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

ROBERT GOMES

CRESCIMENTO DE *Dalbergia nigra* (Vell.) EM RESPOSTA A DIFERENTES MÉTODOS DE PLANTIO COM GEL EM SOLOS DEGRADADOS NA FORMAÇÃO DE SISTEMA SILVIPASTORIL

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2019

ROBERT GOMES

CRESCIMENTO DE *Dalbergia nigra* (Vell.) EM RESPOSTA A DIFERENTES MÉTODOS DE PLANTIO COM GEL EM SOLOS DEGRADADOS NA FORMAÇÃO DE SISTEMA SILVIPASTORIL

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

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2019

ROBERT GOMES

CRESCIMENTO DE *Dalbergia nigra* (Vell.) EM RESPOSTA A DIFERENTES MÉTODOS DE PLANTIO COM GEL EM SOLOS DEGRADADOS NA FORMAÇÃO DE SISTEMA SILVIPASTORIL

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

Aprovada em 12 de julho de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Fabricia Benda de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira
Instituto Federal do Espírito Santo
Coorientador

Eng. Dr. Tiago de Oliveira Godinho
Vale S. A.
Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me acompanhar em todos os momentos e abençoar meus caminhos, minha vida e a vida de todos que amo.

A Nossa Senhora Aparecida por estar sempre a frente, intercedendo por mim junto a seu filho.

Aos meus pais Romildo e Marlene, por serem minhas referências de caráter, honestidade, amor e respeito. Por tudo que já enfrentaram pelo bem de nossa família, por todo o apoio desde o início da minha trajetória até os dias atuais. Por toda a compreensão.

Ao meu irmão Gabriel, que acompanhei desde os primeiros passos e que hoje em dia, acompanha os meus.

A minha namorada Karina, por toda a paciência e compreensão, por sempre estar ao meu lado me apoiando e compartilhando sonhos.

A toda a minha família, que sempre acreditou em mim e me impulsionou a lutar pelas minhas conquistas.

A todos os amigos de longa data, que mesmo que distantes ou afastados, fizeram parte do meu processo de formação e de alguma forma contribuíram para ser quem sou hoje.

Aos amigos que Alegre me presenteou, em especial a Patrick e Wenderson, pelos quase quatro anos de amizade e boa convivência. Aos amigos Ruan, Matheus, Leonardo, Marcello, Jéssica e Marianne por todos os momentos.

A Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade de me tornar alguém por meio da educação. Ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e a todos os Docentes que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira por todo conhecimento compartilhado e oportunidades. A Profa. Dra. Fabricia Benda de Oliveira pelo apoio e orientação na realização deste trabalho. A Tiago Godinho por toda a ajuda e por aceitar o convite de participar da banca.

A todas pessoas que contribuíram para a realização do presente trabalho, desde a coleta de dados em campo até a confecção do mesmo, em especial Gabriel Mancini e Eliel Cordeiro.

A Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa, por meio do edital FAPES/SEAG Nº 06/2015 - PPE AGROPECUÁRIA. Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER pela concessão da área de estudo.

RESUMO

Áreas degradadas são aquelas que perderam sua capacidade de retornar ao estado original, sendo necessárias intervenções como o plantio de espécies arbóreas nativas. Com a crescente degradação de pastagens no Brasil, o sistema silvipastoril (SSP) é uma alternativa para a recuperação destas áreas, com a inserção de elementos arbóreos em pastagens degradadas. Maiores benefícios ao sistema são proporcionados por espécies leguminosas, como o Jacarandá-da-Bahia. Para garantir o sucesso de plantios florestais, tecnologias como o uso de polímeros hidroretentores são utilizadas para melhorar a eficiência do uso da água e aumentar a performance das plantas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi testar o uso do gel, bem como sua forma de aplicação em um sistema silvipastoril com Jacarandá-da-Bahia, implantado em área de pastagem degradada. A área experimental se localiza no distrito de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim/ES. A implantação foi realizada em agosto de 2017, com o plantio de 480 mudas, de acordo com os tratamentos T1: Gel seco; T2: Gel hidratado ao redor do torrão; T3: Gel hidratado misturado a terra; e T4: água. O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições e uma parcela útil de 16 plantas. Foram analisadas as variáveis sobrevivência, altura, diâmetro do coleto, biomassa, análise química foliar e umidade do solo. A sobrevivência não foi influenciada pela aplicação do gel, bem como o crescimento em altura e diâmetro do coleto. O polímero não influenciou o desenvolvimento em biomassa e teor nutricional das folhas, mas sim na distribuição de biomassa. Portanto, o uso do polímero não é recomendado para a espécie nas condições do experimento, necessitando de novas pesquisas relacionadas ao melhoramento genético da espécie e o comportamento do polímero em solos argilosos.

Palavras-chave: Polímero hidrorententor; sistemas agroflorestais; Jacarandá-da-Bahia; pastagem degradada; silvicultura

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS viii
1 INTRODUÇÃO 9
1.1 Objetivos 10
1.2.1 Objetivo geral 10
1.2.2 Objetivos específicos 11
2 REVISÃO DE LITERATURA 12
2.1 Áreas Degradadas 12
2.2 Sistema Silvipastoril (SSP) 13
2.3 *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth 15
2.4 Polímero Hidroretentor 16
3 METODOLOGIA 18
3.1 Localização da área de estudo 18
3.2 Instalação do experimento 19
3.3 Variáveis Analisadas 23
3.3.1 Sobrevivência e mudas secas 23
3.3.2 Altura e Diâmetro do coleto 23
3.3.3 Biomassa, área foliar e análise química foliar 24
3.3.4 Umidade do Solo 25
3.3.5 Morfologia do Sistema Radicular 25
3.4 Análise Estatística 25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1 Sobrevivência e mudas secas 27
4.2 Altura 28
4.3 Diâmetro 30
4.4 Biomassa 32
4.5 Análise química foliar 34
4.6 Umidade do Solo 35
5 CONCLUSÕes 37
6 REFERÊNCIAS 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do experimento: Fazenda experimental do Incaper, Distrito de Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim - ES. 18
Figura 2: Plantio de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, ES, com o uso de hidrogel misturado a cova. 21
Figura 3: Croqui da parcela experimental com 40 plantas e a parcela útil com 16 plantas circuladas em vermelho, com mudas de Jacarandá-da-Bahia, no plantio em sistema silvipastoril, na Fazenda Experimental do Incaper, distrito de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim. 22
Figura 4: Medição de diâmetro do coleto com o auxílio de um paquímetro digital em Pacotuba, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, ES. 24
Figura 5: Sobrevivência e desvio padrão (%) de plantas de Jacarandá-da-Bahia aos 672 dias em campo, em função dos tratamentos com gel e água. 27
Figura 6: Regime pluviométrico do ano de 2017 na Fazenda Experimental do INCAPER, distrito de Pacotuba em C. de Itapemirim. 28
Figura 7: Modelo de crescimento em Altura (Y) em função do Tempo (X), para os diferentes tratamentos com aplicação de gel e água, na implantação de sistema silvipastoril com Jacarandá-da-Bahia. 29
Figura 8: Modelo de crescimento em Diâmetro do Coleto (Y) em função do Tempo (X), para os diferentes tratamentos com aplicação de gel e água, na implantação de sistema silvipastoril com Jacarandá-da-Bahia. 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química do solo da área de implantação do experimento, em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES. 20
Tabela 2: Análise física do solo da área de implantação do experimento, em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES. 20
Tabela 3: Tratamentos utilizados no plantio de Jacarandá-da-Bahia, em sistema silvipastoril, na Fazenda Experimental do Incaper, distrito de Pacotuba em Cachoeiro de Itapemirim – ES..... 21
Tabela 4: Coeficientes e estatística ajustada para o modelo de Weibull de crescimento em altura de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril. 29
Tabela 5: Coeficientes e estatística ajustada para o modelo de Weibull de crescimento em diâmetro do coleto de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril. 31
Tabela 6: Biomassa total e parcial de Jacarandá-da-Bahia sob diferentes tratamentos com gel hidroretentor e água no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES. 33
Tabela 7: Teores de macronutrientes encontrados via análise química foliar para Jacarandá-da-Bahia no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES. 34
Tabela 8: Teores de micronutrientes encontrados via análise química foliar para Jacarandá-da-Bahia no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES. 34
Tabela 9: Umidade Gravimétrica e Umidade Volumétrica em função dos tratamentos com aplicação de hidrogel e água. 36

1 INTRODUÇÃO

Áreas degradadas são caracterizadas principalmente por solos pobres e erodidos, de baixa estabilidade, baixa resiliência e carência de fontes de propágulo para sua regeneração. São áreas que perderam seus atributos originais e sua capacidade de retornar ao estado inicial, sendo necessárias intervenções para favorecer sua recuperação (DE ALMEIDA, 2016).

As alterações causadas por atividades agrícolas, pecuárias e florestais se intensificou com o passar dos anos e ocasionou baixa sustentabilidade nos modelos de produção. A degradação de pastagens no Brasil é reflexo de manejos incorretos na pecuária, levando a ocorrência de solos erodidos, com baixa fertilidade e alto grau de compactação. (BALBINO et al, 2011).

Atendendo a necessidade de diminuir tais impactos, os sistemas agroflorestais conciliam práticas de manejo com a presença de componente arbóreo, espécies agrícolas e/ou animais, possuindo diversidade de espécies, como ocorre em ambientes naturais. As agroflorestas diferem dos sistemas de produção convencional, substituindo práticas de cultivo intensivo e monocultura por uma produção sustentável (EWERT et al., 2016).

Dos modelos propostos pelos sistemas agroflorestais, o sistema Silvipastoril (SSP) é uma alternativa para a recuperação de pastagens degradadas, introduzindo o elemento arbóreo em associação com a pastagem e o componente animal, proporcionando ganhos de produtividade e alternativas de geração de renda (RADOMSKI; RIBASKI, 2009).

Os benefícios do SSP englobam características do solo, como sua agregação, melhor retenção de água e diminuição da erosão, e também melhorias na produção animal, por enriquecer a pastagem via ciclagem de nutrientes, proporcionar conforto térmico para os animais, diminuir o risco de doenças causadas pela exposição solar e favorecer a nutrição e ganho de peso animal pela melhor qualidade de forragem (BROOM, 2017).

Estes benefícios são potencializados pelo uso de espécies arbóreas nativas no sistema, que são condicionadoras da sucessão ecológica e promovem um efeito

catalítico na recuperação, por meio da dispersão de sementes e atração da fauna. Assim promovem alterações microclimáticas e melhoria nas características físico-químicas do solo (DE MORAES et al., 2012). As leguminosas arbóreas, que apresentam grande potencial em SSP devido as suas propriedades forrageiras (SANTOS; SANTOS, 2011).

Uma leguminosa arbórea de grande valor econômico que é promissora em SSP é o Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth), da família Fabaceae-papilionoideae, sendo seu uso recomendado para a recuperação de áreas degradadas e arborização de pastagens (GONÇALVES et al., 2014).

O Jacarandá-da-Bahia é uma espécie com característica sucessional secundária tardia, tolera sombreamento leve a moderado e possui crescimento médio a rápido. Sua madeira é altamente valiosa, sendo utilizada para a confecção de moveis de luxo e instrumentos musicais (CARVALHO, 2003).

Apesar de seu alto valor comercial, a espécie se encontra ameaçada em decorrência do processo de desmatamento da Mata Atlântica, associado as mudanças climáticas globais e a ausência de plantios de enriquecimento. Ocorreram perdas significativas na diversidade genética da espécie, que influenciam na qualidade dos novos plantios (RIBEIRO et al., 2011).

Para se garantir o sucesso de plantios, a implantação de novas tecnologias se faz necessária. O uso do polímero hidroretentor é uma forma de manter a disponibilidade hídrica e evitar perdas e necessidade de replantios (BAGGIO et al., 2009). Estes polímeros foram desenvolvidos para aumentar a capacidade de retenção da água no solo, melhorar a eficiência do uso da água, reduzir a frequência das irrigações e aumentar a performance das plantas (EKEBAFE; OGBEIFUN; OKIEIMEN, 2011).

1.1 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Objetivou-se testar o uso do gel, assim como seu modo de aplicação no plantio em relação a irrigação tradicional, na implantação de um sistema silvipastoril com

o Jacarandá-da-Bahia, no período de estiagem, em área de pastagem degradada, afim de favorecer a sobrevivência e o crescimento inicial desta espécie, como forma de antecipar a entrada dos animais nestas pastagens.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar a resposta de sobrevivência e crescimento em campo sob diversas formas de aplicação do gel e água;
- Obter curvas de crescimento em altura e diâmetro do coleto para cada tratamento, por meio de regressão não-linear em função do tempo;
- Avaliar se alguns dos tratamentos com o uso do gel no solo, tem influência na biomassa e desenvolvimento radicular da espécie;
- Gerar subsídios técnicos para a formação de sistemas silvipastoris com o Jacarandá-da-Bahia, em área de pastagem degradadas, na região sul do Espírito Santo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Áreas Degradadas

A degradação é sinônimo de baixa sustentabilidade na produção, sendo atualmente reflexo dos modelos de cultivo modernos e intensivos, utilizados para atender a alta demanda por alimento. A expansão da fronteira agrícola e o uso de práticas não sustentáveis têm levado ao esgotamento da capacidade de produção destes modelos (BALBINO et al., 2011).

O conceito de área degradada se baseia em um ambiente natural modificado pela ação antrópica, manejos agrícolas inadequados e processos erosivos que alteram seus atributos originais e não são capazes de se regenerar por processos naturais. Portanto é necessária a intervenção humana para acelerar o processo de recuperação (CORRÊA, 2009).

Segundo Oldeman (1992), as principais causas de degradação de solos tropicais são o desmatamento, o pastejo intensivo, as atividades agrícolas em geral, a exploração da vegetação para uso doméstico e as atividades industriais e bioindustriais. Dentre elas, o desmatamento é o principal causador de degradação na América do Sul.

Em levantamento realizado pela fundação SOS Mata Atlântica e INPE (2018), no período de 2016 a 2017 houve queda de 56,8% no desmatamento do bioma Mata Atlântica em comparação ao período de 2015 a 2016. Apesar do bom resultado das campanhas contra o desmatamento nos últimos anos, a floresta ocupa somente 12,4% de sua área original, dando dimensão da área degradada existente no país.

Parte das áreas desmatadas foram em consequência de um sistema extrativista muito comum no Brasil, com o uso intensivo de pastagens de baixo potencial produtivo na pecuária, exaurindo a fertilidade do solo e migrando para novas áreas (PEREIRA et al., 2013). O cultivo de pastagens, apesar de importante para a produção de carne e leite, sofre degradação em cerca de 70% das áreas cultivadas, boa parte em estágio avançado (ZIMMER et al., 2012).

Em levantamento realizado pela Cedagro (2012), a área agrícola degradada no estado do Espírito Santo foi de 393.321,55 hectares,

correspondendo a 8,54% da área total do estado. O uso do solo com maior extensão de área degradada foi atribuído as pastagens, com 238.943 hectares, representando 18,10% da área total de pastagens no estado.

A recuperação de pastagens é necessária devido aos impactos ambientais e sua influência nos atributos químicos, físicos e biológicos do ecossistema, optando por um manejo equilibrado e harmonioso. A adequação do manejo previne a abertura de novas áreas de cultivo, em decorrência do baixo potencial produtivo dos sistemas convencionais (MONTEIRO, 2013).

Uma das alternativas de manejo sustentável de pastagens degradadas é a implantação de sistemas agroflorestais (SAF's). Ela é efetiva pois ocorre a adição e distribuição de matéria orgânica no solo e interação com organismos decompositores, preservação dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e aumento do estoque de nutrientes, promovendo maior ciclagem de nutrientes e melhorando a fertilidade do solo (MAGALHÃES et al., 2013).

2.2 Sistema Silvipastoril (SSP)

Em áreas de pastagens afetadas por práticas de manejo inadequadas, se faz necessário o estudo de diversas variáveis para determinar qual o melhor método para a recuperação ou renovação delas. Levando em consideração fatores como histórico da área, declividade do terreno, condições químicas e físicas do solo, além de indicadores socioeconômicos, como o modelo de produção predominante e o mercado disponível na região (ZIMMER et al., 2012).

Como alternativa para atender o mercado de forma a dar condições que promovam desenvolvimento social, ambiental, cultural e econômico, os sistemas agroflorestais atendem todas essas necessidades, de forma sustentável, obedecendo a dinâmica natural dos ecossistemas e oferecendo possibilidade de produção a longo prazo, favorecendo a substituição de sistemas convencionais (EWERT et al., 2016).

Dentre os sistemas agroflorestais recomendados para a recuperação de pastagens degradadas e geração de benefícios, destaca-se o sistema silvipastoril (SSP), em que os elementos que compõe o uso da terra são árvores ou arbustos, atividade pecuária e pastagem, produzindo simultaneamente em

uma mesma unidade de área. A definição do arranjo desse sistema considera características de seus componentes e objetivo da produção (NAIR, 1993).

Segundo Sharrow, Brauer e Clason (2009), a composição do sistema silvipastoril deve considerar quatro princípios básicos para garantir seu sucesso, devendo ser biologicamente viável, respeitando as necessidades individuais de cada espécie envolvida; ecologicamente sustentável, respeitando as interações entre as espécies; socialmente aceitável, por meio de políticas públicas e quebra de paradigmas da produção florestal; e economicamente viável, mantendo produção e lucratividade.

Para que estes princípios biológicos, ecológicos, sociais e econômicos sejam atendidos, deve-se definir os objetivos do plantio e as exigências regionais, compatibilizando a escolha da espécie adequada com os retornos esperados. Utilizando a espécie adequada, a arborização de pastagem pode aumentar rendimentos e melhorar as condições para os animais (MELOTTO et al., 2009).

As melhorias proporcionadas pelo sistema são provenientes da introdução de componentes arbóreos, que provocam alterações no microclima e na taxa de evapotranspiração, aumentando a umidade do solo. O sistema ainda proporciona melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, melhorando a infiltração de água e a dinâmica de ciclagem de nutrientes (BERNARDINO; GARCIA, 2009).

Como forma de potencializar a ciclagem de nutrientes, as espécies leguminosas arbóreas nativas se destacam, pois fixam mais nitrogênio, aumentando a disponibilidade de nutrientes e os fornecem para a pastagem. Estas espécies proporcionam maior estabilidade aos sistemas de produção, pelo aumento da diversidade e compatibilidade com o ecossistema natural (RADOMSKI; RIBASKI, 2009).

A composição de um sistema estável com o fornecimento de nutrientes ao solo implica diretamente na qualidade da forragem, que favorece a produção animal, seja para o gado de corte ou para a produção de leite. Além de benefícios nutritivos, as espécies arbóreas promovem maior conforto térmico no sub-bosque para os animais, ou seja, melhorias no bem-estar animal, pela oferta de sombra, redução na temperatura e umidade (ALVES, 2012).

2.3 *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth

O Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth) é uma espécie nativa da Mata Atlântica, característica da fitofisionomia Floresta Ombrófila Densa Submontana, podendo ocorrer também em Floresta Estacional Semidecidual. Ocorre desde a Bahia até São Paulo, principalmente em encostas com boa drenagem, tanto no interior de matas primárias como em formações secundárias. Possui alturas entre 15 e 25 m e diâmetro na altura do peito entre 15 e 45cm. Espécie perenifólia a semi-caducifólia, característica de secundária tardia. Produz grande quantidade de sementes, tendo floração entre setembro e novembro e frutificação entre agosto e setembro (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003).

Sua madeira tem sido comercializada há mais de 300 anos, sendo considerada uma das madeiras mais valiosas do mundo. Sua utilização mais comum é para a fabricação de moveis de luxo e também para fabricação de instrumentos musicais e caixas de pianos. Pode também ser utilizada para fins menos nobres como revestimentos, peças torneadas e construção civil (CARVALHO, 2003).

Segundo De Carvalho (1997), a espécie se tornou extremamente rara em seu habitat natural em decorrência da grande exploração do bioma Mata Atlântica. Apesar de sua capacidade de regeneração, poucos indivíduos são encontrados em estado adulto, o que levou ao seu cultivo em áreas urbanas, estações experimentais e áreas de recuperação.

Em plantios, segundo Rolim e Piotto (2018), o crescimento retilíneo é afetado pela exposição a pleno sol, porém há decréscimo no crescimento em áreas sombreadas. Os mesmos autores apresentam dados de crescimento em consorcio com *Paratecoma peroba* e *Zeyheria tuberculosa*, no espaçamento 1,5 x 1,5 m e desbastes irregulares. Foi observado tendência ao crescimento até os 35 anos, com volume estimado de 248 $m^3.ha^{-1}$ para 438 árvores.ha^{-1}, diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 30,5 cm e altura do fuste de 11,3 m.

Em estudo realizado por Pacheco et al. (2013), o Jacarandá-da-Bahia se mostrou tolerante a baixas condições de luminosidade, desempenhando crescimento em altura e diâmetro do coleto mais satisfatórios em condição de

sombreamento, bem como aumento em sua área foliar, decorrente da demanda de luminosidade necessária para a fotossíntese. A espécie se aproxima de características de secundária tardia à clímax, apesar de apresentar crescimento rápido.

2.4 Polímero Hidroretentor

Em plantios florestais nem sempre é possível proceder com irrigações pois esta atividade é onerosa e demanda mão-de-obra. Este fato torna indispensável o estudo de técnicas para otimização da disponibilidade hídrica, principalmente nas fases iniciais do povoamento (DRANSKI et al., 2013). Os polímeros hidroretentores vêm sendo utilizados desde a década de 60, como condicionantes das propriedades físicas e químicas do solo e principalmente para o aumento da disponibilidade hídrica no desenvolvimento de culturas agrícolas e florestais, reduzindo a necessidade de irrigação (SAAD; LOPES; SANTOS, 2009).

Segundo Navroski et al. (2016) os polímeros conhecidos como hidrogéis, podem ser compostos tanto por fontes naturais como o amido, quanto por meios sintéticos a partir do petróleo, tendo como principal característica sua expansão e armazenamento na presença de água. Ekebafe, Ogbeifun e Okieimen (2011) os definem como cadeias cruzadas de polímeros hidrofílicos, que absorvem água e crescem várias vezes em relação ao seu tamanho e peso.

Com o aumento da retenção de água no solo, o gel pode prevenir sintomas de déficit hídrico e favorecer a sobrevivência de plantas em plantios em épocas secas (FELIPPE et al., 2016). Foi verificada diminuição na mortalidade de plantas na cultura de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio utilizando o hidrogel (BUZETTO; BIZON; SEIXAS, 2002) e melhorias nas propriedades físicas e químicas do substrato na produção de mudas com a aplicação do polímero (NAVROSKI et al., 2016).

Em estudo realizado para 11 espécies arbóreas nativas do Cerrado, Monteiro et al. (2016) não verificaram efeito significativo do polímero no crescimento inicial e sobrevivência em campo, e afirma que o hidrogel não tem um comportamento definido quanto sua influência no crescimento da planta,

podendo ou não influenciar na altura e diâmetro do coleto. Mews et al. (2015) constatou influência positiva do uso do gel no crescimento de *Handroanthus ochraceus,* em casa de vegetação e em associação com fertilização nitrogenada.

Segundo Navroski et al. (2016), apesar de todas as características e benefícios do polímero, são necessários estudos para caracterizar seu comportamento no solo e nas plantas, a forma de aplicação e as doses recomendadas. O custo elevado do gel é um dos principais empecilhos para sua ampla utilização, portanto, a experimentação é necessária para evitar gastos adicionais sem respostas de produção expressivas.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper, no distrito de Pacotuba, no município de Cachoeiro de Itapemirim, ES. Localiza-se nas coordenadas geográficas de Latitude 20º44’49,66”S e Longitude 41º17’5,80”W, a 100 m de altitude (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo “Cwa”, sendo caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso (ALVARES et al., 2013).

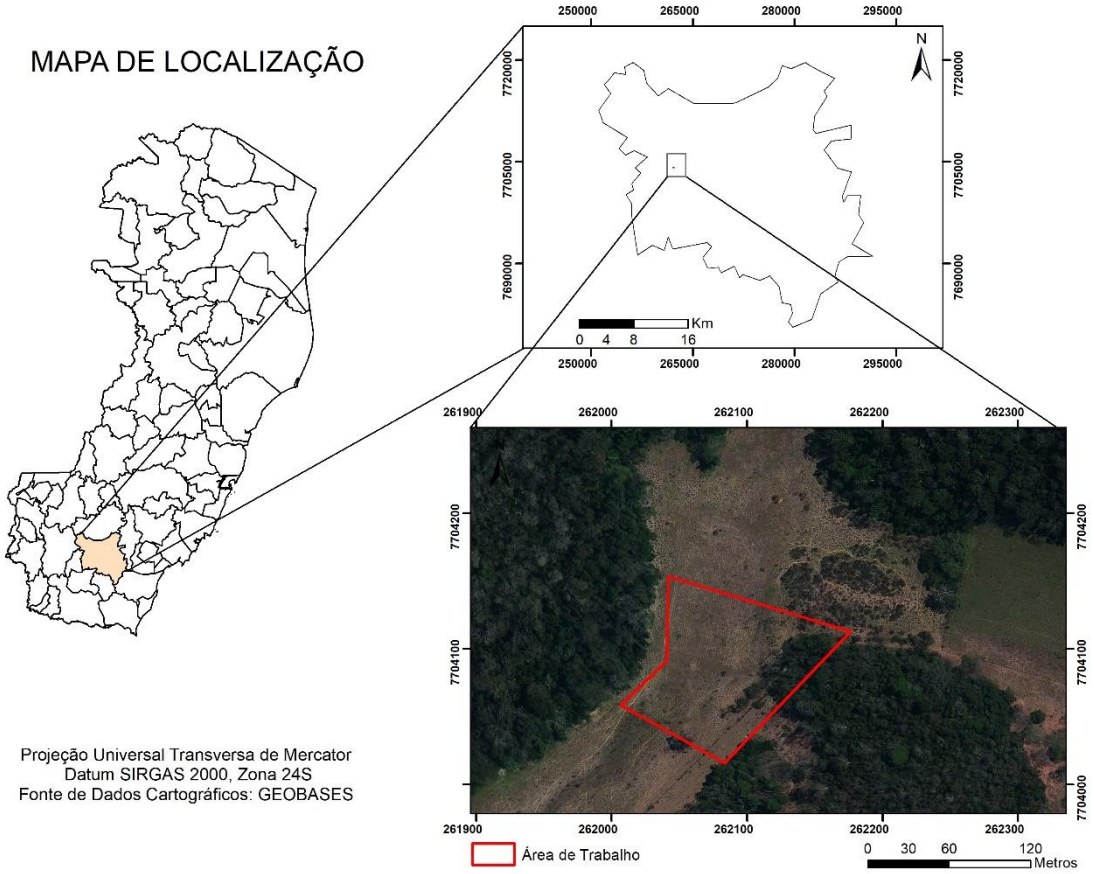

Figura 1: Localização do experimento: Fazenda experimental do Incaper, Distrito de Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim - ES.

A área experimental é localizada próxima a Floresta Nacional de Pacotuba e da Reserva particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó, que juntas somam uma área de 968 hectares, correspondendo ao segundo maior remanescente florestal na Bacia do Rio Itapemirim. Ainda assim a região necessita de estudos para a conservação da biodiversidade, pois pouco se conhece sobre sua fauna e flora.

Com o objetivo de preencher essas necessidades, em ambas as Unidades de Conservação estudos estão sendo realizados, como por exemplo, os trabalhos de fitossociologia (ABREU et al., 2013; ARCHANJO et al., 2012) de ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2013; GODINHO et al., 2013a; GODINHO et al., 2014) e fertilidade do solo (GODINHO et al., 2013b), tais trabalhos são de extrema importância, pois servirão de referência para comparações futuras sobre a progressão dos atributos ecológicos do Sistema Silvipastoril implantado. A escolha da espécie Jacarandá-da-Bahia para implantação do sistema foi realizada a partir de trabalhos fitossociológicos realizados na região, sendo escolhida a espécie ocorrente no entorno e com potencial para utilização nestes sistemas.

3.2 Instalação do experimento

A implantação do experimento foi realizada no período de estiagem em agosto de 2017, com o plantio de 480 mudas de Jacarandá-da-Bahia adquiridas do Kaki Mudas, empresa de floricultura e mudas de espécies nativas localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. Priorizou-se as mudas mais vigorosas, com no mínimo 2 mm de diâmetro do coleto e 30 cm de altura.

Foram realizadas coletas das amostras de solo de forma sistemática em toda a área com o auxílio de um trado do tipo sonda, nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm. As amostras foram enviadas para o laboratório de solos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM-UFES), para análise química e física do solo (Tabela 1 e 2), afim de se obter um diagnóstico sobre a fertilidade do solo e caso necessário, aplicar correções.

Tabela 1: Análise química do solo da área de implantação do experimento, em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES.

PF	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	CTC(t)	S.B	C	V	n
cm	H2O	Mg/dm^3		Cmol/dm^3							g/kg	%	
0-20	5,3	1,0	29,0	2,2	0,8	0,4	3,7	15,2	6,8	3,1	8,8	45,6	11,4
20-40	5,4	1,0	16,0	1,9	0,6	0,7	2,5	7,4	5,1	2,6	4,3	50,7	21,4

Legenda: PF: profundidade; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; S.B: Soma de Bases; V: Índice de Saturação de Bases; n: Índice de Saturação de Alumínio. Métodos de extração: pH: Água Relação 1:2,5; S: Fosfato monocálcio em ácido acético; P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl-1mol/L; H+Al: Acetato de Cálcio-0,5mol/L-pH7,0; P-rem: Solução de equilíbrio 60 mg/L P; M.O.: walklcy-black; B: água quente.

Tabela 2: Análise física do solo da área de implantação do experimento, em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES.

Profundidade	Argila	Silte	Areia
cm		%	
0-20	52	23	25
20-40	55	21	24

Método: Pipeta

Inicialmente foi realizada a roçada do local com o uso de roçadeira acoplado ao trator, visando a retriada de espécies invasoras existentes. O preparo do solo foi do tipo mecanizado, realizando a aração e gradagem na área total do experimento, com o objetivo de romper as camadas superficial e subsuperficial do solo, que se encontravam compactadas pela sua utilização anterior, como pastagem. Posteriormente foi realizada a subsolagem nas linhas de plantio, distantes 6 metros entre si, compondo o espaçamento 6 x 2 m.

A adubação base do experimento seguiu as recomendações de Gonçalves (1995) aplicando-se: 50 g de uréia, 40 g de P_2O_5, 50 g de KCl, 1 g de B, 1 g de Zn, 0,5 g de Cu e 0,1 g de Mo por planta. O fósforo, nitrogênio e os micronutrientes foram aplicados em covas laterais à cova de plantio e o cloreto de potássio em cobertura.

Foram testados quatro tratamentos relacionados a forma de aplicação do polímero hidroretentor, conforme a Tabela 3. Sendo realizadas quatro irrigações de salvamento das mudas, uma pós plantio nos tratamentos com água e gel

seco; e as demais irrigações em todos os tratamentos que foram realizadas no sétimo, décimo quarto e vigésimo nono dia; e uma após o plantio, já que neste período não ocorreram chuvas e as mudas estavam murchando, podendo ocorrer a perda do experimento.

Tabela 3: Tratamentos utilizados no plantio de Jacarandá-da-Bahia, em sistema silvipastoril, na Fazenda Experimental do Incaper, distrito de Pacotuba em Cachoeiro de Itapemirim – ES.

Identificação	Tratamentos
T1	Gel seco
T2	Gel hidratado ao redor do torrão
T3	Gel hidratado misturado a terra
T4	Água

O plantio ocorreu de forma manual, após a marcação das covas na linha de plantio, com o auxílio de um enxadão. As mudas foram distribuídas pela área conforme o andamento do plantio, para evitar secamento. O gel foi aplicado diretamente na cova, obedecendo os tratamentos acima citados. Observa-se na Figura 2 o plantio sendo realizado.

Figura 2: Plantio de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, ES, com o uso de hidrogel misturado a cova.

O delineamento experimental foi em blocos casualisados, com três repetições, sendo a parcela de quatro linhas com dez árvores cada, totalizando 40 árvores por parcela, e uma parcela útil de 16 plantas conforme o Croqui da Figura 3. O plantio foi realizado no sentido Leste-Oeste de acordo com o que mostra o esquema a seguir.

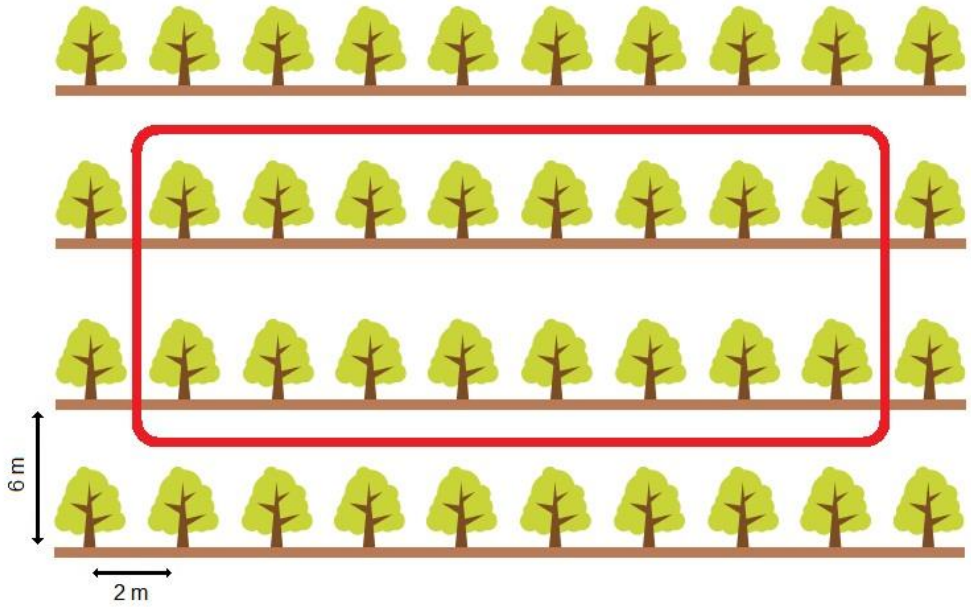

Figura 3: Croqui da parcela experimental com 40 plantas e a parcela útil com 16 plantas circuladas em vermelho, com mudas de Jacarandá-da-Bahia, no plantio em sistema silvipastoril, na Fazenda Experimental do Incaper, distrito de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim.

O controle das formigas foi feito com formicida em forma de iscas granuladas, na dosagem de 10 g m^2, se iniciou 60 dias antecedentes ao plantio e se estendeu durante todo o período de crescimento, ocorrendo rondas periódicas para monitorar a ocorrência de formigas. Foram realizadas três capinas manuais na linha de plantio no período de 180 dias iniciais e roçada mecânica na entre linhas para permitir a regeneração da braquiária do banco de sementes do solo, para formação do sistema silvipastoril.

3.3 Variáveis Analisadas

3.3.1 Sobrevivência e mudas secas

Aos 61 dias após o plantio, o primeiro inventário contabilizou apenas as mudas verdes ou túrgidas, gerando informação sobre a quantidade de mudas secas devido ao estresse hídrico. Aos 93 dias foi feita a confirmação, para saber se houve rebrota ou de fato morte dos indivíduos.

O monitoramento da mortalidade se estendeu aos demais inventários e ao final das avaliações aos 672 dias a taxa de sobrevivência foi calculada para cada tratamento, conforme a equação 1:

$$S\ (\%) = \frac{Tf}{Ti} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

S = Taxa de sobrevivência (%)

Tf = Total de indivíduos ao final das avaliações

Ti = Total de indivíduos ao início das avaliações

3.3.2 Altura e Diâmetro do coleto

As mudas foram avaliadas com relação à altura, com medidas desde o nível do solo até o ápice, utilizando-se uma trena e quando necessário uma vara graduada, com a finalidade de, ao final do experimento, calcular o incremento na altura em função dos tratamentos. Esta avaliação foi realizada no período de 61, 93, 126, 184, 247, 329, 490 e 672 dias. Também foi realizada a medição do diâmetro do coleto utilizando o paquímetro digital, conforme a Figura 4.

Figura 4: Medição de diâmetro do coleto com o auxílio de um paquímetro digital em Pacotuba, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, ES.

3.3.3 Biomassa, área foliar e análise química foliar

A coleta de biomassa foi realizada em campo, aos 210 dias após o plantio, com o auxílio de uma serra para a retirada da parte aérea, que foi separada em folhas (folíolos), galhos e caule. O sistema radicular também foi extraído para quantificação da biomassa radicular. O material foi acondicionado em caixa térmica e levado para análise no laboratório de Florestas do IFES – *campus* Ibatiba. As folhas foram enviadas para laboratório particular, para determinação dos teores de macro e micronutrientes.

O método de amostragem foi de forma sistemática, utilizando a terceira muda da primeira linha de cada parcela, fora da parcela útil. Caso a planta apresentasse quaisquer sintomas ou anormalidades, ela era substituída pela muda subsequente. O motivo de utilizar plantas da bordadura da parcela é não interferir na mortalidade e no inventário realizado na parcela útil, sabendo que aos 210 dias, o plantio ainda não apresenta efeitos de borda elevados.

Foram então realizadas as medições de área foliar, com o auxílio do equipamento scanner modelo CI 202 *Laser Area Meter*. Após as medições, todo o material foi colocado separadamente em envelopes de papel e submetidos a

secagem em uma estufa de ventilação forçada, a 80ºC para a quantificação de biomassa seca.

3.3.4 Umidade do Solo

A umidade do solo foi calculada seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). As amostra do solo foram coletadas a 10 cm de distância do coleto da muda aos 97 dias após o plantio, com ajuda de um trado tipo sonda, retirando amostras até 20 cm de profundidade, embalada e levada até o laboratório de análises do IFES – *campus* Ibatiba, onde foram feitas as pesagens do material úmido, que logo após foram transferidas para uma estufa a 110ºC durante 24 horas. A amostra foi retirada e colocada no dessecador para esfriar e efetuar nova pesagem.

3.3.5 Morfologia do Sistema Radicular

Após a retirada da parte aérea e separação de seus componentes para a quantificação de biomassa aos 97 dias, foi feita a extração do sistema radicular da planta. Com o auxílio de ferramentas como o enxadão e a pá. Foram feitos cortes no solo, em um raio de aproximadamente 20 cm da planta, para não danificar as raízes. A prioridade na extração da raiz foi do eixo principal (pivotante) e as raízes secundárias. As covas foram escavadas em profundidade de até 40cm.

3.4 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, com o auxílio do *software* Action Stat 3. Quando tinham padrão de distribuição normal, foram processados pelo *software* SISVAR, realizando a análise de variância (ANOVA) a 10% de significância. Caso existisse a diferença estatística significativa as médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 10% de probabilidade. A taxa de 10% de probabilidade foi escolhida devido a alta diversidade genética, pois as mudas são de origem seminal, portanto taxas menores não permitem a visualização dos efeitos dos tratamentos estudados.

Foram ajustadas regressões não lineares para representar o crescimento em altura e diâmetro do coleto ao longo do tempo. Com o auxílio do *software*

Curve Expert, o modelo de regressão de Weibull (Equação 2) foi escolhido por ser representativo para ambas as variáveis. O modelo é representado pela equação 1:

$$Yi= \beta_0 - \beta_1 e^{-\beta_2 x^{\beta_3}} + \varepsilon \quad (2)$$

Em que:

i= iésimo tratamento;

Y= Altura ou diâmetro do coleto estimado;

x= Dias de plantio;

β= Parâmetros do modelo;

ε= Erro da estimativa.

Para avaliarmos a qualidade dos modelos ajustados, foram calculados o erro padrão residual (Equação 3 e 4) e coeficiente de determinação ajustado (Equação 5), conforme proposto por Terra, Andrade e Freitas (2018):

$$syx = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(ai-bi)^2}}{n-p} \quad (3)$$

$$syx(\%)= \left(\frac{syx}{c}\right) 100 \quad (4)$$

$$R^2aj= 1- \left(\frac{n-1}{n-p}\right)\left(\frac{SQ\ R}{SQ\ T}\right) \quad (5)$$

Em que:

i = iésima medição

syx = erro padrão residual (m, cm e %),

R²aj = coeficiente de determinação ajustado,

a = altura ou diâmetro real (m ou cm),

b = altura ou diâmetro estimado (m ou cm),

n = número de dados utilizados,

P = número de coeficientes estimados do modelo,

c = volume ou diâmetro real médio (m ou cm),

SQR = soma de quadrados dos resíduos,

SQT = soma de quadrados totais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sobrevivência e mudas secas

Os dados de sobrevivência aos 672 dias em campo estão apresentados na Figura 5. Não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que apenas o Tratamento 3 apresentou sobrevivência de 100% das mudas, com o uso do gel hidroretentor hidratado misturado à cova.

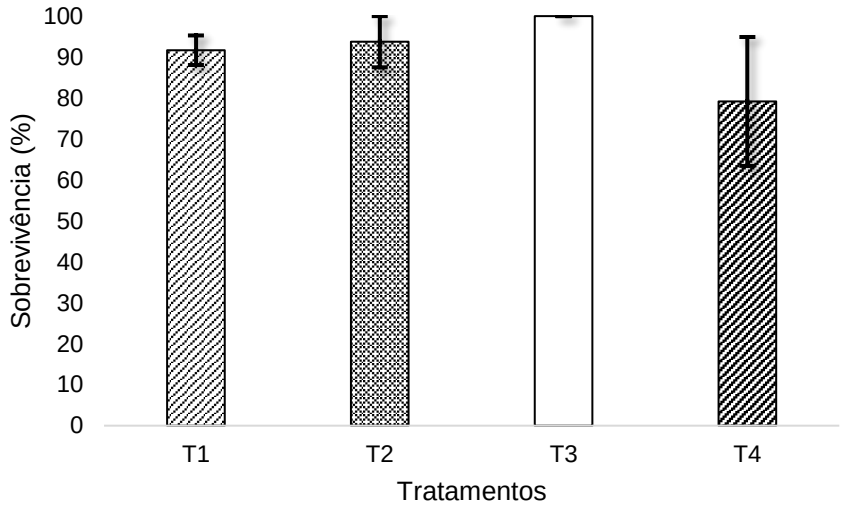

Figura 5: Sobrevivência e desvio padrão (%) de plantas de Jacarandá-da-Bahia aos 672 dias em campo, em função dos tratamentos com gel e água.

A ausência de diferença pode estar relacionada ao alto desvio padrão para o tratamento 4, proveniente de uma das repetições onde a mortalidade observada foi elevada, podendo ou não ter sido causada por adversidades. Segundo Marques, Cripa e Martinez (2013), o sistema radicular tem grande importância no período inicial de plantios, para que a planta seja capaz de suprir a demanda hídrica da planta, evitando que as condições adversas comprometam a sobrevivência.

Para a espécie *Eucalyptus grandis* em viveiro, Saad, Lopes e Santos (2009) não encontraram efeito significativo para a sobrevivência com o uso do gel. Porém, a mortalidade foi influenciada pela classe textural do solo, sendo maior em solo de textura argilosa, assim como o solo do presente estudo.

Observa-se na Figura 6 os dados de pluviosidade no ano de 2017, onde pode-se perceber que em setembro, mês subsequente ao plantio, não houve precipitação na região. A fase inicial do plantio demanda maior disponibilidade hídrica e o objetivo do gel é aumentar esta capacidade, portanto era esperado que houvesse menor mortalidade na presença do polímero.

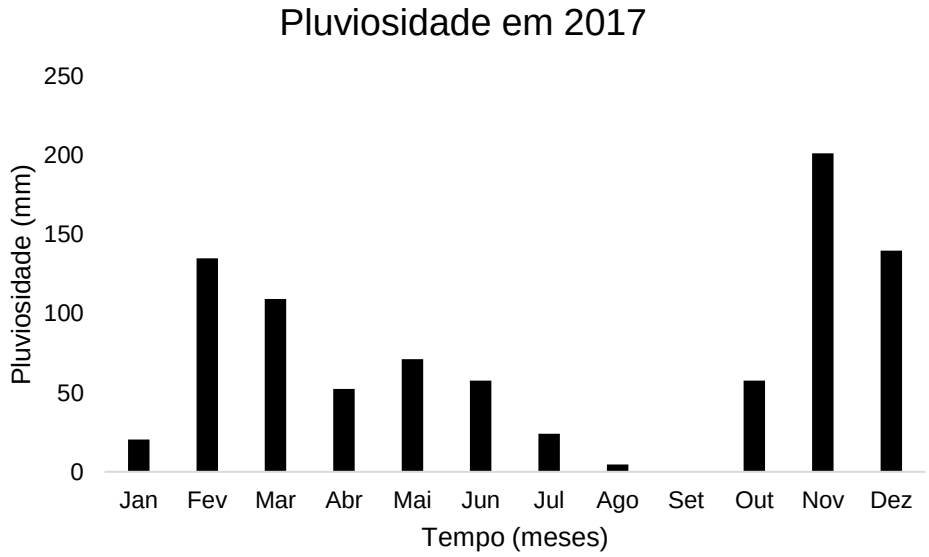

Figura 6: Regime pluviométrico do ano de 2017 na Fazenda Experimental do INCAPER, distrito de Pacotuba em C. de Itapemirim.

Fonte: Adaptado de INCAPER (2019).

Como a implantação foi realizada em período de estiagem, pode-se entender que, apesar das irrigações de salvamento, a capacidade de retenção de água do solo não foi grandemente afetada pelo uso do polímero, principalmente tratando-se de um solo com textura argilosa. Na ausência de umidade, como ocorreu no mês de setembro, subsequente ao plantio, o gel não desempenha sua função de retenção.

4.2 Altura

Após o ajuste do modelo de regressão, foram calculadas as estatísticas de confiança do modelo para o crescimento em altura. Na tabela 4 estão apresentados os coeficientes e as estimativas de precisão para o modelo de Weibull.

Tabela 4: Coeficientes e estatística ajustada para o modelo de Weibull de crescimento em altura de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril.

Tratamentos	Coeficientes				S_{yx}(%)	$R^2_{Ajustado}$
	β0	β1	β2	β3		
T1	4,162488*	3,880290*	0,0000006 ns	2,400013*	0,2872	0,9991
T2	3,869736*	3,664465*	0,0000047 ns	2,079865*	2,6568	0,9911
T3	4,138369*	3,771201*	0,0000006 ns	2,403864*	0,0108	0,9931
T4	4,185534*	3,871110*	0,0000003ns	2,502253*	0,0844	0,9997

* Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. ns Não significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. R^2: Coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão residual.

Com excessão do coeficiente β2, todos os demais coeficientes foram significativos, pelo teste t a 5% de probabilidade. Observa-se nas estatísticas de confiança um erro padrão residual baixo, o que comprova que a regressão ajustada estima valores bem próximos dos valores observados. O coeficiente de determinação ajustado é alto, confirmando a boa qualidade de ajuste.

A curva de crescimento em altura (Figura 7) foi estimada até os 850 dias após o plantio, onde as alturas estimadas variaram de 3,85 m a 4,18 m, para os tratamentos 2 e 4, respectivamente. Portanto as mudas de *Dalbergia nigra* em campo não sofrem efeito do uso do polímero no crescimento em altura, pois o tratamento com ausência do produto foi superior aos demais.

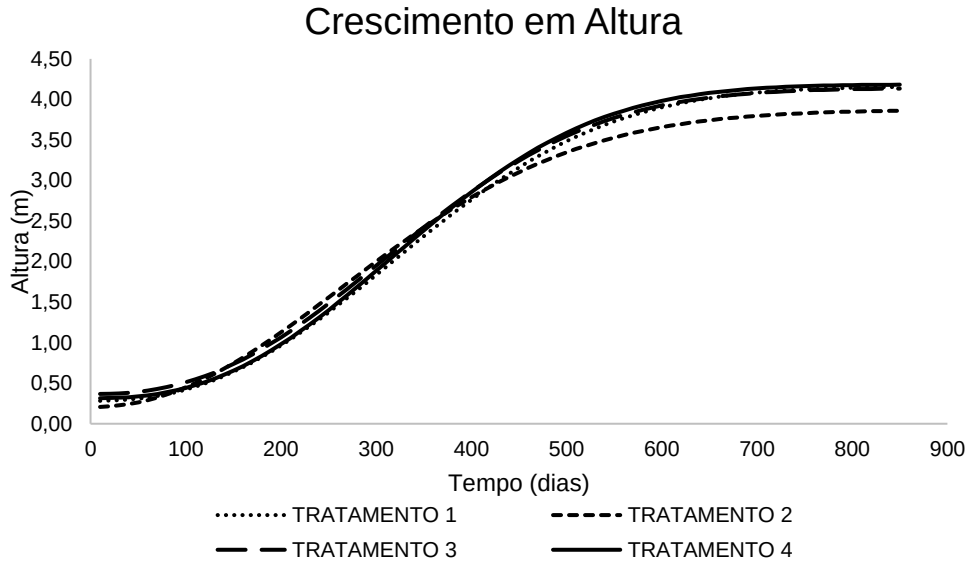

Figura 7: Modelo de crescimento em Altura (Y) em função do Tempo (X), para os diferentes tratamentos com aplicação de gel e água, na implantação de sistema silvipastoril com Jacarandá-da-Bahia.

Dentre os tratamentos, apenas o tratamento 2, com o gel hidratado ao redor do torrão, teve menor tendência ao crescimento estimado, além de maior erro padrão residual. Portanto, dentre os métodos de aplicação estudados, este obteve o pior desempenho no crescimento em altura.

Para espécies exóticas, como *Eucalyptus dunnii*, Navroski et al. (2015) observaram ganhos significativos no crescimento em altura de mudas em condições de viveiro, com a utilização de hidrogel em comparação a ausência do polímero, bem como crescimento quadrático em resposta as doses utilizadas.

Já para a espécie *Dalbergia miscolobium*, Monteiro (2014) observou incremento relativo em altura maior para tratamentos com ausência do polímero hidroretentor (700%) em relação ao tratamento com uso de 400 ml de gel hidratado na cova (233%), em solo arenoso degradado. O resultado pode ter sido influenciado pela fertilidade do solo, que não favoreceu o desenvolvimento da espécie.

Em estudo realizado por Cruz et al. (2018), utilizando fertilizantes de liberação controlada associados ao hidrogel, na produção de mudas de *Dalbergia nigra*, não foi observado influência no crescimento em altura na presença do polímero. Nota-se que para espécies nativas em geral, os estudos não encontram influência clara do hidrogel no crescimento.

No presente estudo, não foi verificado efeito no crescimento para essa variável, apresentando tendências ao crescimento estimado similares para todos os tratamentos, até mesmo na ausência do gel. Tal fator pode estar atrelado ao fato de que as mudas utilizadas são de origem seminal, havendo influência do material genético no crescimento da espécie. Outro fato que pode ter influenciado os resultados é a mortalidade nas parcelas sem uso do polímero, que pode ter afetado positivamente a altura média do tratamento.

4.3 Diâmetro

Após o ajuste do modelo de regressão de Weibull, foram calculados os coeficientes da regressão ajustados para os dados de diâmetro do coleto, bem como as estatísticas de confiança para cada modelo, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Coeficientes e estatística ajustada para o modelo de Weibull de crescimento em diâmetro do coleto de Jacarandá-da-Bahia em sistema silvipastoril.

Tratamento	Coeficientes				S_{yx}(%)	$R^2_{Ajustado}$
	β0	β1	β2	β3		
T1	6,452036*	5,913234*	0,0000001^{ns}	2,591529*	0,1200	0,9997
T2	6,085894*	5,496745*	0,0000004^{ns}	2,444997*	0,0505	0,9999
T3	7,331979*	6,875543*	0,0000060^{ns}	1,929724*	0,0005	0,9997
T4	7,421099*	6,910131*	0,0000011^{ns}	2,192374*	0,0252	0,9999

* Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade. R^2: Coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão residual.

Dentre os coeficientes estimados, apenas o coeficiente β2 foi não significativo, pelo teste t, a 5% de probabilidade. Quanto as estatísticas de confiança da regressão, o erro padrão residual foi baixo e o coeficiente de determinação ajustado alto para todos os tratamentos, indicando boa qualidade do ajuste.

Na Figura 8 estão apresentados os dados estimados via regressão para o crescimento em diâmetro do coleto até os 850 dias. Os diâmetros variam de 6,05 cm a 6,99 cm, para os tratamentos 2 e 4, respectivamente. Assim como para o crescimento em altura, o crescimento em diâmetro do coleto não teve resposta quanto ao uso do polímero hidroretentor.

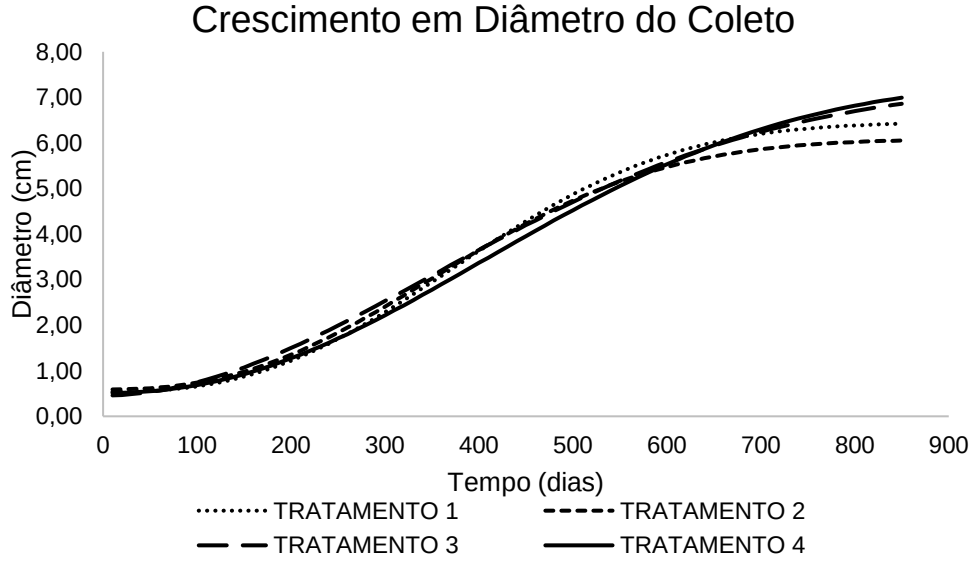

Figura 8: Modelo de crescimento em Diâmetro do Coleto (Y) em função do Tempo (X), para os diferentes tratamentos com aplicação de gel e água, na implantação de sistema silvipastoril com Jacarandá-da-Bahia.

Observando as curvas de crescimento, é possível constatar que o tratamento 2, com aplicação de gel hidratado ao redor do torrão, teve a menor tendência ao crescimento estimado, assim como para o tratamento 3, com gel misturado a cova.

Tratando-se de espécies exóticas, o gel propicia aumento no crescimento em diâmetro, como observado por Navroski et al. (2015), com efeitos significativos da aplicação do hidrogel no crescimento em diâmetro para *Eucalyptus dunnii*, que, porém, em doses elevadas, há tendência a diminuição das médias.

Já para a espécie nativa *Dalbergia miscolobium*, Monteiro (2014) constatou incremento relativo maior (142,9%) para o tratamento sem aplicação de gel em relação ao tratamento com aplicação de 400 ml de gel na cova (100%), após cerca de dois anos de plantio, em solo arenoso degradado.

Assim como no desenvolvimento em altura, para a produção de mudas de *Dalbergia nigra* associando fertilizantes de liberação controlada com hidrogeis, Cruz et al. (2018) também não encontrou crescimento significativo em diâmetro do coleto para a espécie.

A maior tendência ao crescimento estimado em diâmetro do coleto foi atribuída ao tratamento 4, na ausência do polímero hidroretentor, indicando que para as condições testadas no experimento, o gel não influenciou o crescimento em diâmetro do coleto. A variabilidade genética e as condições de solo podem ter influenciado no resultado do experimento, bem como a taxa de mortalidade para este tratamento.

4.4 Biomassa

Estão representados na Tabela 6 os dados referentes a quantificação da biomassa e área foliar realizada aos 184 dias após o plantio. Destas, apenas a relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raízes teve diferença.

Tabela 6: Biomassa total e parcial de Jacarandá-da-Bahia sob diferentes tratamentos com gel hidroretentor e água no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES.

Tratamentos	Massa seca (g)				
	MSR^{ns}	MSPA^{ns}	MST^{ns}	MSPA/MSR*	Área Foliar^{ns}
T1	22,495	48,360	70,856	2,148 ab	2289,24
T2	17,757	47,249	65,006	2,672 ab	3005,81
T3	15,136	22,696	37,832	1,478 b	2148,75
T4	14,383	41,399	55,782	3,011 a	2392,41

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. **Ns** Não significativo pelo teste F a 10% de probabilidade. MSR: massa seca das raízes; MSPA: massa seca da parte aérea; MST: massa seca total e MSPA/MSR: relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raízes.

São frequentes os estudos avaliando o efeito da adubação mineral e corretivos agrícolas no crescimento e biomassa de espécies florestais e comumente são constatados resultados responsivos aos tratamentos, como Carlos et al. (2018), que observaram no crescimento de Jacarandá-da-Bahia, valores elevados de MSR, MSPA e MST com aplicação de calcário, e crescimento linear em biomassa, em resposta a doses de fósforo.

Assumindo que não há influência da fertilidade nos tratamentos do presente estudo, o uso do polímero hidroretentor poderia estar relacionado ao crescimento em biomassa. Navroski et al. (2015) verificaram para a espécie *Eucalyptus dunnii* aumento de MSPA conforme se aumenta a dose de hidrogel, além de boa resposta em MSR com o uso do polímero, obtendo médias elevadas até mesmo sob doses menores, além de respostas de MST na presença do gel, aumentando de acordo com a dose.

No entanto, para o presente estudo não houve diferença entre os tratamentos (P>0,10) para as variáveis MSPA, MSR e MST. Observa-se que os resultados obtidos por Navroski et al. (2015) foram obtidos em casa de vegetação, com condições controladas de temperatura e umidade. Os resultados do presente estudo expressam condições de campo, além da alta variabilidade genética do plantio, proveniente de mudas de origem seminal.

Avaliando a relação entre MSPA/MSR, houve diferença entre os tratamentos (P<0,10) entre as médias avaliadas, nas quais os tratamentos com o uso do polímero tiveram valores menores, indicando maior equilíbrio na arquitetura das plantas. O tratamento 4, onde não foi aplicado o gel, teve valor

elevado, comprovando que o uso do gel afeta a distribuição de matéria seca entre raiz e parte aérea das plantas.

Segundo Gomes et al. (2013), valores elevados da relação MSPA/MSR são prejudiciais ao crescimento da muda, que pode sofrer tombamento e diminuir a capacidade de absorção radicular. Segundo Dos Reis et al. (2012) o desenvolvimento radicular de mudas é importante para que a planta possa superar adversidades no campo, como falta de nutrientes e água.

4.5 Análise química foliar

Os dados dos teores de macro e micronutrientes são apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente, encontrados nas folhas de Jacarandá-da-Bahia. Conforme observado nas tabelas, não houve diferença entre os tratamentos para os teores nutricionais observados (P>0,10).

Tabela 7: Teores de macronutrientes encontrados via análise química foliar para Jacarandá-da-Bahia no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES.

Tratamentos	N^{ns}	P^{ns}	K^{ns}	Ca^{ns}	Mg^{ns}	S^{ns}
	g/kg					
T1	41,77	1,30	18,63	8,50	4,77	0,67
T2	45,60	2,03	19,30	7,93	4,70	0,80
T3	43,53	1,87	13,40	9,23	5,43	0,77
T4	43,30	1,63	30,87	9,67	5,37	0,70

^{ns} Não significativo, pelo teste F a 10% de probabilidade.

Tabela 8: Teores de micronutrientes encontrados via análise química foliar para Jacarandá-da-Bahia no sistema silvipastoril em Pacotuba, distrito de Cachoeiro do Itapemirim, ES.

Tratamentos	Zn^{ns}	Fe^{ns}	Mn^{ns}	Cu^{ns}	B^{ns}
	mg/kg				
T1	35,33	425,00	142,67	9,67	210,67
T2	27,17	256,67	119,17	10,17	199,93
T3	26,17	293,33	122,33	11,67	198,27
T4	38,33	488,33	77,67	10,83	206,27

^{ns} Não significativo, pelo teste F a 10% de probabilidade.

De acordo com Bernardi et al. (2012) é de se esperar que o uso do polímero desempenhe o papel de reter não só água, como também nutrientes advindos da fertilização, sendo liberados gradualmente para as plantas. A

redução na lixiviação de nutrientes consiste em diminuição na adubação e melhor eficiência de absorção pelas plantas.

Os nutrientes estão presentes em todas as partes das plantas, porém, as folhas são bons indicadores para as alterações na disponibilidade de nutrientes no solo. Os teores podem sofrer alterações em decorrência da umidade do solo, portanto as amostragens não devem ser feitas em períodos chuvosos ou secas. Cada espécie possui um nível adequado de nutriente nas folhas, a partir de níveis pré-estabelecidos na literatura. (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

São escassos os estudos para a espécie em questão, assim como para a maioria das espécies nativas, não havendo nível crítico recomendado para cada nutriente. Carlos et al. (2015) apresenta teores de nutrientes para a parte aérea de mudas de Jacarandá-da-Bahia aos 180 dias, em que alguns nutrientes tiveram valores semelhantes aos observados em condição de tratamento com adubação mineral completa, como o fósforo, cálcio e magnésio. Os teores de nitrogênio e potássio se mostram mais elevados no presente estudo, enquanto o enxofre teve valor inferior ao observado pelo autor supracitado.

Os teores de alguns micronutrientes são similares aos encontrados por Singh e Bhati (2005), para a espécie *Dalbergia sissoo* aos 24 meses, como o zinco e o ferro. Já o teor de cobre da análise se mostra inferior ao observado pelo autor acima, bem como o teor de manganês é superior.

4.6 Umidade do Solo

Os dados referentes a umidade do solo estão apresentados na Tabela 9, os quais não tiveram diferença entre as médias. O objetivo principal do hidrogel é reter umidade no solo por maior período de tempo, disponibilizando-o para a cultura. Os dados foram coletados em período chuvoso, a fim de observar a capacidade de maior retenção do produto.

Tabela 9: Umidade Gravimétrica e Umidade Volumétrica em função dos tratamentos com aplicação de hidrogel e água.

Tratamentos	Umidade Gravimétrica[ns]	Umidade Volumétrica[ns]
	$kg.kg^{-1}$	$m^3.m^{-3}$
T1	0,30372	0,18879
T2	0,31564	0,20233
T3	0,30576	0,23170
T4	0,31355	0,23507

[ns] Não significativo, pelo teste F a 10% de probabilidade.

Porém, alguns fatores podem influenciar a absorção de água pelos polímeros, causando efeitos como o observado para o estudo. Segundo Mendonça, Querido e Souza (2015), solos argilosos, como os do presente estudo, permitem maior retenção de água no solo, até mesmo sem a aplicação do hidrogel, podendo ter resultados similares. Os efeitos da utilização do polímero são mais efetivos para solos arenosos.

Outro fator que pode influenciar a capacidade de hidroretenção dos polímeros é a acidez e a concentração de sais. Para melhor absorção, é desejável uma condição de pH próxima a neutralidade (pH = 7) e baixa concentração salina (BOGARIM, 2014). Ao observar os dados de análise do solo apresentados na Tabela 1, pode-se constatar que estes fatores não se aplicam para o estudo.

A presença de sais e alterações no pH são influenciadas principalmente pela fertilização química. Wang e Gregg (1990) observaram que a retenção de água pelos polímeros hidroretentores diminuiu na presença de fertilizantes e íons de metais, e nem todos tipos de hidrogeis foram capazes de recuperar sua capacidade de retenção. A adubação base do experimento pode ter influenciado a capacidade de retenção do polímero.

5 CONCLUSÕES

A sobrevivência de mudas não foi influenciada pela aplicação do polímero hidroretentor, especialmente pela elevada capacidade de retenção de água do solo argiloso.

Não houve influência do uso do polímero no crescimento em altura e diâmetro do coleto para a espécie, sendo os resultados afetados pela alta variabilidade genética das mudas. O modo de aplicação de gel hidratado ao redor do torrão obteve menor tendência ao crescimento para ambas variáveis analisadas.

O uso do polímero não influenciou o desenvolvimento em biomassa e química foliar, porém alterou a distribuição de biomassa, favorecendo o equilíbrio entre parte aérea e radicular.

Nas condições de solo e variabilidade genética do presente trabalho, não se recomenda a utilização do polímero hidroretentor para a espécie *Dalbergia nigra*. A viabilidade de utilização do produto em plantios com *Dalbergia nigra* em solos argilosos degradados depende de pesquisas principalmente relacionadas ao melhoramento genético da espécie e o comportamento do hidrogel nestes solos.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, K, M,P de; SILVA, G.F. da; SILVA, A.G. da. Análise fitossociológica da Floresta Nacional de Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim, ES – Brasil. **Cerne,** Lavras, v. 19, n. 1, p. 157-168, 2013.

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. **BUNGENSTAB, DJ Sistemas de integração, a produção sustentável**, v. 2, p. 143-154, 2012.

ARCHANJO, K.M.P.A.; SILVA, G.F.; CHICHORRO, J.F.; SOARES, C.P.B. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p.145-160, 2012

BAGGIO, A. J. et al. Relatório sobre experiências na implantação de unidades de referência tecnológica em sistemas agroflorestais, no Projeto Iguatú II. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2009.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 0-0, 2011.

BERNARDI, M.R. et al. Crescimento de mudas de Corymbia citriodora em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, 2012.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 77, 2009.

BOGARIM, E.P. de A. Uso de hidrogel no desenvolvimento de espécies nativas, visando aplicação em áreas degradadas. 2014.

BROOM, D. M. Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 8, p. 683-688, 2017.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de Eucalyptus urophylla em pós-plantio. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Circular Técnico**, n. 195, p. 5, 2002.

CARLOS, L. et al. Growth and mineral nutrition in seedlings of jacarandá-da-bahia subjected to nutrient deprivation. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 107-116, 2014.

CARLOS, L. et al. Liming and Phosphating in Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex Benth. Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, 2018.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 2003.

CEDAGRO. Levantamento de áreas agrícolas degradadas no Estado do Espírito Santo. 2012.

CORRÊA, Rodrigo Studart. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado. **Brasília, DF: Universa**, 2009.

CRUZ, I.A. et al. Produção de mudas de *Dalbergia nigra* com uso combinado de hidrogel e fertilizantes de liberação lenta**. Agrarian Academy**. Goiânia, v. 5, nº 10, p. 161-169, 2018.

DE ALMEIDA, D.S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. SciELO-Editus-Editora da UESC, 2016.

DE CARVALHO, A.M. A synopsis of the genus Dalbergia (Fabaceae: Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v. 49, p. 87-109, 1997.

DE MORAES, L.F.D. et al. Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. **Embrapa Agrobiologia-Livro científico (ALICE)**, 2012.

DOS REIS, B.E. et al. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

DRANSKI, J.A.L. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-manso em função da época de plantio e do uso de hidrogel. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 489-498, 2013.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN, D. E.; OKIEIMEN, F. E. Polymer applications in agriculture. **Biokemistri**, v. 23, n. 2, 2011.

EWERT, M. et al. Sistemas agroflorestais multiestrata e a legislação ambiental brasileira: desafios e soluções. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, 2016.

FELIPPE, Dionéia et al. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de Eucalyptus benthamii submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 215-225, 2016.

GEOBASES. Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do Estado do Espírito Santo. Mapeamento 2012-2015. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapes1215>. Acesso em 15 de julho de 2019.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M.V.W.; CALIMAN, J.P.; PREZOTTI, L.C.; WATZLAWICK, L.F.; AZEVEDO, H.C.A.; ROCHA, J.H.T. Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis (IPEF)**, v. 41, p. 131-144, 2013a.

GODINHO, T. de O**.**; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J. P.; VIEIRA, M. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, v. 1, p. 97-109, 2013b.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P.; TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **CERNE** (UFLA), v. 20, p. 11-20, 2014.

GOMES, D. R. et al. Lodo de esgoto substrato para produção de mudas de Tectona grandis L. **Cerne**, v. 19, n. 1, 2013.

GONÇALVES, E. de O. et al. Growth of Jacaranda-da-Bahia (Dalbergia nigra ((Vell.) Fr. All. ex Benth)) under different levels of NPK. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 493-500, 2014.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Coordenação de Meteorologia, 2019.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum 352p. v. 1, 2008.

MAGALHAES, S.S. de A. et al. Estoque de nutrientes sob diferentes sistemas de uso do solo de Colorado do Oeste-RO. **Acta amazonica**, v. 43, n. 1, p. 63-72, 2013.

MARQUES, P.A.A.; CRIPA, M.A. de M.; MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. 2013.

MELOTTO, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

MENDONÇA,T.G.; QUERIDO, D.C.M.; SOUZA, C.F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.

MEWS, C. L. et al. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 107-116, 2015.

MONTEIRO, M.M. et al. Abordagem multivariada do uso do hidrogel em espécies nativas do cerrado em área degradada. 2016.

MONTEIRO, M.M. Efeito do hidrogel em plantios de mudas nativas do cerrado para recuperação de área degradada pela mineração no Distrito Federal. 2014.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. Springer Science ; Business Media, 1993.

NAVROSKI, M.C. et al. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, v. 41, n. 5, 2016.

NAVROSKI, M.C. et al. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de Eucalyptus dunnii. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

OLDEMAN, L.R. Global extent of soil degradation. In: **Bi-Annual Report 1991-1992/ISRIC**. ISRIC, 1992. p. 19-36.

PACHECO, F. V. et al. Crescimento inicial de Dalbergia nigra (Vell.) Allemão ex. Benth.(Fabaceae) e Chorisia speciosa A. St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, 2013.

PEREIRA, D. N. et al. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, Edição Especial n. 1, p. 49-53, ago. 2013.

PREZOTTI, L.C. ; GUARÇONI, A. M. Guia de interpretações de análise de solo e foliar. 2013.

RADOMSKI, M.I; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2009.

RIBEIRO, R. A. et al. Phylogeography of the endangered rosewood Dalbergia nigra (Fabaceae): insights into the evolutionary history and conservation of the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, v. 106, n. 1, p. 46, 2011.

SAAD, J.C.C; LOPES, Jane L.W.; SANTOS, T.A. dos. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de Eucalyptus urograndis em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, p. 404-411, 2009.

SANTOS, J.C.; SANTOS, F.R. Leguminosas arbustivas–arbóreas em sistema silvipastoril no semi-árido sergipano para alimentação de ovinos. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 7, n. 3, 2011.

SHARROW, S.H. et al. Silvopastoral practices. **North American agroforestry: An integrated science and practice, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison**, p. 105-131, 2009.

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. **Revista de ecologia e nutrição florestal**, v. 1, p. 63-71, 2013.

SINGH, G.; BHATI, M. Growth of Dalbergia sissoo in desert regions of western India using municipal effluent and the subsequent changes in soil and plant chemistry. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 9, p. 1019-1028, 2005.

SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 2016-2017. **São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/INPE**, 2018.

TERRA, D.L.C.V.; DE ANDRADE, V.C.L.; FREITAS, B.C. Identidade de modelos volumétrico e de afilamento para Corymbia citriodora. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 1, p. 269-274, 2018.

ZIMMER, A.H. et al. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.