



BRUNA SAMPAIO CRIVILIN

**USO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA
RECOMPOSIÇÃO DE RESERVA LEGAL**

LAVRAS - MG

2023

BRUNA SAMPAIO CRIVILIN

**USO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA RECOMPOSIÇÃO DE
RESERVA LEGAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Prof^a. Dr^a. Soraya Alvarenga Botelho

Orientadora

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Coorientador

LAVRAS-MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Crivilin, Bruna Sampaio.

Uso de espécies arbóreas nativas e exóticas para recomposição
de reserva legal / Bruna Sampaio Crivilin. - 2022.

40 p.

Orientador(a): Soraya Alvarenga Botelho.

Coorientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Silvicultura. 2. Restauração ecológica. 3. Eucalipto. I.
Botelho, Soraya Alvarenga. II. de Melo, Lucas Amaral. III. Título.

BRUNA SAMPAIO CRIVILIN

**USO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E EXÓTICAS PARA RECOMPOSIÇÃO DE
RESERVA LEGAL**

**USE OF NATIVE AND EXOTIC TREE SPECIES TO RECOVER THE LEGAL
RESERVE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de outubro de 2022.

Dr^a Soraya Alvarenga Botelho – UFLA

Dr. Lucas Amaral de Melo – UFLA

Dr^a Josina Aparecida de Carvalho – Arpa do Rio Grande

Prof^a. Dr^a. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

DEDICATÓRIA

Às minhas avós, Lourdes e Inês, dedico.

AGRADECIMENTOS

Após um longo caminhar, estou encerrando mais um ciclo enquanto estudante. Não posso findar esse momento sem agradecer às pessoas que acreditaram e me apoiaram nessa jornada.

Antes de tudo, sei que Deus me sustentou, nos momentos de ansiedade e desânimo e me alegrou com a oportunidade de uma nova experiência. Além disso, é o meu guia e minha grande paixão. A Ele toda a honra por tudo que tenho alcançado, os sonhos de Deus são infinitamente maiores e melhores que os nossos.

Agradeço a minha família, por orar por mim e me incentivar. Mãe e pai por serem minha base, e todos meus irmãos, tios, tias, avós e primos por servirem de incentivo para que eu alcance meus sonhos.

Ao João Fillipe, por estar comigo na caminhada da vida e ser meu maior fã, é muito bom dividir a vida com você.

Aos meus amigos, que me ensinam o que é o lar fora de casa, eu amo vocês, em especial, um agradecimento as minhas amigas de Lavras, Rafa, Nanda e Isa.

Também gostaria de agradecer aos presentes que o mestrado me deu: Stephany e reforçar o incentivo da Nanda. Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Aos meus professores, orientadores, técnicos e a UFLA, que nunca deixará de ser a melhor instituição de ensino para quem a conhece.

Às instituições de fomento, FAPEMIG, a Fundação Renova e o Convênio UFLA/FUNDEC 213/2018.

A Universidade pública e de qualidade nunca pode deixar de ser um direito de todos, pois só a educação muda os caminhos das nossas vidas. Que a UFLA seja para sempre um instrumento de educação e de mudança.

Obrigada a todos!

RESUMO

As florestas tropicais abrigam grande parte da riqueza ecossistêmica existente no Brasil, contudo, a mesma é frequentemente afetada por diversos impactos negativos, oriundos de atividades antrópicas. A legislação brasileira atual permite que no processo de recuperação de ecossistemas florestais sejam utilizadas espécies com potencial de produção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, incluindo espécies exóticas para algumas situações, como na recomposição da Reserva Legal. Diante disso, visando analisar diferentes modelos para restaurar ambientes nessas circunstâncias, o objetivo deste trabalho foi avaliar o plantio de espécies nativas com eucalipto, como técnica de recomposição florestal em áreas de Reserva Legal. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados completos (DBCC), em esquema fatorial 3 x 22, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu às proporções de eucalipto utilizadas (M1: 75% de nativas e 25% de eucalipto; M2: 67% de espécies nativas e 33% de eucalipto; M3: 50% de espécies nativas e 50% de eucalipto). Já o segundo fator foi representado pelas 22 espécies estudadas, dentre elas as 21 nativas e uma de eucalipto. Para fins de comparação, também foram implementados dois tratamentos controle, o primeiro (T1) com 100% de espécies nativas, e o segundo (T2) com 100% com eucalipto. Foram mensurados, aos 18 meses de idade, a altura (H), o diâmetro à altura do peito (DAP), a área de copa (AC) e o percentual de plantas mortas (M). Ademais, a partir do diâmetro, foi calculada a área seccional por planta (AS). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e uma vez verificada diferença, foi realizado o teste Dunnett, a 5% de probabilidade do erro, o qual foi utilizado para comparar os diferentes modelos de plantio com as testemunhas T1 e T2. Também foi realizado o teste Tukey (5%) para os modelos de plantio estudados e o teste Scott-Knott (5%), para as espécies. Por fim cada grupo de espécies, *Eucalyptus* e nativas, foi analisado separadamente pelo Teste Scott-Knott (5%), por meio do software SISVAR. O tratamento com melhor desenvolvimento das plantas foi o M2. A introdução do gênero *Eucalyptus* na restauração da área não influenciou negativamente apenas no crescimento do percentual de mortalidade e na área de copa até a proporção de 33%, dessa forma, recomenda-se o uso de 33% de mudas para reduzir o custo de implantação do projeto de recomposição de Reservas Legais por maximizar o ganho com a comercialização da madeira de eucalipto.

Palavras-chaves: Silvicultura. Restauração ecológica. Eucalipto.

ABSTRACT

Tropical forests are home to much of the existing ecosystem wealth in Brazil, however, it is often affected by various negative impacts arising from human activities. Current Brazilian legislation allows the use of species with potential for the production of timber and non-timber forest products in the process of recovering forest ecosystems, including exotic species for some situations, such as in the recomposition of the Legal Reserve. In view of this, with a view to analyzing different models for restoring environments in these circumstances, the objective of this work was to evaluate the planting of native species with eucalyptus, as a forest recomposition technique in Legal Reserve areas. The experiment was set up in a complete randomized block design (DBCC), in a 3 x 22 factorial scheme, with four replications. The first factor corresponded to the proportions of eucalyptus used (M1: 75% native species and 25% eucalyptus; M2: 67% native species and 33% eucalyptus; M3: 50% native species and 50% eucalyptus). The second factor was represented by the 22 species studied, among them the 21 native and one eucalyptus. For comparison purposes, two control treatments were also implemented, the first (T1) with 100% native species, and the second (T2) with 100% eucalyptus. At 18 months of age, height (H), diameter at breast height (DBH), crown area (AC) and percentage of dead plants (M) were measured. Furthermore, from the diameter, the cross-sectional area per plant (AS) was calculated. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), and once a difference was verified, the Dunnett test was performed, at 5% error probability, which was used to compare the different planting models with controls T1 and T2. The Tukey test (5%) was also performed for the planting models studied and the Scott-Knott test (5%) for the species. Finally, each group of species, Eucalyptus and native, was analyzed separately by the Scott-Knott test (5%), using the SISVAR software. The treatment with the best plant development was M2. The introduction of the genus Eucalyptus in the restoration of the area did not only negatively influence the growth of the percentage of mortality and the canopy area up to a proportion of 33%, therefore, it is recommended to use 33% of seedlings to reduce the implantation cost of the Legal Reserves recomposition project for maximizing the gain from the sale of eucalyptus wood.

Keywords: Forestry. Ecological restoration. Eucalyptus.

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVO GERAL	11
2.1	Objetivos específicos	11
3	HIPÓTESES	11
4	REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1	Plantios florestais mistos	11
4.2	Legislação pertinente a recuperação de áreas de Reserva Legal	12
4.3	Regeneração artificial na recomposição de áreas degradadas	14
4.4	Plantio de mudas na recomposição florestal	15
4.5	Seleção de espécies para áreas recomposição florestal	16
4.6	Uso de Reserva Legal para recuperar ambientes alterados	17
5	MATERIAIS E MÉTODOS	20
6	RESULTADOS	24
7	DISCUSSÃO	30
8	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais abrigam a maior biodiversidade do mundo e fornecem diversos serviços ecossistêmicos essenciais para manutenção do bem-estar humano, do ambiente e para minimizar as mudanças climáticas no planeta (BACCINI et al., 2017; WATSON et al., 2018). Contudo, esses ecossistemas são constantemente ameaçados pelas atividades antrópicas, como a extração de madeira, incêndios, fragmentação, mineração e caça, tendo como consequência, apenas 50% de florestas tropicais remanescentes (MALHI et al., 2014; LEWIS et al., 2015).

No Brasil, uma sequência de desastres ambientais relacionados à mineração chamou a atenção da população, como o caso do rompimento da barragem de Fundão na cidade de Mariana - MG, em 2015. O acidente gerou impactos ambientais de grande magnitude e atingiu a bacia do Rio Doce, com trinta e quatro milhões de m³ de rejeito de mineração de ferro (DIAS et al., 2018). Os impactos gerados alteraram diversos aspectos importantes, incluindo a cobertura do solo, a vegetação, a fauna e a vida humana, de modo que, todo o ecossistema em escala macro ou microrregional foi afetado de alguma forma (BANDINI et al., 2019).

Dentro deste contexto, medidas de conservação e restauração são urgentemente necessárias para mitigar os impactos antrópicos nas florestas tropicais, como as ações decretadas no Acordo Climático de Paris, de recuperar 82% da área localizada em regiões tropicais (CHAZDON et al., 2017; HOLL, 2017). No âmbito do Bonn Challenge, o governo brasileiro se comprometeu em restaurar 12 milhões de hectares de terras desmatadas até 2030 (IUCN, 2016; SANTOS et al., 2019). Apesar das metas mundiais, a legislação brasileira, também possui seus próprios desafios de recuperar cerca de 21 milhões de hectares degradados em Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal em propriedades rurais (SOARES-FILHO et al., 2014; BRANCALION et al., 2016).

No entanto, para que as metas ousadas propostas possam ser atingidas, é necessário que os projetos sejam economicamente atrativos para que os proprietários rurais sejam capazes de gerar receitas, por meio da comercialização de produtos advindos das áreas recuperadas, visto que projetos como esses possuem o custo de implementação médio de 20 mil reais por hectare no Brasil (MOLIN et al., 2018). A legislação brasileira (Lei 12.651/2012) e do estado de Minas Gerais (Lei Estadual nº 20.922/2013) permite que os proprietários rurais explorem economicamente suas áreas

de Reserva Legal – RL, desde que para isto seja elaborado um plano de manejo sustentável, com no máximo 50% do plantio com espécies exóticas, e este seja aprovado pelo órgão competente.

Dentro destas premissas, um novo sistema florestal foi proposto para amortecer os custos de implementação visando facilitar a restauração da paisagem florestal, a ideia é utilizar plantios mistos de espécies exóticas, atrelado a uma alta diversidade de espécies arbóreas nativas, representando uma interface entre produção e restauração para regiões de floresta tropical (AMAZONAS et al., 2018).

O uso de espécies de rápido crescimento, como o eucalipto, é estratégico, por reduzir os custos de implantação, devido ao baixo custo de suas mudas, possuir alta plasticidade, resistência a seca, alto conhecimento silvicultural e mercado econômico bem estabelecido (SILVA, 2017). Além destas vantagens, seu uso pode favorecer o processo de regeneração do sub-bosque como já observado em outros trabalhos (BROCKERHOFF et al., 2013 ; PRYDE, et al., 2015 ; WU et al., 2015). Ademais, Silva (2017), não encontrou evidências que consórcios com as espécies de eucalipto para recuperação de áreas degradadas prejudiquem o desenvolvimento das espécies nativas.

Diante disso, é notório que os plantios mistos de eucalipto com espécies nativas proporcionam aumento da biodiversidade (OLIVEIRA et al., 2021). No entanto, é importante notar que o uso do eucalipto também pode ter algumas desvantagens, como a possibilidade de competir com espécies nativas e a possibilidade de exaurir o solo de nutrientes em longo prazo. Por isso, é importante avaliar cuidadosamente a situação específica para cada projeto e compreender a dinâmica de crescimento das espécies dos diferentes grupos ecológicos em consórcio com o eucalipto e sua influência na recuperação de áreas degradadas.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento conjunto, de espécies nativas e exóticas para a recomposição de uma Reserva Legal.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento e sobrevivência das espécies nativas com o aumento da proporção de indivíduos de eucalipto, no plantio para a recomposição de uma Reserva Legal.
- Avaliar o crescimento do eucalipto, com o aumento da sua proporção, no plantio para a recomposição de uma Reserva Legal.

3 HIPÓTESES

- O crescimento e sobrevivência das espécies nativas não serão alterados pela incorporação de diferentes densidades de eucalipto na área, o que viabiliza a adição de até 50% da densidade do plantio, ser composta por indivíduos do gênero, conforme previsto pela Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012).
- As mudas de eucalipto terão melhor desempenho nos tratamentos com maior proporção de espécies nativas. Por ser uma espécie de rápido crescimento e um competidor agressivo por recursos, ele se beneficiará e apresentará um maior crescimento, conforme observado por Amazonas et al. (2018).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Plantios florestais mistos

São sistemas formados pela junção de espécies de produção madeireira, mantendo a diversidade arbórea, tendo como finalidade aliar a recuperação da biodiversidade, com a produção de produtos florestais, visando a geração de renda associada à restauração da paisagem florestal (AMAZONAS et al., 2021). Os plantios mistos melhoram a resiliência ecológica e fornecem diversificação de renda por gerarem diversos produtos de uma mesma floresta e são uma alternativa ao sistema produtivo monocultural, que no aspecto ecológico, possui menor capacidade de oferecer serviços ambientais (BAUHUS et al., 2017).

Segundo Vandemeer (1989) arranjos dos plantios mistos estimulam influências inter e intraespecífica, podendo melhorar o crescimento ou interferir negativamente o desempenho das espécies devido à competição. Estudos demonstram que esses tipos de arranjo também aumentam a estratificação das copas, bem como, a absorção de luz (FORRESTE et al., 2012; LE MAIRE et al., 2013). Além desses fatores, os plantios mistos podem estimular o processo de decomposição da biomassa ciclando nutrientes no solo e melhorando as condições edáficas, conforme demonstrado no estudo de Rodrigues et al. (2003).

A introdução de florestas de restauração de paisagens florestais apresenta alto valor de implantação e manutenção, chegando a custar em média US\$ 3700,00 por hectare, no Brasil (MOLIN et al., 2018). Esse alto custo de implantação, torna ainda mais relevante o desenvolvimento de estratégias que tornem esses projetos viáveis e atrativos para o produtor rural que necessita recompor suas áreas. A estratégia de introduzir espécies exóticas de interesse econômico para extração seletiva é uma via que deve ser mais estudada e aprimorada, visto que, é uma opção que pode ser economicamente viável para cumprimento do Programa de Regularização Ambiental (PRA) conforme o novo Código Florestal (BRANCALION et al., 2019).

Diferentes arranjos têm sido estudados para recomposição de Reservas Legais, e os arranjos com espécies nativas têm se mostrado como uma boa opção, apesar de ainda serem necessários mais estudos na área, principalmente a respeito de técnicas que favorecem o desenvolvimento das espécies para valorização comercial da madeira (DUCATTI, 2019).

4.2 Legislação pertinente a recuperação de áreas de Reserva Legal

Segundo o artigo 3º do Novo Código Florestal (Lei Nº 12651/2012), entende-se por Reserva Legal (RL):

“III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”.

Para todas as regiões do país, exceto a Amazônia Legal, os imóveis devem manter à título de RL vinte por cento de suas áreas com cobertura de vegetação nativa. As áreas de RL devem ser

declaradas no CAR, e é permitido por lei a exploração econômica, desde que, mediante o manejo sustentável previamente aprovado pelo SISNAMA (BRASIL, 2012). As áreas de Reserva Legal, no descrito da Lei Estadual nº 20.922/2013, devem ser recompostas, independente da adesão ao PRA, considerando a relevância do plano diretor da bacia hidrográfica, do zoneamento ecológico-econômico, da formação de corredores ecológicos com outra Reserva Legal, Área de Preservação Permanente - APP, Unidade de Conservação ou outra área legalmente protegida, áreas de maior importância para conservação da biodiversidade e das áreas de maior fragilidade ambiental (Minas Gerais, 2013).

O Estado de Minas Gerais, de acordo com a lei citada anteriormente, assegura a exploração econômica da RL através do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). O órgão considerará os seguintes pontos para a autorização da exploração: não descaracterizar a cobertura vegetal, não prejudicará a conservação da vegetação nativa da área, assegurará a manutenção da diversidade das espécies e, no caso de usar espécies exóticas, conduzi-las de modo que beneficie a regeneração de espécies nativas. Além disso, o órgão deve fazer a observância dos fundamentos socioeconômicos e ambientais, visando a proteção da biodiversidade e o aproveitamento dos produtos gerados (Minas Gerais, 2013).

Para a legislação mineira (Lei Estadual nº 20.922/2013), entende-se por manejo sustentável:

“Art. 2º - VII - manejo sustentável a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços”.

Além disso, nas áreas de RL é possível realizar o aproveitamento de produtos florestais não madeireiros, desde que, sejam respeitados os preceitos descritos nos artigos 21 e 22 da Lei Nº 12651/2012, que assegura a manutenção das características de cobertura vegetal, integridade dos indivíduos explorados e manutenção da diversidade de espécies (BRASIL, 2012).

Um ponto relevante do Novo Código Florestal é a permissão para a introdução de espécies exóticas em RL, uma vez que, seja intercalada com o plantio de espécies nativas de ocorrência regional e não ultrapasse 50% da área recomposta (BRASIL, 2012). Além disso, é necessário que

o manejo favoreça a regeneração de espécies nativas, e que o plantio seja informado ao órgão no prazo de até um ano, para controle de origem dos produtos gerados (Minas Gerais, 2013).

Estudo realizado por Martinez e Melo Junior (2019) no município de Cametá – PA, demonstrou que 80% das propriedades avaliadas e cadastradas no CAR, necessitavam de recompor a RL. Porém, existem lacunas que distanciam a realização do processo, como a falta de recursos financeiros, assistência técnica, conhecimento sobre os problemas que podem ser gerados com o não atendimento do PRA.

Os proprietários de que detenham em suas áreas de RL vegetação nativa conservada e que a mesma é superior a 20% à área total do imóvel, podem solicitar ao órgão, a Cota de Reserva Ambiental (CRA), que reserva o direito a títulos representativos de cobertura vegetal nativa para cumprimento das obrigações de RL em outra propriedade, sendo esses títulos negociáveis e permitirão cotas financeiras aos proprietários que possuem esse excedente, visto que o comprador pagará para o uso desta RL como forma de manter a regularização ambiental de sua propriedade (Minas Gerais, 2013).

A Legislação Federal e do Estado de Minas Gerais se complementam, e a Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, em 2013, criou a “Cartilha sobre a nova lei florestal de Minas Gerais”, como forma de orientar os produtores rurais sobre as mudanças que ocorreram nos anos de 2012 e 2013 com uma linguagem mais acessível e informativa.

4.3 Regeneração artificial na recomposição de áreas degradadas

A regeneração artificial é utilizada quando o processo de restauração natural não é o suficiente, e isso pode se dar devido a diversas questões, como por exemplo, solos muito degradados, banco de sementes com baixa capacidade de germinação, falta de fragmentos florestais próximos ou de dispersores. Nessas condições, a interferência antrópica se faz necessária para que o processo de recomposição seja eficiente (MARTINS, 2014).

O processo de recomposição implica em estabelecer e manter uma cobertura florestal que garanta sombra permanente na superfície do solo e fechamento das clareiras (GANDOLFI e RODRIGUES, 2007). A regeneração artificial é um processo de recomposição utilizado em larga escala em áreas degradadas, principalmente nas regiões com alto grau de perturbação ou áreas muito extensas. Para o sucesso dessa prática, alguns aspectos são relevantes e devem ser considerados de acordo com o planejamento e as condições da área, como o espaçamento, os grupos

ecológicos das espécies escolhidas e os arranjos que serão utilizados (DAVIDE; BOTELHO, 2015; BARBOSA, 2001).

Os principais métodos de regeneração artificial são o plantio de mudas e a semeadura direta, que podem ser utilizados em área total ou em plantios de adensamento e enriquecimento. O plantio de mudas é o método mais usado nas práticas de reflorestamento no Brasil, mas outro método que vem sendo estudado e tem sido considerado de menor custo de implantação é a semeadura direta, apesar de ser possuir muitas dificuldades relacionadas ao manejo silvicultural, oportuniza o sucesso do desenvolvimento das plantas por se assemelhar ao processo de regeneração natural. Esses métodos podem ser aplicados em área total ou apenas em áreas sem vegetação, de acordo com o diagnóstico da área (BOTELHO; DAVIDE, 2002).

4.4 Plantio de mudas na recomposição florestal

Existem diversos métodos para alcançar a recomposição florestal, dentre eles, o plantio de mudas. Segundo Brancalion et al. (2015) esse procedimento foi o primeiro empregado na recomposição de áreas degradadas no país, e até hoje é bastante utilizado, visto que, grande parte das áreas de recomposição florestal ocorre em ambientes com altos níveis de degradação, com baixa resiliência, poucos fragmentos nas proximidades, tornando-o assim uma opção para iniciar o processo de restauração.

O plantio de mudas pode ser empregado de diversas formas: em área total, quando não há nenhuma resiliência na área ou fragmentos próximos; no adensamento, que é quando se faz necessária a inserção de novos indivíduos, para que, a área seja colonizada; ou no enriquecimento, quando se insere espécies com o objetivo de melhorar a diversidade do ambiente (DAVIDE; BOTELHO, 2015).

Para a recomposição florestal é importante que alguns pontos sejam considerados no momento do plantio, como a escolha adequada das espécies, que devem condizer com o ecossistema de referência, uso de diferentes grupos ecológicos, e diversidade genética, a fim de, sustentar a sucessão das populações futuras. Além dessas questões, a qualidade das mudas também é de suma importância, de modo que, exercerá influência direta no desenvolvimento dessa planta em campo (DAVIDE; BOTELHO, 2015). Esses fatores são fundamentais no plantio, aumentando a complexidade do processo, afinal, não é tão simples unir todas essas especificidades, tornando-o mais oneroso e caro.

No entanto, utilizar mudas para realizar o plantio em áreas de recomposição facilita alguns pontos, como: o adensamento de mudas, o aumento da diversidade de espécies introduzidas na recomposição, o melhor dimensionamento da quantidade de indivíduos de cada espécie, que resultará no sombreamento mais rápido quando comparado a semeadura direta e outros métodos (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

4.5 Seleção de espécies para áreas recomposição florestal

Para realizar a recomposição florestal de ambientes degradados é essencial que exista um conjunto de espécies que realizem o papel de estruturar a área a ser recomposta, este deve ser presente no ecossistema de referência, e que possuir o maior número possível de espécies nativas com intuito de favorecer a estruturação apropriada do sistema (SALOMÃO et al., 2018).

Outros pontos que devem ser considerados na recomposição de áreas, em especial de áreas que sofreram degradação por mineração, é a introdução de espécies que apresentem boa taxa de crescimento, baixa taxa de mortalidade, recubram o solo rapidamente com área de copa satisfatória, favorecendo assim, a retomada da sucessão ecológica das espécies (DE LIMA et al., 2015).

Considerando a implantação de povoamentos mistos, o uso de espécies pioneiras é fundamental para o êxito dos plantios, pois o acelerado crescimento dessas espécies garante um recobrimento rápido do solo, protegendo-o e garantindo condições microclimáticas que são essenciais para o estabelecimento de espécies dos próximos estágios sucessionais (BOTELHO; DAVIDE E FARIA, 1996).

Para ecossistemas restaurados com o objetivo de exploração cultural, é interessante que a introdução de espécies exóticas se faça com espécies que não apresentem caráter invasor e que sejam capazes de coevolúem, além do mais, é necessário que todos os grupos funcionais sejam introduzidos e em caso da ausência de algum dos grupos, se faz relevante que exista potencial de colonização das espécies pertencentes ao grupo faltante por vias naturais (BRANCALION; GANDOLFI E RODRIGUES, 2015).

Para RL, quando o intuito do proprietário é realizar a exploração econômica da área, espera-se que a seleção de espécies com potencial de rentabilidade seja feita considerando que exista uma aptidão para ser plantada em sistema consorciado, que a espécie beneficie o enriquecimento da área perturbada e que seja possível o manejo da produção, seja ela madeireira, ornamental, frutífera,

medicinal, entre outros (BRANCALION, GANDOLFI E RODRIGUES, 2015). Os autores ainda reforçam que o planejamento da exploração econômica de áreas recompostas deve ser estrategicamente pensado, de modo que também garanta as funções de conservação da biodiversidade e que também seja possível explorar múltiplos produtos, como: serraria, carvão, laminados etc, e um caminho a ser trabalhado, além dos convencionais, o sequestro e fixação de carbono.

Diversas são as espécies que podem ser utilizadas em projetos de recomposição e, na literatura, os trabalhos demonstram que são adotadas recomendações conforme a particularidade da área a ser recomposta. Cândido et al. (2016) recomendaram para recomposição de RL no sul de Minas Gerais as espécies *Schinus terebinthifolius* e *Cytharexylum myrianthum*. No estado do Pará, algumas espécies nativas com potencial econômico e costumeiramente recomendadas, são: *Bertholletia excelsa* (castanha do pará), *Carapa guianensis* (andiroba), *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber (paricá) entre outros (BRANCALION, GANDOLFI E RODRIGUES, 2015). Contudo, esse tema ainda pode ser muito explorado, visto a grande diversidade de espécies do país e a escassez de estudos sobre espécies arbóreas nativas com potencial econômico.

4.6 Uso de Reserva Legal para recuperar ambientes alterados

No dia 05 de novembro de 2015, ocorreu no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana – MG, o rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da empresa Samarco S/A, onde cerca de trinta e quatro milhões de m³ de rejeitos oriundos da mineração de ferro foram despejados no meio ambiente e rapidamente atingiram a foz do Rio Doce e o mar na cidade de Linhares - ES (BANDINI et al., 2019). Esse rejeito foi classificado, conforme a norma NBR 10.004, como não inerte e não perigoso (ferro e manganês) (IBAMA, 2015).

Esse desastre foi categorizado pela Defesa Civil como de nível IV, que representa um “desastre de muito grande porte”, ou seja, não suportáveis e nem superáveis pelas comunidades, e só pode alcançar a normalidade com o auxílio municipal, estadual e federal e se possível, assistência internacional. Em relação à evolução, o desastre foi categorizado como súbito, devido à rapidez que ocorreu e pelo alto impacto dos eventos adversos (IBAMA, 2015).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (2015) constatou que a lama causou diversas consequências socioambientais negativas, dentre elas: óbito de moradores e funcionários, desabrigo da população, destruição de áreas agrícolas e bens

públicos e privados, destruição de vegetação nativa, áreas de preservação permanentes, mortalidade da fauna, flora, afetando a biodiversidade aquática e terrestre, fragmentação de habitats, assoreamento dos cursos d'água, suspensão da pesca, abastecimento de água, e diversos prejuízos econômicos. O desastre atingiu 77 km de cursos d'água, totalizando 1469 hectares, incluindo APPs.

Além disso, o desastre gerou uma remodelagem do relevo por onde a lama passou. Durante os períodos chuvosos, ocasionou outras consequências sérias, como a intensificação do assoreamento de cursos d'água, devido ao carreamento dos sedimentos (MINAS GERAIS, 2016). A lama despejada no leito do rio provocou alteração do habitat aquático, e nas características dimensionais do rio (largura e profundidade), remodelando a calha e as margens, modificando desse modo, a dinâmica dos rios atingidos. Vale ressaltar ainda que, espécies endêmicas da região atingida, como é o caso de onze peixes ameaçados de extinção, tiveram o risco de eliminação completa (CORRÊA, LIMA E GOMIDE, 2015; LOBATO, 2015).

As consequências relacionadas ao desastre da vegetação das matas ciliares merecem destaque, uma vez que, foram as mais atingidas. A lama levou a vegetação que havia no local, além da serrapilheira e do banco de sementes, danificando de forma drástica a resiliência e a sucessão do ecossistema. O bioma predominante da região é a Mata Atlântica, sendo as fitofisionomias mais relevantes a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Densa (IBAMA, 2015; VALERIANO, 2019).

Valeriano (2019) realizou uma análise utilizando imagens de satélites na área atingida pelos rejeitos da barragem de Fundão. Ao observar as imagens obtidas em junho de 2018, três anos após o rompimento da barragem, foi notório que ainda prepondera sobre o solo o acúmulo de rejeitos de mineração e o transtorno nas APPs e afloramentos rochosos. Contudo, entre os anos de 2015 e 2018, constatou-se que houve o início do processo de regeneração florestal nos cursos d'água, apesar de ser relevante o aumento da área com acúmulo de rejeitos, devido ao espalhamento do mesmo.

Em 2018 foi firmado, entre a União e a Samarco, o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), com o objetivo de firmar acordo sobre as ações necessárias que deveriam ser estabelecidas após o acidente. Dentro das medidas firmadas, está o Programa de fomento à implantação do CAR e dos PRAs na região impactada pelo evento na Bacia do Rio Doce (Fundação RENOVA, 2018).

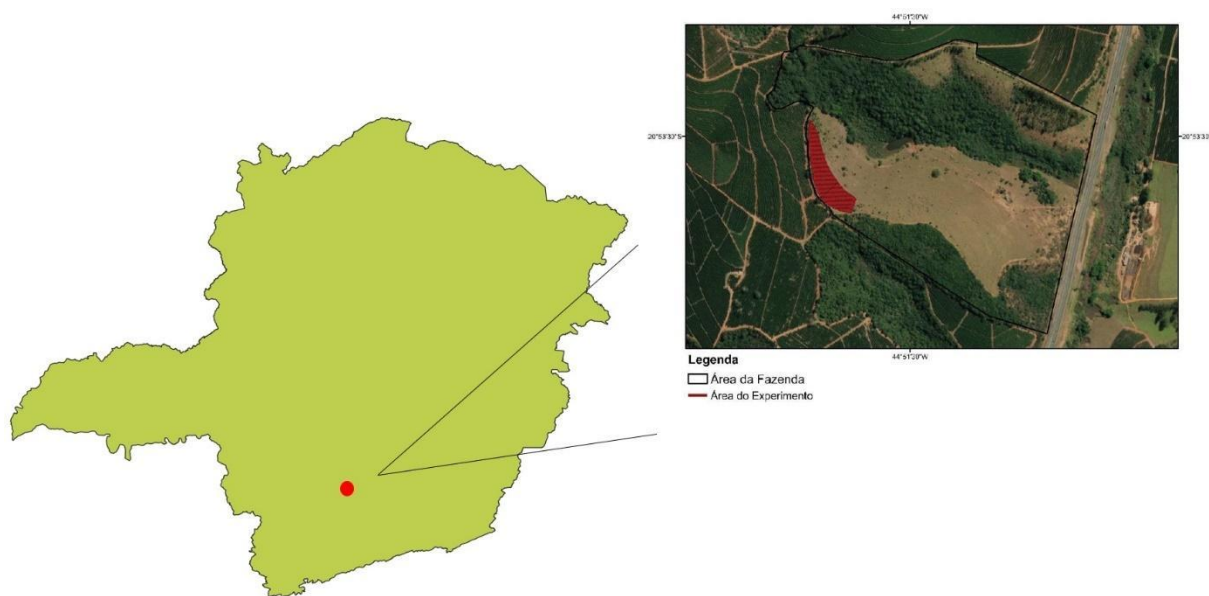
Freitas et al. (2016), utilizando o relatório da força tarefa de Minas Gerais, identificaram as prioridades, em curto prazo, para mitigar e recuperar o ambiente degradado. Os autores evidenciaram a necessidade de determinar fontes alternativas de abastecimento de água de qualidade para o consumo humano, zoneamento ecológico ambiental dos rios, restauração das matas ciliares ao longo de toda a bacia, criação de um sistema de previsão de eventos críticos na bacia do rio Doce, mitigação dos efeitos de cheia e de desastres, ações de monitoramento do solo, levantamento da fauna e flora, subsídios para medidas de proteção e recuperação da biodiversidade (MINAS GERAIS, 2018). Diante disso, é notória a relevância de desenvolvimento de novas tecnologias e análise de métodos adequados de recuperação para amenizar o desastre ocorrido.

Uma das técnicas para recomposição das áreas de Mariana é através do plantio de um mix de espécies nativas em conjunto com linhas de eucalipto (BRANCALION et al., 2019). O uso de eucalipto na recomposição de áreas é benéfico por reduzir o custo de implantação da floresta, além disso, o rápido crescimento dos eucaliptos possibilita uma rápida cobertura do solo e redução do manejo com as plantas daninhas (BROCKERHOFF et al., 2013). Ademais, o uso de eucalipto é atrativo devido à possível comercialização de sua madeira, reduzindo o custo dos projetos (BRANCALION et al., 2019).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

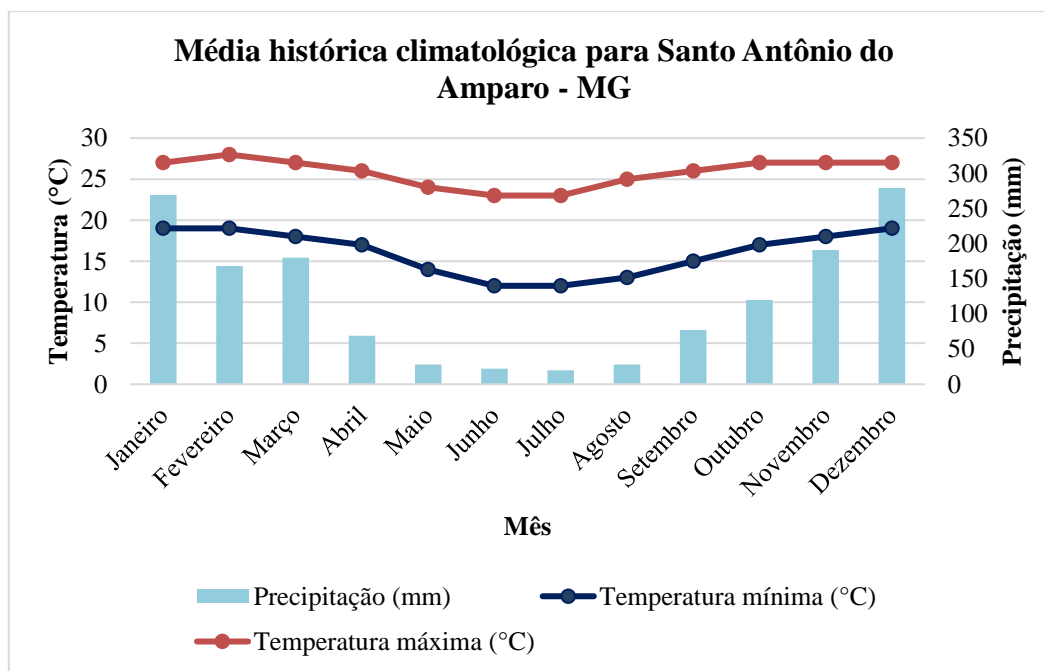
O experimento foi implantado na Fazenda da Lagoa, de propriedade da Universidade Federal de Lavras (UFLA), município de Santo Antônio do Amparo - MG, que fica a cerca de 1000 m de altitude, coordenadas geográficas de 20° 56'40" de latitude Sul e de longitude Oeste (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Cwa, que corresponde ao clima tropical e subtropical chuvoso, mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 19,8 °C e precipitação média anual de 1400 a 1700 mm (Figura 2).

Figura 1 - Localização do município Santo Antônio do Amparo, no estado de Minas Gerais e a área do experimento na Fazenda da Lagoa.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 2 - Média histórica de temperatura e precipitação no município de Santo Antônio do Amparo – MG.



Fonte: Do autor (2022).

A região é composta por um mosaico de fitofisionomias do Cerrado e da Mata Atlântica e encontra-se em zona de atividade agrícola. Anteriormente, a área foi ocupada por plantio de café e, mais recentemente, por pastagem.

Para o estudo, foi utilizado o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, as demais espécies utilizadas encontram-se descritas na Tabela 1. As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFLA, no município de Lavras- MG, no período de junho de 2019 a fevereiro de 2020 sob as condições climáticas de temperatura média de 28,31 °C, e precipitação média mensal mínima de 8,6 mm e máxima de 190,2 mm. As sementes foram coletadas em Lavras-MG e no município de Mariana- MG.

Tabela 1 - Espécies utilizadas no mix de plantio na área de Reserva Legal da Fazenda da Lagoa, no município de Santo Antônio do Amparo, MG.

Espécie	Nome Comum	Família	GE
<i>Apuleia leiocarpa</i>	garapa	Fabaceae	NP
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	peroba poca	Apocynaceae	NP
<i>Cecropia pachystachya</i>	embaúba	Urticaceae	P
<i>Ceiba speciosa</i>	paineira	Malvaceae	NP
<i>Croton urucurana</i>	sangra d'água	Euforbiáceas	P
<i>Cyntharexylum myrianthum</i>	pau viola	Verbenacea	P
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	tamboril	Fabaceae	P
<i>Ficus sp.</i>	figueira	Moraceae	P
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba	Malvaceae	P
<i>Hymenaea courbaril</i>	jatobá	Fabaceae	NP
<i>Inga sp.</i>	ingá	Fabaceae	NP
<i>Joannesia princeps</i>	coteira	Euforbiacea	P
<i>Lithraea molleoides</i>	aroeira brava	Anacardiaceae	P
<i>Luehea divaricata</i>	açoita	Malvaceae	NP
<i>Luehea grandiflora</i>	açoita cavalo	Malvaceae	NP
<i>Maclura tinctoria</i>	moreira	Moraceae	NP
<i>Psidium guajava</i>	goiaba	Myrtaceae	P
<i>Pterogyne nitens</i>	amendoim	Fabaceae	P
<i>Sapindus saponaria</i>	saboneteira	Sapindaceae	NP
<i>Schinus terebinthifolius</i>	aroeirinha	Anacardiaceae	P
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	gravitinga	Solanaceae	P
<i>Triplaris americana</i>	pau formiga	Polygonaceae	P

Fonte: Do autor (2022).

As mudas clonais de eucalipto foram produzidas em tubetes de 55 cm³, e as sementes das espécies nativas foram semeadas em tubetes de 110 cm³ ou 220 cm³, para as demais espécies utilizadas. As mudas permaneceram por 60 dias na casa de sombra (50% de irradiância e irrigação por microaspersão três vezes ao dia com cinco minutos de duração cada, e vazão de 140 L h⁻¹).

Posteriormente, elas foram transferidas para pleno sol, para rustificação (irrigação quatro vezes ao dia com cinco minutos de duração cada, e vazão de 95 L h⁻¹), permanecendo até o momento da expedição para o campo.

Na área do plantio, foi realizado o controle de formigas cortadeiras e plantas daninhas, periodicamente, de forma manual. O solo foi caracterizado como Latossolo vermelho distrófico (LVd). A correção do solo foi realizada com a aplicação de calcário calcítico para suprimento de Ca e Mg na proporção de 3 ton.ha⁻¹ de calcário. Para o preparo do plantio, realizou-se o preparo do solo por meio de gradagem em área total. O plantio foi realizado em março de 2020, sendo feita a adubação de plantio com 150 g do formulado NPK 06-30-06 por cova e, posteriormente, realizada a adubação de cobertura, parcelada em duas vezes, com 100 g do formulado NPK 20-00-20 em cada momento. Também foi aplicado ácido bórico na quantidade de 10 g por planta em maio de 2021, início do período de estiagem na região.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados completos (DBCC), com quatro repetições. Foi realizado um fatorial 3 x 22, em que o primeiro fator correspondeu às porcentagens de plantas de eucalipto em relação às de espécies nativas. O segundo fator foi representado pelas espécies nativas plantadas. Para fins de comparação, também foram implementados dois tratamentos controle, o primeiro com 100% de espécies nativas, e o segundo com 100% de eucalipto (Tabela 1). As parcelas eram compostas por nove linhas, com nove plantas cada, totalizando 81 mudas por parcela, em espaçamento de 3 x 2 m (1667 mudas por hectare).

Os modelos de plantios adotados foram caracterizados pela proporção de plantas de espécies nativas (pioneiras e não pioneiras) e exótica (eucalipto) plantadas em linhas. A testemunha 1 (T1) – em proporção de 100% de espécies nativas; a testemunha 2 (T2) – em proporção de 100% de eucalipto, o modelo 1 (M1) – em proporção de 25% de eucalipto por ha, o modelo 2 (M2) – em proporção de 33% de eucalipto por ha, e por fim o modelo 3 (M3) – em proporção de 50% de eucalipto por ha.

Foram avaliados a percentagem de plantas mortas por espécie, a altura (H), o diâmetro à altura do peito (DAP) e a área de copa (AC) aos 18 meses após o plantio. Para árvores que possuíam até três ramificações na altura de cinco centímetros do solo, seus diâmetros foram convertidos em diâmetro fundido, conforme descrito por Scolforo e Thiersch (2004). A partir do diâmetro, foi calculada a área seccional de cada árvore, e foi extrapolado para hectare. A área de copa foi calculada de acordo com Macedo (1991), a partir da mensuração dos raios de copa. Foram medidos

os quatro raios de projeção de copa com auxílio de uma régua graduada, tomando como ponto de referência o centro do tronco das árvores, distanciando-se até o limite da copa em direções fixas, formados por ângulos de 90°. Com as médias dos raios obtidos, foi calculada a área de um círculo, que foi denominada como AC.

Para avaliar o potencial de crescimento geral e individual das espécies nos modelos de plantios adotados, os dados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade do erro. Ao analisar a normalidade dos dados, realizou-se a análise de variância (ANOVA). Uma vez verificada a diferença significativa, foi realizado o teste Dunnett, a 5% de probabilidade do erro, o qual foi utilizado para comparar os diferentes modelos de plantio com as testemunhas T1 (100% nativas) e T2 (100% eucalipto). Para o fatorial estudado (3 modelos de plantio x 22 espécies), as médias dos modelos de plantio foram submetidas ao teste Tukey (5%), e as médias das espécies foram submetidas ao teste Skott Knott (5%), por meio do software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Para uma análise mais refinada dos dados, os grupos de espécies eucalipto e nativas foram divididos, e foram submetidos ao teste de médias Skott Knott (5%), para compreender o comportamento de crescimento das diferentes variáveis mensuradas em cada modelo de plantio (FERREIRA, 2011).

Para complementar a explicação do desenvolvimento das variáveis de crescimento, das espécies estudadas, foi realizada a análise de componentes principais (PCA), baseada na matriz de correlação, utilizando o *software* R OriginLab Versão 8.6 (LI et al., 2018).

6 RESULTADOS

Influência do eucalipto no crescimento de espécies nativas

Ao comparar as médias de crescimento dos modelos de plantio com as testemunhas T1 e T2 (Tabelas 2 e 3), foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas, com exceção da porcentagem de plantas mortas. No caso do T1 (100% nativas) foi observado que as plantas apresentaram um menor desenvolvimento quando comparado aos demais. Já para o T2 (100% eucalipto), foi observado que as mudas apresentaram crescimento superior aos demais tratamentos.

Tabela 2 - Médias de altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), área de copa (AC), percentual de mortalidade (M) dos modelos de plantio estudados, comparados à testemunha T1 (100% nativas), aos 18 meses após o plantio, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG.

Tratamentos	H (m)	DAP (cm)	AS (cm ² /arv)	AC (m ²)	M (%)
T1	2,2	1,9	6,2	3,4	12,3
M1	3,2 *	3,5 *	16,4 *	3,7 *	9,5 ns
M2	4,0 *	4,2 *	22,6 *	3,7 *	8,4 ns
M3	4,5 *	4,8 *	25,3 *	3,9 *	20,8 ns

Em que: MP: Modelo de plantio; T1 – 100% espécies nativas; M1 – 25% eucalipto; M2 – 33% eucalipto e M3 – 50% eucalipto. Médias seguidas de ns não apresentaram diferença significativa com a testemunha, pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade do erro.

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 3 - Médias de altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), área de copa (AC), percentual de mortalidade (M) dos modelos de plantio estudados, comparados à testemunha com 100% de eucalipto, aos 18 meses após o plantio, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG.

Tratamentos	H (m)	DAP (cm)	AS (cm ² /arv)	AC (m ²)	M (%)
T2	7,2	6,7	37,4	4,7	10,8
M1	3,2 *	3,5 *	16,4 *	3,7 *	9,5 ns
M2	4,0 *	4,2 *	22,6 *	3,7 *	8,4 ns
M3	4,5 *	4,8 *	25,3 *	3,9 *	20,8 ns

Em que: MP: Modelo de plantio; T2 – 100% eucalipto; M1 – 25% eucalipto; M2 – 33% eucalipto; e M3 – 50% eucalipto. Médias seguidas de ns não apresentaram diferença significativa com a testemunha pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade do erro.

Fonte: Do autor (2022).

Não houve interação entre os tratamentos e as espécies estudadas na área experimental para nenhuma das características avaliadas. Apenas as diferentes proporções de eucalipto e as diferentes espécies testadas apresentaram diferenças estatísticas para todas as variáveis de crescimento testadas.

Em relação aos tratamentos estudados, segundo o teste Tukey ($p < 0,05$), ao comparar os três tratamentos (Tabela 4), foi possível observar que as variáveis H, DAP e AS, apresentaram maiores médias no modelo M3, com médias de 4,5 m, 4,8 cm e $25,3 \text{ cm}^2 \text{ árvore}^{-1}$, respectivamente. A área de copa não apresentou diferença significativa entre os modelos estudados, com média de $3,8 \text{ m}^2$. Para o percentual de plantas mortas, o modelo que obteve a menor sobrevivência foi o M3 com 20,8% de mortalidade das plantas.

Tabela 4 - Médias de altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), área de copa (AC), percentual de mortalidade (M), para os modelos de plantio estudados, aos 18 meses após o plantio, para os respectivos modelos de proporções de eucalipto na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG.

MP	H (m)	DAP (cm)	AS ($\text{cm}^2/\text{arvore}$)	AC (m^2)	M (%)
M1	3,2 c	3,5 c	16,4 c	3,7 a	9,5 b
M2	4,0 b	4,2 b	22,6 b	3,7 a	8,3 b
M3	4,5 a	4,8 a	25,3 a	3,9 a	20,8 a

Em que: MP: Modelo de plantio; M1 – 25% eucalipto; M2 – 33% eucalipto; e M3 – 50% eucalipto. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não se diferenciaram entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

A espécie que apresentou o maior crescimento em altura foi o *E. urophylla* x *E. grandis*, seguido de *S. granulosoleprosum* e do grupo *E. contortisiliquum*, *P. nitens*, *J. princeps* (Tabela 5). Para o DAP, as melhores médias foram observadas para o *E. urophylla* x *E. grandis* e *S. granulosoleprosum*. Já as espécies que obtiveram o menor desempenho em altura e DAP foram *A. polyneuron*, *P. guajavay* e *S. saponária*.

É importante ressaltar que *S. granulosoleprosum* apresentou o maior crescimento em AC superando o eucalipto, e para as variáveis H, DAP e AS, a espécie superou todas as demais espécies nativas (Tabela 5). A mortalidade das mudas variou de 0 a 34,4%, sendo que as espécies que apresentaram o maior percentual de mortalidade foram *C. urucurana*, *A. leiocarpa*, *G. ulmifolia* e *S. saponária*, com média 27,7% de mortalidade.

Tabela 5. Médias encontradas para altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), área de copa (AC), percentual de plantas mortas (M), para eucalipto e espécies nativas, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG, aos 18 meses após o plantio.

Espécies	H (m)	DAP (cm)	AS (cm ² /arvore)	AC (m ²)	M (%)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	6,9a	7,9a	49,6a	5,0b	7,7a
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	4,7b	5,4b	23,8b	7,1a	1,7a
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2,9c	3,8c	14,6c	4,7b	11,1a
<i>Joannesia princeps</i>	2,7c	3,0d	7,8d	3,1d	10,0a
<i>Pterogyne nitens</i>	2,7c	1,7f	2,5e	3,1d	13,3a
<i>Schinus terebinthifolius</i>	2,5d	1,8f	2,7e	3,9c	6,7a
<i>Croton urucurana</i>	2,5d	2,1f	3,9e	5,4b	20,0b
<i>Cecropia</i> sp.	2,3d	5,7b	26,3b	1,9e	6,1a
<i>Triplaris americana</i>	2,3d	2,3e	4,6e	1,8e	0,0a
<i>Apuleia leiocarpa</i>	2,1d	1,2g	1,6e	2,1e	26,7b
<i>Inga</i> sp.	2,0e	1,2g	1,2e	3,6c	4,4a
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,0e	1,4g	2,0e	2,7d	31,0b
<i>Ceiba speciosa</i>	1,9e	1,5f	3,1e	3,7c	10,0a
<i>Cyntharexillum myrianthum</i>	1,8e	1,2g	2,5e	2,2e	16,7a
<i>Hymenaea courbaril</i>	1,8e	0,6h	1,1e	2,2e	10,0a
<i>Lithraea molleoides</i>	1,6f	1,4g	3,8e	2,1e	6,7a
<i>Maclura tinctoria</i>	1,6f	0,7h	0,6e	2,5e	10,6a
<i>Luehea divaricata</i>	1,6f	1,0g	1,1e	3,1d	14,3a
<i>Ficus</i> sp.	1,6f	0,9g	1,1e	1,9e	16,7a
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	1,2g	0,3i	0,2e	0,7g	0,0a
<i>Sapindus saponaria</i>	1,1g	0,2i	0,1e	0,7g	33,3b
<i>Psidium guajava</i>	1,1g	0,1i	0,1e	1,4f	13,3a

Em que: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

Crescimento dos grupos de espécies

As médias para o crescimento das mudas nativas encontram-se na tabela 6. Foi observado que para a altura, DAP e para AS, as plantas não apresentaram diferenças significativas no crescimento entre os modelos de plantio, com médias de 2,2 m, 2,1 cm e 6,4 cm² respectivamente. Para área de copa, os tratamentos Testemunha 1 e M1 foram superiores aos demais (3,38 m²). E o modelo M3 apresentou maior mortalidade de plantas com 21,4%.

Tabela 6. Médias encontradas para altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional da árvore (AS), área de copa (AC), percentual de plantas mortas (M), para as espécies nativas, em função dos respectivos modelos de proporções de eucalipto, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG, aos 18 meses de idade.

MP	H (m)	DAP (cm)	AS (cm ² /arvore)	AC (m ²)	M (%)
T1	2,2 a	1,9 a	6,2 a	3,4 a	12,3 a
M1	2,2 a	2,1 a	7,0 a	3,4 a	9,5 a
M2	2,2 a	2,1 a	6,7 a	3,1 b	8,5 a
M3	2,3 a	2,2 a	6,7 a	2,9 b	21,4 b

Em que: MP: Modelo de plantio; T1 – 100% espécies nativas; M1 – 25% eucalipto; M2 – 33% eucalipto e M3 – 50% eucalipto. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não se diferenciaram entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

As médias para o crescimento das mudas de eucalipto encontram-se na tabela 7. Para a altura, foi encontrado que os modelos M2, M3 e T2 (média de 7,1 m) são semelhantes entre si, e apresentaram crescimento superior ao tratamento M1 (6,5 m). Para o DAP e AS, as maiores médias encontradas foram para os tratamentos M2, com 8,2 cm e 53,8 cm² árvore⁻¹, respectivamente. Para a AC, os modelos de plantio não apresentaram diferenças significativas entre si, com 4,7 m². Em relação ao percentual de mudas mortas, os modelos de plantio não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 7. Médias encontradas para altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), área de copa (AC), percentual de plantas mortas (M), para as plantas de *Eucalyptus*

urophylla x *E. grandis*, em função dos respectivos modelos de proporções de eucalipto, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG, aos 18 meses.

	MP	H (m)	DAP (cm)	AS (cm ² /arvore)	AC (m ²)	M (%)				
T2	7,2	a	6,7	c	37,4	c	4,7	a	10,8	a
M1	6,5	b	7,7	b	47,8	b	4,9	a	9,7	a
M2	7,2	a	8,2	a	53,8	a	5,0	a	4,6	a
M3	7,0	a	7,7	b	47,4	b	5,0	a	9,0	a

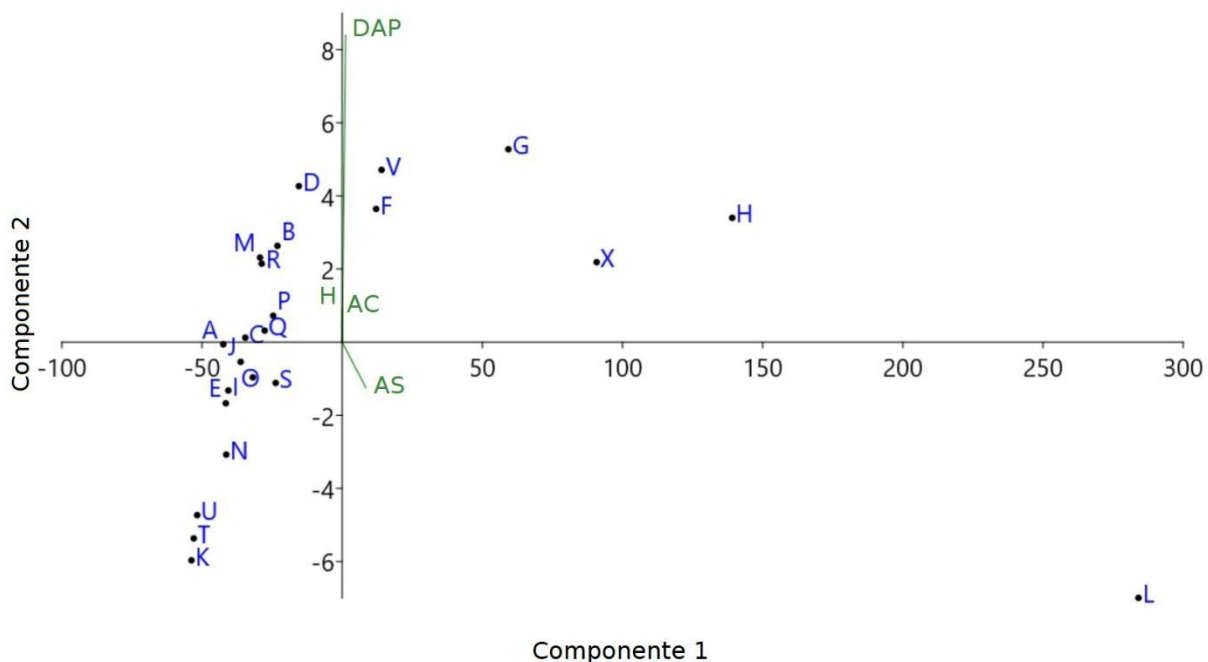
Em que: MP: Modelo de plantio; M1 – 25% eucalipto; M2 – 33% eucalipto; M3 – 50% eucalipto e T2 – 100% eucalipto. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não se diferenciaram entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Do autor (2022).

Na análise multivariada dos componentes principais (Figura 4), é possível observar que as espécies se agruparam conforme seu desempenho, em diferentes quadrantes. O componente 1, explicou cerca de 99,1% dos dados, enquanto que o componente 2 explicou cerca de 0,3% dos dados. Para cada eixo, os maiores valores indicam a variável mais representativa, explicando dessa forma a maior parcela da variância do conjunto original de dados. Assim, para o eixo x, a variável que obteve maior contribuição foi a AS com média de 98%. Já para o eixo y, a variável que mais contribuiu foi o DAP.

As espécies se agruparam em quatro diferentes grupos, de acordo com o seu comportamento de crescimento. A espécie *S. granulosoleprosum* encontra-se isolada no segundo quadrante, com correlação positiva com a AS, ou seja, foi a espécie com maior ocupação do espaço. O grupo de espécies que se encontra no primeiro quadrante, apresentou correlação positiva com o DAP, H e AC, e foi composto pelas espécies pioneiras que apresentaram maior crescimento. Outro grupo de espécies que apresentou correlação positiva com o DAP e a H foi *S. terebinthifolius*, *P. nitens*, *T. americana* e *Inga* sp. O grupo de espécies que apresentou menor crescimento, com correlação negativa com DAP, AC e H, encontra-se no terceiro quadrante, sendo formado por um mix entre as espécies não pioneiras e pioneiras.

Figura 4 - Projeção dos componentes principais (PCA) mostrando o comportamento de crescimento em altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP), área seccional por árvore (AS), e área de copa (AC), para as espécies estudadas, na recomposição da Reserva Legal, na Fazenda da Lagoa, município de Santo Antônio do Amparo – MG, aos 18 meses de idade.



Em que: A – *L. divaricata*; B – *P. nitens*; C – *L. molleoides*; D – *S. terebinthifolius*; E – *E. contortisiliquum*.; F – *J. princeps*; G – *C. pachystachya*, H – *E. grandis x E. urophylla*; I – *Ficus* sp.; J – *A. leiocarpa*; K – *P. guajava*; L – *S. granuloseprosum*; M – *Inga* sp.; N – *H. courbaril*; O – *M. tinctoria*; P – *G. ulmifolia*.; Q – *C. speciosa*; R – *T. americana*; S – *C. myrianthum*; T – *A. cylindrocarpon*; U – *S. saponaria*; V – *C. urucurana*.

Fonte: Do autor, 2022.

7 DISCUSSÃO

O uso de eucalipto para recomposição da Reserva Legal (RL) não interferiu no crescimento das espécies nativas, independente do modelo de plantio adotado, para as variáveis H, DAP e AS. Este resultado pode ser sustentado devido à interação não significativa entre a proporção de eucalipto e as espécies utilizadas, até o momento em que ocorreu a avaliação, e embasados nos resultados da tabela 6. Apesar deste resultado contradizer a primeira hipótese, que o plantio de mudas de eucalipto favoreceria o crescimento das espécies nativas, ele ressalta o potencial de implantação da espécie com objetivos econômicos na recuperação de áreas de RL, conforme indicado por Carvalho et al. (2017).

Contudo, para as variáveis AC e o percentual de mortalidade, os modelos M1 e M2 se destacaram devido ao melhor desenvolvimento e sobrevivência das mudas em campo. Dessa forma, a partir dessa análise, recomenda-se para o plantio de recomposição de RL a introdução de até 33% de eucalipto, para não comprometer a qualidade e o desenvolvimento das espécies nativas e principal foco do plantio, quando este for a recomposição florestal. Segundo Amazonas et al. (2018), um desafio importante para o desenho desse novo tipo de plantio é evitar que as mudas das espécies nativas sejam suprimidas pelo eucalipto, o que pode resultar em redução do crescimento e ou alta mortalidade, comprometendo o potencial dos plantios mistos para restabelecer a diversidade arbórea de comunidades.

Observando o crescimento das mudas de eucalipto nos diferentes modelos, o M2 apresentou a melhor performance no crescimento das plantas e no percentual de sobrevivência, o que evidencia o seu potencial de utilização para recomposição de RL.

Em relação à altura, os modelos de plantio a partir de 33% de proporções de eucalipto, obtiveram maior crescimento em altura do que o T1. O maior crescimento em altura nesses tratamentos, podem ter ocorrido devido a maior competição entre os indivíduos de eucalipto, que possuem rápido crescimento, e que, portanto, aceleram a disputa por recursos, como por exemplo a luz, o que pode ter estimulado seu maior crescimento em altura devido à competição (AMAZONAS et al., 2018; BINKLEY; STAPE; RYAN, 2004). No caso do tratamento com menor proporção de eucalipto (M1), apesar do eucalipto ser uma espécie de rápido crescimento, quando submetida à baixa competição pelo dossel e pela luz, os indivíduos apresentam maior produção de galhos, conforme apontado por Eloy et al. (2016), em detrimento do crescimento em altura das árvores, o que pode justificar o seu menor crescimento comparado aos demais modelos de plantio.

Observando o crescimento das mudas de espécies nativas nos diferentes modelos, as plantas não apresentaram diferenças significativas para H, DAP, AS e o percentual de plantas mortas. Desta forma, mais uma vez, o potencial do uso de eucalipto em recomposição de Reservas Legais é destacado, na idade avaliada. Contudo, a área de copa apresentou diferenças significativas entre os modelos de implantação, em que os modelos com 0 e 25% de eucalipto, apresentaram maiores médias para as variáveis. Este resultado indica uma maior competição do eucalipto sobre as espécies nativas, no crescimento em área de copa, principalmente das espécies pioneiras, como *S. granuloseprosum* e *E. contortisiliquum*, que obtiveram a maior área de copa do plantio (Tabela 1). Amazonas et al. (2018), também observaram que o eucalipto afetou negativamente o

crescimento das espécies pioneiras de crescimento mais rápido, por ser um competidor mais agressivo pelos recursos disponíveis.

Em geral, as espécies que apresentaram o maior crescimento são classificadas como pioneiras. Segundo Amazonas et al. (2018), o eucalipto pode se beneficiar em plantios mistos, principalmente devido ao maior acesso à luz nas partes laterais de suas copas acima das fileiras de copas de espécies nativas mais curtas. Uma segunda espécie que pode ser destacada pelo alto desempenho é a *S. granuloseprosum*, que teve crescimento superior a todas as demais espécies nativas, e superou a área de copa produzida pelo eucalipto.

Através dos resultados da PCA, é possível observar que as espécies se agruparam de acordo com o seu grupo ecológico de crescimento, pioneiras e não pioneiras, podendo assim classificar aquelas com maior produção de biomassa e cobertura rápida do solo para recomposição da área, como o *E. urophylla* x *E. grandis*, *S. granuloseprosum*, *E. contortisiliquum*, *E. contortisiliquum*, *J. princeps*, *P. nitens*, *S. terebinthifolius*, *C. urucurana* e *C. pachystachya*.

De modo geral, as espécies não pioneiras apresentam menor crescimento, o que já era esperado, visto que esse grupo tem como característica o desenvolvimento mais lento e maior exigência em sombra, enquanto as espécies pioneiras são caracterizadas pelo rápido crescimento e desenvolvimento a pleno sol (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Contudo, foi observado que algumas das espécies pioneiras utilizadas não apresentaram um bom desempenho, tais como: *P. guajava*, *Ficus sp.*, *L. molleoides*, *C. myrianthum* e *G. ulmifolia*. Silva et al. (2022), avaliando um plantio de restauração com diversas espécies nativas, também obtiveram, para a *P. guajava*, o menor crescimento em campo, aos oito meses de idade.

Di Sacco et al. (2020), avaliando a seleção de espécies como ponto relevante para o sucesso de uma restauração, observaram que plantios mix de espécies exóticas e nativas podem atrair dispersores e polinizadores de maneira satisfatória. Segundo Brancalion et al. (2020), a introdução de eucalipto em plantio misto com nativas, avaliado aos cinco anos, favoreceu a regeneração natural através do sub-bosque e reduziu os custos de implantação da área restaurada, consideravelmente. Ademais, os autores observaram que o eucalipto não se regenerou por meio da germinação de sementes na área, ou seja, não se transformou em uma invasora, não criando mais um obstáculo à recomposição da área.

Oliveira et al. (2021), realizando a implantação com mix de espécies nativas e exóticas (*E. grandis* e *C. citriodora*) em diferentes municípios no estado do Paraná, com intuito de regenerar

uma área com intenso desmatamento e uso inadequado do solo, obtiveram valores de produção de madeira satisfatória, que poderia financiar o projeto de recomposição florestal. Esse resultado confirma que o eucalipto possui grande potencial para aumentar e melhorar a renda de proprietários rurais.

É válido ressaltar o elevado custo em projetos de reflorestamentos apenas com espécies nativas, principalmente para os pequenos produtores, que fornecem a base da agricultura familiar e que, na maioria das vezes, não têm condições para investir com o plantio de mudas nativas (OLIVEIRA et al., 2021). Este estudo mostra que é viável estabelecer um plantio mix de eucalipto e espécies arbóreas nativas em plantações de alta diversidade. Foi observado que o uso de até 33% do plantio de eucalipto na recomposição de Reservas Legais é viável, baseada no fato de o plantio da espécie não influenciar negativamente no crescimento das espécies nativas, até a idade avaliada. Ademais, a aquisição de mudas de eucalipto é mais barata que a de mudas de espécies nativas, o que promove a redução dos custos de implantação do projeto de restauração. Além disso, segundo Brockerhoff et al. (2013) e Wu et al. (2015), o uso de eucalipto pode favorecer o processo de regeneração do sub-bosque.

Neste trabalho foram avaliadas apenas as variáveis de crescimento, sendo que em trabalhos futuros, será necessário avaliar indicadores que remetam ao sucesso da recomposição, como por exemplo, a presença de dispersores de sementes, a chuva de sementes, a diversidade e densidade de regenerantes de espécies nativas, dentre outros. Além disso, é necessário acompanhar o plantio ao longo do tempo, visto que a avaliação foi realizada aos 18 meses de idade.

Ademais, o rápido crescimento da espécie de eucalipto é uma característica muito importante para recuperação de áreas degradadas, e pode ser uma estratégia interessante para o rápido recobrimento do solo. Além disso, a queda de suas folhas aumenta a matéria orgânica do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes (CARVALHO et al., 2017).

8 CONCLUSÃO

O aumento da proporção de indivíduos de eucalipto não alterou o crescimento em H, DAP e AS das espécies nativas, contudo proporções superiores a 33% reduziram a área de copa e a sobrevivência das mudas, até os 18 meses de idade.

A proporção de 33% de eucalipto favoreceu seu crescimento para todas as variáveis analisadas e o aumento do número de indivíduos aumentou a competição intraespecífica, ocasionando a redução do DAP e AS.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMAZONAS, N. T. et al. Light- and nutrient-related relationships in mixed plantations of Eucalyptus and a high diversity of native tree species. **New Forests**, v. 52, p. 807-828, 2021.
- AMAZONAS, N. T. et al. Combining Eucalyptus wood production with the recovery of native tree diversity in mixed plantings: Implications for water use and availability. **Forest Ecology and Management**, v. 418, p. 34-40, 2018.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Cartilha sobre a nova lei florestal de Minas Gerais. **Orientações aos produtores rurais**. 2013. Disponível em: <www.almg.gov.br/consulte/publicacoes_assembleia/index.html>, 2022.
- BACCINI, A. et al. As florestas tropicais são uma fonte líquida de carbono com base em medições acima do solo de ganho e perda. **Science**, v. 358, 230–234, 2017.
- BANDINI, B.; et al. Desastre ambiental da barragem de fundão, Mariana - MG. Análise de impactos socioambientais. **Revista Internacional de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 2-15, 2019.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação deformações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H de FREITAS. **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo, FAPESP, 2001.
- BAUHUS, J. et al. Silvicultural options for mixed-species stands. *Mixed-species forests* (pp. 433-501). **Springer**, Berlin, Heidelberg.2017.
- BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 5-16, 2004.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002, Belo Horizonte, MG. **Anais[...]** Belo Horizonte: v. 5, p. 123-145, 2002.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. **Cerne**, v.2, n.1, p.43-52. 1996.

BRANCALION, P. H. S. et al. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1-e16, 2016.

BRANCALION, P. H. S.; HOLL, K. D. Guidance for successful tree planting initiatives. **Journal of Applied Ecology**, v.205, n.4969, p.2349– 2361. 2020.

BRANCALION, P. H., et al. Exotic eucalypts: From demonized trees to allies of tropical forest restoration?. **Journal of Applied Ecology**, v.57, n.1, p. 55-66, 2020.

BRANCALION, P. H., et al. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil. **Biological Conservation**, v.240, n.108274, 2019.

BRANCALION, P.H.S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R.R. Restauração Florestal. São Paulo, SP: **Oficina de Textos**, 432p., 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acessado em: jul. 2020.

BROCKERHOFF, E. G., et al. Papel do eucalipto e outras florestas plantadas na conservação da biodiversidade e no fornecimento de serviços ecossistêmicos relacionados à biodiversidade . **Forest Ecology and Management** , v.301, p.43 – 50, 2013.

CÂNDIDO, V. A. et al. Sistema agroflorestal para recomposição de reserva legal em propriedades de agricultores familiares. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 2, 2016.

CARVALHO, D. C.; PEREIRA, M. G.; TOLEDO, L. O.; SIMON, C. A.; RODRIGUES, J. S.; FERNANDES, J.C.; NETO, E. C.S. de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 17-27, 2017

CHAZDON, R. L. et al. A policy-driven knowledge agenda for global forest and landscape restoration. **Conservation Letters**. v.10, p.125–132, 2017.

CORRÊA, H.; LIMA, S.; GOMIDE, R. Mariana: os dramas e as culpas pela tragédia. **Revista Época**. Recuperado de <<https://epoca.globo.com/tempo/noticia/2015/11/mariana-os-dramas-e-culpas-pela-tragedia.html>>. 2015.

MARTINEZ, B. J. F. S.; DE MELO JÚNIOR, J. G. Percepção ambiental do uso de sistemas agroflorestais na recuperação de reservas legais em Cametá, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.2, p.281-288, 2019.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S.A. Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras – MG: Editora **UFLA**,. v. 1, 635p., 2015.

DE LIMA, K. D. R. et al. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 203-213, 2015.

DI SACCO, A. et al. Tem golden rules for reforestation to optimize carbono sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. **GCB Reviews**. 2020.

DIAS, C. A.; et al. Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce. **Revista Espinhaço - UFVJM**, [S.l.], p. 21-35, 2018. ISSN 2317-0611. Disponível em: <<http://revistaespinhaco.com/index.php/journal/article/view/203>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

DUCATTI, M. Desempenho silvicultural de espécies nativas em plantações florestais no estado interior do estado de São Paulo. 2019.

ELOY, E.; da SILVA, D. A.; SCHMIDT, D.; TREVISAN, R.; CARON, B. O.; ELLI, E. F. Effect of planting age and spacing on energy properties of *Eucalyptus grandis* w. Hill ex maiden. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.40, n.4, p.749-758, 2016

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras v.35, n.6 Lavras, Nov./Dez. 2011.

FORRESTE, D. I.; et al. Photosynthetic capacity of *Eucalyptus globulus* is higher when grown in mixture with *Acacia mearnsii*. **Trees**, n.26, p.1203–1213, 2012.

FREITAS, C.M.; SILVA, M.A.; MENEZES, F.C. O desastre na barragem de mineração da Samarco – fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Revista Ciência e Cultura** (SBPC). 2016.

Fundação RENOVA. **Termo de transação e ajustamento de conduta**. 2018. Disponível em: <<https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2016/07/ttac-final-assinado-para-encaminhamento-e-uso-geral.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2022.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Metodologias de restauração florestal. In: Fundação Cargill. (Coord.) Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas. São Paulo: **Fundação Cargill**, p. 109-144, 2007.

HOLL, K. D. Restoring tropical forests from the bottom up. **Science**. Washington, v.355, p. 455–456, 2017.

IBAMA (Brasil). **Laudo Técnico Preliminar**- Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana. Minas Gerais. 2015. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf>. Acesso em: fev. 2021.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. Brazil to restore 12 million hectares of forests under Bonn Challenge for biodiversity and climate benefits. 2016.

LE MAIRE, Gueric et al. Tree and stand light use efficiencies over a full rotation of single-and mixed-species Eucalyptus grandis and Acacia mangium plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 288, p. 31-42, 2013.

LEWIS, S.L; EDWARD, D.P.; GLABRAITH, D. Aumentando a dominância humana das florestas tropicais. **Science**. v.349, p. 827–832, 2015.

LI, X.; YMING, F. Y.; TING, S.; JIANG, J.; LIU, Y. Correlating emulsion properties to micro encapsulation efficacy and nutrients retention in mixed proteins system. **Food Research International**, [s.l.], n, 115, p. 44-53, 2018.

LOBATO, P. H. Rio Doce é o retrato da maior tragédia ambiental do Brasil. **Revista Estado de Minas Digital**. 2015. Disponível em:

<https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/22/interna_gerais,710391/rio-doce-e-o-retrato-da-maior-tragedia-ambiental-do-brasil.shtml>. Acesso em: 02 fev. 2021.

MACEDO, R. L. G.; **Avaliação Holística da Fase Juvenil do Teste de Introdução de Espécies de Eucalyptus na Baixada Cuiabana, Mato Grosso**. 1991. 231f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

MALHI, Y.; GARDNER, T.A.; GOLDSMITH, G.R.; SILMAM, M.R.; ZELAZOWSKI P. Florestas tropicais no Antropoceno. Annu. **Rev. Env. Recurso**, v.39, p.125–159, 2014.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: **Aprenda Fácil**, 219 p. 2014.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. Relatório Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana - MG. Belo Horizonte: Comissão Extraordinária de Barragens. **Grupo da Força Tarefa**, 249 p. 2016. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

MINAS GERAIS. Lei nº 20.922, Diário do Executivo – “Minas Gerais”. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>. 2013.

MOLIN, P. G., et al. Uma abordagem de paisagem para restauração florestal em grande escala e econômica. **Journal of Applied Ecology**, v.55, n.6, p. 2767 – 277, 2018.

OLIVEIRA, E. B. et al. O Eucalipto para restauração florestal com renda para propriedades rurais familiares. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. 1 ed. Colombo: **Embrapa Florestas**, v 1, p.667-684, 2021.

PRYDE, EC. et al. Conservação de espécies arbóreas de floresta tropical em uma paisagem com plantação de madeira nativa . **Forest Ecology and Management** , v.339, p 96 – 104. 2015.

RODRIGUES, A.C.G da; BARROS, Nairam Félix; SANTOS, M. Lúcio. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1021-1031, 2003.

- SALOMÃO, R. P. et al. Seleção de espécies estruturantes para a restauração florestal de áreas degradadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 876-886, 2018.
- SANTOS, J. F. C. dos. et al. Wildfires as a major challenge for natural regeneration in Atlantic Forest. **Science of the Total Environment**, v. 650, n. 1, p. 809-821, 2019.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. Biometria florestal: medição, volumetria e gravimetria. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.
- SILVA, C. C. **Impacto ecológico e silvicultural do uso e colheita de eucalipto consorciado com espécies arbóreas nativas para a restauração da Mata Atlântica**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SILVA, O. M. D. C et al. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. **Ciência Florestal**,v. 32,p. 371-394, 2022.
- SOARES-FILHO, B., et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, 344(6182), 363-364. 2014.
- VALERIANO, J. S. Impactos ambientais e socioeconômicos decorrentes do colapso da barragem de Fundão - um estudo de caso. Ouro Preto - MG, 2019.
- VANDERMEER J. The Ecology of Intercropping. New York: Cambridge University Press; 1989.
- WATSON, J. E. M. et al. O valor excepcional dos ecossistemas florestais intactos. **Nat. Ecol. Evol.** v.2 , p.599–610, 2018.
- WU, J. P. et al. O eucalipto exótico deve ser plantado na China subtropical: percepções da diversidade de plantas do sub-bosque em duas cronossequências contrastantes de eucalipto . **Gestão Ambiental** , v.56, p.1244 – 1251, 2015.