



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

ESTER DE BRITO PIMENTEL

CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM
ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA
FLORESTA NACIONAL DE PACOTUBA - ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2026

ESTER DE BRITO PIMENTEL

CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM
ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA
FLORESTA NACIONAL DE PACOTUBA - ES

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

Orientadora: Sustanis Horn Kunz

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2026

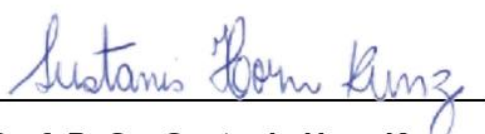
ESTER DE BRITO PIMENTEL

CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO EM
ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA
FLORESTA NACIONAL DE PACOTUBA - ES

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

Aprovado em 12 de fevereiro de 2026.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Sustanis Horn Kunz

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientadora

 Documento assinado digitalmente
DENYSE CASSIA DE MARIA SALES
Data: 23/02/2026 09:37:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M. Sc. Denyse Cássia de Maria Sales

Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

 Documento assinado digitalmente
THAIS ARAO FELETTI
Data: 23/02/2026 11:22:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

M. Sc. Thaís Arão Feletti

Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

Aos meus pais e irmã pelo amor incondicional. Afetuosamente, dedico.

*À floresta e a todos que lutam
para que ela continue de pé.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a mim mesma, pela coragem de suportar tanto e pela persistência em seguir adiante mesmo nos dias mais difíceis, conciliando responsabilidades, estudos e emoções. Este trabalho é resultado de esforço, dedicação e da decisão diária de não desistir. Sua realização representa muito mais do que a conclusão de uma etapa acadêmica; simboliza um percurso marcado por desafios, renúncias, aprendizados e, sobretudo, superação.

Aos meus pais Anita e Edson, deixo meu mais profundo agradecimento por todo amor, dedicação e sacrifício ao longo dessa caminhada. Este trabalho também representa a realização de um sonho que sempre foi deles, construído com esforço e fé no meu futuro. Mesmo diante das dificuldades, nunca deixaram de me apoiar, incentivar e acreditar em mim. Cada conquista minha carrega a força, o cuidado e o amor de vocês.

A minha irmã Aline, agradeço de forma especial por ter sido um verdadeiro apoio desde o início dessa jornada. Sua experiência anterior na universidade foi fundamental para me orientar, esclarecer dúvidas e me ajudar a compreender os caminhos acadêmicos, sempre com paciência, generosidade e claro, boas risadas.

Ao meu namorado Estevão, agradeço pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de cansaço e ansiedade, pelas palavras de incentivo e por estar ao meu lado mesmo nos períodos mais difíceis. Sua presença tornou essa caminhada mais leve.

Ao meu gato Dobby, por ter sido um verdadeiro suporte emocional ao longo dessa jornada. Sua companhia silenciosa (às vezes nem tanto), e carinho nos momentos de exaustão foram fundamentais para que eu encontrasse conforto e equilíbrio.

Aos amigos que estiveram presentes ao longo dessa jornada, obrigada pelos memes, risadas, momentos de desabafo, pelos “surto” que se transformaram em apoio mútuo e até pelos pequenos gestos cotidianos que trouxeram leveza nos dias mais difíceis. Vocês foram fundamentais!

E aqueles amigos que, mesmo distantes fisicamente, nunca deixaram de apoiar, agradeço pela compreensão, carinho e chamadas de vídeo para darmos risadas.

À minha orientadora Sustanis, minha profunda gratidão pela oportunidade de participar de duas pesquisas de iniciação científica, experiência que foi essencial para o meu amadurecimento acadêmico e científico. Agradeço pela paciência, dedicação e pelas valiosas contribuições que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho. Seu apoio e orientação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos professores do curso, agradeço por todo o conhecimento compartilhado ao longo da graduação, pelas orientações e pela contribuição para minha formação profissional e pessoal.

Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), universidade pública, gratuita e de qualidade, meu sincero agradecimento por proporcionar um ambiente de ensino, pesquisa e formação que estimulou o desenvolvimento do pensamento crítico e da pesquisa científica, tornando possível a realização deste trabalho.

À banca avaliadora, Denyse Cássia de Maria Sales e Thaís Arão Feletti agradeço pela disponibilidade, atenção e pelas valiosas contribuições, que foram essenciais para o aprimoramento e fortalecimento deste trabalho.

A todos que contribuíram para a realização desta pesquisa, especialmente àqueles que me auxiliaram nas coletas de campo e nas irrigações das mudas na casa de vegetação, deixo meu agradecimento pelo apoio, colaboração e disponibilidade.

Por fim, a todos que, de alguma forma, estiveram e estão presentes em minha vida, tornando essa caminhada mais leve, e cheia de sentido, minha gratidão por contribuírem constantemente para o meu crescimento e por me tornarem uma pessoa melhor.

RESUMO

O banco de sementes do solo constitui um importante indicador do potencial de regeneração natural, por reunir sementes viáveis capazes de germinar quando ocorrem distúrbios ou condições ambientais favoráveis. O presente estudo teve como objetivo caracterizar o banco de sementes do solo em três áreas localizadas na Floresta Nacional de Pacotuba, Espírito Santo, sendo duas áreas em processo de restauração florestal, com oito (AR8) e doze anos (AR12) de implantação, e um fragmento de floresta antiga utilizado como ecossistema de referência (ER). As amostras de solo foram coletadas em cinco parcelas permanentes de 100 m² (4 m × 25 m) e distribuídas sistematicamente em cada área e avaliadas por meio do método de emergência de plântulas em casa de vegetação, com monitoramento ao longo de cinco meses. Os resultados evidenciaram diferenças entre as áreas avaliadas, refletindo variações na composição e na estrutura do banco de sementes associadas ao tempo de restauração. As áreas AR8 e AR12 apresentaram maior abundância e riqueza de espécies no banco de sementes em comparação ao ecossistema de referência, com predominância de espécies pioneiras, principalmente de formas de vida herbácea e subarborescente. Indicando que, embora o banco de sementes seja funcionalmente ativo e capaz de responder a distúrbios, ele ainda está fortemente associado a estágios iniciais da sucessão ecológica. No ecossistema de referência, observou-se menor abundância e riqueza no banco de sementes, porém com maior participação de espécies arbóreas. De modo geral, os resultados indicam que as áreas em restauração apresentam elevado potencial de regeneração natural em caso de novos distúrbios, embora a baixa representatividade de espécies arbóreas no banco de sementes ressalte limitações para o avanço sucessional sem o aporte contínuo de propágulos. Assim, o banco de sementes do solo mostrou-se uma ferramenta eficiente para avaliar o progresso da restauração florestal, evidenciando tanto seu potencial regenerativo quanto a necessidade de monitoramento e manejo para favorecer o direcionamento da sucessão ecológica a longo prazo.

Palavras-chave: sementes viáveis no solo, restauração florestal, Floresta Estacional Semidecidual, regeneração natural.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Restauração ecológica.....	14
3.2 Banco de sementes: conceito, tipos e dinâmica ecológica	15
4. METODOLOGIA.....	18
4.1 Área de estudo.....	18
4.2 Coleta do banco de sementes	20
4.3 Avaliação do banco de sementes do solo em casa vegetação	23
4.4 Levantamento e análise de dados	24
5. RESULTADOS	29
6. DISCUSSÃO	35
7. CONCLUSÃO.....	38
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição florística do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER) na Floresta Nacional de Pacotuba, ES.....	29
Tabela 2 - Riqueza média de espécies do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e ER	32
Tabela 3 - Índice de similaridade florística de Jaccard entre as áreas AR8, AR12 e o ecossistema de referência (ER)	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do local de estudo na Floresta Nacional de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim-ES	18
Figura 2 - Vista parcial das áreas de estudo: (a) área em processo de restauração (AR8); (b) área em processo de restauração (AR12); (c) ecossistema de referência (ER) na Floresta Nacional de Pacotuba -ES	20
Figura 3 - Mapa de localização das áreas de estudo na Floresta Nacional de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim-ES	21
Figura 4 – (a, b) Coleta de solo utilizando gabarito de madeira e pá de jardinagem; (c) homogeneização de amostras simples de solo; (d) inserção de amostras de solo em sacos plásticos.	22
Figura 5 - Unidades experimentais em casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.....	23
Figura 6 - Esquema do experimento na casa de vegetação	24
Figura 7 - Remoção de plântulas das bandejas após contagem e identificação	25
Figura 8 - Gramíneas do gênero <i>Urochloa sp</i> retiradas das bandejas	26
Figura 9 – Banco de sementes do solo ao longo de cinco meses: (a) abril; (b) maio; (c) junho; (d) julho; (e) agosto	27
Figura 10 - Diagrama de Veen demonstrando o compartilhamento de espécies do banco de sementes das três áreas	32
Figura 11 - Forma de vida dos indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).	33
Figura 12 – Grupo ecológico dos indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).	34
Figura 13 - Síndrome de dispersão indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).	34

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental decorre de atividades antrópicas como desmatamento, expansão agropecuária, urbanização desordenada e exploração excessiva de recursos naturais, que comprometem a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). A restauração ecológica é o processo de intervenção que busca iniciar ou acelerar a recuperação de ecossistemas degradados, envolvendo a aplicação de técnicas destinadas a restabelecer os componentes perdidos, como o plantio de vegetação nativa, os processos ecológicos de dispersão de sementes, a formação do solo e a ciclagem de nutrientes (HOLL, 2023).

Nesse sentido, a regeneração natural tem sido reconhecida como uma estratégia eficiente para a restauração de áreas degradadas, especialmente em locais com remanescentes florestais próximos e menor grau de degradação ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2011). A regeneração natural baseia-se na capacidade do ambiente de se recompor ao longo do tempo, por meio de processos ecológicos espontâneos, como a germinação, o crescimento e o estabelecimento de espécies vegetais nativas (CHAZDON, 2014).

Um dos elementos-chave que possibilitam essa regeneração natural e o restabelecimento das funções ecológicas é o banco de sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Ele representa um importante reservatório natural, formado por sementes viáveis e inviáveis que permanecem no solo, tanto na superfície quanto em camadas mais profundas (HARPER, 1977; OLIVEIRA *et al.*, 2024). A composição do banco e a forma como as sementes estão distribuídas variam de acordo com as espécies presentes no local e nos arredores, bem como fatores ambientais e ecológicos como luminosidade, umidade e características do solo (JOLY, 1986; SARAIVA *et al.*, 2023). Além de contribuir para a manutenção da diversidade vegetal, o banco de sementes do solo, tem um papel fundamental na recuperação de áreas degradadas (SCHMITZ, 1992; SARAIVA *et al.*, 2023). Isso ocorre pois fornece propágulos que permitem a regeneração da vegetação após distúrbios naturais ou provocados pelo ser humano (GARWOOD, 1989; OLIVEIRA *et al.*, 2024). Assim, conhecer a estrutura e a dinâmica do solo é essencial para orientar estratégias de manejo, conservação e restauração florestal (LEAL FILHO, 1992; BAIDER *et al.*, 2001).

Apesar de sua importância para a regeneração natural, o banco de sementes não é composto apenas por espécies de interesse ecológico (SOUZA, 2003; FABŠIČOVÁ *et al.*, 2024). Frequentemente, ele também acumula sementes de plantas consideradas daninhas para restauração, que são competitivas e de rápido crescimento (SARAIVA *et al.*, 2023). Essas espécies podem comprometer o estabelecimento de plantas nativas ao competir por água, luz e nutrientes, além de alterar a dinâmica sucessional e dificultar a recuperação da vegetação (SOUZA, 2003). Assim, a análise qualitativa e quantitativa do banco de sementes é necessária para compreender possíveis obstáculos à restauração e planejar intervenções adequadas (SOUZA, 2003; SARAIVA *et al.*, 2023). Entretanto, o potencial de regeneração de uma área não depende exclusivamente da composição do banco de sementes, sendo fortemente influenciado pelo contexto ambiental e de conservação da paisagem em que está inserido.

Áreas em processo de restauração localizadas no interior de uma unidade de conservação constitui um fator determinante para o êxito da regeneração natural, uma vez que a proteção legal desses territórios contribui para a redução de pressões antrópicas e para a manutenção de remanescentes florestais funcionalmente conectados, favorecendo a dispersão de propágulos, a sucessão ecológica e a conservação da biodiversidade (GELDMANN *et al.*, 2013). Além disso, unidades de conservação desempenham papel central na preservação de habitats e na manutenção de serviços ecossistêmicos, o que amplia a resiliência dos ecossistemas e potencializa os resultados de iniciativas de restauração ecológica em longo prazo (MAXWELL *et al.*, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar o banco de sementes do solo em áreas sob diferentes estágios de restauração ecológica na Floresta Nacional de Pacotuba, Espírito Santo.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a abundância do banco de sementes em três áreas sob diferentes estágios de restauração ecológica, visando compreender seu potencial regenerativo e sua contribuição para a recuperação da vegetação.
- Avaliar o grau de similaridade do banco de sementes entre as três áreas, considerando o tempo de restauração e proximidade das áreas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Restauração ecológica

A restauração ecológica pode ser entendida como o processo de auxílio à recuperação de ecossistemas degradados, direcionando-os a um estado de referência compatível com as condições ambientais e socioeconômicas vigentes (ENGEL; PARROTTA, 2003). Isso implica reconhecer que nem sempre é possível reconstruir fielmente o cenário original, devido a mudanças irreversíveis na paisagem, no clima e no uso do solo. Assim, a restauração não busca reproduzir exatamente as condições do passado, mas orientar a trajetória do ecossistema por metas como a diversidade de espécies e o restabelecimento de processos ecológicos dinâmicos (ENGEL; PARROTTA, 2003).

A restauração ecológica enfrenta paisagens intensamente modificadas pela ação humana e a presença de “novos ecossistemas”, isto é, ecossistemas que foram profundamente transformados por espécies exóticas, distúrbios e alterações edáficas e climáticas, não possuindo equivalentes históricos diretos nem possibilidade de retorno às condições originais (HOBBS; HIGGS; HARRIS, 2009). Isso exige a definição de metas mais realistas, que conciliem princípios ecológicos com a viabilidade socioeconômica das áreas restauradas (HOBBS; HARRIS, 2001). Nesse sentido, projetos de restauração precisam considerar o conhecimento local e integrar sistemas produtivos, como agroflorestas biodiversas, evitando conflitos sociais e econômicos (HOBBS; HARRIS, 2001). Em regiões de florestas tropicais, essa abordagem destaca a importância do uso múltiplo da terra e de corredores ecológicos, que consistem em faixas ou áreas de vegetação natural ou restaurada que conectam fragmentos florestais isolados, permitindo o fluxo de organismos, dispersão de sementes e manutenção do fluxo gênico entre populações (BEIER; NOSS, 1998; HILTY *et al.*, 2020). Esses corredores contribuem para reduzir os efeitos da fragmentação da paisagem e aumentar a resiliência dos ecossistemas restaurados (HADDAD *et al.*, 2015).

O planejamento de projetos de restauração ecológica é essencial para orientar a implementação das ações e avaliar sua efetividade ao longo do tempo, uma vez que permite a definição de metas claras e compatíveis com o contexto ambiental e socioeconômico das áreas degradadas (RODRIGUES *et al.*, 2011; BRANCALION *et al.*, 2015). Iniciativas como o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica destacam a

importância do planejamento aliado ao monitoramento das áreas restauradas, visando acompanhar a trajetória de recuperação dos ecossistemas (PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA, 2009).

Esse planejamento torna-se relevante quando a restauração é conduzida em Unidades de Conservação (UCs), áreas legalmente instituídas para a proteção da biodiversidade e regulamentadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000). Embora destinadas à conservação, muitas UCs apresentam passivos ambientais decorrentes de usos pretéritos e pressões antrópicas, o que demanda intervenções restaurativas para garantir a integridade ecológica dessas áreas (PAULA; ROMERO; SCHIAVETTI, 2022). Assim, a restauração em UCs contribui não apenas para a recuperação local, mas também para a manutenção da conectividade e da funcionalidade da paisagem (SILVA *et al.*, 2024).

O monitoramento da restauração ecológica é realizado, sobretudo, por meio de indicadores ecológicos, que possibilitam avaliar o restabelecimento da estrutura, da composição e do funcionamento dos ecossistemas em restauração (RODRIGUES *et al.*, 2011). Entre os indicadores mais utilizados destacam-se aqueles relacionados à vegetação e aos processos de regeneração natural, por refletirem a capacidade do ecossistema de se manter e evoluir com menor dependência de intervenções externas (BRANCALION *et al.*, 2015).

Nesse sentido, indicadores associados à regeneração natural são particularmente relevantes para avaliar o sucesso da restauração florestal (RODRIGUES *et al.*, 2011; BRANCALION *et al.*, 2015). Dentre esses, o banco de sementes do solo se destaca por representar a reserva de propágulos disponíveis no ambiente e por influenciar diretamente o potencial regenerativo das áreas restauradas, configurando-se como um importante indicador ecológico a ser considerado no monitoramento de projetos de restauração (BRANCALION *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2024).

3.2 Banco de sementes: conceito, tipos e dinâmica ecológica

O banco de sementes do solo corresponde ao conjunto de sementes viáveis que ficam depositadas na superfície ou nas camadas mais profundas do solo, podendo germinar quando encontram condições ambientais favoráveis (COSTA; FONTES; MORAIS, 2013). O reservatório de sementes funciona como um suporte para a regeneração natural, reunindo sementes da vegetação local e também da

dispersão por vento, animais ou outros meios (HARPER, 1977; SIMPSON; LECK; PARKER, 1989).

A dinâmica do banco de sementes está relacionada entre a chegada de novas sementes e sua remoção por germinação, predação, deterioração ou decomposição (THOMPSON; GRIME, 1979). Variáveis ambientais como umidade, temperatura, profundidade e incidência de luz, interferem diretamente na manutenção da viabilidade desses propágulos ao longo do tempo (COSTA; FONTES; MORAIS, 2013).

Em relação ao período de permanência no solo, existem dois tipos: os bancos transitórios, que são formados por sementes de curta duração, enquanto os bancos persistentes podem se manter ativos por vários anos (THOMPSON; GRIME, 1979). A formação de bancos persistentes está associada, principalmente, a espécies pioneiras que apresentam mecanismos de dormência capazes de prolongar a viabilidade das sementes sob condições ambientais (COSTA; FONTES; MORAIS, 2013). Esses mecanismos contribuem para a manutenção da diversidade vegetal, pois permitem que determinadas espécies permaneçam no solo e germinem após a ocorrência de perturbações (HARPER, 1977).

Do ponto de vista ecológico, o banco de sementes é muito importante para os processos de sucessão vegetal, pois fornece material propagativo para a recomposição da vegetação em áreas degradadas (SIMPSON; LECK; PARKER, 1989). Porém, quando tem predominância de espécies invasoras, a regeneração pode tomar direções indesejáveis, tornando necessário o uso de estratégias de manejo adequadas (COSTA; FONTES; MORAIS, 2013).

Espécies daninhas e invasoras possuem características que ajudam muito na sua colonização e permanência no ambiente, o que explica por que são tão comuns no banco de sementes do solo (PYŠEK; RICHARDSON, 2007). De acordo com Narducci, Yared e Brienza Júnior (2021), as espécies daninhas, costumam ser as primeiras a aparecer em áreas degradadas, já que têm um ciclo de vida curto, produzem muitas sementes pequenas e germinam facilmente, mesmo em condições difíceis.

Características como ciclo de vida curto, alta produção de sementes pequenas e elevada capacidade de germinação em condições adversas favorecem a formação de bancos de sementes grandes e resistentes (THOMPSON; GRIME, 1979). Além disso, muitas delas têm sementes que podem ficar dormentes por bastante tempo,

germinando só quando o ambiente está favorável, o que dificulta o controle mesmo com o manejo do solo (NARDUCCI, YARED e BRIENZA JÚNIOR, 2021).

Espécies invasoras demonstram elevada tolerância a variações climáticas e edáficas, característica que amplia sua capacidade competitiva em ambientes perturbados (PYŠEK; RICHARDSON, 2007). Em razão disso, tendem a colonizar rapidamente áreas abertas, desempenhando papel relevante nos estágios iniciais da regeneração natural (NARDUCCI; YARED; BRIENZA JÚNIOR, 2021).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em três áreas localizadas na Floresta Nacional de Pacotuba (FLONA de Pacotuba), situada no município de Cachoeiro de Itapemirim, região Sul do estado do Espírito Santo (coordenadas 7.703.676,54 m N e 261.004,66 m E). A unidade de conservação possui aproximadamente 450 hectares, abrangendo tanto áreas edificadas quanto remanescentes florestais (Figura 1).

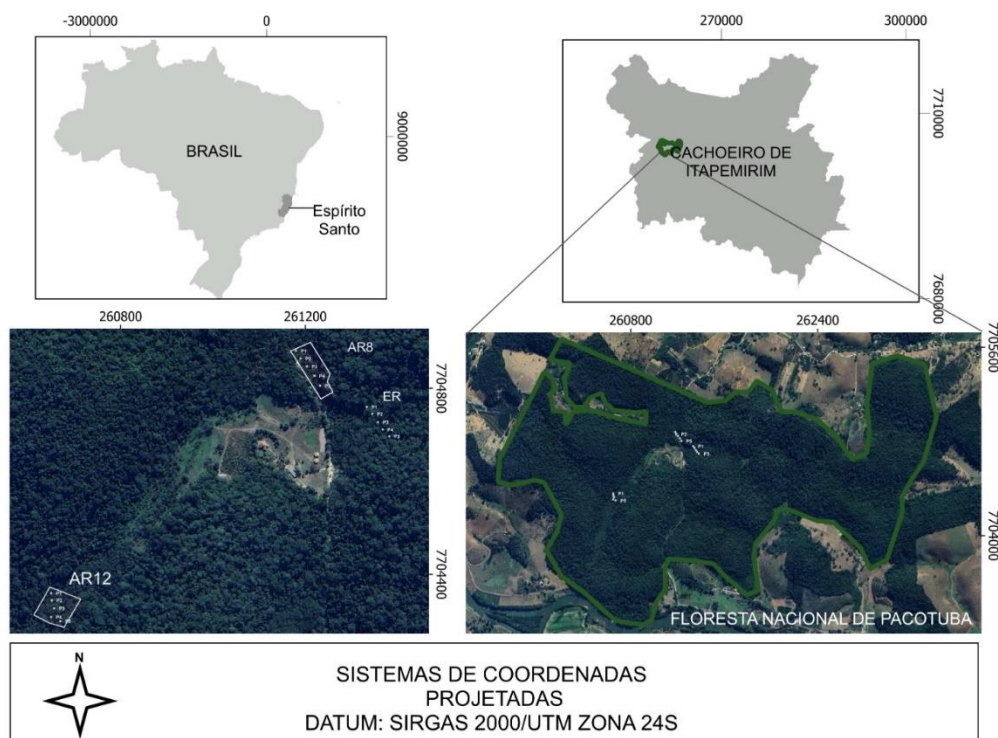


Figura 1 - Mapa de localização do local de estudo na Floresta Nacional de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim-ES

Fonte: A autora (2026).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a área de estudo insere-se no tipo Cwa, caracterizado como clima tropical com verão chuvoso e inverno com período seco bem definido (ALVARES *et al.*, 2013). Esse comportamento climático influencia diretamente a dinâmica da vegetação e os processos ecológicos locais. As temperaturas médias mínimas registradas no município apresentam variação sazonal, atingindo aproximadamente 19,5°C no mês de junho e elevando-se até cerca de 24,1°C em fevereiro. Já as temperaturas médias máximas oscilam entre 28,5°C em julho e 34,8°C em fevereiro, evidenciando um regime térmico elevado ao longo do ano.

(INMET, 2022). A precipitação pluviométrica média anual é estimada em 1.187,6 mm, concentrando-se principalmente nos meses de verão, conforme dados do Incaper (2023).

O relevo regional apresenta predominância da unidade geomorfológica conhecida como “Mar de Morros”, marcada por superfícies de colinas arredondadas e declividades que variam de onduladas a fortemente onduladas. Essa conformação topográfica resulta de longos processos de intemperismo e erosão, sendo comum em áreas do domínio da Mata Atlântica (ROSS, 1992). A altitude média observada na região é de aproximadamente 150 metros, o que contribui para as características climáticas e pedológicas locais (SILVA *et al.*, 2013).

Em relação aos solos, predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esses solos são geralmente profundos, bem drenados e apresentam elevada acidez natural, além de baixos teores de nutrientes, o que influencia diretamente a composição florística e a produtividade dos ecossistemas naturais e restaurados (SANTOS *et al.*, 2018).

Quanto à vegetação, a fitofisionomia da área é enquadrada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana. Esse tipo de formação vegetal é caracterizado pela perda parcial das folhas durante a estação seca, como resposta às variações sazonais de disponibilidade hídrica, além de apresentar elevada diversidade de espécies arbóreas típicas da Mata Atlântica (VELOSO *et al.*, 1991).

Foram selecionadas duas áreas em processo de restauração, com oito e doze anos, respectivamente (denominadas AR8 e AR12), e um remanescente de floresta secundária, adotado como ecossistema de referência (ER). A área AR8 possui cerca de 0,3 hectare, enquanto a AR12 apresenta aproximadamente 0,5 hectare. O ecossistema de referência corresponde a um fragmento de floresta nativa na própria FLONA, classificado como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Figura 2).



Figura 2 - Vista parcial das áreas de estudo: (a) área em processo de restauração (AR8); (b) área em processo de restauração (AR12); (c) ecossistema de referência (ER) na Floresta Nacional de Pacotuba -ES

Fonte: A autora (2026).

Antes das ações de restauração, ambas as áreas apresentavam histórico de alteração antrópica, com remoção da vegetação arbórea e predomínio de cobertura vegetal pouco desenvolvida.

O processo de restauração ecológica das áreas AR8 e AR12 foi conduzido por meio do plantio de mudas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, dispostas em linhas de plantio (SOUZA *et al.*, 2025).

4.2 Coleta do banco de sementes

As coletas de solo destinadas à avaliação do banco de sementes foram realizadas em março de 2025, ao final da estação chuvosa, em todas as áreas (AR8, AR12 e ER) (Figura 3).



Figura 3 - Mapa de localização das áreas de estudo na Floresta Nacional de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim-ES

Fonte: A autora (2026).

Em cada área foram instaladas cinco parcelas permanentes de 100 m² (4 m × 25 m), dispostas sistematicamente, com espaçamento de 5 metros entre si. Cada parcela foi subdividida em cinco subparcelas de 4 m × 5 m, distribuídas na diagonal em relação à linha de plantio. As parcelas e subparcelas foram demarcadas para um estudo da vegetação adulta e do componente da regeneração natural.

No centro de cada subparcela, realizou-se a coleta de uma amostra simples de solo, utilizando um gabarito de madeira (25 cm × 25 cm, com 8 cm de profundidade) e uma pá de jardinagem (Figura 4). As cinco amostras simples obtidas em cada subparcela foram homogeneizadas (Figura 4), resultando em uma amostra composta por parcela. Assim, cada área gerou cinco amostras compostas, totalizando 15 amostras analisadas.



Figura 4 – (a, b) Coleta de solo utilizando gabarito de madeira e pá de jardinagem; (c) homogeneização de amostras simples de solo; (d) inserção de amostras de solo em sacos plásticos.

Fonte: A autora (2026).

As amostras foram colocadas em sacos plásticos, foram identificadas e encaminhadas ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.

4.3 Avaliação do banco de sementes do solo em casa vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação totalmente coberta por tela sombrite, tanto na parte superior quanto nas laterais, sob irrigação manual diária (Figura 5). As amostras compostas foram dispostas em bandejas plásticas perfuradas (43,5 cm de comprimento × 29,6 cm de largura × 7,5 cm de altura), devidamente identificadas.



Figura 5 - Unidades experimentais em casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.

Fonte: A autora (2026).

Devido ao volume de solo contido em cada saco, não foi possível acomodar todo o material em uma única bandeja. Assim, o conteúdo de cada saco foi homogeneizado e, em seguida, dividido igualmente entre duas bandejas plásticas. Esse procedimento foi realizado individualmente para cada uma das cinco amostras compostas de cada área.

Dessa forma, para cada área, os cinco sacos de amostras compostas originaram dez bandejas de solo (cinco sacos × duas bandejas). Ao final desse processo, obteve-se um total de trinta bandejas contendo solo, sendo dez bandejas referentes a cada área experimental.

Como medida de controle experimental, foram incluídas três bandejas adicionais contendo areia esterilizada. Essas bandejas tiveram como finalidade verificar a ocorrência de possíveis contaminações por sementes internas e externas durante a condução do experimento em casa de vegetação (Figura 6).

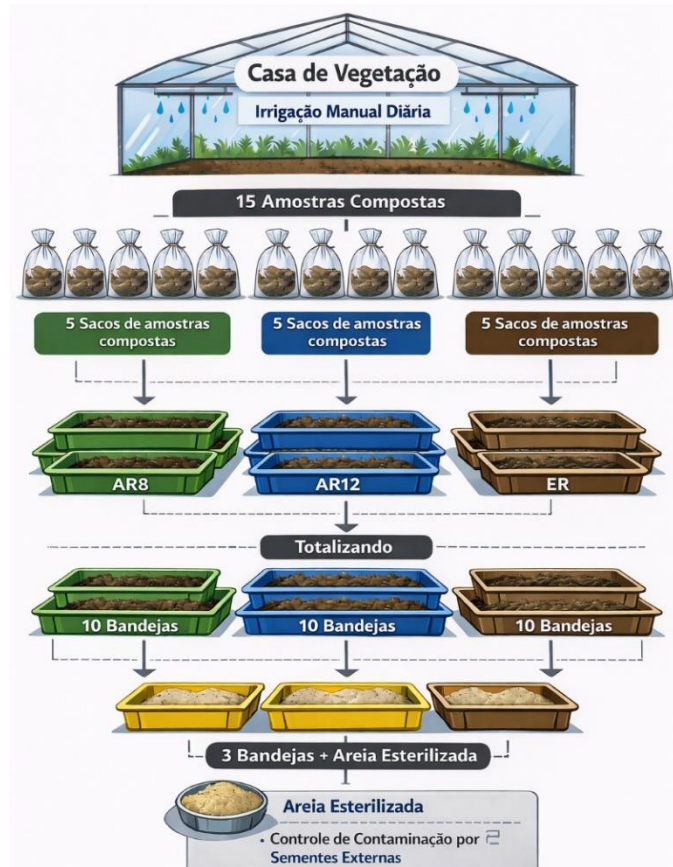


Figura 6 - Esquema do experimento na casa de vegetação

Fonte: Elaboração própria (2026).

4.4 Levantamento e análise de dados

A avaliação do banco de sementes foi realizada em casa de vegetação por meio do método de Brown (1992) de emergência de plântulas. O método de emergência de plântulas é comumente empregado em estudos ecológicos, pois permite avaliar a composição do banco de sementes viáveis presentes no solo a partir da germinação das sementes em condições controladas de luz, temperatura e umidade, possibilitando a identificação das espécies emergidas (THOMPSON; GRIME, 1979; GROSS, 1990).

Foram contabilizadas apenas as plântulas que apresentaram pelo menos três pares de folhas totalmente expandidas. Após a contagem e identificação, as plântulas foram removidas das bandejas (Figura 7), com o objetivo de evitar interferências causadas pela competição entre indivíduos e garantir maior precisão nas avaliações ao longo do experimento (BROWN, 1992).

As gramíneas do gênero *Urochloa* sp. (Figura 8) foram contadas e retiradas, mas não foram incluídas nas análises, devido à sua alta capacidade de germinação e rápido crescimento, características que poderiam influenciar os resultados relacionados à diversidade do banco de sementes. As avaliações foram realizadas semanalmente durante um período de cinco meses (Figura 9) tempo considerado suficiente para a emergência da maioria das espécies presentes no solo (GROSS, 1990; THOMPSON; GRIME, 1979).



Figura 7 - Remoção de plântulas das bandejas após contagem e identificação

Fonte: A autora (2026).



Figura 8 - Gramíneas do gênero *Urochloa* sp retiradas das bandejas

Fonte: A autora (2026).





Figura 9 – Banco de sementes do solo ao longo de cinco meses: (a) abril; (b) maio; (c) junho; (d) julho; (e) agosto

Fonte: A autora (2026).

Foram realizados registros fotográficos dos indivíduos, com o objetivo de auxiliar na identificação das espécies. A identificação taxonômica foi realizada a partir de consulta à literatura, uso de aplicativos de identificação de plantas, como o PlantNet Identify, além de herbários virtuais, como o REFLORA, e consultas a especialistas da área. A grafia e a padronização dos nomes científicos seguiram o banco de dados da Flora do Brasil 2020, disponível na plataforma REFLORA (REFLORA, 2020).

Alguns indivíduos não puderam ser identificados, principalmente devido à ausência de estruturas reprodutivas ou à morte de alguns exemplares antes da conclusão do ciclo reprodutivo. Nessas situações, os indivíduos foram classificados como indeterminados.

As espécies identificadas foram classificadas quanto à forma de vida, sendo enquadradas nas categorias arbórea, trepadeira, subarbusto ou herbácea, conforme critérios estabelecidos em artigos (IBGE, 2012). Também foram classificadas quanto ao grupo ecológico, considerando-se espécies pioneiras (PI), secundárias iniciais (SI) e secundárias tardias (ST) de acordo com o comportamento sucessional descrito para cada espécie (GANDOLFI; LEITÃO-FILHO; BEZERRA, 1995).

A síndrome de dispersão foi determinada com base em informações disponíveis em artigos científicos, sendo as espécies classificadas como anemocóricas, autocóricas ou zoocóricas, conforme o principal mecanismo de dispersão (VAN DER PIJL, 1982). A análise do banco de sementes do solo foi realizada com base na abundância de indivíduos, densidade e riqueza de espécies. A

abundância correspondeu ao número total de indivíduos germinados em cada amostra composta. A densidade foi calculada a partir da padronização da abundância pela área amostrada, expressa em indivíduos por metro quadrado (ind/m^2). Para esse cálculo, considerou-se a área do gabarito de madeira utilizado na coleta das amostras de solo ($25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$), totalizando $0,0625 \text{ m}^2$ por amostra simples. Como cada amostra composta foi formada por cinco amostras simples, a área total representada por amostra composta correspondeu a $0,3125 \text{ m}^2$.

A riqueza de espécies foi determinada pelo número de espécies com ocorrência registrada em cada amostra composta. Para avaliar diferenças entre as áreas AR8, AR12 e o ecossistema de referência (ER), os dados de densidade e riqueza foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de um fator, considerando as áreas como tratamentos. Quando a ANOVA indicou diferenças estatisticamente significativas, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A similaridade florística entre as áreas em processo de restauração e o ecossistema de referência foi avaliada utilizando o índice de similaridade de Jaccard, com base na presença e ausência das espécies registradas.

As análises estatísticas foram realizadas em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel, com auxílio do software PAST para a realização do teste de Tukey. Os resultados foram apresentados em forma de tabelas e expressos como média $\pm$ desvio-padrão.

5. RESULTADOS

A composição florística do banco de sementes do solo foi dominada por espécies pioneiras, principalmente herbáceas e subarborescentes, pertencentes majoritariamente às famílias *Asteraceae*, *Commelinaceae*, *Lamiaceae*, *Molluginaceae* e *Oxalidaceae* (Tabela 1). Ao todo, foram registrados 1.768 indivíduos e 50 espécies, distribuídos entre as áreas AR8 (736 indivíduos), AR12 (665 indivíduos) e o ecossistema de referência (367 indivíduos).

As espécies mais abundantes foram *Plectranthus nummularius* (462 indivíduos), *Commelina benghalensis* (219 indivíduos), *Stemodia verticillata* (173 indivíduos) e *Mollugo verticillata* (141 indivíduos), que apresentaram elevados números de indivíduos em pelo menos uma das áreas avaliadas. Espécies arbóreas ocorreram em menor número de indivíduos, destacando-se *Trema micranthum* e *Cecropia glaziovii*, registradas principalmente no ecossistema de referência.

Tabela 1 - Composição florística do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER) na Floresta Nacional de Pacotuba, ES

Família/Espécie	Forma de vida	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	AR8	AR12	ER	Total
Asteraceae							
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob.	sub.	pi	ane	1	7	2	10
<i>Cyanthillium cinereum</i> (L.) H. Rob.	herb	pi	ane	17	3	1	21
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.)	herb	pi	ane	29	2	0	31
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	herb	pi	ane	0	1	0	1
<i>Gamochaeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera	herb	pi	ane	1	3	0	4
<i>Gnaphalium purpureum</i> L. Cabrera	herb	pi	ane	2	0	0	2
<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	herb	pi	ane	8	3	0	11
Boraginaceae							
<i>Heliotropium indicum</i> L.	herb	pi	ane	0	3	1	4
Cannabaceae							
<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume	arv.	pi	zoo	7	7	23	37
Commelinaceae							
<i>Commelina benghalensis</i> L.	herb	pi	aut	125	93	1	219
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	herb	pi	aut	1	0	0	1
Curcubitaceae							
<i>Melothria pendula</i> L.	trepad.	pi	zoo	1	1	0	2
Cystopteridaceae							
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	herb	pi	ane	0	6	1	7

Euphorbiaceae							
<i>Acalypha poiretii</i> Spreng.	herb	pi	aut	1	2	0	3
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	arv.	si	zoo	0	1	0	1
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	arv.	si	zoo	0	0	2	2
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	herb	pi	aut	2	2	0	4
Fabaceae							
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	trepad.	pi	zoo	1	0	0	1
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	arv.	pi	zoo	0	1	3	4
<i>Mimosa pudica</i> L.	sub.	pi	zoo	0	1	0	1
Gesneriaceae							
<i>Episcia cupreata</i> (Hook.) Hanst.	herb	si	zoo	7	2	0	9
Lamiaceae							
<i>Lycopus virginicus</i> L.	herb	pi	aut	0	1	0	1
<i>Plectranthus nummularius</i> Briq.	herb	pi	aut	93	154	215	462
Malvaceae							
<i>Sida cordifolia</i> L.	sub.	pi	aut	0	1	0	1
<i>Sida planicaulis</i> Cav.	sub.	pi	aut	0	0	2	2
<i>Sida rhombifolia</i> L.	sub.	pi	aut	0	1	0	1
Molluginaceae							
<i>Mollugo verticillata</i> L.	herb	pi	aut	69	72	0	141
Myrtaceae							
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	arv.	st	zoo	0	0	12	12
Onagraceae							
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	herb	pi	ane	16	4	0	20
<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H.Hara	sub.	pi	ane	38	0	6	44
Oxalidaceae							
<i>Oxalis barrelieri</i> L.	herb	pi	aut	27	10	0	37
<i>Oxalis corniculata</i> L.	herb	pi	aut	0	62	7	69
Petiveriaceae							
<i>Petiveria alliacea</i> L.	sub.	si	zoo	0	3	0	3
Phyllanthaceae							
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	herb	pi	aut	14	13	0	27
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	herb	pi	aut	24	5	0	29
Piperaceae							
<i>Piper umbellatum</i> L.	sub.	si	zoo	4	4	15	23
Plantaginaceae							
<i>Stemodia verticillata</i> (Mill.) Hassl.	herb	pi	aut	155	18	0	173
Portulacaceae							
<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth	herb	pi	aut	1	0	0	1
Rubiaceae							
<i>Richardia scabra</i> L.	herb	pi	aut	2	3	0	5
<i>Spermacoce ocymifolia</i> (Willd.) Delprete	herb	pi	aut	38	5	0	43
Solanaceae							
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	herb	pi	ane	3	7	5	15
<i>Physalis angulata</i> L.	herb	pi	zoo	0	3	3	6

<i>Solanum viarum</i> Dunal	sub.	pi	zoo	0	3	0	3
Tlinaceae							
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	sub.	pi	zoo	12	99	0	111
Urticaceae							
<i>Boehmeria cylindrica</i> (L.) Sw.	sub.	pi	ane	0	10	0	10
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	arv.	pi	zoo	2	10	28	40
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	herb	pi	aut	3	1	1	5
<i>Pilea pumila</i> (A. Gray)	herb	pi	aut	0	2	0	2
Verbenaceae							
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson	sub.	pi	zoo	1	0	0	1
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	sub.	pi	ane	22	2	1	25
Indeterminado							
Indet. 1	NC	NC	NC	5	33	38	76
Indet. 2	NC	NC	NC	1	0	0	1
Indet. 3	NC	NC	NC	3	0	0	3
Indet. 4	NC	NC	NC	0	1	0	1
Total				736	665	367	1768

Legenda: Indet. = indeterminada; NC = não classificada; herb = herbácea; arv. = arbórea; sub. = subarbusto; trepadeira = trepadeira/liana; zoo = zoocórica; ane = anemocórica; aut = autocórica; pi = pioneira; si = secundária inicial; st = secundária tardia.

Fonte: A autora (2026).

Em relação à distribuição das espécies entre as áreas, observou-se que algumas ocorreram de forma exclusiva ou com maior abundância em áreas específicas, enquanto outras estiveram presentes em mais de uma área, indicando variação na composição do banco de sementes entre as áreas avaliadas (Figura 10).

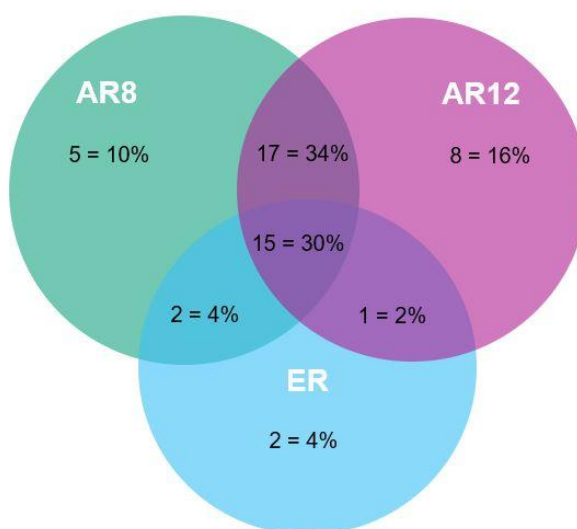


Figura 10 - Diagrama de Veen demonstrando o compartilhamento de espécies do banco de sementes das três áreas

Fonte: A autora (2026).

A composição do banco de sementes do solo foi caracterizada por elevada participação de espécies exóticas naturalizadas e exóticas cultivadas em todas as áreas avaliadas (Tabela 1), apresentando maior abundância de indivíduos em relação às espécies nativas. A espécie *Leucaena leucocephala*, classificada como exótica, foi registrada nas áreas AR12 e no ecossistema de referência, ocorrendo em maior quantidade no (ER).

A análise de variância indicou que não houve diferença estatística para a densidade do banco de sementes do solo entre as áreas AR8, AR12 e o ecossistema de referência (ANOVA; $p = 0,1013$). A densidade média de sementes viáveis apresentou valores semelhantes entre as áreas avaliadas, sendo AR8 (471,04), AR 12 (425,6) e ER (234,88).

Em relação à riqueza do banco de sementes do solo, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as áreas avaliadas (ANOVA; $p = 0,0014$). As áreas AR8 e AR12 apresentaram valores médios de riqueza semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto o ecossistema de referência apresentou riqueza significativamente menor, conforme indicado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Riqueza média de espécies do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e ER

Área	Riqueza de espécies (média $\pm$ DP)
AR8	17,0 $\pm$ 1,9 a
AR12	17,8 $\pm$ 4,0 a
ER	10,0 $\pm$ 2,0 b

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: A autora (2026).

O índice de similaridade de Jaccard indicou maior similaridade entre AR8 e AR12 (0,53), enquanto os valores entre as áreas em restauração e o ER foram menores ($AR8 \times ER = 0,28$; $AR12 \times ER = 0,34$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de similaridade florística de Jaccard entre as áreas AR8, AR12 e o ecossistema de referência (ER)

Comparação	Jaccard
AR8 x AR12	0,53
AR8 x ER	0,28
AR12 x ER	0,34

Fonte: A autora (2026).

Em todas as áreas avaliadas, o banco de sementes do solo foi composto majoritariamente por espécies herbáceas, que apresentaram os maiores valores, seguidas por espécies subarbustivas (Figura 11). As espécies arbóreas ocorreram em menor número de indivíduos nas áreas AR8 e AR12, enquanto no ecossistema de referência observou-se maior abundância desse grupo. Espécies trepadeiras apresentaram baixa representatividade ou estiveram ausentes.

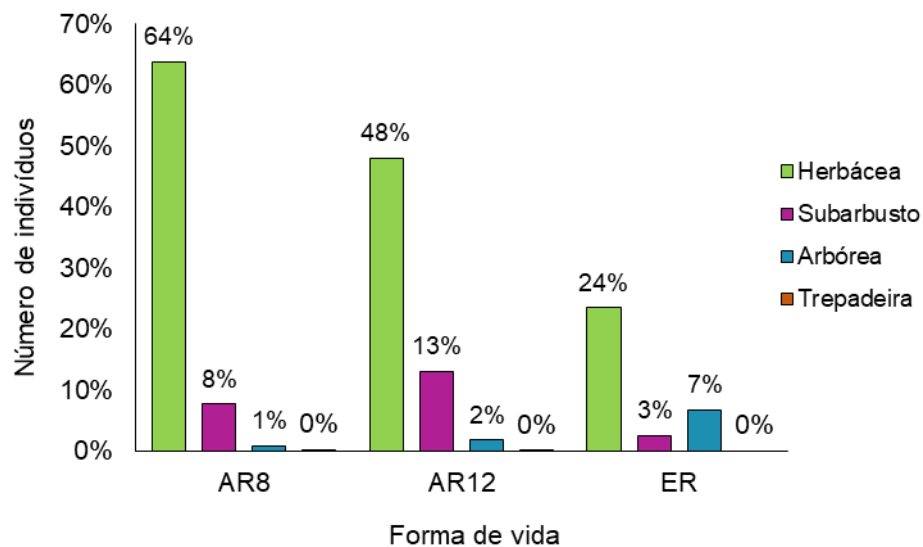


Figura 11 - Forma de vida dos indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).

Fonte: A autora (2026).

Quanto ao grupo ecológico, observou-se predominância de espécies pioneiras em todas as áreas avaliadas, com os maiores valores registrados em AR8 e AR12 (Figura 12). As espécies secundárias iniciais ocorreram em menor número de indivíduos, enquanto as espécies secundárias tardias apresentaram baixa representatividade, sendo registradas apenas no ecossistema de referência.

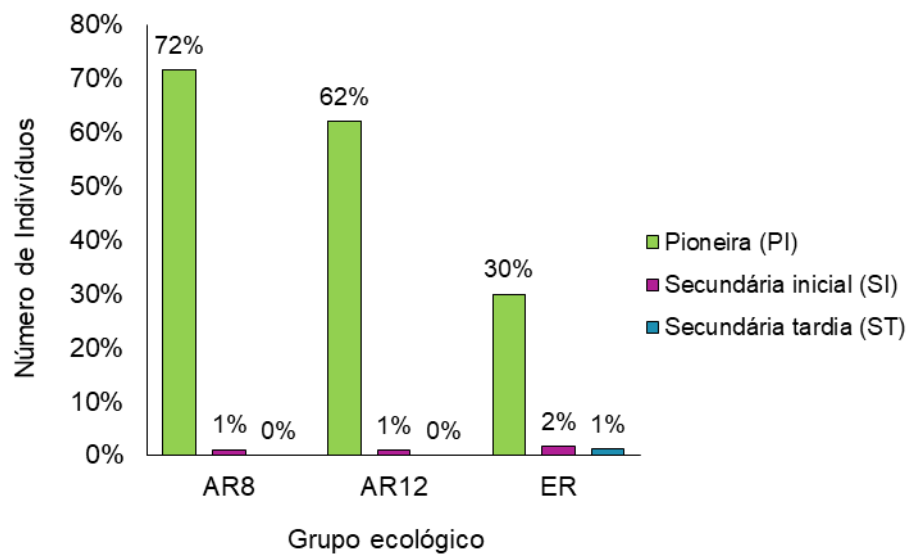


Figura 12 – Grupo ecológico dos indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).

Fonte: A autora (2026).

Em relação à síndrome de dispersão, observou-se predominância de espécies autocóricas em todas as áreas avaliadas (Figura 13). As espécies anemocóricas ocorreram em menor número de indivíduos, enquanto as espécies zoocóricas apresentaram maior abundância na AR12, seguidas pelo ecossistema de referência e pela AR8.

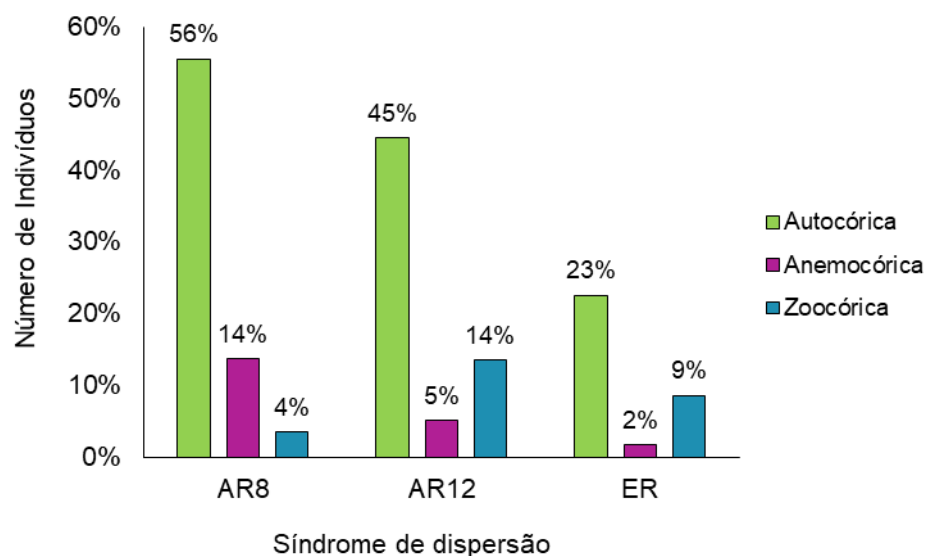


Figura 13 - Síndrome de dispersão indivíduos do banco de sementes do solo nas áreas AR8, AR12 e no ecossistema de referência (ER).

Fonte: A autora (2026).

6. DISCUSSÃO

O alto número de indivíduos emergidos e a diversidade de espécies registrados no banco de sementes das áreas AR8 e AR12 indica um importante potencial regenerativo dessas áreas, demonstrando que o solo funciona como um reservatório de propágulos capaz de responder a distúrbios ambientais. Esse resultado é ecologicamente relevante, pois sugere que, mesmo diante de eventos como abertura de clareiras ou falhas no plantio, as áreas em restauração possuem capacidade de recomposição inicial da vegetação (SIMPSON; LECK; PARKER, 1989).

Estudos realizados em áreas em restauração florestal apontam que bancos de sementes densos aumentam a resiliência do ecossistema, favorecendo a regeneração natural e reduzindo a dependência de intervenções (BAIDER *et al.*, 2001; DALLING; HUBBELL, 2002). Assim, a semelhança na densidade do banco de sementes entre as áreas restauradas e o ecossistema de referência reforça o papel do banco de sementes como um indicador positivo do processo de restauração ecológica.

A maior riqueza de espécies observada nas áreas AR8 e AR12 em comparação ao ecossistema de referência acontece por serem áreas plantadas, por terem maior distúrbio e disponibilidade de luz no solo, condições que favorecem a germinação de espécies pioneiras e herbáceas (THOMPSON; GRIME, 1979; CHAZDON, 2014). Em florestas mais conservadas, a menor incidência luminosa e a maior estabilidade ambiental tendem a limitar a diversidade de espécies no banco de sementes, uma vez que muitas espécies arbóreas tardias não formam bancos persistentes (GARWOOD, 1989; DALLING; BROWN, 2009).

Esse comportamento, no qual áreas menos maduras apresentam maior riqueza no banco de sementes do solo, é recorrente em florestas tropicais e reflete estratégias adaptativas associadas à rápida colonização de ambientes abertos (FENNER; THOMPSON, 2005).

A similaridade levemente maior entre AR12 e ER em relação a AR8 e ER mostra que o aumento do tempo de restauração contribui para a aproximação gradual do banco de sementes ao padrão da floresta estabelecida, mesmo que esse processo seja de longo prazo.

A predominância de espécies herbáceas em todas as áreas, seguida por subarbustos é consistente com o esperado para áreas em restauração e para florestas tropicais em geral, onde espécies de pequeno porte e ciclo de vida curto tendem a ser

mais representadas (THOMPSON; GRIME, 1979; COSTA; FONTES; MORAIS, 2013). Já no ecossistema de referência, a maior proporção de indivíduos arbóreos no banco de sementes, é coerente com um ambiente florestal mais desenvolvido, onde a presença de espécies pioneiras e secundárias iniciais no banco de sementes é mais comum (SWAINE; WHITMORE, 1988). No entanto, a baixa representatividade de espécies arbóreas no banco de sementes pode ser considerada um fator limitante para o avanço da sucessão ecológica a longo prazo.

Na Mata Atlântica, algumas espécies arbóreas não formam bancos de sementes persistentes no solo, dependendo principalmente da chuva de sementes e da atuação da fauna dispersora para sua regeneração (GARWOOD, 1989; DALLING; HUBBELL, 2002). Dessa forma, embora o banco de sementes apresente elevado potencial para a regeneração inicial da vegetação, ele pode não ser suficiente para garantir a recomposição completa da floresta sem o aporte contínuo de propágulos arbóreos.

O predomínio de espécies autocóricas e anemocóricas no banco de sementes reflete a maior eficiência dessas síndromes de dispersão em ambientes abertos e em estágios iniciais de restauração, nos quais a dispersão independe da fauna (VAN DER PIJL, 1982; HOWE; SMALLWOOD, 1982). A presença de espécies zoocóricas, ainda que em menor proporção, indica que a paisagem ao redor das áreas estudadas mantém uma conectividade funcional, permitindo a atuação de dispersores animais (HOWE; MIRITI, 2004). Espécies como *Trema micranthum* e *Cecropia glaziovii*, registradas no banco de sementes, são reconhecidas por favorecerem a atração da fauna (CHAZDON, 2014; REID *et al.*, 2015).

A alta presença de espécies exóticas no banco de sementes, com destaque para *Leucaena leucocephala*, serve como um alerta. Essa espécie é amplamente reconhecida como exótica invasora em ecossistemas tropicais, apresentando alta produção de sementes, rápido crescimento e efeitos alelopáticos que podem inibir o estabelecimento de espécies nativas (LORENZO *et al.*, 2010; RICHARDSON; REJMÁNEK, 2011). A ocorrência de *Leucaena leucocephala* inclusive no ecossistema de referência indica um risco à manutenção da diversidade nativa e à trajetória sucessional da floresta. Sua presença no banco de sementes sugere que, na ausência de manejo adequado, essa espécie pode dominar a regeneração natural, desviando os objetivos da restauração ecológica (ZENNI; ZILLER, 2011).

Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo do banco de sementes e da regeneração natural, bem como da adoção de estratégias específicas para o controle de espécies exóticas invasoras, especialmente em áreas restauradas inseridas em paisagens fragmentadas (BRANCALION *et al.*, 2015).

7. CONCLUSÃO

O banco de sementes do solo nas áreas em restauração ecológica (AR8 e AR12) apresentou densidade semelhante à do ecossistema de referência, indicando que essas áreas possuem potencial regenerativo inicial comparável. No entanto, a composição foi dominada por espécies herbáceas, subarborescentes e pioneiras, evidenciando que a regeneração natural ainda está associada a estágios iniciais da sucessão ecológica.

A riqueza de espécies foi maior nas áreas em restauração em comparação ao ecossistema de referência, refletindo condições ambientais mais favoráveis à germinação de espécies oportunistas. O índice de similaridade indicou maior semelhança entre as áreas restauradas e menor similaridade em relação ao ecossistema de referência, demonstrando que, embora haja avanço com o tempo de restauração, a composição do banco de sementes ainda difere do ecossistema mais conservado.

Assim, o banco de sementes contribui para a regeneração natural das áreas em restauração, mas sua composição atual indica a necessidade de monitoramento e manejo, especialmente devido à presença de espécies exóticas e à baixa representatividade de espécies arbóreas, para favorecer o avanço sucessional e a aproximação ao ecossistema de referência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2013.
- ARONSON, J. *et al.* **Restoration ecology: the new frontier**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.
- BAIDER, F.; TABARELLI, 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.
- BEIER, Paul; NOSS, Reed F. Do habitat corridors provide connectivity? **Conservation Biology**, Malden, v. 12, n. 6, p. 1241-1252, dez. 1998.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, §1º, 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**: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- 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.
- a BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. Acesso em: 29 jan. 2026.
- b BRANCALION, P. H. S. *et al.* Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 449–461, 2015.
- CHAZDON, R. L. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago: University of Chicago Press, 2014.
- COSTA, J. R.; FONTES, J. R. A.; MORAIS, R. R. de. Bancos de sementes do solo em áreas naturais e cultivos agrícolas. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2013.
- DALLING, J. W.; BROWN, T. A. Long-term persistence of pioneer species in tropical rain forest soil seed banks. **The American Naturalist**, Chicago, v. 173, n. 4, p. 531-535, 2009.
- DALLING, J. W.; HUBBELL, S. P. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 90, n. 3, p. 557-568, 2002.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para a restauração florestal no estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2010.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**, Botucatu: FEPAF, p. 3-26, 2003.

FABŠIČOVÁ, M. *et al.* The importance of soil seed banks for biodiversity restoration in degraded grasslands. **Folia Geobotanica**, v. 59, p. 17–37, 2024.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

GANDOLFI, S.; LEITAO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 1995, n. 4 pt.2, p. 753-767, 1995.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. **Ecology**, v. 70, n. 3, p. 641-651, 1989.

GELDMANN, J. *et al.* Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing biodiversity and habitat loss. **Biological Conservation**, v. 161, p. 230-238, 2013

GROSS, K. L. A Comparison of Methods for Estimating Seed Numbers in the Soil. **Journal of Ecology**, vol. 78, n. 4, 1990, pp. 1079-93. <https://doi.org/10.2307/2260953>. Acesso em: 14. jan. 2026.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 20 mar. 2015.

HARPER, J. L. Population Biology of Plants. London: **Academic Press**, 1977.

HILTY, J. *et al.* Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Gland, Switzerland: **International Union for Conservation of Nature (IUCN)**, 2020. Best Practice Protected Area Guidelines Series n. 30.

HOBBS, R. J.; HIGGS, E.; HARRIS, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 11, p. 599-605, 2009. DOI: 10.1016/j.tree.2009.05.012.

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.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. **When and where to actively restore ecosystems?** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1558-1563, 2011.

HOLL, K. D. Fundamentos da restauração ecológica. Tradução de Nino Amazonas, Angélica Resende e Laura Simões. Cuernavaca (México): CopIt-ArXives, 2023. ISBN 978-1-938128-50-9. Disponível em: <https://copitarxives.fisica.unam.mx/LT0004PT/LT0004PT.pdf>. Acesso em: 19 out. 2025.

HOLL, K. D., *et al.* Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. **Restoration Ecology**, Hoboken, v. 8, n. 4, p. 339-349, 2000.

HOWE, H. F.; MIRITI, M. N. When seed dispersal matters. **BioScience**, Oxford, v. 54, n. 7, p. 651-660, 2004.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 13, p. 201-228, 1982.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil: período de 1991-2020**. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 29. jan. 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Boletim agroclimático do Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JOLY, C. A. **Ecologia da regeneração natural de florestas tropicais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1986.

LEAL FILHO, N. **Caracterização e dinâmica de bancos de sementes em áreas tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1992.

LORENZO, P. *et al.* Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link on native understory species. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 206, n. 2, p. 193-204, 2010.

MAXWELL, S. L. *et al.* Area-based conservation in the twenty-first century. **Nature**, v. 586, p. 217- 227, 2020.

NARDUCCI, T. S.; YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S. Banco de sementes do solo sob plantios de *Tachigali vulgaris* (L.G.Silva & H.C.Lima) em diferentes espaçamentos na região leste do Estado do Pará, Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 49, n. 132, e3719, 2021. Disponível em: <https://scientiaforestalis.emnuvens.com.br/scientia/article/view/3719>. Acesso em: 19 out. 2025.

OLIVEIRA, V. B. *et al.* O papel do banco de sementes do solo na recuperação e restauração de uma floresta de terra firme queimada na Amazônia. **Forests**, v. 15, n. 9, p. 1513, 2024.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica. São Paulo: **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica**, 2013.

PAULA, K. M. de; ROMERO, R. M. de M.; SCHIAVETTI, A. Recategorization of conservation units in Brazil: a systematic literature review. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 10, e418111032855, 2022.

PLANTNET. PlantNet Identify [v3.24.x]. Disponível em: <https://identify.plantnet.org>. Acesso em: 15 jan. 2026.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D. M. Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 193, p. 97-125, 2007.

REFLORA. Flora do Brasil 2020 / Herbário Virtual Reflora. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, [sem data]. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora>. Acesso em: 10 jan. 2026.

REID, J. L. *et al.* Landscape context mediates avian habitat choice in tropical forest restoration. **PlosOne**, San Francisco, v. 9, n. 3, p. e90573, 4 mar. 2014.

REID, J. L.; *et al.* Seed dispersal limitations shift over time in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, v. 25, n. 4, p. 1072-1082, 2015.

RICHARDSON, D. M.; REJMÁNEK, M. Trees and shrubs as invasive alien species - a global review. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 788–809, 2011.

RODRIGUES, R. R. *et al.* Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Ecologia e Manejo Florestal**, v. 261, n. 10, p. 1605-1613, 2011. Tradução disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.005>. Acesso em: 29 jan. 2026.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1992.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SARAIVA, M. M. T. *et al.* Banco de sementes e a otimização na recuperação de áreas degradadas da Caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 2, e71507, p. 1-15, 2023.

SCHMITZ, P. I. **Regeneração de florestas e bancos de sementes**. Porto Alegre: UFRGS, 1992.

SILVA, A. G.; GONÇALVES, M. A. M.; REIS, E. F. Decomposição e teor de nutrientes da serapilheira foliar em um fragmento de Floresta Atlântica no sul do estado do Espírito Santo. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 2, p. 63-71, out. 2013.

SILVA, J. C. de *et al.* Importance of conservation units in the biogeochemistry of Cerrado streams. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 135, p. 104803, mar. 2024.

SIMPSON, R. L.; LECK, M. A.; PARKER, V. T. **Seed banks: general concepts and methodological issues**. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (org.). Ecology of soil seed banks. San Diego: Academic Press, 1989. p. 3-8.

SOUZA, P. A. **Efeito da sazonalidade da serapilheira sobre o banco de sementes visando seu uso na recuperação de áreas degradadas**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/71cdd97d-da4b-4615-ac51-7df2753a6ac0/content>. Acesso em: 20 out. 2025.

SOUZA, R. M. *et al.* **Acúmulo de serapilheira em área em processo de restauração ecológica**. In: simpósio de ciências florestais do espírito santo, 5., 2025, Jerônimo Monteiro, ES. **Anais do V Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo (SCIFLOR - ES)**. Jerônimo Monteiro, ES, p. 1-7. [dados ainda não publicados], 2025.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**, Oxford. v. 67, n. 3, p. 893-921, 1979.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 431–446, 2011.