui área de aproximadamente 16,84 hectares.

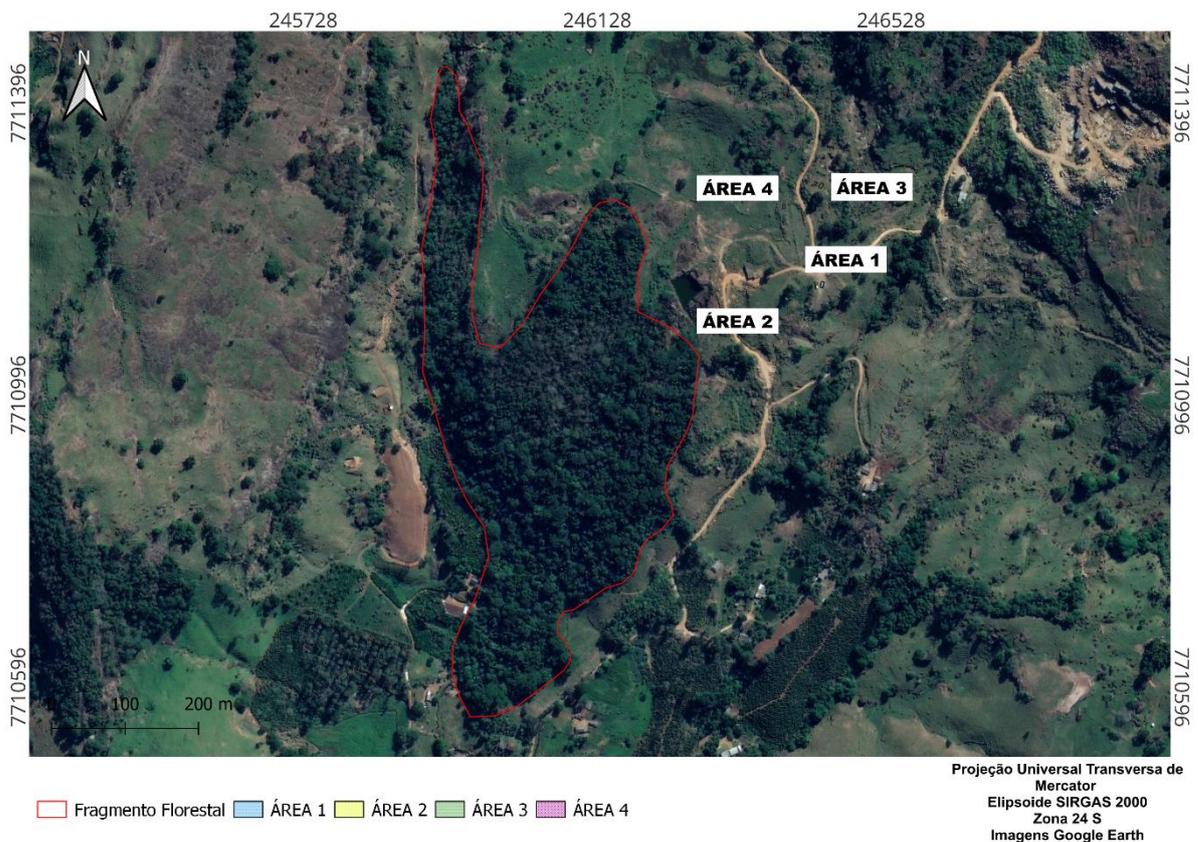


Figura 3. Localização do fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizado em Santa Angélica, ES.

Fonte: A autora (2023)

Vale ressaltar que foi dada uma distância da borda do fragmento, de aproximadamente 10 m e a coleta de solo foi realizada aleatoriamente, respeitando-se uma distância mínima de 5 m entre os locais de coleta.

3.2.1 Transposição do banco de sementes do solo

Para a transposição, foi utilizada uma moldura de cano de policloreto de vinila (PVC) de 1 m x 1 m (1m²) e até 8 cm de profundidade (Figura 4).



Figura 4 - Moldura de PVC utilizada para a coleta do banco de sementes.

Fonte: A autora (2023).

Foram coletadas no total 20 amostras do solo com a serapilheira não decomposta utilizando a moldura de PVC, delimitadas parcelas de 1 m², distribuídas aleatoriamente. O solo foi coletado com a ajuda de uma enxada e pá de jardinagem e, posteriormente, acondicionado em sacos plásticos, identificados e transportados até as quatro áreas de rejeitos de mineração (Figura 5).



Figura 5 - (a) Solo acondicionado em saco plástico com auxílio da pá de jardinagem (b) Identificação dos sacos plásticos.

Fonte: A autora (2023).

Antes da deposição do banco de sementes, foi realizada a limpeza somente no local de implantação. O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados (DBC), na qual cada bloco recebeu a deposição de cinco núcleos de

banco de sementes, que compuseram as repetições. O solo foi espalhado uniformemente dentro da medida estabelecida (1 m²) a uma distância de aproximadamente 1 metro entre os núcleos. Cada núcleo foi delimitado com fita zebra e estacas e irrigadas somente no dia da montagem do experimento (Figura 6).



Figura 6 - (a) Retirada da vegetação nas áreas destinadas à alocação das parcelas de transposição do banco de sementes (b) Vista dos cinco núcleos depositados na área (c) Solo espalhado uniformemente com auxílio do PVC para demarcação da área (d) Delimitação com fita zebra e estacas.

Fonte: A autora (2023).

3.2.2 Avaliação do banco de sementes do solo em casa de sombra

Para avaliação em casa de sombra, as amostras foram retiradas com o auxílio de um gabarito de madeira de 25 cm x 25 cm, com profundidade de 8 cm (Figura 7).



Figura 7 - Moldura de madeira utilizada na coleta do banco de sementes do solo.

Fonte: A autora (2023).

Para cada gabarito de PVC (item 3.2.1), foram coletadas duas amostras de solo em cada vértice, com auxílio do gabarito de madeira e pá de jardinagem, totalizando 40 amostras somente do solo, com a retirada da serrapilheira não decomposta (Figura 8). As amostras de solo foram transportadas até a área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, localizada em Jerônimo Monteiro - ES.

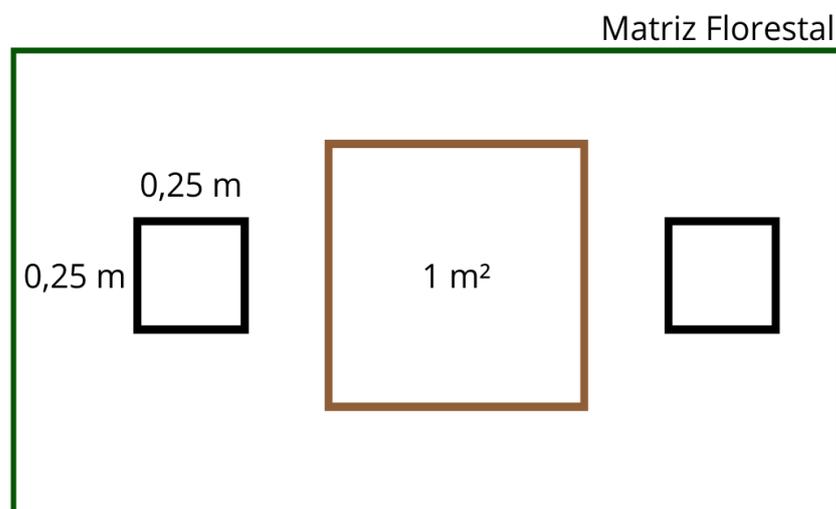


Figura 8 - Esquema de coleta do banco de sementes do solo.

Fonte: A autora (2023).

As amostras foram colocadas em bandejas plásticas perfuradas no fundo e identificadas com placas (Figura 8a). As bandejas foram mantidas na casa de sombra,

sob tela tipo sombrite com 50% de sombreamento, totalmente coberta tanto na parte superior quanto nas laterais, com aspersão diária de água, realizada cinco vezes ao dia, durante cinco minutos. Foram adicionadas três bandejas com areia esterilizada para verificar possíveis contaminações com sementes externas (Figura 9b).

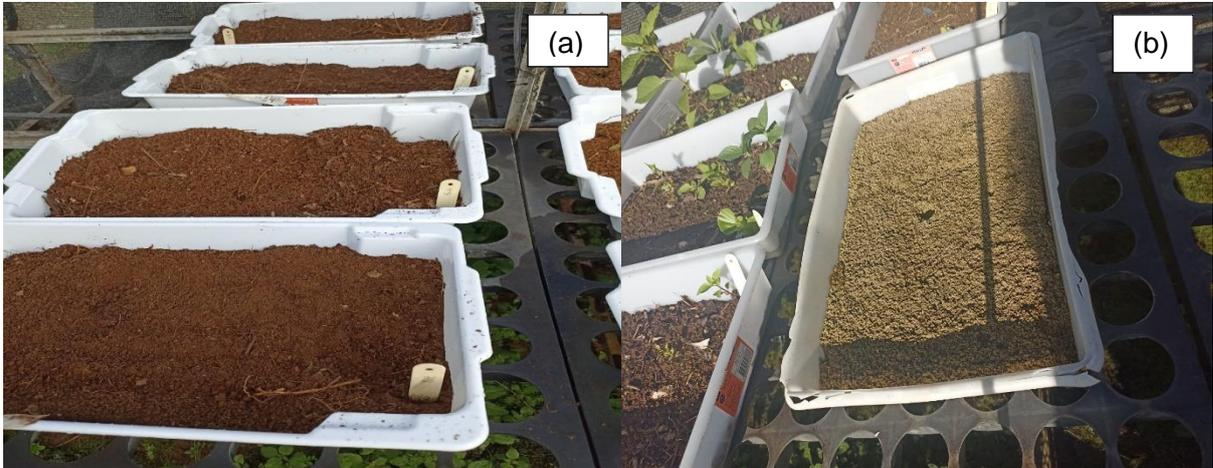


Figura 9 - a) Bandejas identificadas com placas e (b) bandeja com areia esterilizada na casa de vegetação do Viveiro da área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.

Fonte: A autora (2023).

3.3 Levantamento e análise de dados

O método de emergência de plântulas (BROWN, 1992) foi utilizado para avaliação do banco de sementes na casa de sombra. As plântulas emergentes que apresentavam pelo menos três pares de folhas completamente expandidas foram quantificadas, identificadas e removidas da bandeja após seu registro. As espécies de gramíneas (*Urochloa* sp) não foram contabilizadas. As avaliações dos bancos de sementes foram feitas uma vez por semana por 5 meses (Figura 10).

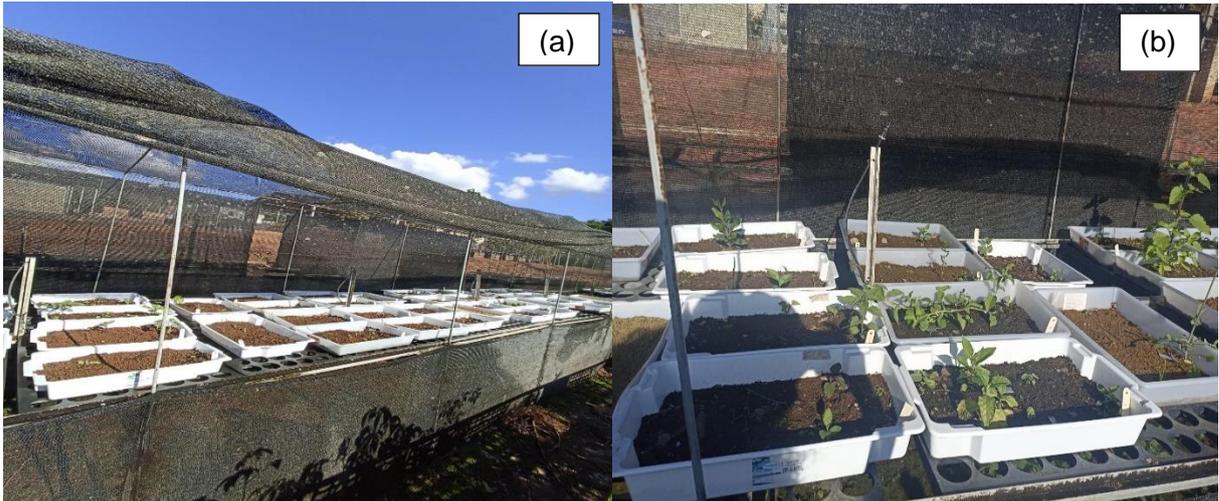


Figura 10 - (a) Bandejas em casa de sombra do Viveiro de Pesquisas do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. (b) Emergência das plântulas após montagem do experimento.

Fonte: A autora (2023).

A quantificação das espécies em campo foi realizada após quatro meses de implantação. Para auxiliar na identificação foram realizados registros fotográficos e coleta de algumas espécies para posterior confecção de exsicatas.

A identificação taxonômica das espécies foi realizada com ajuda de literatura especializada, aplicativos de identificação de plantas (PlantNet identify e PictureThis), guias de campo, herbários virtuais (JABOT e Re flora) e consulta a especialistas. Para a grafia dos nomes científicos foi consultado o banco de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (REFLORA, 2020). Alguns indivíduos não foram identificados em nível de espécie, devido à dificuldade de identificação, uma vez que ainda não haviam completado seu ciclo reprodutivo e devido a morte de alguns indivíduos. Estas foram denominadas como indeterminadas. As espécies foram classificadas quanto à forma de vida (arbórea, trepadeira, subarbusto ou herbácea), grupo ecológico (Pi: pioneiras e secundárias iniciais e NP: secundárias tardias e clímax) e à síndrome de dispersão de sementes, em anemocóricas, autocóricas e zoocóricas, a partir de consultas a artigos científicos.

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para verificar se há diferença significativa sobre o número de espécies do banco de sementes transposto e em casa de vegetação a um nível de 0,05% de significância. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk). Este teste, assim como a ANOVA foram realizados com o auxílio do software livre R (R Core Team, 2023).

4 RESULTADOS DA PESQUISA

No solo transposto, foram quantificados após quatro meses 554 indivíduos emergidos nos núcleos analisados, pertencentes a 14 famílias botânicas, 34 gêneros, 56 espécies e 16 indeterminadas. Entretanto, quando analisado o banco de sementes em casa de sombra foram registrados 441 indivíduos, distribuídos em 17 famílias, 27 gêneros e 36 espécies durante 5 meses, com 8 indivíduos indeterminados (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação de espécies encontradas no banco de sementes do solo de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre - ES, emergidas e desenvolvidas em campo (solo transposto) (BSST) e em casa de sombra (BSSC).

Família/Espécie	Forma de vida	Grupo ecológico	Origem	Síndrome de dispersão	BSST	BSSC
					NI Total	NI Total
Amaranthaceae					15	-
<i>Achyranthes aspera</i> L.	herb	NC	nativa	zoo	1	-
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	herb	pi	naturalizada	ane	13	-
<i>Gomphrena</i> sp.	NC	NC	NC	aut	1	-
Asteraceae					51	58
<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze						
	herb	pi	nativa	zoo	5	-
<i>Ageratum conyzoides</i> L.						
	herb	NC	nativa	ane	-	9
<i>Conyza</i> sp.						
	NC	pi	NC	ane	6	15
<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H. Rob.						
	sub.	pi	nativa	ane	-	10
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.						
	herb	pi	naturalizada	ane	3	1
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.						
	herb	pi	nativa	ane	5	-
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth.						
	herb	pi	nativa	ane	5	-
<i>Elephantopus</i> sp.						
	herb	pi	NC	ane	5	-
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson.						
	herb	pi	nativa	ane	1	-
<i>Emilia</i> sp.						
	herb	pi	naturalizada	ane	3	-
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.						
	herb	pi	nativa	ane	2	-
<i>Gamochoaeta americana</i> (Mill.) Wedd.						
	herb	NC	nativa	ane	3	6
<i>Mikania</i> sp.						
	trepadeira	NC	NC	ane	-	11
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.						
	herb	pi	nativa	ane	3	-
<i>Praxelis clematidea</i> (Griseb.) R.M. King & H. Rob.						
	herb	NC	nativa	ane	5	2
<i>Pseudognaphalium</i> sp.						
	herb	NC	naturalizada	ane	3	-

Continua...

Continuação (Tabela 1)

<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	herb	pi	naturalizada	ane	1	-
<i>Tridax procumbens</i> L.	herb	NC	naturalizada	ane	1	-
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	herb	NC	naturalizada	ane	-	4
Begoniaceae					-	4
<i>Begonia cucullata</i> Willd.	herb	NC	nativa	ane	-	4
Brassicaceae					19	-
<i>Lepidium virginicum</i> L.	herb	pi	naturalizada	ane	19	-
Cannabaceae					9	25
<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume	arv.	pi	nativa	zoo	9	25
Commelinaceae					16	6
<i>Commelina benghalensis</i> L.	herb	pi	naturalizada	aut	16	6
Cucurbitaceae					2	-
<i>Melothria pendula</i> L.	trepadeira	NC	nativa	zoo	2	-
Dioscoreaceae					1	1
<i>Dioscorea dodecaneura</i> Vell.	trepadeira	NC	nativa	NC	1	1
Euphorbiaceae					55	4
<i>Croton glandulosus</i> L.	herb	pi	nativa	aut	35	-
<i>Dalechampia brasiliensis</i> Lam.	trepadeira	NC	nativa	aut	6	-
<i>Euphorbia hirta</i> L.	herb	NC	nativa	aut	11	4
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	herb	NC	nativa	aut	3	-
Fabaceae					32	-
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	trepadeira	pi	nativa	aut	6	-
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	sub.	pi	naturalizada	zoo	23	-
<i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC.	sub.	pi	naturalizada	zoo	3	-
Lamiaceae					70	-
<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	herb	NC	naturalizada	aut	66	-
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	herb	pi	nativa	aut	4	-
Lythraceae					9	-
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	herb	NC	nativa	aut	9	-
Malvaceae					84	-
<i>Sida</i> sp.	herb	pi	NC	aut	65	-
<i>Triumfetta</i> sp.	herb	pi	NC	zoo	19	-
Melastomataceae					-	26
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don.	arb.	pi	nativa	zoo	-	26
Muntingiaceae					-	12

Continua...

Continuação (Tabela 1)

<i>Muntingia calabura</i> L.	arv.	pi	nativa	zoo	-	12
Phyllanthaceae					-	56
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	herb	pi	nativa	aut	-	56
Piperaceae					-	63
<i>Piper mollicomum</i> Kunth.	arb.	NP	nativa	zoo	-	63
Plantaginaceae					-	19
<i>Stemodia verticillata</i> (Mill.) Hassl.	herb	NC	nativa	aut	-	2
<i>Scoparia dulcis</i> L.	herb	pi	nativa	aut	-	17
Portulacaceae					-	20
<i>Portulaca</i> sp.	herb	NC	NC	aut	-	20
Rubiaceae					35	1
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	Sub.	pi	nativa	aut	5	1
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	herb	NC	nativa	aut	30	-
Scrophulariaceae					-	18
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltl.	herb	NC	nativa	aut	-	18
Solanaceae					58	25
<i>Lochroma arborescens</i> (L.) J.M.H. Shaw.	arb/arv.	pi	nativa	zoo	-	3
<i>Physalis pubescens</i> L.	herb	pi	nativa	zoo	3	-
<i>Solanum</i> sp.	NC	pi	NC	zoo	21	5
<i>Solanum americanum</i> Mill.	herb	pi	nativa	zoo	34	17
Talinaceae					-	2
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	herb	NC	nativa	zoo	-	2
Urticaceae						22
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	arv.	pi	nativa	zoo	-	21
<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew.	herb	pi	nativa	NC	-	1
Indeterminado					98	79
<i>Indet. 1</i>	herb	NC	NC	NC	38	-
<i>Indet. 2</i>	NC	NC	NC	NC	5	-
<i>Indet. 3</i>	NC	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 4</i>	NC	NC	NC	NC	11	4
<i>Indet. 5</i>	trepadeira	NC	NC	NC	14	2
<i>Indet. 6</i>	NC	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 7</i>	NC	NC	NC	NC	2	-
<i>Indet. 8</i>	NC	NC	NC	NC	15	-
<i>Indet. 9</i>	NC	NC	NC	zoo	1	-
<i>Indet. 10</i>	trepadeira	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 11</i>	NC	NC	NC	NC	2	-

Continua...

Continuação (Tabela 1)

<i>Indet. 12</i>	NC	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 13</i>	NC	NC	NC	NC	1	2
<i>Indet. 14</i>	NC	NC	NC	NC	3	-
<i>Indet. 15</i>	NC	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 16</i>	NC	NC	NC	NC	1	-
<i>Indet. 17</i>	NC	NC	NC	NC	-	11
<i>Indet. 18</i>	NC	NC	NC	NC	-	3
<i>Indet. 19</i>	NC	NC	NC	NC	-	5
<i>Indet. 20</i>	NC	NC	NC	NC	-	28
<i>Indet. 21</i>	NC	NC	NC	NC	-	24

Legenda: Indet. = indeterminada; NC = não classificada; herb= herbácea; arb/arb = arbustiva/arbórea; arb = arbustiva; arv = arbórea; trepadeira = trepadeira/liana; zoo = zoocórica; ane = anemocórica; aut = autocórica; pi = pioneira; NP = não pioneira; NI = Número de indivíduos.

Fonte: A autora (2023).

Observa-se uma quantidade menor de indivíduos emergidos na casa de sombra, o que pode ser atribuído à presença de pragas como o caramujo, que impossibilitou a quantificação de alguns indivíduos.

Dentre as espécies identificadas, as mais abundantes no solo transposto foram *Leonurus japonicus* (66 indivíduos), seguido de *Sida* sp. (65 ind.), *Croton glandulosus* (35 ind.) e *Solanum americanum* (34 ind.), que juntas corresponderam a 36,1% do total das plantas emergidas. Dentre as espécies classificadas quanta à origem, apenas a espécie *L. japonicus* é classificada como naturalizada. Espécies naturalizadas são plantas exóticas introduzidas em um determinado local, que reproduzem e se adaptam formando uma população auto perpetuante, mas que, ao mesmo tempo, não se expandem para áreas distantes do local em que foram introduzidas (MORO et al., 2012).

Ambas as espécies são consideradas plantas daninhas ruderais e não foram emergidas no banco de sementes alocadas na casa de sombra. Entretanto, essas espécies podem se tornar uma problemática nas áreas em processo de restauração, pois ao colonizar a área começam a competir e inibir o desenvolvimento de espécies de interesse (MARTINS, 2009). Deste modo, é importante o manejo dessas espécies no local, tendo em vista a grande quantidade de indivíduos dessas espécies emergidas nas áreas que receberam o banco de sementes do solo.

Com relação às espécies emergidas na casa de sombra, as espécies com maior abundância foram *Piper mollicomum* Kunth (63 ind.), *Phyllanthus tenellus* Roxb

(56 ind.) e *Clidemia hirta* (L.) D.Don. (26 ind.). Ambas as espécies são nativas e não foram observadas nas áreas onde o solo foi transposto.

No solo transposto, as famílias mais abundantes foram Malvaceae (84 ind.), Lamiaceae (70 ind.), Euphorbiaceae (55 ind.) e Asteraceae (58 ind.), enquanto no banco de sementes na casa de sombra destacam-se Piperaceae (63 ind.), Asteraceae, (58 ind.) e Phyllanthaceae (56 ind.) (Figura 1). No entanto, a família Asteraceae, em ambos os casos, teve a maior riqueza de espécies, com 15 e 8 espécies, respectivamente, para o banco de sementes no solo transposto e na casa de sombra, A família Asteraceae também se destacou em outras pesquisas que utilizaram banco de sementes em fragmentos de florestas tropicais (BATISTA NETO et al., 2007; BRAGA et al., 2007; CAPELLESSO et al., 2015). A família Asteraceae é composta principalmente por espécies pioneiras relevantes no processo de sucessão florestal. Além disso, essa família é caracterizada por diásporos de sementes que demonstram eficácia na dispersão (HEIDEN et al., 2007).

No estudo conduzido por Piaia et al. (2017), que investigou a transposição do banco de sementes de uma Floresta Estacional, também identificou-se uma maior diversidade de espécies na família Asteraceae. De acordo com Buss et al. (2021), muitas espécies da família Asteraceae frequentemente ocupam áreas abertas em estágios iniciais de sucessão.

Ao analisar o diagrama de Venn, é possível identificar as espécies que aparecem exclusivamente em cada um dos tratamentos investigados (BSST e BSSC) (Figura 11). No banco de sementes transposto (BSST), obteve de 42 espécies exclusivas, enquanto que no banco de sementes em casa de sombra (BSSC) obteve apenas 22 espécies. No total, apenas quatorze espécies foram compartilhadas entre os ambientes. A maior riqueza de espécies no solo transposto pode ser decorrente da contribuição das herbáceas já presentes no local por meio da chuva de sementes. Outro fator que pode ter influenciado é a serapilheira mantida na transposição do solo. Segundo Rodrigues et al. (2010), a serapilheira funciona como uma manta com melhores condições de fertilidade que favorece o aparecimento dessas plantas no banco de sementes.

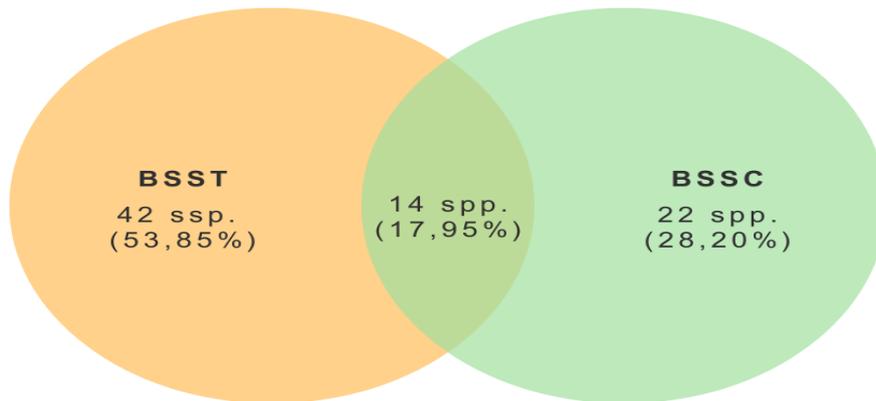


Figura 11 - Diagrama de Venn demonstrando o compartilhamento de espécies do banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, amostrados no solo transposto (BSST) e em casa de sombra (BSSC).

Através da Análise de Variância, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) no que diz respeito ao número de espécies emergidas no banco de sementes no solo transposto e na casa de sombra (Tabela 2). É importante destacar que os resíduos apresentaram normalidade, evidenciada pelo Coeficiente de Variação de 55,49%. Isso indica uma considerável variabilidade no número de espécies emergidas tanto entre as repetições dos tratamentos quanto entre os próprios tratamentos. As médias foram de 21,9 e 27,7, com desvios padrão de $\pm 14,34$ e $\pm 15,63$, respectivamente, para o BSST e BSSC.

Tabela 2. Dados obtidos pela análise de variância (ANOVA) para o número de espécies do BSST e BSSC a 0,05% de significância.

	GL	SQ	QM	FC	Pr>FC
Tratamento	1	336,4	336,4	1,7762	0,1912
Bloco	3	1923,4	641,13	3,3853	0,0288
Resíduo	35	6628,6	189,39		
Total	39	8888,4			

Fonte: A autora (2023).

No geral, a quantidade de indivíduos e espécies herbáceas foi predominante, superando a quantidade de indivíduos arbóreos. No solo transposto foram encontradas 31 espécies e 411 indivíduos. Na casa de sombra, esta classe foi

representada por 16 espécies e 169 indivíduos (Figura 12). Kunz e Martins (2016) também observaram que a composição florística do banco de sementes apresentou maior concentração de espécies herbáceas, assemelhando-se os seus resultados com este estudo.

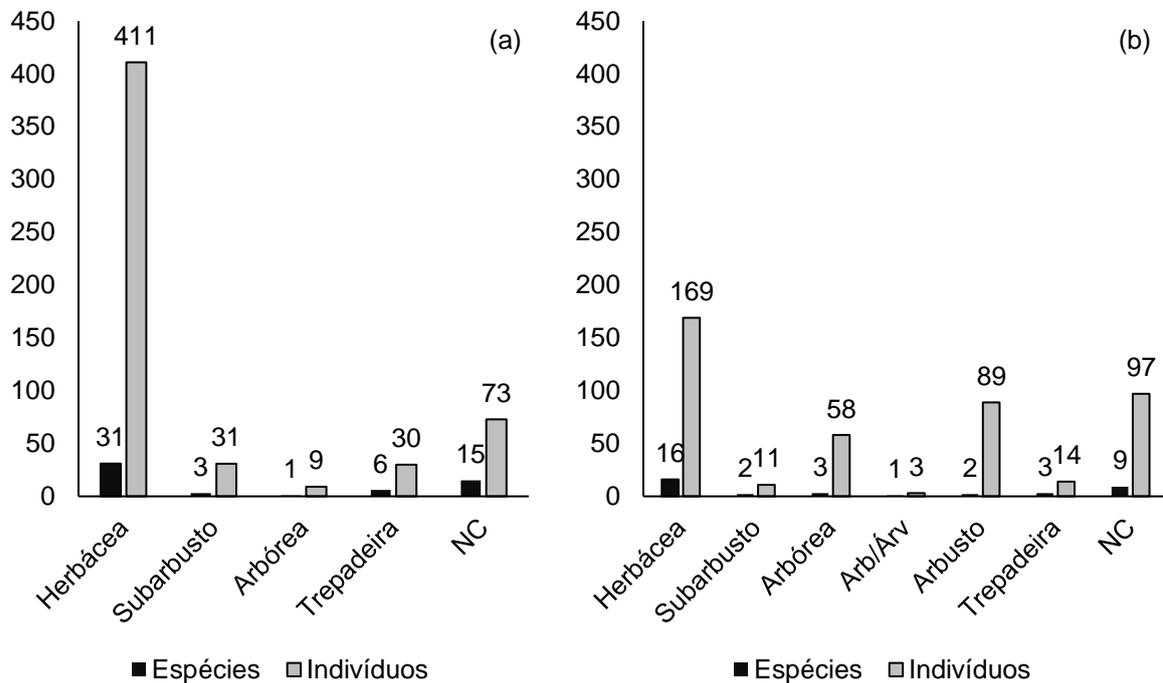


Figura 12 - Distribuição do número de espécies e indivíduos encontradas para as formas de vida de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, amostrados no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).

Fonte: A autora (2023).

O destaque de herbáceas pode ser explicado devido à influência do entorno do fragmento florestal, de onde o banco de sementes foi coletado, devido a área ser cercada com vegetação antropizada (pastagem). Essas condições propiciam a entrada dessas plantas no local (HOPKINS et al., 1990). As condições de luminosidade e disponibilidade de espaço também favorecem a emergência dessas espécies na área (MIRANDA NETO et al., 2014). Além disso, espécies herbáceas desempenham o papel de colonizadoras iniciais em áreas degradadas, sendo importantes no processo de restauração (PIAIA, et al., 2017). Pois possuem um papel fundamental no acúmulo de biomassa e ciclagem de nutrientes.

Depois das herbáceas, observa-se, em casa de sombra, que a forma de vida arbustiva obteve maior abundância de indivíduos representados por duas espécies (*C. hirta* e *P. mollicomum*) que não foram emergidas no solo transposto. Este fato

pode ser atribuído às condições de luminosidade da casa de sombra que favoreceram a emergência dessas espécies, cujas condições não são encontradas em campo e podem estar impossibilitando o estabelecimento dessas espécies no momento. Conforme observado por Baider et al. (2001), à medida que a regeneração florestal avança, o número de espécies herbáceas diminui devido à redução da disponibilidade de luz, promovendo, assim, um aumento de espécies arbustivas e arbóreas.

É importante destacar a presença da *Trema micranthum* no solo transposto, única espécie arbóreo/arbustiva encontrada em ambas as áreas em processo de restauração, representada por 9 indivíduos no total e 25 emergidos na casa de sombra. A presença dessa espécie na área a ser restaurada é relevante, pois é uma espécie que realiza dispersão zoocórica, sendo atrativa para diversos animais dispersores de sementes. Devido à sua capacidade pioneira, suas sementes germinam em condições de elevada luminosidade, se desenvolvendo, principalmente, em áreas perturbadas (MARTINS e RODRIGUES, 2002), como observado neste estudo. Além disso, a espécie contribui para a resiliência do ecossistema submetido a projetos de restauração florestal, pois é uma das espécies responsáveis pela regeneração florestal após distúrbios (CORREIA e MARTINS, 2015).

Um fator preocupante é a presença da *Muntingia calabura*, uma espécie exótica de porte arbóreo que germinou no banco de sementes em casa de sombra. Essa espécie tem sido considerada invasora no sudeste do Brasil devido às suas características de alta taxa de emergência (FIGUEIREDO et al., 2008). Segundo Skowronek et al. (2014), espécies invasoras podem se estabelecer no banco de sementes, influenciando na composição vegetal e diminuindo a diversidade de espécies nativas na área.

No que se refere a síndrome de dispersão, as espécies do banco de sementes transposto são principalmente anemocóricas. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de espécies anemocóricas serem geralmente as primeiras a se estabelecerem no ambiente após uma perturbação, e suas características de dispersão auxiliam a se deslocarem facilmente pelo ambiente a longas distâncias (TRÊS et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2014).

No entanto, no banco de sementes da casa de sombra, houve predomínio das anemocóricas, juntamente com as zoocóricas, ambas representadas quase que igualmente entre as espécies. Contudo, quando se considera o número de indivíduos,

o destaque no solo transposto é para as autocóricas e na casa de sombra, as zoocóricas (Figura 13).

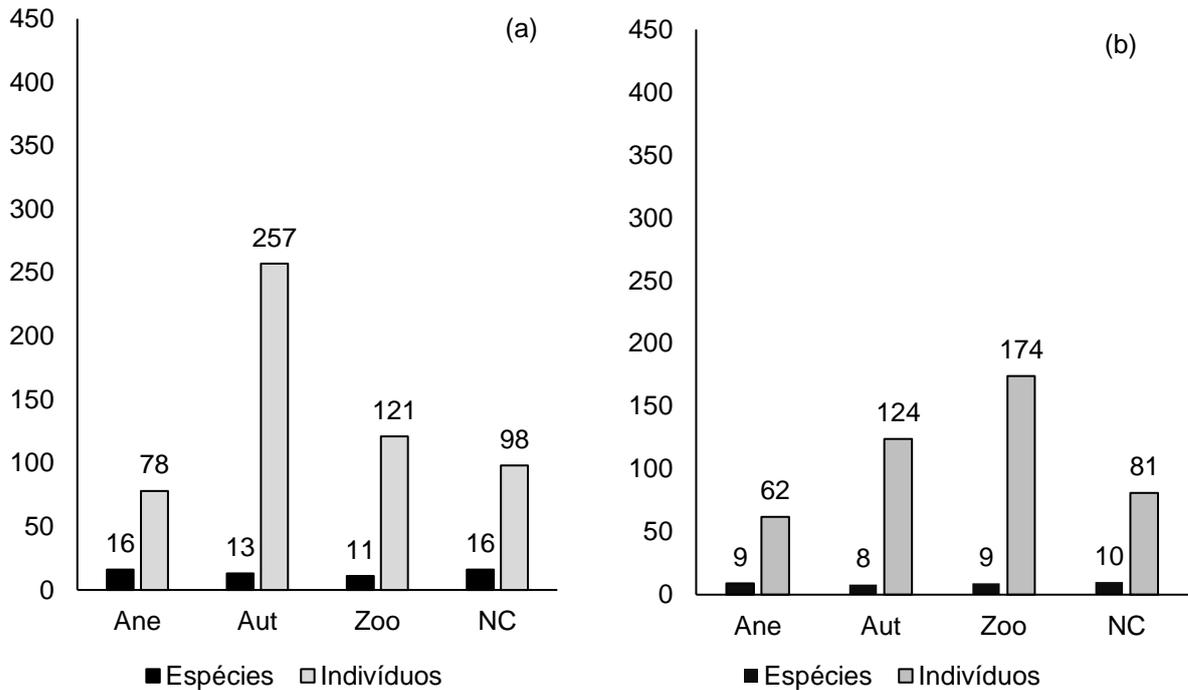


Figura 13 - Distribuição de espécies e indivíduos, quanto à síndrome de dispersão (Ane = Anemocórica; Aut = Autocórica; Zoo = Zoocórica), presentes no banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).

Fonte: A autora (2023).

No banco de sementes do solo transposto a maior incidência das autocóricas é especialmente devido à alta abundância das espécies *L. japonicus*, *Sida* sp. e *C. glandulosus*, que correspondem a cerca de 64,6% do total de indivíduos autocóricos (Tabela 1).

Entretanto, na casa de sombra, o maior número de indivíduos foi representado pela síndrome de dispersão da zoocórica sendo que 48,3% do total foi representada pelas espécies *P. mollicomum*. e *Cecropia Hololeuca* não emergidas no solo transposto em nenhuma área. As espécies autócoricas devido ao seu grande número de indivíduos podem ter inibido a emergência das zoocóricas no local.

A síndrome de dispersão zoocórica, mesmo em menor número de indivíduos germinados no solo transposto nas áreas em restauração, é de suma importância, pois esses indivíduos desempenham o papel de atrair a fauna dispersora de sementes de outros remanescentes próximos para a área, contribuindo para aumentar a diversidade (FRANCO et al., 2012; TRES et al., 2007).

Quanto ao grupo ecológico, em geral observa-se o maior número de espécies pioneiras, que correspondem a 26 espécies e 314 indivíduos germinados no banco de sementes no solo transposto (Figura 14a) e 15 espécies e 216 indivíduos no banco de sementes na casa de sombra (Figura 14b).

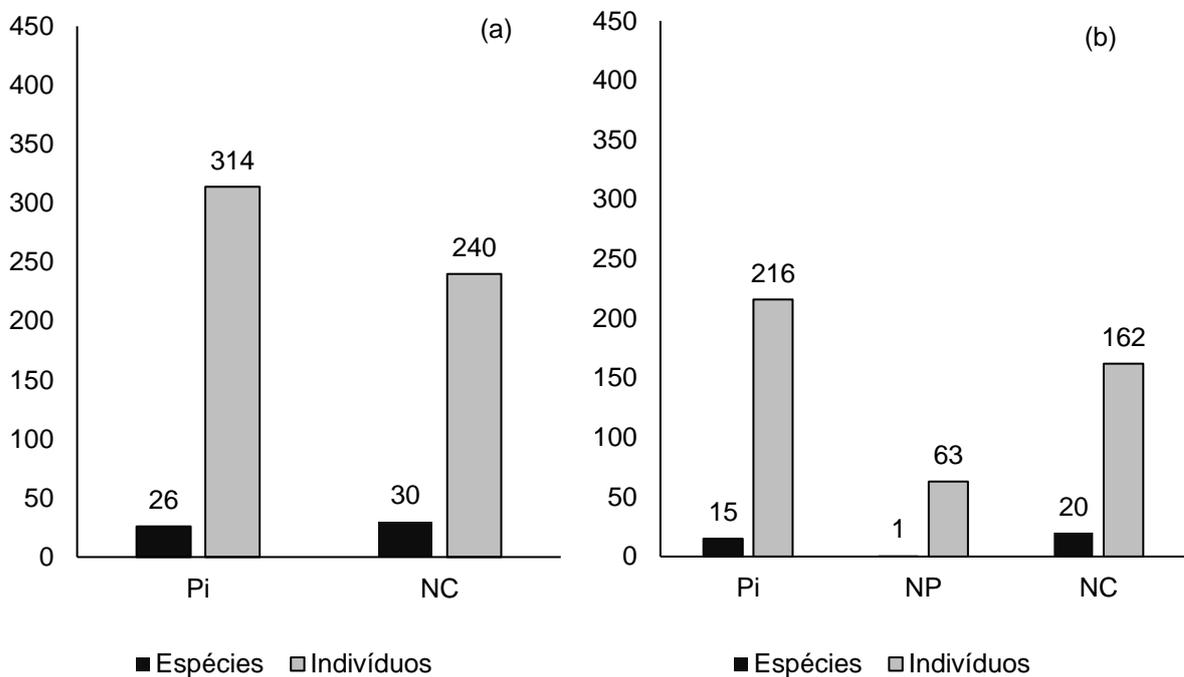


Figura 14 - Quantificação de espécies e indivíduos, quanto ao grupo ecológico presentes no banco de sementes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Santa Angélica, município de Alegre – ES, no solo transposto (a) e em casa de sombra (b).

Fonte: A autora (2023).

Espécies pioneiras são formadoras de banco persistente do solo e suas sementes permanecem viáveis por longos períodos até que encontrem condições ideais para sua emergência, sendo estas as primeiras a se instalarem nos estágios iniciais de sucessão (ARAÚJO et al., 2001; CSONTOS e TAMAS, 2003). Essas espécies desempenham a função de atrair a fauna e melhorar as condições da área através dos processos da senescência, o que facilita a chegada e o estabelecimento de outras espécies tolerantes à sombra (TRES E REIS et al., 2009). Espécies pioneiras também se destacam pelo rápido recobrimento do solo, proteção do solo exposto, aumento de serapilheira e promovem a ciclagem de nutrientes.

No solo transposto não foi registrada ocorrência de espécies secundárias tardias. Este resultado também foi encontrado por Miranda Neto et al. (2010), ao

estudar a transposição de banco de sementes de dois estádios sucessionais de floresta Estacional Semidecidual (floresta madura e floresta secundária inicial) para pastagem. Estes autores enfatizam a importância de plantios de enriquecimento em áreas em processo de restauração devido à ausência dessas espécies para o sucesso da restauração florestal.

Em contrapartida, no banco de sementes em casa de sombra foi verificada a ocorrência de apenas uma espécie classificada como secundária tardia, *Piper mollicomum*, representada por 63 indivíduos. A baixa proporção de espécies tardias em ambiente controlado e a ausência dessas espécies em campo pode estar associada a dormência facultativa. Certas plantas podem germinar rapidamente formando o banco de plântulas, mas também podem permanecer dormentes, se as condições ambientais não forem adequadas para sua emergência (BRANDÃO et al., 2015).

5 CONCLUSÕES

A técnica de transposição de banco de sementes do solo possui um bom potencial para promover a sucessão florestal em áreas de depósitos de rejeitos de mineração, devido à introdução de novas espécies por meio do banco de sementes do solo.

No entanto, a predominância de espécies herbáceas e plantas ruderais, aliada à ausência de espécies secundárias tardias, pode dificultar o processo de sucessão. Portanto, é essencial que a área seja monitorada para avaliar a diminuição de herbáceas e o aumento de espécies em estágios mais avançados. Além disso, é recomendável a utilização de técnicas complementares, como plantio de espécies arbóreas para o enriquecimento da vegetação.

Os resultados deste estudo contribuem para o entendimento da dinâmica de regeneração de espécies quando depositada em áreas de rejeitos, bem como na compreensão da influência das espécies já estabelecidas no local.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º semestre de 2023**. Brasília: Informe ABIROCHAS, 2022. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Informe-05_2023-Balanco-2022.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J.L de M, SPAROVEKS, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Piracicaba, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2013.

ARAÚJO, M. M. et al. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, n. 59, p.115-130, 2001.

BAHIA, T. O.; MARTINS, C.; ANTONINI, Y.; CORNELISSEN, T. Contribution of nucleation techniques to plant establishment in restoration projects: an integrative review and meta-analysis. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 7, p. e13932, 2023.

BAIDER, C.; TAABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic Forest regeneration in southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 1, p.35-44, 2001.

BATISTA NETO, J. P. et al. Banco de sementes do solo de uma Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 311-320, 2007.

BECHARA, F. C. et al. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras de Biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 9-11, 2007.

BOSSUYT, B.; HONNAY, O. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 19, n. 6, p. 875-884, 2008.

BRAGA, A. J. T. et al. Composição do banco de sementes de uma floresta semidecidual secundária considerando o seu potencial de uso para recuperação ambiental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 1089-1098, 2008.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 455-470, 2010.

BRANDÃO, J. F. C.; MARTINS, S. V.; BRANDÃO, I. J. Potencial de regeneração de uma área invadida por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn no parque nacional do caparaó. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 543-552, 2017.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, parágrafo 1, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades

de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Brasília DF, jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 11 set. 2023.

BRITO, R. C. T. **Recuperação de área degradada por mineração a partir do uso de seu rejeito.** 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BROWN, D. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal of Botany**, Canadá, v.70, p. 1603-1612, 1992.

BUSS, T. O. et al. Restauração ecológica em áreas de mineração por cascalho no Sul do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 81-92, jul. 2021.

CALEGARI, L. et al. Avaliação do banco de sementes do solo para restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CAMARGOS, V. L. et al. Influência do fogo no banco de sementes do solo em Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 19-28, 2013.

CAMPOS, A. R. et al. Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, Rio de Janeiro, 2009. **Anais [...]** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2009. p.16-25.

CAPELLESSO, E. S.; SANTOLIN, S. F.; ZANIN, E. M. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 821-829, 2015.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**. v. 265, p. 37-46, 2012.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V. Banco de Sementes do Solo de Floresta Restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 79-87, 2015.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V. Banco de sementes do solo de floresta restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 79-87, 2015.

CSONTOS, P.; TAMAS, J. Comparisons of soil seed bank classification systems. **Seed Science Research**, Wallingford, v.13, n.2, p.101-111, 2003

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. *In*: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.;

ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (eds.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. São Paulo: FEPAF, 2003, p. 1-26.

FERREIRA, G. C.; DAITX, E. C.; DALLORA NETO, C. Impactos ambientais associados ao desmonte de rocha com uso de explosivos. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 467-473, 2006.

FERREIRA, W. C. et al. Regeneração natural como indicador da recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 651-660, 2010.

FIGUEIREDO, R. A. et al. Reproductive ecology of the exotic tree *Muntingia calabura* L. (Muntingiaceae) in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 993-999, 2008.

FRANCO, B. K. S. et al. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, p. 423-432, 2012.

FREITAS, L. N. et al. Banco de sementes com serrapilheira como indicador de restauração florestal em região de cerrado no município de Coxim, MS. **Holos Environment**, v. 21, n. 2, p. 198-214, 2021.

GASPARINO, D. et al. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 1-9, 2006.

GUIMARÃES, S. et al. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

HALL, S. L.; BARTON, C. D.; BASKIN, C. C. Topsoil seed bank of an Oak–Hickory forest in eastern Kentucky as a restoration tool on surface mines. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 6, p. 834–842, 2010.

HEIDEN, G.; BARBIERI R. L.; WASUM, R. A.; SCUR, L.; SARTORI, M. A família Asteraceae em São Mateus do Sul, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 249-251, 2007.

HOBBS, R. J.; HARRIS, J. A.; Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v.9, n. 2, p. 239-246, 2001.

HOPKINS, M. S.; TRACEY, J. G.; GRAHAM, A. W. The size and composition of soil seed banks in remnant patches of three structural rainforest types in North Queensland, Australia. **Australian Journal of Ecology**, Australia, v. 15, n1, p. 43-50, 1990.

KUNZ, S. H., MARTINS, S. V. Soil seed bank in seasonal semideciduous forest and abandoned pasture. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 991–1001, dez. 2016.

LIMA, J. S. et al. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 327 - 332, 2008.

MARTINS, D. A. P. et al. Avaliação da transposição de serapilheira e do banco de sementes do sol em uma área degradada no planalto catarinense. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 237-246, 2017.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. 1 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2009.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**, London, v. 163, n. 1, p. 51-62, 2002.

MIRANDA NETO, A. et al. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, p. 609-620, 2014.

MIRANDA NETO, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 6, p.1035-1043, 2010.

MIRANDA NETO, A. et al. Banco de sementes em mina de bauxita restaurada no Sudeste do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, p. e00125414, 2017.

MORAES, et al. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.

MORO, M. F. et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta botânica brasílica**, v. 26, n. 4, p. 991-999, 2012.

NERY, E. R. A. et al. O conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira. **Revista Caititu**, Salvador, v. 1, n. 1, 2013, p. 43-56, 2013.

PIAIA, B. B. et al. Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 227-235, 2017.

PICKET, S. T.A.; PARKER, V. T.; FIEDLER, L. The new paradigm in ecology: Implications for conservation biology above the species level. *In*: FIEDLER, L.; JAIN, S. K. (Ed.). **Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, and management**. New York: Chapman and Hall, 1992, p. 65-68.

R Core Team (2023). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

REFLORA. **Herbário Virtual**. 2017 Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Acesso em: 9 nov. 2023.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 244-250, 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REIS, A.; TRES, D.; SCARIOT E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p. 67-73, 2007.

REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v.1, n. 1, p. 28-36, 2003.

RODRIGUES, B. D., MARTINS, S. V., LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010.

SILVA, H. V.; CASTRO, N. F. Disponibilidade de resíduos de pedreiras para aproveitamento na pavimentação da BR-101, no Espírito Santo. *In*: IX SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE. 2016, João Pessoa. **Anais [...]**, João Pessoa, 2016, p. 195-206.

SKOWRONEK, S. et al. Regeneration potential of floodplain forests under the influence of nonnative tree species: soil seed bank analysis in Northern Italy. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 1, p. 22-30, 2014.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2006.

TEKLE, K.; BEKELE, T. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello, Ethiopia. **Biotropica**, n. 1, p. 23-32, 2000.

TRES, D. R. et al. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 312-314, 2007.

TRES, D. R.; REIS, A. Técnicas nucleadoras na restauração de floresta ribeirinha em área de Floresta Ombrófila Mista, Sul do Brasil. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 4, p. 59-71, 2009.

VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais – Pesquisa, Lavra e Beneficiamento**. 1.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p.

VIEIRA, I. C.G. et al. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 470-481, 2003.