

LUCAS SOUZA SACRAMENTO

**FERTILIZAÇÃO DE COBERTURA EM PLANTIO DE EUCALIPTO EM ÁREA DE
DÉFICIT HÍDRICO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Novembro – 2022

LUCAS SOUZA SACRAMENTO

FERTILIZAÇÃO DE COBERTURA EM PLANTIO DE EUCALIPTO EM ÁREA DE
DÉFICIT HÍDRICO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Ciências Florestais.

Orientador: Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva

Coorientador: Prof.^a Dr.^a Rute Berger

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Novembro – 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S123f

Sacramento, Lucas Souza

FERTILIZAÇÃO DE COBERTURA EM PLANTIO DE EUCALIPTO EM ÁREA DE DÉFICIT HÍDRICO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO / Lucas Souza Sacramento. - 2022.
50 f. : il.

Orientador: Jose Antonio Aleixo da Silva.

Coorientador: Rute Berger, Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2023.

1. Eucalyptus. 2. NPK. 3. Déficit hídrico. I. Silva, Jose Antonio Aleixo da, orient. II. Ferreira, Rute Berger, Rinaldo Luiz Caraciolo, coorient. III. Título

CDD 634.9

LUCAS SOUZA SACRAMENTO

FERTILIZAÇÃO DE COBERTURA EM PLANTIO DE EUCALIPTO EM ÁREA DE
DÉFICIT HÍDRICO NA ZONA DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO

Aprovado em: **29 de novembro de 2022.**

Banca examinadora

Prof. Dr^o Rodrigo Eiji Hakamada
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/PPGCF)

Prof. Emanuel Ernesto Fernandes da Silva
(Universidade do Estado da Bahia – UNEB/DTCS))

Orientador

Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/PPGCF)

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Novembro - 2022

Dedico a minha família, em especial a minha mãe Luzinete Souza Sacramento, a minha esposa Raissa Sampaio e ao meu filho Francisco Sampaio Sacramento, que alegra os nossos dias.

Dedico a todos os jovens de família carente, que têm a educação como a única via para tentar melhorar de vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco em seu Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

À empresa BRF, pelo apoio no decorrer do programa de mestrado, em especial ao Gerente Florestal Wilian Kuchla e ao Especialista Florestal Willyan Sauerbier.

A minha família, em especial a minha mãe Luzinete Souza Sacramento, que nunca mediu esforços para me apoiar nos estudos, a minha esposa Raissa Sampaio por sempre me incentivar a buscar novos conhecimentos e ao meu filho Francisco Sampaio Sacramento, que alegra os nossos dias.

Ao meu orientador Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva, pelas orientações que enriqueceram este trabalho e aos coorientadores Prof.^a Dr.^a Rute Berger e Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pelos ensinamentos e contribuições.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais, por contribuírem com seus ensinamentos e experiências, em especial o Prof. Dr. Rodrigo Hakamada e ao Prof. Dr. Rafael Braz.

À Universidade do Estado da Bahia – UNEB – DTCS – Campus III, onde fiz a minha graduação, ao Prof. Dr. Emanuel Ernesto, que fez contribuições significativas participando da banca avaliadora na apresentação do projeto.

A Deus, por iluminar os meus caminhos em mais uma etapa da vida.

Aos colegas que contribuíram para a elaboração da pesquisa, em especial Maria Clara, Walker Clemente, Jeniffer Pezzoti, Géssyca Sena, Wesley Costa e Allef Mota.

À Banca Examinadora, por aceitar o convite e às contribuições para defesa deste trabalho.

A todos, meu muito obrigado!

SACRAMENTO, LUCAS SOUZA. **Fertilização de cobertura em plantio de eucalipto em área de déficit hídrico na zona da mata norte de Pernambuco.**2022. Orientador: José Antônio Aleixo da Silva. Coorientador: Rute Berger e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

RESUMO

O Brasil é um dos países que mais investe no plantio do gênero *Eucalyptus*, que se apresenta adaptado às condições edafoclimáticas das regiões brasileiras. São inúmeros os produtos provenientes das florestas plantadas de eucaliptos, dentre eles: lenha, carvão, madeira, celulose, papel, entre outros. A rentabilidade e a produtividade florestal estão intimamente integradas, desta forma, boas produtividades são obtidas quando são combinadas práticas silviculturais adequadas, com genótipos bem selecionados para a região e um manejo nutricional bem planejado. A fertilidade define a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de grandes produtividades e pode ser modificada pelo homem com certa facilidade, para se adequar às exigências da espécie cultivada, assim, a quantificação dos nutrientes existentes no solo é essencial para um uso eficiente, racional e econômico por meio da fertilização. No estado de Pernambuco, principalmente no Agreste e Sertão, apesar de uma grande demanda de madeira para diversos usos, a produção de madeira é limitada devido às restrições pluviométricas. Diante disto, objetivou-se com esta pesquisa, analisar o desenvolvimento do clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*), submetido a diferentes níveis de fertilização mineral, com e sem a adição de boro, visando uma maior tolerância ao déficit hídrico em região de baixa pluviosidade. A coleta de dados foi realizada numa área experimental na Fazenda Lagoa Grande, no município de Glória do Goitá – PE. Na área destinada ao plantio, foram realizadas algumas atividades, dentre elas: análise de solo; combate à formiga cortadeira; correção do solo; preparo do solo; controle de mato competição; e fertilização de cobertura e do plantio. Na área, foi realizado o plantio de forma manual, em maio de 2018. O experimento foi composto por oito tratamentos e quatro repetições, com diferentes dosagens de NPK, com e sem adição de B. Foram realizadas medições de CAP e altura nos clones, além da obtenção do volume, incremento médio anual e índice de sobrevivência. Estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, não foi observada entre os tratamentos, indicando que a produtividade na área experimental não é limitada por fatores nutricionais, e sim por condições edafoclimáticas. Durante o período de execução desta pesquisa, a distribuição pluviométrica irregular provocou estresse hídrico nos clones por conta da estiagem severa. Embora não tenha sido observado qual o melhor nível de fertilização NPK, com ou sem adição de boro, foi possível observar a resiliência do clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) na adaptação e resistência frente ao déficit hídrico da região onde foi alocado o experimento.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, NPK, déficit hídrico

SACRAMENTO, LUCAS SOUZA. **Cover Fertilization in an *Eucalyptus* plantation area located in a hydric deficit region Zona da Mata – North of Pernambuco State. 2022.** Advisor: José Antônio Aleixo da Silva. Co-advisor: Rute Berger and Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

ABSTRACT

Brazil is one of the countries that has been done invests in planting the *Eucalyptus* genus, which is adapted to the soil and climate conditions of Brazilian regions. There are countless products from planted eucalyptus forests, among them: firewood, charcoal, wood, cellulose, paper, and others. Profitability and forest productivity are closely integrated, in this way, good yields are obtained when adequate silvicultural practices are combined with well-selected genotypes for the region and well-planned nutritional management. Fertility defines the soil's ability to supply nutrients to plants in adequate amounts and proportions to obtain high yields and can be easily modified by man, to adapt to the requirements of the cultivated species, thus, the quantification of existing nutrients in the soil. Soil is essential for efficient, rational and economic use through fertilization. In the state of Pernambuco, mainly in Agreste and Sertão, despite a great demand for wood for various uses, wood production is limited due to rainfall restrictions. Therefore, the objective of this research was to analyze the development of the VM-01 clone (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*), subjected to different levels of mineral fertilization with the addition of boron, aiming at greater tolerance to water deficit in a region of low rainfall. Data collection was carried out in an experimental area at Fazenda Lagoa Grande, in the municipality of Glória do Goitá - PE. In the planted area, some activities were carried out, among them: soil analysis; combat the leaf-cutting ant; soil correction; soil preparation; weed control competition; cover and planting fertilization. In the area, planting was carried out manually, in May 2018. The experiment consisted of eight treatments and four replications, with different doses of NPK, with and without addition of B. Measurements of CBH and height were carried out in the clones, in addition to obtaining the volume, average annual increment and survival index. Through the statistical analysis no difference was observed among the treatments at the level of 5% of probability, indicating that productivity in the experimental area is not limited by nutritional factors, but by soil and climate conditions. During the research period, the irregular rainfall distribution caused water stress in the clones, due to the severe drought. Although it was not observed the best level of NPK fertilization with or without boron addition, it was possible to observe the resilience of clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) in adaptation and resistance to water deficit in the region where the experiment.

Keywords: *Eucalyptus*, NPK, water deficit.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 Eucalipto no Brasil | 12 |
| 2.2 Silvicultura de eucalipto no estado de Pernambuco | 13 |
| 2.3 Fertilização e nutrição em eucalipto | 15 |
| 2.4 Influência do micronutriente boro na sobrevivência de eucalipto em área com déficit hídrico..... | 17 |
| 2.5 Variáveis mensuradas em povoamentos de eucalipto | 19 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 3.1 Caracterização da área | 22 |
| 3.2 Atividades realizadas na área experimental..... | 23 |
| 3.2.1 Amostragem e Análise de solo | 23 |
| 3.2.3 Correção do solo..... | 244 |
| 3.2.4 Preparo do solo | 24 |
| 3.2.5 Combate a formiga cortadeira pré-plantio e manutenção..... | 255 |
| 3.2.6 Controle de mato competição | 25 |
| 3.2.7 Espaçamento..... | 266 |
| 3.2.8 Plantio..... | 26 |
| 3.3. Delineamento experimental..... | 26 |
| 3.3.1 Adubação de fundação..... | 29 |
| 3.3.2 Adubação de cobertura | 29 |
| 3.4 Variáveis mensuradas | 30 |
| 3.4.1 CAP e Altura | 30 |
| 3.4.2 Volumetria..... | 31 |
| 3.4.3 Índice de Sobrevivência..... | 32 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 33 |
| 5. CONCLUSÕES | 38 |
| REFERÊNCIAS | 39 |
| APÊNDICE..... | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização geográfica da área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 22 |
| Figura 2. Perfil do solo na área experimental (a) parte fértil com a medida de 40 cm e (b) proporção em tamanho da camada fértil (verde) e da camada de impedimento rochoso (vermelho) | 23 |
| Figura 3. Haste do Ripper de subsolagem e estouramento da subsolagem realizada na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 24 |
| Figura 4. Controle químico do mato competição e pré-plantio em área total realizada na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 25 |
| Figura 5. Mudanças do clone VM-01 (<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i>) utilizadas na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 26 |
| Figura 6. Adubação de cobertura realizada a lanço na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 29 |
| Figura 7. Realização da (a) 1ª e (b) 2ª aplicação de boro na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 30 |
| Figura 8. Croqui do delineamento casualizado em blocos utilizado no experimento, sendo os tratamentos T1 (0%), T2 (50%), T3 (100%), T4 (250%) aplicação de NPK e sem Boro e os tratamentos T5 (0%), T6 (50%), T7 (100%), T8 (250%) com aplicação de NPK mais Boro.. | 28 |
| Figura 9. Calibração do dendrômetro Vertex IV e medição de CAP e altura dos indivíduos. | 31 |
| Figura 10. Atributos dendrométricos de (a) altura, (b) IMA, (c) DAP e (d) sobrevivência em um plantio de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> submetidos a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 35 |
| Figura 11. Precipitação acumulada de 2018 a setembro de 2021 no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 36 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Tratamentos utilizados na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 27 |
| Tabela 2. Análise de variância de DAP, altura, IMA e Sobrevivência para um plantio de <i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus camaldulensis</i> submetidos a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil. | 33 |
| Tabela 3. Análise da efetividade dos blocos das variáveis DAP, altura, IMA e Sobrevivência para um plantio de <i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus camaldulensis</i> submetidos a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil..... | 33 |
| Tabela 4. Análise de variância para Sobrevivência para um plantio de <i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus camaldulensis</i> submetidos a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, Brasil..... | 34 |

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem como principais investidores as indústrias de papel e celulose, seguido das indústrias siderúrgicas produtoras de aço. Além destas principais áreas, existe a produção de carvão vegetal para diversos usos, madeira serrada, resinas, óleos essenciais e geração de energia, responsáveis pela geração de empregos diretos e indiretos (IBÁ, 2021).

O setor de base florestal no ano de 2020, mesmo marcado por toda crise gerada pela pandemia, foi um dos setores que, apesar das altas taxas de desemprego que assolou o País, conseguiu ter um crescimento econômico de 17,6% em relação ao ano anterior. Nos últimos anos, apenas na expansão de novas áreas, foram aplicado cerca de R\$ 20 bilhões e com previsão de mais R\$ 35,5 bilhões até 2023. A eucaliptocultura ocupa posição de destaque no desenvolvimento de uma economia com baixa emissão de poluentes, alta produtividade, implantação de novas tecnologias, melhores práticas de manejo florestal, responsabilidade social e ambiental, além modernas instalações produtivas e sustentáveis (IBÁ, 2021).

A madeira, matéria-prima utilizada pelo setor florestal, é obtida normalmente a partir de plantios homogêneos realizados com espécies de pinus e eucaliptos. A elevada utilização dos eucaliptos nos reflorestamentos brasileiros ocorre devido ao seu rápido crescimento e por sua boa adaptação às condições edafoclimáticas do País.

Segundo o Sistema Florestal Brasileiro (SFB, 2019), os plantios florestais se apresentam em sua maior parte em sistemas monoculturais, apresentando resultados positivos nos aspectos econômicos, ambientais e sociais, pois funções das florestas plantadas, tais como: diminuição da pressão sobre florestas nativas, reaproveitamento de terras degradadas, sequestro de carbono, proteção do solo e da água, ciclos de rotação mais curtos, maior homogeneidade dos produtos, facilitando a adequação de máquinas na indústria, justificam seus plantios em larga escalas em áreas abandonadas pela agropecuária ou degradadas.

O Brasil tem grande potencial em implantação de florestas de rápido crescimento, tendo como destaque os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, aliando o rápido crescimento e a alta produtividade, fazendo com que plantações florestais, para fins energéticos, sejam destaque na atualidade (AGROICONE, 2015).

A fertilização mineral é uma prática comum e efetiva que se dispõe para se obter ganhos substanciais de produtividade e reduzir custos de produção no setor agrícola e florestal, porém esses ganhos são influenciados por outros fatores, como: qualidade do sítio, exigência nutricional, potencial de crescimento do genótipo, relação genótipo e ambiente, dentre outros,

considerando que, para os eucaliptos, as doses extremas de nitrogênio (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5) e de óxido de potássio (K_2O) são de 60, 120 e 80 kg ha⁻¹, respectivamente (GONÇALVES e BENEDETTI, 2000).

O boro (B) é um micronutriente cuja deficiência promove a degeneração dos tecidos meristemáticos, gerando má formação das folhas e do caule, influenciando diretamente na forma da árvore. Em regiões com ocorrência de estresse hídrico, a aplicação foliar de boro é uma prática cuja importância é crescente ao longo dos últimos anos. Em algumas plantações no Brasil, o eucalipto apresenta seca de ponteiro causada pela deficiência de boro, principalmente em regiões com déficit hídrico acentuado (TIRLONI *et al.*, 2011).

O estado do Pernambuco tem parte da sua economia impulsionada por grandes indústrias de diferentes seguimentos instaladas no seu território. Um grande desafio econômico e ambiental é suprir a demanda energética das indústrias da região, sendo umas das alternativas a utilização da biomassa de eucalipto, que pode frear ou diminuir a pressão no desmatamento ilegal na região, já que, em torno de 80% do material vegetal utilizado para produção de lenha e carvão, são obtidos de forma ilegal dos biomas locais (GIODA, 2019). Esta situação agrava ainda mais o processo de degradação dos recursos naturais da região. A lenha também é usada em pequenos empreendimentos, tais como a produção de cerâmica artesanal, olarias e panificadoras.

O uso da madeira como fonte de energia tem diversas vantagens ambientais que a potencializa como alternativa aos combustíveis fósseis, pois o processo de produção do carvão vegetal a partir de florestas plantadas pode ser conduzido de forma a reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa, por tanto, de acordo com Brito (2007), uma alternativa viável para a demanda de biomassa proveniente de madeira na região é a introdução de florestas plantadas de espécies do gênero *Eucalyptus*.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo analisar o desenvolvimento do clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*), submetido a diferentes níveis de fertilização mineral (NPK) com adição de boro, visando uma maior tolerância ao déficit hídrico em região de baixa pluviosidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eucalipto no Brasil

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 700 espécies reconhecidas, originárias da Austrália e Tasmânia, pertencentes à família botânica Myrtaceae. As espécies de eucalipto apresentam diversas potencialidades, em decorrência de suas propriedades adaptativas e suas características físico-químicas e mecânicas, assim, possibilitam sua utilização em inúmeras finalidades, tais como: fonte de matéria-prima na indústria madeireira e de celulose, óleos essenciais para indústria farmacêutica e perfumaria, dentre outros (FIGUEIREDO *et al.*, 2013; SANTAROSA *et al.*; PENTEADO JÚNIOR; GOULART, 2014).

Segundo o Conselho de Informações sobre Tecnologia (CIB, 2008), não há uma data exata da introdução do eucalipto no Brasil, no entanto, existem relatos que os primeiros exemplares foram plantados nas áreas pertencentes ao Jardim Botânico e Museu Nacional do Rio de Janeiro, em 1825, utilizados, a princípio, como ornamentação e/ou quebra-vento (GONTIJO, 2018).

Somente em meados de 1868 que ocorreram os primeiros plantios de eucalipto no Brasil, no Rio Grande do Sul, por iniciativa do político Joaquim Francisco de Assis Brasil, um dos primeiros brasileiros a demonstrar interesse pelo gênero no País (SANTAROSA *et al.*; PENTEADO JÚNIOR; GOULART, 2014). A utilização do eucalipto para fins econômicos foi realizada por Edmundo Navarro de Andrade que começou os primeiros estudos sobre a espécie (ANDRADE, 1911).

A finalidade inicial dos plantios de eucalipto no Brasil era de suprir a demanda de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na região Sudeste (JESUS, 2014), mas, segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2006), a partir de 1950, o eucalipto começou a ser usado também como matéria-prima para o setor industrial de papel e celulose, expandindo-se ainda mais a partir de 1960, quando houve um aumento considerável da área plantada de eucalipto devido aos incentivos fiscais do governo brasileiro (DOSSA, 2003).

As condições climáticas no Brasil são favoráveis para o desenvolvimento do eucalipto e, com os inúmeros investimentos nesse setor, conseguiu a maximização das espécies do gênero, em decorrência do melhoramento genético e das técnicas silviculturais utilizadas, desta forma, foram obtidas árvores com as melhores características, como: maior ganho na produção

de madeira, maior taxa de crescimento, maior resistência a fatores bióticos, dentre outros (CIB, 2008; IBÁ, 2016).

O Brasil é um dos países que mais investe no plantio de eucalipto, iniciando os plantios nos meados de 1960, quando o governo concedeu incentivos fiscais pelo Fundo de Investimentos Setoriais (FISSET Reflorestamento Florestalmento), dando destaque ao País na produtividade de eucalipto e, conseqüentemente, obtendo alta competitividade no setor florestal (DRUMOND et al., ; OLIVEIRA; RIBASKI, 2016).

No Brasil, o eucalipto ocupa 78% dos plantios florestais, seguido do pinus com 18,1% e de outras espécies florestais que somam 3,9%, com a perspectiva de contínuo crescimento, mais recursos serão investidos e, com isto, a perspectiva é que em 2022 sejam investidos mais de R\$ 22,2 bilhões no setor, incluindo novos projetos de empresas do setor florestal (BNB, 2021).

Em decorrência da adaptação que as espécies de eucalipto apresentam, hoje ela ocupa o posto da espécie florestal com maior área plantada no mundo. O setor de base florestal brasileiro, segundo pesquisas do IBÁ (2021), é responsável por 1,0% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, com potencial de crescimento ainda maior nos próximos anos devido a questões tanto econômicas quanto ambientais ligadas à sustentabilidade.

São inúmeros os produtos oriundos das florestas plantadas de eucalipto, desde a lenha, carvão, madeira, celulose, papel, até o uso na indústria alimentícia, no entanto, a maior parte de sua madeira é utilizada nos setores de energia, celulose e papel, sendo destinados mais de 60% da produção (IBÁ, 2021), por apresentarem características específicas que são necessárias para geração de seus produtos (ABRAF, 2013).

2.2 Silvicultura de eucalipto no estado de Pernambuco

Os primeiros relatos da implantação de eucalipto no estado de Pernambuco datam do início do século XX, sendo sua madeira utilizada no abastecimento das caldeiras para produção de energia nas fábricas têxteis da Companhia de Tecidos Paulista - CTP da família Lundgren, de origem sueca, durante os anos 1930 a 1950. O gênero do eucalipto plantado na região não foi citado, tampouco é descrito como este chegou a Pernambuco, sabe-se apenas que as sementes eram plantadas na sementeira dos eucaliptos do Engenho Jardim Velho, propriedade da Companhia de Tecidos Paulista (NEVES, 2019).

O plantio de eucalipto, em Pernambuco, começou nos terrenos próximos às fábricas para facilitar a exploração florestal. Mas, com o crescimento industrial, a implantação ocorreu

em diversas localizações de Camaragibe até Aldeia (COUTO, 2016). Em 1950, havia aproximadamente 18 milhões de pés de eucaliptos plantados em áreas do Recife até a Paraíba (CAVALCANTI, 1950).

Segundo Neves (2019), em depoimentos de ações trabalhistas da época, a lenha era transportada pela linha férrea para galpões de estoque, seu uso principal era para combustível, mas também era usada com diversas finalidades.

A utilização de madeira está presente em diversas atividades no estado de Pernambuco, é considerada uma fonte de geração de energia para muitas empresas, em Araripina, por exemplo, a madeira é utilizada como principal fonte de energia no processo de calcinação do gesso, além de ser utilizada em muitos processos e empreendimentos na região (SILVA, 2008).

O início oficial de experimentação com clones de *Eucalyptus* no Semiárido pernambucano teve início em 2002, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco em Araripina, em um trabalho de parceria entre o Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE) e o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), onde foram plantados 15 clones de eucaliptos e nove outras diferentes espécies, incluindo nativas e exóticas. Este experimento se encontra na terceira rotação. (LUNDGREN, 2011; GADELHA, 2014; ARAÚJO, 2021; AZEVEDO, 2021).

Com os resultados da produtividade da primeira rotação, os dois clones mais produtivos foram o C39 (híbrido de *Eucalyptus urophylla*) e o C41 (híbrido de *Eucalyptus urophylla*), que foram selecionados para uma segunda fase do experimento, implantado em 2009 e, atualmente, encontra-se na segunda rotação (GADELHA, 2014).

Para os plantios florestais de eucalipto no Nordeste brasileiro, devem ser selecionadas espécies que sejam adaptadas geneticamente para as condições climáticas, que sejam tolerantes ao déficit hídrico e às temperaturas elevadas, só assim foi possível a retomada dos plantios na região (FOELKEL, 2005; FURLAN, 2018; PEZZOTI, 2021).

Outro experimento na parceira UFRPE-IPA foi montado no Campo Experimental em São Bento do Una – PE, as mudas dos clones de eucaliptos foram adquiridas na Copener Florestal no estado da Bahia. O experimento foi implantado em 2008 e avaliado até 2012. A mortalidade do experimento foi alta para o clone híbrido *E. urophylla* x *E. sp*, sendo este não recomendado para cultivo na região. O clone que apresentou maior produtividade foi o *E. grandis* x *E. urophylla* (SALES, 2013).

A implantação de clones e espécies de *Eucalyptus* no estado gera uma expectativa para atender à demanda energética dos empreendimentos locais. A construção de uma base de dados científica é fundamental na tomada de decisão dos plantios, aliando a espécie ao local e sua

finalidade. Além das estações experimentais, algumas empresas estão investindo na produção de biomassa florestal, a Usina Petribú, em 2015, iniciou um plantio de mudas de eucalipto em áreas com declive acentuado na região da Zona da Mata em Pernambuco (CELULOSE ONLINE, 2015). A princípio, o plantio era destinado para produção de energia interna da empresa e atualmente a madeira está sendo comercializada na região.

Em 2011, um plantio de clones de *Eucalyptus* foi implantado pela Brasil Foods, que chegou em Pernambuco. O plantio experimental, no município de Glória do Goitá, visa analisar clones adaptados à região para geração energia para abastecimento próprio (PEZZOTI, 2021).

A implantação de florestas plantadas e energéticas ainda não é uma realidade no estado de Pernambuco, mas vem se tornando e irá contribuir na oferta de matéria energética em curto espaço de tempo, o que poderá ocasionar uma desaceleração do desmatamento em áreas do Agreste e do Semiárido, sendo uma alternativa viável para a recuperação de áreas degradadas e abandonadas de plantio de cana-de-açúcar na Zona da Mata, promovendo a qualidade edafoclimática, além de reduzir as emissões e sequestrar o carbono atmosférico, tornando-se também uma nova fonte de emprego e gerando crescimento no setor econômico.

2.3 Fertilização e nutrição em eucalipto

Os plantios de eucaliptos estão situados em regiões brasileiras que apresentam condições edafoclimáticas pouco favoráveis, susceptíveis ao estresse hídrico, além de apresentarem solos com baixa fertilidade natural. Estão localizados, em sua maioria, em latossolos e argissolos solos, que apresentam avançada intemperização, intensa lixiviação e predomínio de argilas com baixa atividade (FAGERIA; e STONE, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2013; GONGALVES *et al.*, 2015).

Nos solos com baixas reservas nutricionais, é necessária a manutenção da produtividade dos sítios florestais, precisando que seja realizada a reposição dos nutrientes retirados no processo de colheita e, também, em outros processos (MELO, 2014). Em outros casos, por conta das condições climáticas apresentadas nas regiões, é necessário que o plantio apresente uma nutrição mineral adequada, pois influencia diretamente na produtividade e na prevenção de estresses na plantação (FURTINI NETO *et al.*, 2014).

Portanto, nos ecossistemas naturais que apresentam baixa fertilidade, ocorre alteração na composição florestal com menores taxas de crescimento e/ou alterações das espécies predominantes para as espécies mais eficientes e adaptadas (GONÇALVES *et al.*, 2004). Diante destas condições e para tentar se adaptar a baixa fertilidade do solo, o eucalipto diminui o ritmo

de seu crescimento, por isto, é praticamente obrigatório em plantios de alta produtividade a utilização de fertilizantes para corrigir as deficiências nutricionais (NOVAIS; BARROS; NEVES, 1990; GROVE; THOMSON; MALAJCZUK, 1996).

A fertilização, segundo Barros et al (2004), tem como princípio básico dimensionar a demanda nutricional da planta para atingir a produção esperada, justamente, quando a demanda não é satisfeita pelo solo. No Brasil, a fertilização é utilizada com frequência nos plantios florestais, principalmente de eucalipto, que além de utilizar fertilizantes, também são utilizados resíduos orgânicos, que atuam como fonte de nutrientes e matéria orgânica para o solo (SANTAROSA; PENTEADO JÚNIOR; GOULART, 2014).

A realização de fertilização nos plantios de eucalipto proporciona ganhos na produção de madeira, variando de 5 a 90%, dependendo do nutriente utilizado, da idade do plantio e, também, das condições edafoclimáticas. Os melhores resultados obtidos na fertilização do eucalipto são provenientes a aplicação de NPK e B (MELO *et al.*, 2015).

É recomendado que a fertilização seja realizada se baseando em análises de fertilidade do solo e na demanda nutricional da espécie, desta forma, é realizada a partir dos teores dos nutrientes detectados nas análises feitas, almejando corrigir as deficiências nutricionais dos solos. A fertilização nos plantios deve ser realizada conforme o tipo de solo da região e o material genético utilizado (SANTANA *et al.*, 2008; SANTAROSA; PENTEADO JÚNIOR; GOULART, 2014).

Gazola *et al.* (2015), ao realizar o manejo da fertilização nitrogenada e potássica em um plantio de eucalipto, avaliaram diversos parâmetros dendrométricos, dentre eles: a altura total da planta, o diâmetro a altura do peito (DAP) e a produtividade de madeira do eucalipto aos 36 meses, em função de diferentes doses e parcelamento da fertilização, constaram que, nas plantas que não foram realizadas fertilização, houve uma redução em seu crescimento.

As inúmeras condições edafoclimáticas e diversidade de tipos de solos que ocorrem no Brasil proporcionam uma variação na dosagem dos fertilizantes, com doses de N entre 25 e 120 kg ha⁻¹, de P entre 30 e 70 kg ha⁻¹ e de K entre 100 e 150 kg ha⁻¹ (JESUS *et al.*, 2012), já para aplicação de B, é recomendado de 2 a 3 g planta⁻¹ ou entre 1 e 3 kg ha⁻¹ (SILVEIRA *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2015).

Para que não ocorra perdas do fertilizante aplicado, deve-se ter um planejamento inicial, considerando o fertilizante utilizado, a quantidade e a época de aplicação, visto que a adição de fertilizantes acima da recomendada pode acidificar o solo e diminuir a disponibilidade de outros nutrientes para planta (BRADY & WEIL, 2008).

Os macronutrientes primários, N, P e K, quando aplicados em forma de fertilizantes, apresentam uma média de absorção de 60%, 30% e 70% do quantitativo aplicado, respectivamente (LOPES & GUILHERME, 2007). Dentre os nutrientes, o P e K são exigidos em maior quantidade na fase inicial do crescimento do eucalipto (SANTANA *et al.*, 2008).

Inúmeras pesquisas são desenvolvidas sobre a utilização de fertilizantes em plantios florestais voltadas aos nutrientes primários, ou seja, a utilização de NPK em que são realizadas calibrações das dosagens nos plantios de eucalipto. No entanto, há carência na realização de estudos sobre os micronutrientes, pois, na utilização de clones mais exigentes nutricionalmente, foi constatado maior frequência de sintomas de déficit dos micronutrientes, principalmente o B (GONÇALVES *et al.*, 2015; CELESTRINO, 2017).

A realização de fertilização de B nos plantios de eucalipto apresenta significativa importância, este micronutriente está intimamente ligado à qualidade da madeira, pois atua no crescimento meristemático e formação da parede celular (MARSCHNER, 1995). Segundo Hodecker *et al.* (2014), eucaliptos submetidos à aplicação de B apresentaram maior absorção de água, aumento do sistema radicular e eficiência na utilização água, proporcionando uma redução na perda de água desses indivíduos durante o estresse hídrico.

Portanto, para que a fertilização realizada seja eficiente nos plantios, irá depender de alguns fatores, dentre eles: as dosagens de fertilizantes utilizadas, a capacidade de troca catiônica do solo, as características físicas do solo e, em alguns casos, a adição de polímeros hidrorretentores (BERNARDI *et al.*, 2012).

2.4 Influência do micronutriente boro na sobrevivência de eucalipto em área com déficit hídrico

O eucalipto é a principal essência florestal cultivada no Brasil para fins comerciais, com 7,47 milhões de hectares, correspondendo a 78% da área de florestas plantadas para suprir o mercado industrial madeireiro (IBÁ, 2021). Os plantios têm ocorrido principalmente em áreas degradadas, com solos intemperizados e lixiviados, que apresentam restrições hídricas e baixa fertilidade, onde os nutrientes ocorrem em níveis limitantes para desenvolvimento do plantio (SILVEIRA *et al.*, 2002).

O melhoramento genético tem proporcionado a adaptação dos clones em diversas regiões, com variadas condições edafoclimáticas, proporcionando, na maioria das vezes, alta produtividade e diversidade na utilização da produção (VALVERDE, 2012).

A seleção de materiais genéticos com maior adaptação a períodos secos mais prolongados possibilita a obtenção de produtividade elevada, mas, muitas vezes, é necessária a utilização de fertilizantes e corretivos (BARROS FILHO, 2014).

Para regiões com distribuição irregular de chuva ou precipitações anuais concentradas em estações do ano, como é o caso da região Agreste de Pernambuco, além de clones adaptados à condição do déficit hídrico, o conhecimento sobre algumas relações nutricionais em árvores de eucalipto ao longo de um ciclo possibilita a introdução de nutrientes, proporcionando aumento da sobrevivência e rendimento produtivo (GONÇALVES *et al.*, 2004).

O boro é um dos nove micronutrientes essenciais reconhecidos para o crescimento normal da maioria das plantas (GUPTA, 1979), geralmente se apresenta em quantidades abaixo do esperado nos solos florestais. Segundo Sgarbi *et al.* (1999), a deficiência em boro limita o crescimento inicial dos eucaliptos. O boro tem importante função nos tecidos meristemáticos, formação de gemas apicais, axilares e radiculares. Atua na síntese de lignina e celulose, respostas hormonais, metabolismo dos fenóis e absorção radicular (GUPTA, 1979; SILVA *et al.*, 2015).

A deficiência de boro nos eucaliptos gera má formação de folhas e galhos, não apresentando o desenvolvimento esperado nas folhas jovens, afetando no tamanho, causando aspecto coriáceo e bordas amareladas, além de se tornarem quebradiças e enrugadas com sintomas de clorose, acarretando a morte dos meristemas e necrose das gemas apicais, conhecido como seca do ponteiro (SILVA *et al.*, 2015). Plantios em regiões com déficit hídrico apresentam seca do ponteiro do eucalipto acentuada causada pela deficiência de boro (TIRLONI *et al.*, 2011).

A baixa dosagem de boro proporciona danos aos galhos e troncos, que podem ficar retorcidos, apresentar rachaduras da casca com presença de exsudados, necrose dos tecidos, bifurcação do tronco, ocasionando redução na qualidade da madeira (CELESTRINO *et al.*, 2014; TAVANTI *et al.*, 2018).

Em regiões onde a seca é prolongada, a deficiência nutricional pode levar à morte de grande parte do plantio. Nessas regiões, a mineralização da matéria orgânica é menor, pois a atividade microbiana é reduzida, ocorrendo menor absorção de micronutrientes. Solos que apresentam os teores de matéria orgânica baixo se tornam limitantes ao cultivo de culturas exigentes em boro, como o eucalipto (GONÇALVES *et al.*, 2015).

A fertilização nos plantios de eucalipto tradicionalmente é realizada no solo. Porém, a aplicação via foliar é uma prática que vem ganhando importância em situações de estiagem,

principalmente para aplicação de boro, devido à quantidade exigida pela cultura e à mobilidade do elemento e função na planta. (BARRETTO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2015).

O fornecimento de boro realizado via foliar é uma alternativa para resolver problemas nutricionais nos primeiros anos de cultivo de eucalipto em regiões secas (CELESTRINO *et al.*, 2014). A dificuldade do contato íon-raiz em épocas secas acentua a deficiência em boro e causa feitos indesejados nas plantas (MORAES *et al.*, 2002).

As folhas, assim como as raízes, têm a capacidade de absorver nutrientes, na adubação foliar, um ou mais nutrientes depositados em solução e são pulverizados sobre a parte área das plantas (VOLKWEISS, 1991).

A aplicação de micronutrientes, como o boro, em doses adequadas mostra efeitos positivos para mitigar efeitos da seca. A aplicação foliar de boro melhora a nutrição das plantas em condições de estresse hídrico, independentemente do genótipo. As análises nutricionais são importantes para complementar a adequação dos clones em regiões secas uma vez que o plantio de eucalipto vem crescendo nessas regiões para suprir demandas madeireiras regionais.

2.5 Variáveis mensuradas em povoamentos de eucalipto

A mensuração florestal é uma atividade que fornece informações sobre a floresta, objetivando conhecer as potencialidades produtivas e atender inúmeras finalidades, principalmente nas florestas plantadas (JESUS *et al.*, 2015).

Portanto, a realização de estudos analisando as variáveis dendrométricas nas florestas plantadas, auxilia ao longo do tempo na tomada de decisões, tais como: a intensidade e o ciclo de corte para as espécies, possibilitando criar estratégias para o uso sustentável das áreas, assim, permitindo avaliar diversos parâmetros que servirão como subsídios para os próximos ciclos (REIS *et al.*, 2014; MACHADO *et al.*, 2015).

Segundo Assmaan (1970), conhecer o comportamento das variáveis dendrométricas permite identificar as relações existentes entre a produção, incremento corrente anual (ICA) e o incremento médio anual (IMA) das florestas plantadas, portanto, a utilização destas variáveis dendrométricas permitem realizar a caracterização de uma floresta e/ou espécie (LUCENA, 2019).

As variáveis dendrométricas mais mensuradas nos povoamentos são o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total das árvores (Ht). A mensuração destas variáveis é realizada de forma direta e indireta, respectivamente (SOARES *et al.*;2012). A medição do DAP é realizada de forma direta pois os dados são coletados diretamente em contato com a árvore, utilizando

uma suta, já a medição da altura é feita indiretamente, pois necessita da utilização de instrumentos, tais como: hipsômetros ou clinômetros e não ocorre contato direto com a árvore (CAMPOS & EITE, 2013; CARIELO *et al.*, 2016).

Desta forma, a realização da Ht e DAP visam fornecer informações sobre a produção das árvores e dos povoamentos florestais, por meio da previsão do crescimento volumétrico, que depende do conhecimento destas variáveis. Esta previsão está relacionada ao crescimento dos povoamentos, portanto, a produção florestal é baseada no crescimento em função do tempo, ou seja, por meio do incremento volumétrico, além de considerar os fatores genéticos e ambientais (ENCINAS *et al.*, 2005).

Em geral, dentre as técnicas básicas utilizadas para medição da altura está a relação hipsométrica, que permite estimar a altura dos indivíduos arbóreos com base no DAP (SANTOS *et al.*, 2020). A realização da medição de altura em campo é uma atividade onerosa e susceptível a erros, podendo subestimar ou superestimar os resultados de volume, que podem ocasionar estimativas tendenciosas na produtividade da floresta (MOREIRA *et al.*, 2015). Portanto, a realização da mensuração desta variável é um componente importante na estimativa de crescimento e produção florestal, principalmente das florestas plantadas (SOARES *et al.*, 2012).

O conhecimento do volume da madeira é uma informação primordial que serve como base no direcionamento racional e sustentável dos recursos disponíveis nas florestas plantadas (SOARES, 2012). De acordo com Cunha (2004), o volume é uma variável utilizada para diagnosticar o potencial madeireiro dos povoamentos florestais, considerado um parâmetro muito importante na dendrometria, além de ser utilizado com frequência no manejo florestal, na comercialização e nas indústrias (BARROS *et al.*, 2015).

A estimativa do volume de madeira nos plantios de eucalipto apresenta papel fundamental no planejamento e monitoramento desses povoamentos, além de auxiliar nos estudos de crescimento e produção (LEITE *et al.*, 2011), também é considerado um processo que demanda diversos gastos e mão de obra, dependendo do número de amostras retiradas (LUNDGREN *et al.*, 2015). Segundo Leite e Andrade (2002), é a partir da determinação do volume nos plantios que se planeja a época de corte e comercialização do produto.

Por isto, as empresas florestais têm como objetivo quantificar o volume de seus povoamentos, tornando-se necessário o desenvolvimento de métodos e modelos que visam a redução de erros envolvidos nessas quantificações, tornando o planejamento mais eficaz (CARVALHO, 2010).

Existem vários modelos volumétricos que utilizam diâmetro e altura, dentre eles, o proposto do Schumacher e Hall (1933), que é um dos mais utilizados na área florestal, em

decorrência de suas propriedades estatísticas que são consideradas não tendenciosas. Este modelo, constantemente, tem sido ajustado utilizando a transformação logarítmica que o torna linear (CAMPOS & LEITE, 2013; SARTÓRIO, 2014).

Nos plantios florestais, a competição é uma variável quantitativa importante utilizada em modelos de crescimento e produção florestal, no entanto, é difícil de ser mensurada. Alguns índices de competição estão sendo desenvolvidos e aprimorados para que seja possível quantificar o nível competitivo das árvores e, assim, gerar os índices de sobrevivência dos povoamentos (DAVIS, 2005).

Martins *et al.* (2011) conseguiram definir em seu trabalho um índice de competição aplicável a plantios comerciais clonais de híbridos não desbastados de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e afirmaram que existe a possibilidade de ajustar um modelo único, baseado neste índice, para a probabilidade de mortalidade. Garantir altos índices de sobrevivência de um plantio e, conseqüentemente, saber a situação do plantio quanto à homogeneidade é, segundo Stape *et al.* (2010), uma das ferramentas que ajudam a garantir a qualidade dos povoamentos.

Portanto, é necessário realizar, nos plantios florestais, o gerenciamento dos aspectos operacionais, tais como uniformidade do plantio, taxa de sobrevivência, alinhamento, dentre outros e, para isto, é realizado um monitoramento constante da produção, objetivando auxiliar a tomada de decisões nas operações silviculturais, identificando as situações que podem causar baixa produtividade nos plantios (RODRIGUEZ, 2001).

Segundo Stape *et al.* (2010), as operações florestais precisam ser executadas com excelência, cumprindo as recomendações técnicas e visando atingir a produtividade máxima do plantio, além dos vários fatores já conhecidos que contribuem com o ganho em produtividade, a que garante maior homogeneidade na distribuição de insumos e recursos de crescimento na área de plantio é a realização adequada das operações silviculturais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, pertencente à Empresa BRF, destinada ao plantio florestal com fins energéticos, localizada no Agreste Pernambucano, no município de Glória do Goitá (Figura 1). Possui uma área plantada de 230,05 ha de eucaliptos, dividida em 18 talhões, a área utilizada para a pesquisa foi o talhão 12, com uma área plantada de 15,61 hectares, localizada nas coordenadas geográficas $7^{\circ} 58' 48,166''$ S; $35^{\circ} 16' 27,768''$ W.

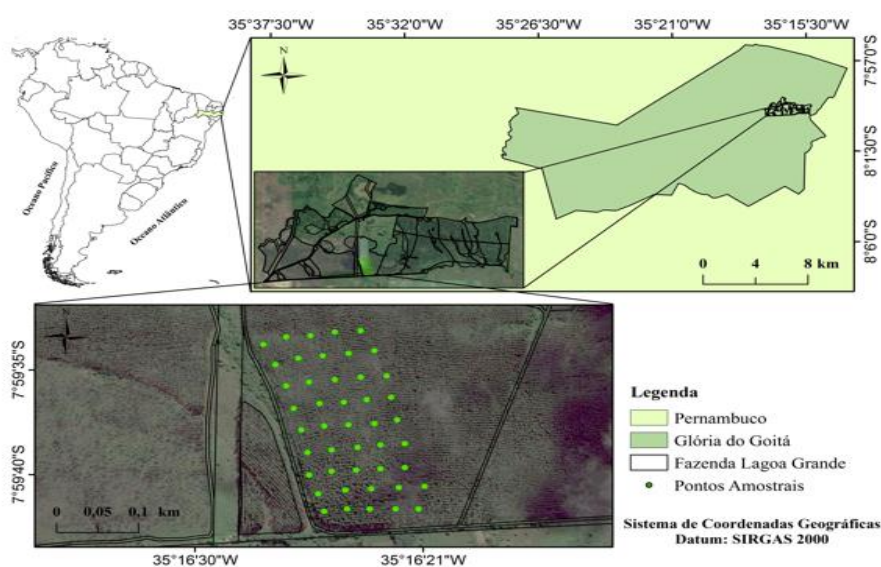


Figura 1. Localização geográfica da área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil. 2022.

Segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2014), a região apresenta clima do tipo Aw, tropical com chuvas de verão. O período chuvoso se estende de abril a julho, com pluviosidade média anual de 850 mm e temperatura média de 24° C (APAC, 2021).

O solo da área experimental foi caracterizado como Luvissole Háplico, caracterizado por argila de alta atividade, moderadamente raso e de drenagem imperfeita com quantidade considerável de material pedregoso e apresenta relevo levemente ondulado e afloramento rochoso em alguns pontos (Figura 2).



Figura 2. Perfil do solo na área experimental (A) parte fértil com a medida de 40 cm e (B) proporção em tamanho da camada fértil (verde) e da camada de impedimento rochoso (vermelho), Pernambuco, Brasil, 2022.

3.2 Atividades realizadas na área experimental

3.2.1 Amostragem e análise de solo

As amostras de solo foram coletadas por talhão nas profundidades de 0 cm – 20 cm (apêndice A) e 21 cm – 40 cm (apêndice B), realizadas por meio de caminhamento dentro do talhão. As amostras foram retiradas em linha diagonal em ziguezague, de forma que as amostras possam representar a área.

Foram coletadas sete amostra simples no talhão, as amostras simples foram reunidas e misturadas formando uma amostra composta do talhão e, posteriormente, foram retirados 300 gramas e essa amostra foi enviada para o Laboratório do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA).

A amostragem foi realizada evitando a coleta na borda do talhão, em áreas de depósito de insumos, antigos currais, carvoarias, formigueiros, cupinzeiros, cinzas de queimadas, bem como, qualquer local que possa tornar a amostra não representativa da área.

3.2.3 Correção do solo

A correção do solo foi realizada baseada na recomendação de adubação extraída da análise de solo. A operação foi executada antes do plantio, utilizando o produto Geox Super S, que é um fertilizante composto por cálcio, magnésio e enxofre, nas seguintes composições: óxido de cálcio 44%, óxido de magnésio 12% e trióxido de enxofre 11,24%.

A aplicação de Geox super S substitui a utilização de calcário e gesso em uma só aplicação, gerando maior economia. Foi aplicado uma dosagem de 0,6 ton/ha na área total, a lanço de forma mecanizada.

3.2.4 Preparo do solo

A subsolagem é uma operação mecanizada de preparo do solo que serve para romper e/ou quebrar camadas compactadas solo (fragipã e duripã), que visa desagregar o solo para facilitar o desenvolvimento inicial das raízes das mudas de eucalipto (RICHART *et al.*, 2005)

A escolha e utilização dos equipamentos florestais para a realização da subsolagem nos diferentes sistemas de manejo do solo depende das características do solo. O tipo de subsolagem a ser utilizado pode influenciar diretamente tanto na produtividade quanto na viabilidade econômica da cultura (EMBRAPA, 2007).

Devido à presença de camadas de impedimento coesas (duripã e fragipã) e até mesmo presença de afloramento rochoso, o solo da área experimental recebeu subsolagem profunda por meio de um implemento subsolador (Ripper) com profundidade de operação de 90 cm e 40 cm de estouramento (Figura 3).



Figura 3. Haste do Ripper de subsolagem e estouramento da subsolagem realizada na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

3.2.5 Combate a formiga cortadeira pré-plantio e manutenção.

O combate às formigas cortadeiras consistiu no uso de formicidas para o controle populacional, que podem causar danos e prejuízos às florestas. Foi realizado o levantamento do nível de infestação da área experimental para definir o grau de aplicação de formicida. A quantidade de isca formicida aplicada variou de acordo com a incidência de olheiros ativos na área, ou seja, tamanho e atividades dos formigueiros.

Para esta etapa, o produto utilizado foi o formicida granulado Dinagro-S (1,0 kg/ha), registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o nº 03096, cuja composição é à base de Sulfloramida (3 g/kg).

3.2.6 Controle de mato competição

Para o controle do mato competição, foi realizado o controle químico de forma mecanizada em área total, utilizando o pulverizador Jactor, modelo Condor BC 610 PEC, aplicando um volume de calda de 120 l/ha, utilizando a ponta de pulverização XT-20 (Figura 4).



Figura 4. Controle químico do mato competição e pré-plantio em área total realizada na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

O produto utilizado foi herbicida Granulado Scout (1,5 kg/ha), registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o nº 06704, cuja composição é à base de Glifosato (792,5 g/kg).

3.2.7 Espaçamento

O espaçamento nas entrelinhas foi de 3 m, para facilitar as operações de mecanização, o espaçamento entre plantas foi de 3 m, formando um plantio no espaçamento 3m x 3m (9m² por mudas), na área experimental foram plantadas 1.111 mudas por hectare.

3.2.8 Plantio

O plantio foi realizado de forma manual, no período chuvoso, em maio de 2018, utilizando mudas do clone VM-01 híbrido (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) provenientes de um viveiro de mudas localizado em Maceió – AL (Figura 5).



Figura 5. Mudas do clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) utilizadas na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

3.3. Delineamento experimental

Para a implantação do experimento, foi utilizado o delineamento casualizado em blocos, em decorrência aos diferentes níveis de camadas de impedimento existentes na área, em esquema fatorial 4x2, correspondente a quatro doses N, P₂O₅, K₂O, e duas doses de B, e com quatro repetições e oito tratamentos com adubação de nitrogênio, fósforo e potássio (20:05:20).

A eficiência da utilização deste delineamento se baseia na escolha adequada dos blocos, que devem ser tão uniformes quanto possível, embora existam variações acentuadas de um bloco para o outro.

As variações utilizadas nos tratamentos se deu percentualmente, baseada na recomendação de fertilização determinada para a área em estudo, sendo esse valor equivalente ao 100% (207 g/planta da formulação em questão), as outras quantidades variaram em percentuais, sendo a testemunha equivalente a 0% da quantidade referência de adubo, seguida de mais dois percentuais (50% e 250% da quantidade recomendada), associados com e sem a aplicação foliar de boro (0,165 g/ planta), o que totalizou oito tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Massa de formulação NPK (20-05-20) utilizada nos em eucalipto com e sem aplicação de Boro. Tratamentos utilizados na área na experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil. 2022.

| Tratamentos | Descrição dos tratamentos |
|-------------|---|
| T1 | 0% - 0 g de NPK (20-05-20)/planta |
| T2 | 50% - 103,5 g de NPK (20-05-20)/planta |
| T3 | 100% - 207 g de NPK (20-05-20)/planta |
| T4 | 250% - 424,35 g de NPK (20-05-20)/planta |
| T5 | 0% - 0 g de NPK (20-05-20)/planta + 0,165 g de boro por planta |
| T6 | 50% - 103,5 g de NPK (20-05-20)/planta + 0,165 g de boro por planta |
| T7 | 100% - 207 g de NPK (20-05-20)/planta + 0,165 g de boro por planta |
| T8 | 250% - 424,35 g de NPK (20-05-20)/planta + 0,165 g de boro por planta |

Cada parcela tinha uma área útil de 324 m² (36 árvores) totalizando uma área total de 1,368 ha (1.152 árvores), dividida em 08 tratamentos com 04 repetições em blocos (Figura 8). A área do experimento foi identificada com estacas de madeira com a identificação do tratamento e do bloco a qual a área pertence.

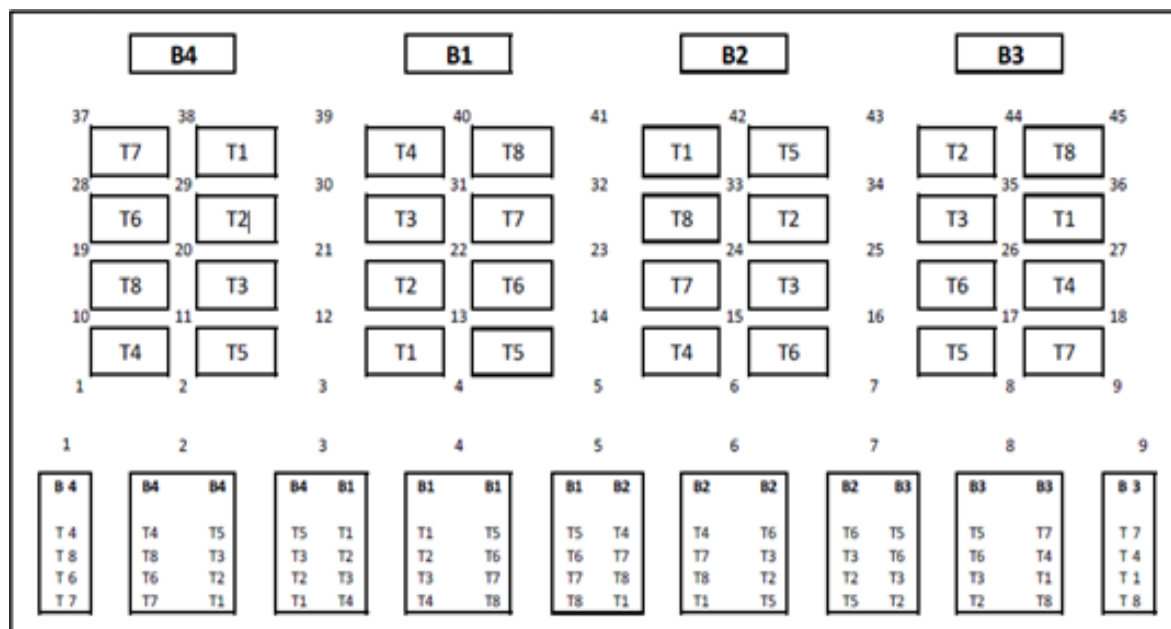


Figura 6. Croqui do delineamento casualizado em blocos utilizado no experimento, sendo os tratamentos T1 (0%), T2 (50%), T3 (100%), T4 (250%) aplicação de NPK e sem Boro e os tratamentos T5 (0%), T6 (50%), T7 (100%), T8 (250%) com aplicação de NPK mais Boro. Pernambuco, Brasil.

Para confirmar a existência dos Blocos foi calculada a Eficiência dos Blocos (EB), segundo Silva e Silva (1995), equação 1:

$$EB = \frac{(J-1)QMBI + j(i-1)QMRes}{(ij-1)QMRes} \quad (1)$$

Em que:

QMBI = Quadrado médio dos blocos;

QMRes = Quadrado médio dos resíduos;

i = número de tratamentos; e

j = número de blocos.

Desta maneira, o estudo se testou as seguintes hipóteses: (i) a realização de fertilização com boro não provocou desenvolvimento significativo no desenvolvimento do clone VM-0, já adubado com NPK; e (ii) a realização de fertilização com boro provocou desenvolvimento significativo no desenvolvimento do clone VM-0, já adubado com NPK.

O teste de comparação de médias utilizado foi o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.3.1 Adubação de fundação

A adubação de plantio foi realizada baseada na recomendação de adubação fornecida pela empresa RR Florestal. Realizou-se a adubação de base de 32 kg ha⁻¹, 86,4 kg ha⁻¹ e 32 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), respectivamente, sendo usados um total de 320 kg/ha de adubo, por árvore foram utilizados 288g, também foram adicionados micronutrientes (0,7 kg ha⁻¹ cobre, 0,7 kg ha⁻¹ zinco e 0,3 kg ha⁻¹ boro). A adubação foi realizada de forma mecanizada em filete contínuo a 20 cm de profundidade e executada no período chuvoso, seis dias antes do plantio.

3.3.2 Adubação de cobertura

A adubação de cobertura foi realizada a lanço de forma manual, em filete na projeção sulco de plantio, afastado entre 20 cm a 30 cm do caule, aplicando 50% da dose de cada lado da planta, sobre o solo e sem incorporação (Figura 6). Foram respeitadas as dosagens previstas por tratamentos, tendo como base de 100% a dosagem de 46,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 11,5 kg ha⁻¹ de fósforo e 46 kg ha⁻¹ de potássio, num total de 230kg/ha de NPK na proporção de 20:05:20. Foram realizadas três adubações com NPK no período chuvoso dos anos de 2019, 2020 e 2021, respeitando as dosagens previstas por tratamentos.



Figura 7. Adubação de cobertura realizada a lanço na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

A aplicação do boro foi realizada via aplicação foliar, foram realizadas duas adubações, uma no período seco de 2019 e outra no mesmo período em 2020, ambas foram realizadas após a aplicação do NPK no período chuvoso. Para a primeira aplicação, foi utilizado o ácido bórico (H_3BO_3) em pó solúvel, diluído a uma proporção de 16,5 g/L.

A aplicação foi realizada com auxílio de um pulverizador costal manual (Figura 7), fazendo a cobertura de toda a área foliar da planta, operado à pressão máxima constante, foi utilizado um bico de jato plano do tipo leque, modelo AVI 110.02, proporcionando um volume de calda equivalente a 10 L/parcela. Para a segunda aplicação, devido à altura das árvores, foi utilizado um jato pressurizado regulado para aplicar o mesmo volume do ingrediente ativo da primeira aplicação.



Figura 8. Realização da (A) 1ª e (B) 2ª aplicação de boro na área experimental na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

3.4 Variáveis mensuradas

3.4.1 Circunferência a altura do peito e Altura

Todas as árvores da área útil das parcelas (árvores da área nas quais o tratamento foi aplicado) tiveram suas CAP (circunferência à altura do peito) e Ht mensuradas. Coletou-se todas as CAPs utilizando uma fita métrica e desconsiderando as falhas de cada parcela. As

medidas de CAP foram consideradas com uma casa decimal. Os valores de CAP foram transformados em DAP (diâmetro à altura do peito).

Para evitar erros de medição, as coletas foram realizadas de modo a não envolver galhos, nós ou injúrias do fuste. Quando ocorriam, as CAPs foram medidas sempre a 10 cm acima ou abaixo de 1,30 m, sendo o critério para definir esse ponto o CAP mais representativo do fuste. As alturas foram estimadas com uso do dendrômetro Vertex IV (Figura 9).



Figura 9. Calibração do dendrômetro Vertex IV e medição de CAP e altura dos indivíduos, em plantas de eucalipto na área experimento em Gloria do Goitá, Pernambuco, Brasil.

3.4.2 Volumetria

Para obtenção do volume (m^3), fez-se uso de modelos volumétrico que permitiram estimar de forma adequada o volume individual de cada árvore e extrapolar os valores a nível da população para qual o modelo foi ajustado.

Em decorrência da necessidade de maior assertividade na estimativa do volume em povoamentos florestais, foram desenvolvidas inúmeras equações matemáticas, no entanto, no setor florestal, o modelo utilizado é o de Schumacher-Hall (1933), que utiliza o DAP e altura total da árvore, conforme (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Para obtenção dos volumes, foi utilizado modelo de regressão de Schumacher-Hall linearizado (1933), equação 2:

$$\ln V_i = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln DAP_i + \ln H_i + \ln \varepsilon_i \quad (2)$$

Em que: V_i é o volume da árvore i ; DAP_i é o diâmetro a altura do peito da árvore i ; β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros a serem estimados; H_i é a altura total da árvore i ; \ln é o logaritmo neperiano; e ε_i é o erro aleatório de estimativa.

O modelo foi ajustado com base nos dados obtidos com a cubagem rigorosa de 78 árvores de mesma idade e origem das árvores do experimento, o que induz a uma melhora considerável para as estimativas do volume pela equação de regressão (PEZZOTTI, 2021).

3.4.3 Índice de Sobrevivência

O índice de sobrevivência foi determinado em porcentagem, utilizando a seguinte fórmula, equação 3:

$$IC (\%) = \left(\frac{n}{N} \right) 100 \quad (3)$$

Em que: IC é a porcentagem de sobrevivência em campo; n é o número total de sobrevivência; e N é o número total de mudas plantadas.

Para realizar as análises estatísticas, foi utilizado o software estatístico R a um nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para altura, incremento médio anual (IMA), diâmetro à altura do peito (DAP) e taxa de sobrevivência não apresentaram diferenças significativas para nenhuma dosagem de fertilização com ou sem adição do boro (Tabela 2). Entretanto, na tabela 3, é observada a efetividade dos blocos para cada variável estudada,

Tabela 2. Análise de variância de DAP, altura, IMA e Sobrevivência para um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* submetido a diferentes dosagens de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil.

| FV | GL | DAP ¹ (cm) | | Ht ² (m) | | IMA ³ (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹) | | Sobrevivência (%) | |
|------------|----|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|--------------------|----------------------|--------------------|
| | | QM ⁴ | F | QM ⁴ | F | QM ⁴ | F | QM ⁴ | F |
| Tratamento | 7 | 0,1410 | 0,87 ^{ns} | 0,3173 | 0,92 ^{ns} | 2,681 | 0,41 ^{ns} | 184,03 | 0,69 ^{ns} |
| Bloco | 3 | 0,8772 | 5,38* | 2,7485 | 8,02* | 37,105 | 5,71* | 119,92 | 1,05 ^{ns} |
| Resíduo | 21 | 0,1629 | | 0,3425 | | 6,495 | | 173,72 | |
| CV (%) | | 4,36 | | 5,18 | | 21,41 | | 15,79 | |
| Média | | 9,26 | | 11,31 | | 11,91 | | 83,47 | |

¹ Diâmetro à altura do peito; ² Altura; ³ Incremento médio anual; ⁴ Quadrado Médio. ^{ns}: não significativo ($p \geq 0,05$), *: significativo ao nível de 5% de significância.

Tabela 3. Análise da efetividade dos blocos das variáveis DAP, altura, IMA e Sobrevivência para um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* submetido a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil.

| VARIÁVEL | EFETIVIDADE DO BLOCO |
|---------------|----------------------|
| DAP | 1,5051 |
| Ht | 1,7415 |
| IMA | 2,2425 |
| Sobrevivência | 0,9663 |

Para que o experimento casualizado em blocos seja eficiente, é necessário que cada um dos blocos que o constitui seja o mais homogêneo possível. Desta forma, é observado que o uso de blocos não foi efetivo para a variável sobrevivência (Tabela 2). Assim, a análise de variância foi realizada considerando o delineamento inteiramente aleatório (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para Sobrevivência para um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* submetido a diferentes níveis de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, Brasil.

| FV | GL | SQ | QM | F |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| Tratamento | 7 | 1288,2 | 184,03 | 1,10 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 4007,9 | 167,0 | |
| Total | 31 | 5296,16 | | |

Resultados semelhantes a este trabalho foram obtidos por Araújo *et al.* (2016), no qual não verificaram efeito significativo dos tratamentos no DAP e na altura dos clones de eucaliptos VM01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*), sendo as médias gerais 9,1 cm e 14,8 m, respectivamente, em Plintossolo Argilúvico distrófico de textura média, avaliado sob três doses de K₂O no plantio e duas doses de NPK em cobertura, aplicada aos 14 meses após o plantio. Enquanto os valores médios desta pesquisa variaram para DAP de 9,02 cm a 9,55 cm e para altura de 10,99 m a 11,86 m, respectivamente (FIGURA 10 (A) e (C)).

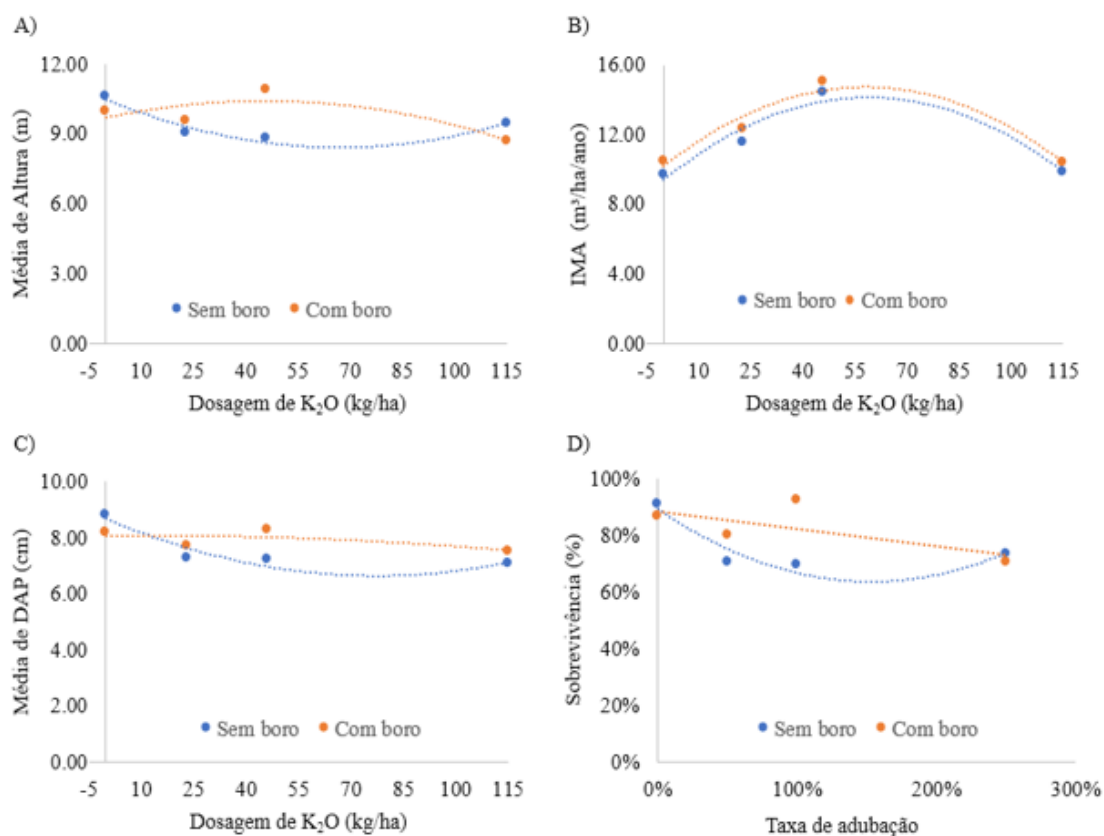


Figura 10. Atributos dendrométricos de (A) altura, (B) IMA, (C) DAP e (D) sobrevivência em um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* submetido a diferentes dosagens de fertilização na Fazenda Lagoa Grande, localizada no município de Glória de Goitá, Pernambuco, Brasil.

Segundo Mauri *et al.* (2015), apesar da grande adaptabilidade edafoclimática de *Eucalyptus* spp. no Brasil, variações nas condições ambientais e na qualidade do local, como classes e texturas do solo, bem como as condições climáticas, influenciam o crescimento da espécie, inclusive o clone pode responder de forma diferente às mudanças ambientais. E foi justamente esta interação relacionada a fatores ambientais que afetou o desempenho e desenvolvimento das plantas avaliadas.

Os dados de precipitação pluviométrica durante o período experimental foram obtidos por meio da APAC (2021), desde o período de implantação do plantio em 2018 a setembro de 2021 (Figura 11).

Em 2018, ano de implantação do experimento, durante os meses abril a julho, houve menos de 200 mm acumulados de chuva, em relação à média histórica, período que deveria ter chuvas superiores a 350 mm (APAC, 2018). Nos anos subsequentes, a precipitação pluviométrica acumulada continuou abaixo da média histórica para a região do estudo (FIGURA 11).

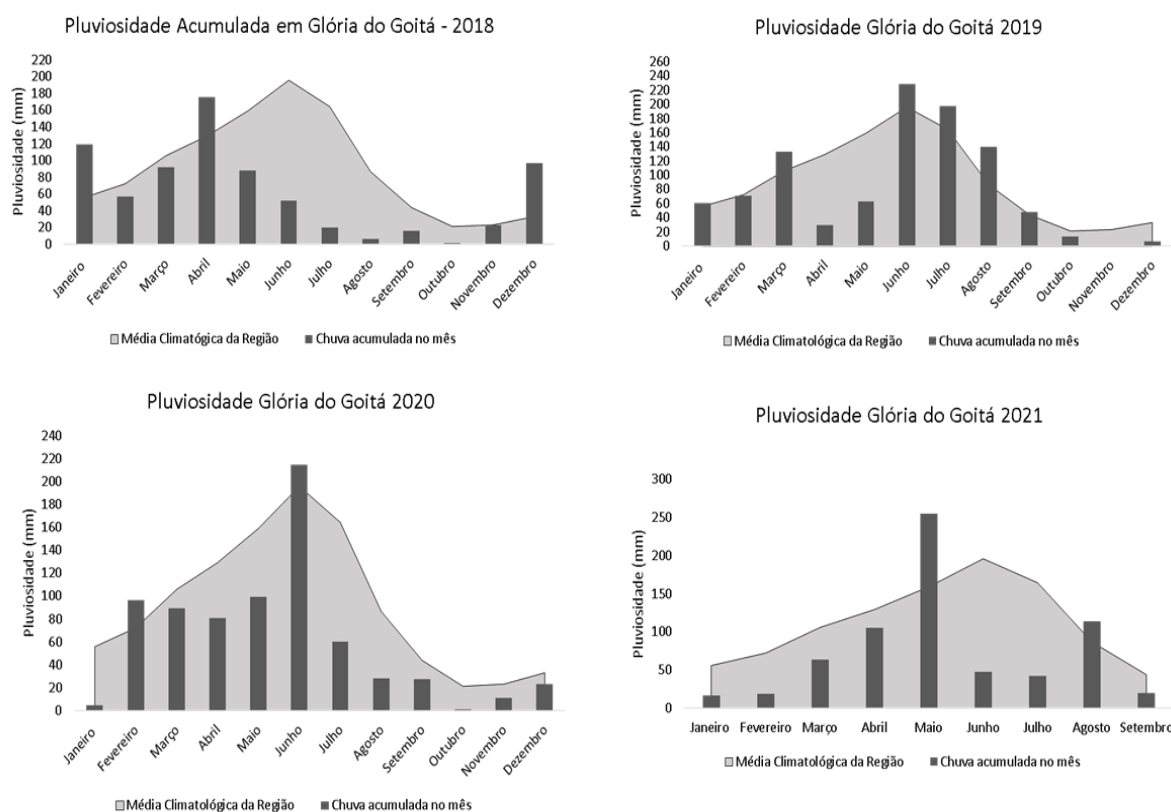


Figura 11. Precipitação acumulada de 2018 a setembro de 2021 no município de Glória do Goitá, Pernambuco, Brasil.

Fonte: APAC, 2018.

Esta condição de distribuição pluviométrica irregular provoca uma situação de estresse hídrico na espécie, devido à ocorrência de uma estiagem severa, compreendida em oito meses do ano, o que compromete diretamente o desenvolvimento e a produtividade da cultura do *Eucalyptus* spp. Para corroborar com este trabalho, Silva *et al.* (2015), ao estudar a aplicação foliar de boro em *Eucalyptus* spp. sob estresse hídrico, observaram que a aplicação de boro não influenciou o crescimento das plantas, mas a diminuição da biomassa produzida foi superior a 40% nas plantas submetidas ao déficit hídrico, independente do clone ou da fertilização aplicada.

Apesar da baixa precipitação no tempo de condução do experimento, os clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* apresentaram sobrevivência variando de 78,05% a 95,43%, com média superior a 83% no período de avaliação [Tabela 2, Figura 10 (D)], indicando que apresentaram boa capacidade de adaptação às condições ambientais do local. Estes valores são semelhantes aos observados por Caldeira *et al.* (2015), que avaliaram o desenvolvimento inicial e o estado nutricional de clones de eucalipto no sul do estado de

Rondônia, em Argissolo Vermelho, aos seis e dez meses de idade e encontraram uma taxa média superior a 94% de sobrevivência.

Em relação ao incremento médio anual (IMA), os valores dos tratamentos variaram de 10,88 m³ ha⁻¹ a 13,16 m³ ha⁻¹, sendo 11,91 m³ ha⁻¹ a média geral [Tabela 2; Figura 10 (B)], os valores ficaram abaixo daqueles relatados por Cunha *et al.* (2021) em seu trabalho de expansão do eucalipto no Brasil. Em três regiões de estudo, no Centro Oeste do Brasil, caracterizado pelo domínio fitogeográfico Cerrado com estação seca distinta e solos distróficos, em plantios com mesmo clone e com cinco anos de idade, foram observadas médias próximas de 60,0 m³ ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Elli *et al.* (2019,) ao avaliar diferentes espécies de *Eucalyptus* spp. com cinco anos de idade de 30 locais produtores no Brasil, nos quais foram relatados IMA de até 69,0 m³ ha⁻¹.

O *Eucalyptus camaldulensis* apresenta bom desempenho em condições adversas, está bem adaptado a solos pobres em nutrientes, sendo, portanto, considerada uma das espécies de eucalipto mais tolerantes ao estresse hídrico (ELLI *et al.*, 2019; BUSH *et al.*, 2013). Como houve escassez hídrica durante a condução do experimento, este é o fator limitante para produtividade da espécie, o qual refletiu nos baixos valores das variáveis apresentadas neste trabalho.

Numa pesquisa desenvolvida no litoral norte do Estado da Bahia, foi analisada a produtividade de plantações de espécies do gênero *Eucalyptus*, manejadas sob os sistemas de alto fuste e talhadia (GONÇALVES *et al.*, 2014). Os autores pontuaram que, devido aos fatores edafoclimáticos da região, há grandes variações médias anuais de pluviosidade, oscilando entre 800 e 1700 mm⁻¹, desde o interior até litoral.

Os seis locais estudados (Alagoinhas, Aramari, Entre Rios, Esplanada, Inhambupe e Mata de São João) compreenderam uma grande variação das condições climáticas e edáficas, resultando em diversos níveis de produtividade florestal. Dentre os fatores mais influentes nas diferenças observadas, a precipitação pluviométrica se sobressaiu, demonstrando a estreita relação existente entre as variáveis citadas.

Verificou-se, ainda, que as maiores produtividades ocorreram nas parcelas com maiores níveis de precipitação pluviométrica.

5. CONCLUSÕES

Provavelmente em função da baixa pluviosidade durante a realização desta pesquisa, o efeito do boro (B) não apresentou resultados significativos, bem como nas dosagens de NPK considerados. Isto reforça a necessidade de uma distribuição hídrica regular para que os fertilizantes possam atuar beneficiando o desenvolvimento da população florestal.

Mesmo assim, foi possível observar a resiliência do clone VM-01 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) na adaptação e resistência frente ao déficit hídrico da região onde está alocado o experimento.

Neste contexto, considerando resultados preliminares de condução do experimento, cinco anos, recomenda-se mais avaliações para melhor confirmação destes resultados. Além disso, esta pesquisa pode ser utilizada como indicativo para escolha deste clone frente a novas fronteiras florestais na região em que o povoamento está implantado, como também em regiões com condições edafoclimáticas semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2006: ano base 2005**. Brasília: ABRAF, 2006. 80 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3894/anuario-ABRAF-2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 142 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3910/anuario-ABRAF-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- AGROICONE. **Oportunidades Para Florestas Energéticas na Geração de Energia no Brasil**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.agroiconebrasil.org/wp-content/uploads/2015/11/Oportunidades-Para-Florestas-Energ%C3%A9ticas-Na-Gera%C3%A7%C3%A3o-De-Energia-No-Brasil-1.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2020.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2014.
- ANDRADE, E. N. **Manual do plantador de eucalyptos**. 1ª ed. Typographia Brazil de Rothschild & Comp. 1911. 339p.
- APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do clima: síntese climática**. 2018. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 22 ago.. 2021.
- APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Boletim do clima: síntese climática**. 2021. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- ARAÚJO, J. S. J. *et al.* Crescimento de Eucalipto com Diferentes Adubações em Porto Velho, Rondônia, Porto Velho – RO. In: FertBio – Rumo aos novos desafios - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, **Anais...** Goiânia, 2016.
- ARAÚJO, L. H. B. **Biomassa, modelagem e viabilidade econômica de clones de *Eucalyptus spp.* Em florestas energéticas no semiárido brasileiro**. 2021. 143 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.
- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon, 1970. 506 p.
- AZEVEDO, S. R. V. **Caracterização da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos no sertão pernambucano**. 2021. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.
- BANCO DO NORDESTE (BNB), Caderno Setorial ETENE, Ano 6, nº154, fevereiro, 2021.

BARRETO, V. C. M. *et al.* Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 76, v. 1, p. 21 – 33, 2007.

BARROS FILHO, N. F. **Discriminação isotópica do ^{13}C e nutrição com cálcio e boro em clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico**. 2014. 73f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, 2014.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. 2ª ed. Piracicaba: IPEF, 2004. 269 – 284 p.

BARROS, B. S. X. *et al.* Uso de imagens de satélite para cálculo de volume em floresta de eucalipto no município de Botucatu/SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 60 – 67, 2015.

BERNARDI, *et al.* Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67 – 74, 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. New Jersey: Prentice Hall, 2008. 992 p.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 1 – 9, 2007.

BUSH, D. *et al.* Assessing genetic variation within *Eucalyptus camaldulensis* for survival and growth on two spatially variable saline sites in southern Australia. **Forest Ecology and Management**, [S.I.], v. 306, n. 1, p. 68-78, 2013.

CALDEIRA, D. R. M. *et al.* Initial assessment and nutritional status of hybrid eucalyptus sp. in the municipality of Colorado do Oeste, Rondônia State-Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, [S.I.], v. 10, n. 35, p. 3548 – 3553, 2015.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4ª ed. Viçosa: UFV, 2013. 605 p.

CARIELO, P. *et al.* Estimativa do DAP em função do diâmetro do toco para plantios de *Eucalyptus urograndis* implantados em diferentes espaçamentos. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 12, n. especial, p. 100 – 105, 2016.

CARVALHO, S. P. C. **Uma nova metodologia de avaliação do crescimento e da produção de *Eucalyptus sp* clonal para fins energéticos**. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

CAVALCANTI, J. S. Uma delegação do Instituto dos Industriários em visita à Fábrica Paulista – A praga do “phasmidae” ataca a cultura dos eucaliptos – auxílios aos estudos das ciências econômicas – “Biblioteca Joaquim Nabuco” – Viajantes – Outras notícias. **Diário de Pernambuco**, 1950, p. 9. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 28 fev. 2022.

CELESTRINO, T. S. **Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (clone I144)**. 2014. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2014.

CELESTRINO, T. S. **Efeito residual e reaplicação de boro na cultura do eucalipto (Clone I144)**. 2017. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, 2017.

CELULOSE ONLINE. **Em Pernambuco, eucalipto substitui cana-de-açúcar em áreas de declive**. 2015. Disponível em: <<https://www.celuloseonline.com.br/em-pernambuco-eucalipto-substitui-cana-de-acucar-em-areas-de-declive>>. Acesso em: 24 fev. 2022.

CIB – CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 2008. 20 p. Disponível em: <https://www.avamflora.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Guia_do_Eucalipto.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

COUTO, M. **Casarão dos Lundgren, o misterioso cartão-postal da cidade do Paulista**. Diário de Pernambuco, 2016. Disponível em: <<http://www.impresso.diariodepernambuco.com.br/noticia/cadernos/viver/2016/07/casarao-dos-lundgren-o-misterioso-cartao-postal-da-cidade-do-paulista.html#:~:text=Eles%20precisavam%20de%20madeira%20para,desenvolvimento%20hist%C3%B3rico%20da%20pr%C3%B3pria%20cidade>>. Acesso em: 25 fev. 2022.

CUNHA, U. S. **Dendrometria e inventário florestal**. Manaus: Série Técnica – UFAM, 2004. 61 p.

CUNHA, T. Q. G. *et al.* Eucalyptus expansion in Brazil: Energy yield in new forest frontiers. **Biomass and Bioenergy**, [S.I], v. 144, n. 1, p. 105900, 2021.

DAVIS, L. S. *et al.* **Forest management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4^a ed. Illinois: Waveland, 2005. 804 p.

DOSSA, D. **Cultivo do eucalipto**. Brasília: EMBRAPA, Sistemas de Produção, n. 4, 2003.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; RIBASKI, J. **Eucalipto no semiárido brasileiro**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. 42 p.

ELLI, E. F. *et al.* Assessing the growth gaps of Eucalyptus plantations in Brazil—Magnitudes, causes and possible mitigation strategies. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 451, n. 1, p. 117464, 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Solos**. 3^a ed. Brasília: Embrapa milho e sorgo – Sistemas de produção. 2007.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais**, Brasília, v. 7, n. 1, 43 p., 2005.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Micronutrient deficiency problems in South América. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.). **Micronutrient deficiencies in global crop production**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. 245 – 266 p.

FIGUEIREDO, A. C. *et al.* Óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus*. 2013. **Tecnologia agroalimentar**. 2013. 96 – 100 p. Disponível em: <http://cbv.fc.ul.pt/Agrotec_8.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 66 – 69, 2005.

FURLAN, R. A. **Seleção de clones de eucalipto para tolerância à seca no Nordeste do Brasil**. 2018. 97 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, 2018.

FURTINI NETO, A. E. *et al.* Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Eds.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2014. 349 – 382 p.

GADELHA, F. H. L. **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos**. 2014. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

GAZOLA, R. N. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada e potássica na produtividade do eucalipto. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal. **Anais...** Natal, 2015, p. 1 – 4.

GIODA, A. Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 33, n. 95, p. 133 – 149, 2019.

GONÇALVES, *et al.* – Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 411-419, set. 2014.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF. 2000. 427 p.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1/2, p. 45 – 61, 2004.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest ecology and management**, Amsterdã, v. 301, n. 1, p. 6 – 27, 2013.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (Orgs.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 111 – 154 p.

GONTIJO, D. O. **Silvicultura do eucalipto: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características**. 2018. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Manejo Florestal de Precisão) – Universidade Federal do Paraná, 2018.

GROVE, T. S.; THOMSON, B. D.; MALAJCZUK, N. Nutritional physiology of *Eucalyptus*: uptake, distribution and utilization. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Eds.). **Nutrition of eucalyptus**. Collingwood: CSIRO publishing, 1996. 303 – 326 p.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, v.31, p.273-307, 1979. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S006521130860142X>. Acesso em: 10 mar. 2022.

HODECKER, B. E. R. *et al.* Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 384, n. 1, p. 185 – 199, 2014.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual**. 2016. 100 p. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf. Acesso em: 10 maio 2022.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual**. 2021. 93 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

JESUS, G. L. *et al.* Effect of nitrogen rates and sources on eucalyptus yield and soil organic matter fractions in the Cerrado region of Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 201 – 214, 2012.

JESUS, C. M. D. *et al.* Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grani*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 291 – 299, 2012.

JESUS, F. P. G. **Plantio de eucalipto no sul do estado do Tocantins: desafios e oportunidades**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2014.

JESUS, C. M. *et al.* Modelagem hipsométrica em povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus granis* no Distrito Federal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1298 – 1308, 2015.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 321 – 328, 2002.

LEITE, H. G. *et al.* Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L. f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 53 – 59, 2011.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1 – 64 p.

LUCENA, J. D. S. **Competição e dinâmica em floresta tropical seca no semiárido pernambucano**. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

LUNDGREN, W. J. C. **Uso da geoestatística na estimativa volumétrica de clones de *Eucalyptus sp.* no polo gesseiro do Araripe**. 2011. 165 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 243 – 250, 2015.

MACHADO, S. A. et al. Evolução das variáveis dendrométricas da bracatinga por classe de sítio. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 199 – 207, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutritional of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTINS, F. B. et al. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 1089 – 1098, 2011.

MAURI, R. et al. Wood density of clones *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in different conditions of growth. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 193 – 202, 2015.

MELO, E. A. S. C. **Nutrição e fertilização de plantações clonais de eucalipto sob diferentes condições edafoclimáticas**. 2014. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, 2014.

MELO, E. A. S. C. et al. Responses of clonal eucalypt plantations to N, P and K fertilizer application in different edaphoclimatic conditions. **Forests**, [S.I.], v. 7, n. 1, p. 2, 2015.

MORAES, L. A. C. et al. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1431 – 1436, 2002.

MOREIRA, M. F. B. et al. Estimativa da relação hipsométrica com modelos não lineares ajustados por métodos bayesianos empíricos, **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 405 – 441, 2015.

NEVES, A. M. L. **O direito que temos é o de morrer de fome: os operários da Companhia de Tecidos Paulista e a busca por direitos na Justiça do Trabalho (1950-1952)**. 2019. 173 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 25 – 98 p.

OLIVEIRA, M. L. R. et al. Estimação do volume de árvores de clones de eucalipto pelo método da similaridade de perfis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 133 – 141, 2009.

PEZZOTI, J. M. **Sobrevivência, crescimento e produtividade de clones de *Eucalyptus* em área de transição entre Zona da Mata e o Agreste Seco do estado de Pernambuco**. 2021,

73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

REIS, L. P. *et al.* Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias – Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 57, n.3, p. 234 – 243, 2014.

RICHART, A. *et al.* Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321 – 344, 2005.

RODRIGUEZ, L. C. E. Tornando o planejamento florestal menos complexo. **Revista da Madeira**, n. 59, 2001.

SALES, F. C. V. **Comparação de modelos volumétricos e seleção de clones e espécies de *Eucalyptus* em diferentes densidades populacionais no agreste meridional de Pernambuco**. 2013, 69 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

SANTANA, R. C. *et al.* Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 2723 – 2733, 2008.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília: Embrapa, 2014. 138 p.

SANTOS, M. L. *et al.* Relação altura-diâmetro para um povoamento clonal jovem de *Tectona grandis* Linn F. na Amazônia oriental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 10, p. 74981 – 74996, 2020.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de floresta energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades**. 2014. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2014.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 47, n. 9, p. 719 – 734, 1933.

SFB – SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF**. Brasília, 2019. Disponível em: < <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SGARBI, F. *et al.* Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 56, p. 69 – 82, 1999.

SILVA, J. A. A.; SILVA, I. P. **Estatística experimental aplicada à ciência florestal**. 2. ed. Recife, Pernambuco: Imprensa Universitária da UFRPE, 1995. 292p.

SILVA, S. M. F. S. **Comparação entre equações volumétricas regionais e equações baseadas em volumes da primeira tora em clones de *Eucalyptus* na chapada do Araripe-**

PE. 2008, 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

SILVA, P. H. M. *et al.* Aplicação foliar de boro em eucalipto sob estresse hídrico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 395 – 405, 2015.

SILVEIRA, R. L. V. A. *et al.* **Exigência nutricional de clones de Eucalyptus em relação a boro**. Relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel, Luís Antônio, 2002. 26 p.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventario florestal**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 272 p.

SOARES, F. A. A. M. N. **Predição recursiva de diâmetros de clones de eucalipto utilizando rede perceptron de múltiplas camadas para o cálculo de volume**. 2012. 131 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

STAPE, J. L. *et al.* The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1684 – 1694, 2010.

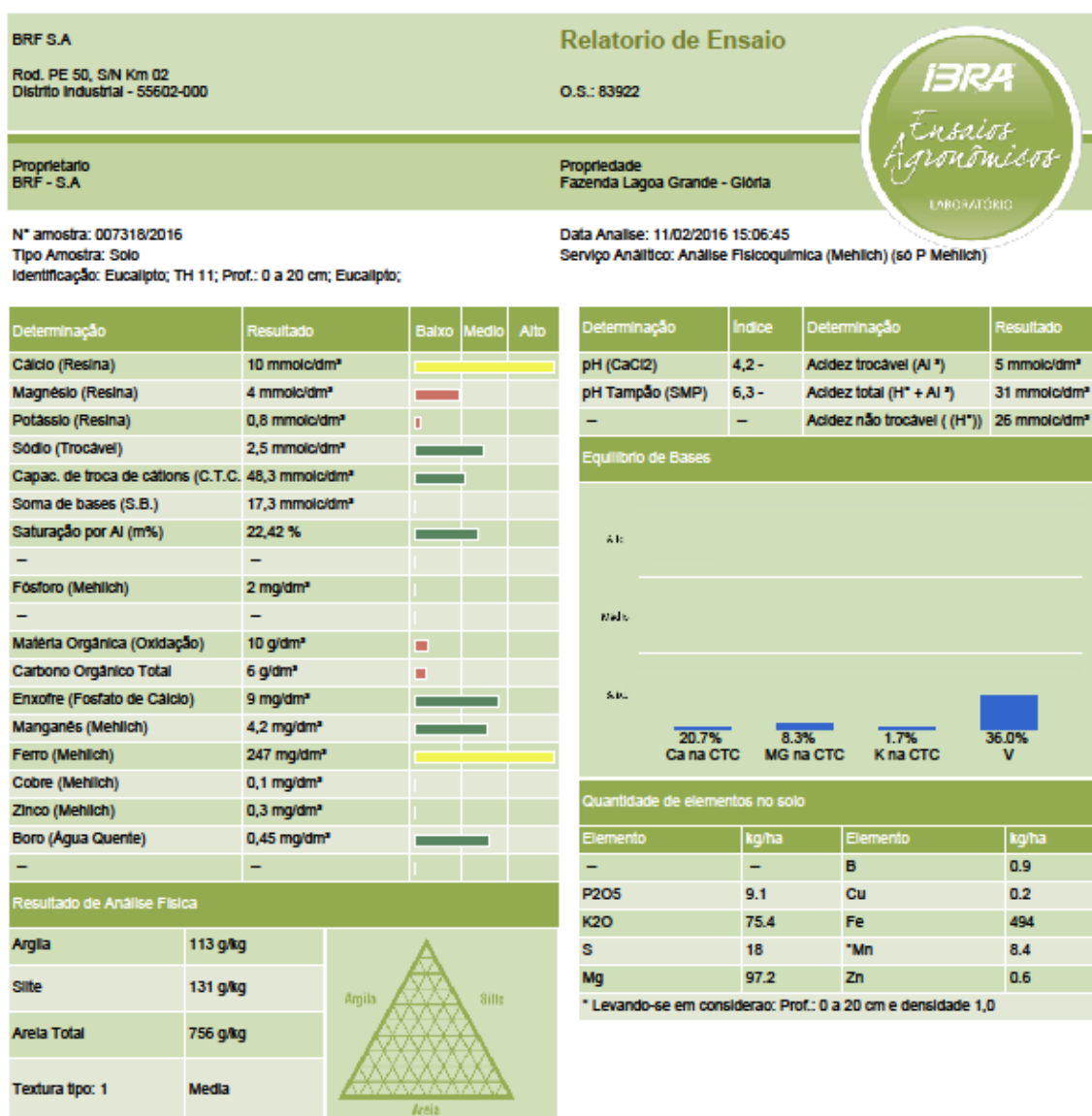
TAVANTI, R. F. R. *et al.* Eficiência da adubação boratada no desenvolvimento das mudas de eucalipto. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 61, n. 1, p. 1 – 7, 2018.

TIRLONI, C. *et al.* Crescimento de *Corymbia citriodora* sob aplicação de boro nas épocas secas e chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 19, n. 2, p. 197 – 206, 2011.

VALVERDE, S. R. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde**. Rio de Janeiro. Editora: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2012. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf> pg13. Acesso em: 05 fev. 2022.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1991. p.391-412. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/249/1/sed-64.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2022.

APÊNDICE



Este resultado refere-se somente aos itens ensaiados

O laboratório IBRA opera em conformidade com a norma ISO/IEC 17025

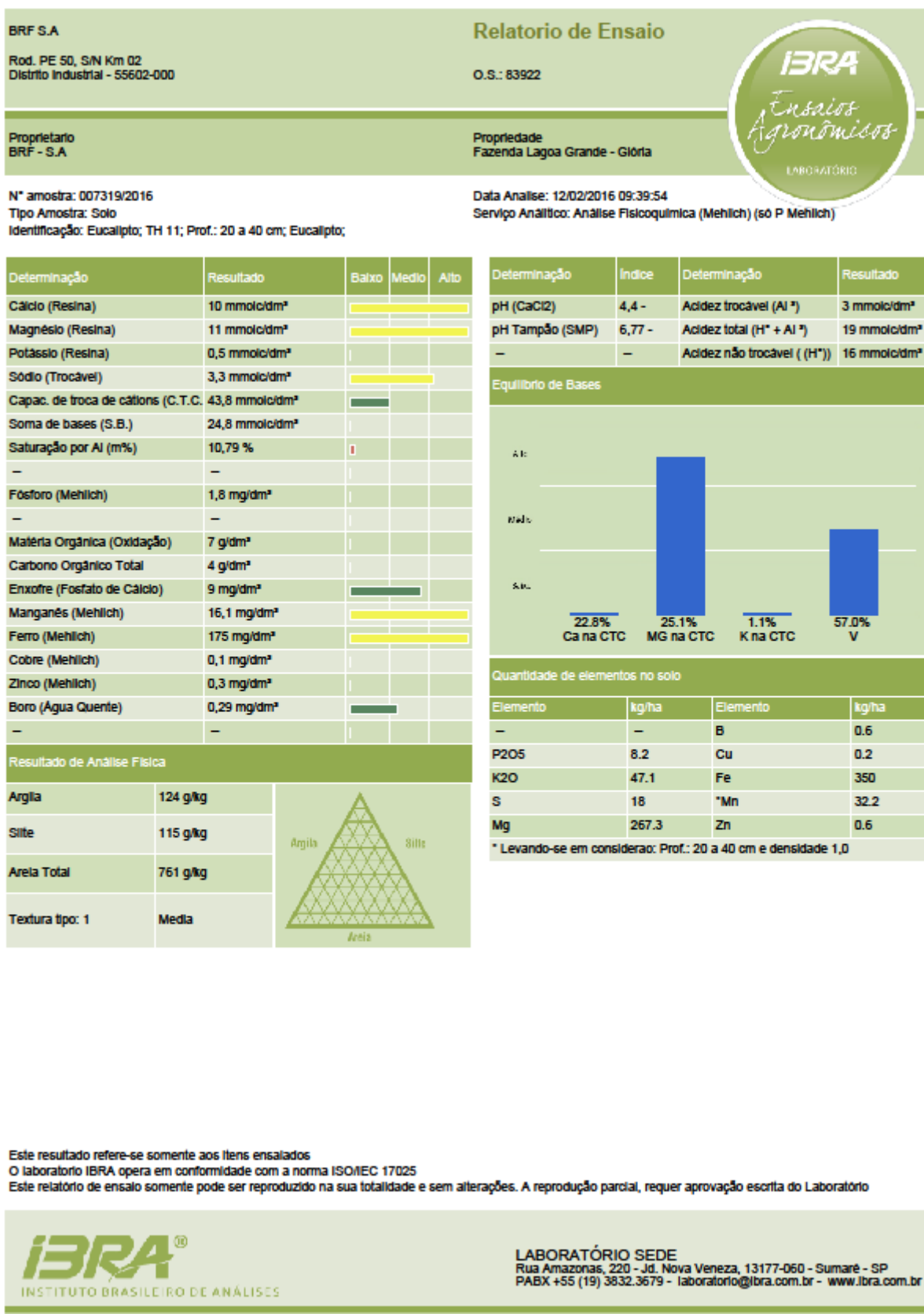
Este relatório de ensaio somente pode ser reproduzido na sua totalidade e sem alterações. A reprodução parcial, requer aprovação escrita do Laboratório

IBRA[®]
INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES

LABORATÓRIO SEDE
Rua Amazonas, 220 - Jd. Nova Venezuela, 13177-060 - Sumaré - SP
PABX +55 (19) 3832.3679 - laboratorio@ibra.com.br - www.ibra.com.br

Apêndice A: Amostra de solo coletada nas profundidades de 0 cm a 20 cm.

Fonte: IBRA – Instituto Brasileiro de Análises.



Apêndice A: Amostra de solo coletada nas profundidades de 21 cm a 40 cm.

Fonte: IBRA – Instituto Brasileiro de Análises.