



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MARIA CLARA BEZERRA LIMA

**DOSAGENS DE ADUBAÇÃO DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE INICIAL E
SOBREVIVÊNCIA DE EUCALIPTO EM PERNAMBUCO**

RECIFE – PE

2021

MARIA CLARA BEZERRA LIMA

**DOSAGENS DE ADUBAÇÃO DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE INICIAL E
SOBREVIVÊNCIA DE EUCALIPTO EM PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Rodrigo Eiji Hakamada

RECIFE – PE

2021

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)

L732d LIMA, MARIA CLARA BEZERRA
DOSAGENS DE ADUBAÇÃO DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE INICIAL E SOBREVIVÊNCIA
DE EUCALIPTO EM PERNAMBUCO / MARIA CLARA BEZERRA LIMA – 2021.
31 f. : il.

Orientador: Rodrigo Eiji Hakamada.
Inclui Referências

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2022.

1. Regressão Linear. 2. Fertilização. 3. Crescimento. 4. Biomassa. I. Hakamada, Rodrigo Eiji.

CDD 634.9

MARIA CLARA BEZERRA LIMA

**DOSAGENS DE ADUBAÇÃO DE COBERTURA NA PRODUTIVIDADE INICIAL E
SOBREVIVÊNCIA DE EUCALIPTO EM PERNAMBUCO**

Aprovado em: 15 de julho de 2021

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Rute Berger

Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Orientador:

Prof. Dr. Rodrigo Eiji Hakamada
Departamento de Ciência Florestal/ UFRPE

**RECIFE – PE
2021**

"A natureza pode suprir
todas as necessidades
do homem, menos a sua
ganância".

Gandhi.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este estágio, principalmente com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida. Em especial minha vó, minha mãe e meu filho que sempre estiveram do meu lado me entendendo e ajudando nos momentos de provas, trabalho, estágio, viagens.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador pelo incentivo e inclusive pela oportunidade que recebi fazendo este estágio.

Também quero agradecer à Universidade Federal Rural de Pernambuco e a todos os professores do meu curso.

Muito OBRIGADA a todos! Formei!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1 – Eucalipto no Brasil	17
3.2 – Fatores que afetam o desenvolvimento dos plantios de Eucalipto	17
3.3 – Silvicultura, a importância das técnicas de manejo	18
4. MATERIAL E MÉTODO	19
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Dados de preparo do solo e do plantio.....	20
4.3 Delineamento experimental	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Croqui de localização da Fazenda Lagoa grande em Glória do Goitá -PE.....	20
Figura 2: Croqui do delineamento em blocos utilizado no experimento.....	22
Figura 3: Aplicação de boro com mangueira de 6m adaptada à barra de alumínio... ..	23
Figura 4: Curva de resposta à adubação gerada pela relação entre o ganho relativo e dose de a fertilizante utilizada, com e sem a adição de boro.....	27
Figura 5: Curva de resposta à adubação gerada pela relação entre o Incremento Médio Anual (ICA) e a dose de fertilizante utilizada, com e sem a adição de boro	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA.....	24
Tabela 2: Estimativa dos coeficientes obtidos na análise de regressão.....	24
Tabela 3: Valores médios de diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume, nas medições I e II.	25
Tabela 4: Valores de Incremento Médio Anual (IMA) aos 15 meses de idade e aos 24 meses de idade, Incremento Corrente Anual (ICA) e aumento relativo em porcentagem... ..	25
Tabela 5: Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ganho relativo, sem adição de boro.....	26
Tabela 6: Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ganho relativo, com adição de boro.....	27
Tabela 7: Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ICA, sem adição de boro.....	28
Tabela 8: Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ICA, com adição de boro.....	28
Tabela 9: Mortalidade.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIB	Conselho de Informações sobre Biotecnologia
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvore
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PIB	Produto Interno Bruto
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
FGV	Fundação Getúlio Vargas
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
DAP	Diâmetro à altura do peito

RESUMO

A geração energética a partir de biomassa advinda de florestas plantadas, além de ser uma fonte energética sustentável, é uma oportunidade para criação de uma alternativa viável para a demanda de biomassa proveniente de madeira no estado. Considerando as características edafoclimáticas da região, a escassez de estudos sobre o tema e a importância da adubação, como uma das práticas silviculturais que proporciona maiores ganhos em produtividade madeireira, este experimento tem como objetivo avaliar o comportamento silvicultural de clone de eucalipto, em área de transição entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano, com relação ao crescimento e à produtividade quando submetidos a diferentes doses de adubação de cobertura. A pesquisa foi realizada em um plantio clonal de eucalipto, implantado em 2018, município de Glória do Goitá, em fazenda arrendada a empresa BRF. O experimento com diferentes doses de adubação de cobertura (NPK) e a adição de boro foliar aplicados quando o povoamento possuía 15 meses foi realizado inicialmente com as medições de DAP e altura das árvores em 32 parcelas sendo 8 tratamentos e 4 repetições. A primeira medição foi realizada com 15 meses do plantio e a segunda com 24 meses do plantio, para avaliar qual a dosagem de adubação de cobertura resulta em melhores indicadores de produtividade e sobrevivência. Através de regressão obtida através de amostragem destrutiva de biomassa foram estimados os volumes individuais por meio da equação de Schumacher & Hall. O volume foi extrapolado para a área total (m^3/ha) e foram estimados os indicadores de produtividade incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) entre as duas medições. O volume por tratamento das parcelas na primeira medição foi de $7,2 m^3/ha$ e na segunda medição de $16,3m^3/ha$, e os IMA respectivamente $5,77 m^3/há/ano$ e $8,16 m^3/ha/ano$, resultando em um Incremento Corrente Anual (ICA) de $10,92 m^3/ha/ano$. Os resultados aos 24 meses de plantio, mostram o ganho relativo em produtividade foi de 28% até 58%, sendo o ganho máximo para a dosagem do tratamento 8 (250% da dose usual adotada pela empresa, $535kg/ha$). Em análise estatística por regressão obtivemos uma significância a nível de 5% para fertilização sem boro, quando correlacionamos o ICA com as dosagens de adubação, mostrando que há uma tendência de crescimento do ponto de vista estatístico. O experimento continuará sendo analisado nos próximos anos e novas adubações com fertilizante e boro foliar serão realizadas, para verificar se o ganho em produtividade se mantém aumentando e se as taxas de mortalidade permanecem baixas

Palavras-chave: Regressão Linear, Fertilização, Crescimento, Biomassa.

ABSTRACT

Energy generation from biomass coming from planted forests, in addition to being a sustainable energy source, is an opportunity to create a viable alternative to the demand for biomass from wood in the state. Considering the edaphoclimatic characteristics of the region, the scarcity of studies on the subject and the importance of fertilization, as one of the silvicultural practices that provides greater gains in wood productivity, this experiment aims to evaluate the silvicultural behavior of eucalyptus clones in an area of transition between Zona da Mata and Agreste Pernambucano, in relation to growth and yield when subjected to different doses of top dressing. The research was carried out in a clonal eucalyptus plantation, implemented in 2018, in the municipality of Glória do Goitá, on a farm leased to the company BRF. The experiment with different doses of topdressing fertilization (NPK) and the addition of foliar boron applied when the stand was 15 months old was initially carried out with measurements of DBH and tree height in 32 plots with 8 treatments and 4 replications. The first measurement was carried out 15 months after planting and the second after 24 months after planting, to assess which dosage of top-dressing results in better indicators of productivity and survival. Through regression obtained through destructive sampling of biomass, individual volumes were estimated using the Schumacher & Hall equation. The volume was extrapolated to the total area (m^3/ha) and the indicators of productivity average annual increment (IMA) and current annual increment (ICA) between the two measurements were estimated. The volume per treatment of the plots in the first measurement was $7.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ and in the second measurement $16.3 \text{ m}^3/\text{ha}$, and the IMA respectively $5.77 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ and $8.16 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$, resulting in a Current Annual Increment (ICA) of $10.92 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$. The results at 24 months of planting show the relative gain in productivity was 28% to 58%, with the maximum gain for the dosage of treatment 8 (250% of the usual dose adopted by the company, $535\text{kg}/\text{ha}$). In statistical analysis by regression, we obtained a significance level of 5% for boron-free fertilization, when we correlated the ICA with the fertilizer dosages, showing that there is a trend of growth from a statistical point of view. The experiment will continue to be analyzed in the coming years and new fertilization with fertilizer and foliar boron will be carried out, to verify if the productivity gain keeps increasing and if the mortality rates remain low.

Keywords: Linear Regression, Fertilization, Growth, Biomass.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente 86 milhões de pessoas trabalham no setor florestal, contudo, mais de 1 bilhão de pessoas no mundo dependem dos alimentos que advém das florestas (FAO, 2020). No Brasil, segundo Relatório emitido pela Indústria Brasileira de Árvores (2020), o setor de base florestal representa 1,2% do PIB Nacional e receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões.

De acordo com Brainer (2021), atualmente a área florestal mundial é de 4,06 bilhões de hectares, distribuídos pelos continentes, sendo que a maior parte se encontra na Europa, onde 80,1% pertencem à Rússia (815 milhões de hectares) e a segunda maior parte está na América do Sul, onde 58,8% pertencem ao Brasil (496 milhões de hectares).

O Relatório IBÁ (2020) mostra que no Brasil em 2019, a área total de árvores plantadas totalizou 9,0 milhões de hectares, um aumento de 2,4% em relação a 2018 (8,79 milhões de hectares) e, desse total, a maioria (77%) é representada pelo cultivo de eucalipto, com 6,97 milhões de hectares.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de carvão vegetal cresceu 3,7% em 2019, atingindo 5,3 milhões de toneladas, sendo o setor de árvores cultivadas responsável por 95% da produção desse carvão vegetal (PEVS 2018). Segundo mapa elaborado pela FGV, com dados do Ministério da Economia - RAIS, e disponível no relatório IBÁ (2020), o Nordeste possui vinte e dois grandes polos de consumo de carvão vegetal representando 12,2% do consumo de carvão do país, com dois desses grandes polos localizados em Pernambuco.

A geração energética a partir de biomassa advinda de florestas plantadas, além de ser uma fonte com baixo impacto quanto a emissão de Gases de Efeito Estufa - GEE, é uma oportunidade para criação de um mercado capaz de absorver a demanda por restauração de áreas, pois os plantios podem ser usados para a recuperação de áreas degradadas e as exigências do Código Florestal preveem a proteção de áreas nativas por produtores florestais. Portanto, a introdução de florestas plantadas de espécies do gênero *Eucalyptus* é uma alternativa viável para a demanda de biomassa proveniente de madeira no estado.

A fertilidade define a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de grandes produtividades, por isso, partindo da afirmação de Cipriani (2014) de que a adubação é a prática silvicultural responsável pelos maiores ganhos em produtividade em eucaliptos e levando em consideração que a rentabilidade e a produtividade florestal estão intimamente integradas, este experimento espera reunir informações capazes de indicar níveis adequados de dosagem de adubação de cobertura

com nitrogênio, fósforo, potássio (NPK) e boro, que reflitam em ganhos de produtividade em uma região de déficit hídrico e que possui poucos dados relativos à silvicultura de eucalipto.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento silvicultural de clone de eucalipto, em área de transição entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano, com relação à sobrevivência e produtividade quando submetidos a diferentes doses de adubação de cobertura.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o comportamento silvicultural de clone de eucalipto, em área de transição entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano, com relação à sobrevivência e produtividade quando submetidos a diferentes doses de adubação de cobertura.

2.2 Específicos

Estimar os volumes individuais por meio de uma equação linear, analisando através de regressão o ajuste do modelo.

Avaliar o crescimento do clone VM01 visando obter uma curva de resposta à adubação de cobertura com e sem a adição de boro via foliar.

Analisar a sobrevivência do eucalipto com a eficiência do boro para aumento da tolerância ao estresse hídrico.

Calcular o Incremento Médio Anual e o Incremento Corrente Anual entre as idades 1,25 anos e 2 anos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – Eucalipto no Brasil

Segundo Rodrigues et al. (2021), é difícil precisar quando o eucalipto foi introduzido no Brasil, mas existem relatos das primeiras mudas terem sido trazidas para o Rio de Janeiro, com finalidade ornamental, no início do século XIX, sendo assim, em aproximadamente 200 anos de sua presença em terras brasileiras, o seu uso econômico se ampliou e atualmente, o eucalipto é cultivado em 7,5 milhões de hectares, em várias regiões, sendo Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, os estados que detêm a maior área de cultivo de eucalipto, seguidos por São Paulo.

Teixeira (2018) relata que nos anos 50, no Brasil, as diversas ações da política federal de integração nacional levaram ao intenso desenvolvimento da indústria básica, e o carvão começou a ser produzido em escala industrial, chegando em poucos anos a atingir o patamar de maior polo siderúrgico movido a carvão vegetal do mundo, contudo, grande parte do abastecimento de carvão vegetal dessas usinas continuava a ser feito com o uso da vegetação nativa. Segundo Dossa (2003) a partir de 1950, o eucalipto passou a ser usado como matéria prima para o setor industrial de papel e celulose e se expandiu ainda mais a partir de 1960, quando houve um aumento considerável da área plantada de eucalipto devido aos incentivos fiscais do governo brasileiro, focando na também na produção energética.

Atualmente o eucalipto se encontra nas mais variadas regiões brasileiras, graças a grande adaptação de suas espécies, o que o fez ganhar o posto da espécie florestal que ocupa maior área plantada não só no Brasil como no mundo. Segundo levantamento da Indústria Brasileira de Árvores - IBA (2020) a produção de eucalipto no território nacional soma cerca de 9 milhões de hectares, o que corresponde a uma participação significativa do setor de base florestal brasileiro no Produto Interno Bruto Nacional (1,2%).

3.2 – Fatores que afetam o desenvolvimento dos plantios de Eucalipto

Vários são os fatores que podem interferir no desempenho silvicultural do eucalipto, porém a escolha da espécie é de fundamental importância no sucesso da implantação de um projeto de silvicultura. Segundo Ryan (2010) a adaptação da espécie ao local da implantação

pode elevar ou limitar as potencialidades da espécie escolhida, sendo o clima e o solo fatores determinantes para esta escolha que deve ser baseada nas exigências da espécie.

Sobre o clima, pode-se elencar alguns fatores climáticos que afetam com maior intensidade o desenvolvimento de floresta, sendo eles: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação média anual. Neste viés, Stape et al. (2010), afirma que a regra a seguir é que espécies adaptadas a climas quentes ou frios, raramente se adaptam a climas opostos, sendo também importante conhecer os extremos de temperatura que vão desde a ocorrência de geadas até a deficiência hídrica provocada pela seca bem como a intensidade em ambos os casos.

Com relação a melhoramento genético e a produção comercial do eucalipto por grandes empresas, independente da finalidade, obrigatoriamente se trabalha com clones híbridos e por isso, segundo Paiva et al. (2011), os fatores climáticos são ainda mais influentes, devido a interação do genótipo com o ambiente ser maior pelo fato do material genético não apresentar diferença genética.

O outro fator determinante para a decisão adequada quanto a espécie a ser implantada é o solo, pois é o meio que confere estabilidade e suporte físico para as árvores e de onde as plantas retiram os nutrientes vitais para seu crescimento e desenvolvimento. A capacidade de retenção de água pelo solo e fator de grande importância, pois esse aspecto regula a absorção de nutrientes (PAIVA et al. 2011).

3.3 – Silvicultura e a importância das técnicas de manejo

Segundo Assis (2014), além do desenvolvimento das técnicas de clonagem e de hibridação pelo melhoramento genético, as técnicas de manejo precisam estar alinhadas, pois elas precisam fornecer o ambiente mais adequado para o desenvolvimento dos clones.

Para Assis (2014) há alguns fatores que desafiam a silvicultura atual no Brasil, como insetos inseridos recentemente no país, doenças causadas por fungos e bactérias, e o direcionamento da silvicultura para áreas tidas como pouco produtivas devido a intempéries e/ou solos pobres em nutrientes. Em virtude disto, o autor destaca a importância das técnicas de manejo como um dos instrumentos que podem ser usados para ultrapassar esses obstáculos.

Entre as práticas silviculturais a adubação é a principal responsável pelo acréscimo da produtividade em eucaliptos; conseqüentemente, a escolha de doses ajustadas de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) na adubação do plantio é determinante para a obtenção de elevadas produtividades (CIPRIANE et al., 2014).

Como a rentabilidade e a produtividade florestal estão intimamente integradas, a quantificação do adubo necessário para a obtenção da máxima produtividade da cultura é essencial para um uso eficiente, racional e econômico do adubo, porém Martins (2004), ressalta que atualmente no Brasil a adubação mineral em plantios de eucalipto não possui critérios fixos para definir a época e a quantidade de fertilizantes das adubações de cobertura pois estes critérios ainda não foram fundamentados, o que leva a grandes variações desse procedimento entre as empresas.

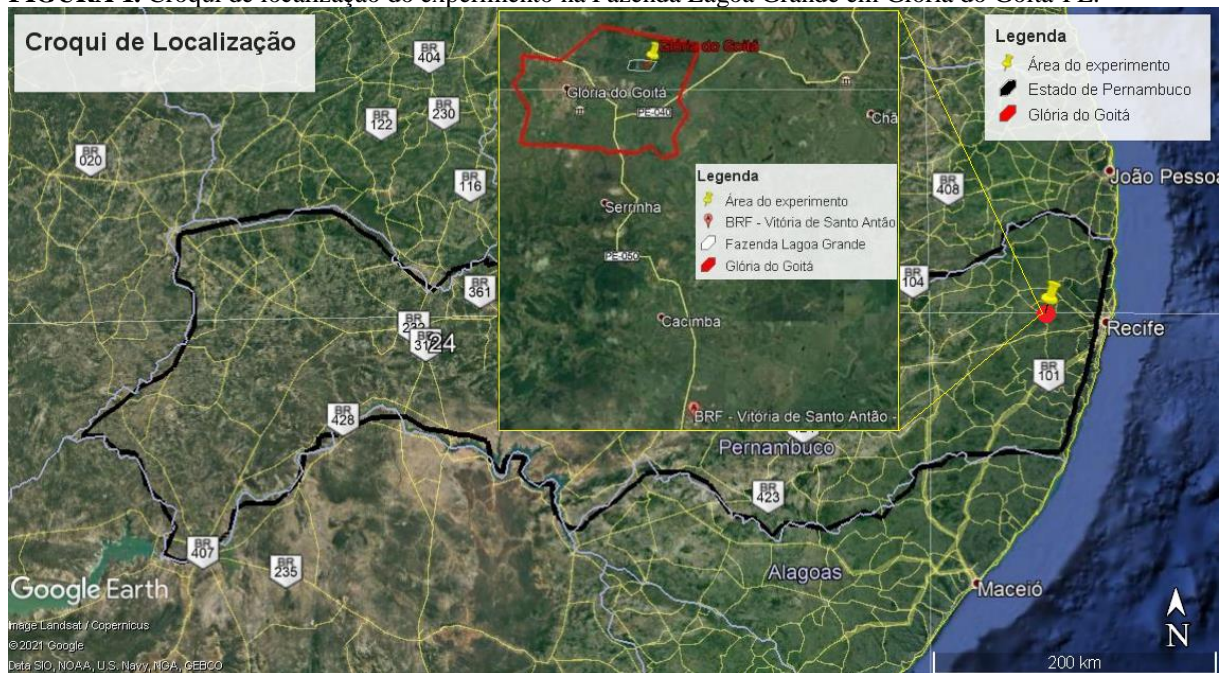
Quando falamos em adubação, o boro é um micronutriente cuja deficiência promove a degeneração dos tecidos meristemáticos gerando má formação das folhas e do caule, influenciando diretamente no crescimento na forma da árvore. Em regiões com déficit hídrico acentuado o eucalipto com deficiência de boro apresenta também a seca de ponteiro o que ocasiona a morte da árvore (TIRLONI et al., 2011). Períodos prolongados de seca reduzem o teor de boro disponível do solo e a deficiência de água faz com que a mineralização da matéria orgânica seja diminuída devido a menor atividade dos microrganismos, ficando a liberação do boro nela contida reduzida a quase zero. Além disso, a absorção de boro pelas plantas ocorre por fluxo de massa, sendo a presença de água primordial no processo. Outro fator que agrava a carência de boro é a mobilidade restrita do elemento na planta, pois não ocorre translocação entre os tecidos senescentes para região apical (LEHTOA et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 Área de estudo

Localizada em Glória do Goitá (figura 1) na área de transição ente a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano, na fazenda Lagoa Grande, arrendada à empresa BRF, é onde está instalada a área experimental deste estudo. Com uma distância de aproximadamente 60km da capital pernambucana, a Fazenda Lagoa Grande possui cerca de 260 hectares plantados de Eucalipto com fins energéticos. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é o Aw (tropical com chuvas de verão), com temperatura média de 24,1°C. A precipitação média anual é de 850 mm concentrada nos meses de abril a julho (APAC, 2016). O solo da área é Luvissole, caracterizado por argila de alta atividade, moderadamente raso e de drenagem imperfeita com quantidade considerável de material pedregoso e relevo levemente ondulado.

FIGURA 1. Croqui de localização do experimento na Fazenda Lagoa Grande em Glória do Goitá-PE.



FONTE: Google Earth, 2021.

4.2 Dados de preparo da área

Precedendo o plantio, foi realizado o combate a formigas cortadeiras, na qual o produto utilizado foi o Formicida Granulado Dinagro-S, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o nº 03096, cuja composto é a base de Sulfluramida (3 g/kg). Em sequência o controle químico da mata-competição. O método utilizado para preparo de solo foi a subsolagem à uma profundidade média de 90 cm e com largura de estrondamento lateral de 40 cm. Realizou-se a adubação de base de 32 kg ha⁻¹, 86,4 kg ha⁻¹ e 32 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, Fósforo e Potássio sendo usados 320 kg/ha (10:27:10) (288g por árvore), com adição de micronutrientes (0,7% cobre, 0,7% zinco e 0,3% boro). A implantação ocorreu em maio de 2018, na estação chuvosa da região.

O espaçamento do povoamento é de 3x3 metros, a propriedade é dividida em 21 talhões, sendo o talhão 10 usado para este experimento com área correspondente a 15,61 hectares e com mudas do clone VM01 híbrido (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) provenientes do município de Maceió – AL. Após a implantação foi realizada a adubação de cobertura com 46 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, 11,5 kg ha⁻¹ de Fósforo e 46 kg ha⁻¹ de Potássio, num total de 230 kg/ha e a adubação seguinte foi realizada estando o plantio com 15 meses (agosto/2020) e seguindo o delineamento deste projeto.

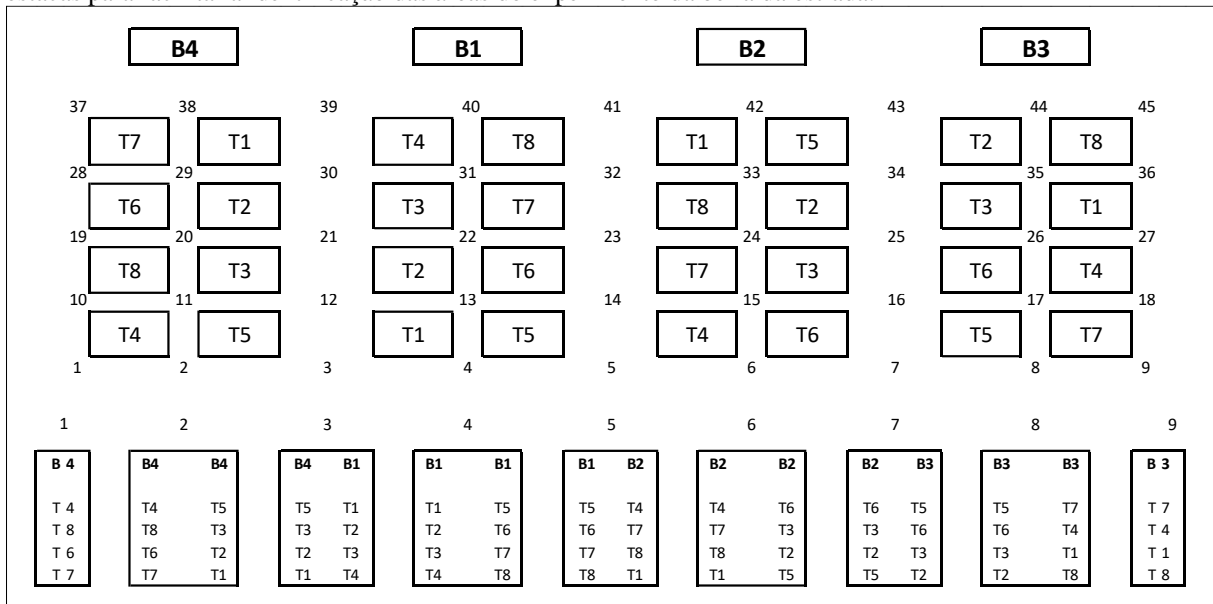
4.3 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. Foram usados oito tratamentos todos com a adubação de nitrogênio, fósforo e potássio (20:5:20) em única dose. Quatro das variações usadas nos tratamentos deu-se percentualmente baseada na quantidade de adubo padronizada para áreas de floresta plantada da empresa BRF, sendo esse valor equivalente ao 100% (207 g/planta), as outras quantidades em variaram em percentuais, sendo a testemunha equivalente a 0% da quantidade referência de adubo (testemunha), seguida de mais dois percentuais (50% e 250% da quantidade padrão), associados com e sem a aplicação foliar de boro (0,165 g/ planta), o que totalizou oito tratamentos, sendo eles T1(0%), T2(50%), T3(100%), T4(250%) sem aplicação de Boro e T5(0%), T6(50%), T7(100%), T8(250%) com aplicação de Boro (figura 2).

Foram realizadas duas medições das árvores da parcela útil (36 árvores centrais, excluindo-se a bordadura dupla), a primeira realizada em agosto de 2019 e a segunda medição entre abril e maio de 2020.

Estacas em madeira (total de 45) foram utilizadas para demarcar toda a área do experimento com a identificação do tratamento e do bloco a qual pertence a área. Com a retirada do efeito de borda de 15metros (5 árvores), foram adicionadas estacas extras (total de 9) na borda, para facilitar a visualização do local de entrada de cada parcela e cada bloco durante o monitoramento do experimento, sendo possível de distinguir os blocos da beira da estrada sem precisar adentrar na floresta (figura 2).

FIGURA 2 – Croqui do delineamento em blocos utilizado no experimento sendo os tratamentos T1(0%), T2(50%), T3(100%), T4(250%) sem aplicação de Boro e os tratamentos T5(0%), T6(50%), T7(100%), T8(250%) com aplicação de Boro. Detalhe para as 45 estacas usadas para delimitar as áreas de cada parcela do bloco e mais 9 estacas para facilitar a identificação das áreas do experimento da beira da estrada.



FONTE: O autor, 2020.

Aos 15 meses após o plantio (agosto/2019), realizou-se manualmente a adubação nitrogenada, em linha e a 5 cm ao lado das plantas respeitando as quantidades referentes de cada tratamento além da testemunha (sem adubação). No mês seguinte à adubação nitrogenada, fez-se a adubação foliar com Boro, utilizando o Ácido Bórico (H_3BO_3) em pó solúvel em água e diluído a 16,5 g/L e aplicado com auxílio de um pulverizador costal manual (figura 3), fazendo a cobertura de toda a área foliar da planta, operado à pressão máxima constante, munido de mangueira com 6 metros fixada em uma base metálica, que funcionou como uma barra de aplicação, e um bico de jato plano do tipo leque, modelo AVI 110.02, proporcionando um volume de calda equivalente a 10 L/parcela. A altura da barra foi mantida a 1,0 m do solo pelo aplicador, enquanto a velocidade média de deslocamento durante a pulverização da calda foi de 1,0 m/s.

FIGURA 3: Aplicação de boro com mangueira de 6m adaptada à barra de alumínio.



FONTE: O autor, 2019.

O modelo de regressão linear múltipla utilizado foi o de Schumacher Hall. Esse modelo utiliza duas variáveis explicativas, o DAP e a altura, sendo descrito pela equação $\ln v = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h + \varepsilon$, em que, v = volume em m^3 , d = diâmetro a altura do peito em cm e h = altura da árvore em m, β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes da equação, \ln = logaritmo neperiano e ε = erro de estimativa. Os parâmetros do modelo foram encontrados pelo Excel. A escolha desse modelo se deve ao fato de que é comumente utilizado para estimação de volume em Ciências Florestais. O modelo foi ajustado com base nos dados obtidos com a cubagem rigorosa de 78 árvores de mesma idade e procedência das árvores do experimento, o que induz a uma melhora considerável para as estimativas do volume pela equação de regressão. A qualidade do modelo foi avaliada com base nos valores do coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão da estimativa, ANOVA e o teste T ($p=0,05$) para os coeficientes β_1 e β_2 .

O ganho relativo foi calculado pela diferença do IMA entre as medições (em porcentagem) foi elaborado um gráfico de dispersão, em função das doses de adubação, com um modelo de regressão de resposta quadrática. A qualidade do modelo foi avaliada com base nos resultados da ANOVA a 5% de significância. Do mesmo modo, foi usado o ICA em função das doses de adubação com análise de regressão. Em ambas, as doses foram convertidas para kg/ha, resultando em testemunha (0 kg/ha), 50% (115 kg/ha), 100% (230 kg/ha), 250% (535 kg/ha).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o modelo para estimativa de volume das árvores do experimento, o coeficiente de determinação foi bem elevado ($R^2 = 0,98$) e o erro padrão da estimativa dentro dos padrões (6%). Oliveira (2011), em seu trabalho, selecionou dentre três equações volumétricas, a proveniente do modelo de Schumacher & Hall por apresentar resultados de $R^2 = 98,98\%$ e um erro padrão de 6,81%, resultados muito parecidos com os encontrados neste trabalho. Desta forma, este modelo, testado ao nível de confiança $p=0,05$, mostrou-se significativo como se observa na tabela 1 com os resultados da ANOVA.

Tabela 1- Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA.

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	16,80606899	8,403034497	2233,159538	0,00000000
Resíduo	75	0,282213419	0,003762846		
Total	77	17,08828241			

Segundo teste T com nível de probabilidade de 95% ($p=0,05$), rejeita-se h_0 (β_1 e $\beta_2 \neq 0$), e aceita-se que as variáveis independentes X_1 e X_2 (Ln DAP e Ln altura), explicam a variável dependente (volume) como se observa na tabela 2.

Tabela 2- Estimativa dos coeficientes obtidos na análise de regressão.

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-9,650317587	0,204183569	-47,26294892	0,00000000
LN (DAP)	1,654317388	0,085212053	19,41412435	0,00000000
LN (ALTURA)	1,092794587	0,163119983	6,699329934	0,00000000

Analisando agora parâmetros relativos à quantidade de nutrientes do solo e a influência nos ganhos em produtividade, sobretudo nos solos com baixa disponibilidade de água, observa-se que vários autores comentam de aumento potencial de resposta à fertilização. Segundo Coutinho et. al. (1995) a ausência de micronutrientes como o boro, causa além da seca do ponteiro, o atrofiamento do sistema radicular e a consequência desse atrofiamento é a diminuição do volume de solo explorado pelas raízes que se traduz numa menor absorção de água e nutrientes.

Como resultado do experimento pode-se observar os valores de altura, DAP e volume na primeira e segunda medição (tabela 3). O volume médio dos tratamentos na primeira medição foi de 7,2 m³/ha e na segunda medição de 16,3m³/ha, e os IMA respectivamente 5,77

$m^3/há/ano$ e $8,16 m^3/há/ano$, resultando em um Incremento Corrente Anual (ICA) de $10,92 m^3/ha/ano$ (tabela 4). Esses valores encontram-se abaixo da média nacional, porém, como afirma Higa e Pellegrino (2015), são necessários estudos de longo prazo para estabelecimento de protocolos e definições sobre estas medições, sejam elas qualitativas ou quantitativas, de forma que elas se apresentam como essenciais para acompanhar os efeitos das condições climáticas e o impacto na produtividade em níveis regionais e nacionais.

Tabela 3- Valores médios de diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume, nas medições I e II.

Tratamentos	Medição I	Medição I	Medição I	Medição II	Medição II	Medição II
	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m^3/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m^3/ha)
T1 (testemunha)	4,63	5,24	7,86	6,01	7,26	16,92
T2 (50% s/ boro)	4,49	4,93	7,22	5,75	7,05	16,17
T3 (100% s/ boro)	4,24	4,68	6,60	5,59	6,74	15,61
T4 (250% s/ boro)	4,38	4,84	7,08	5,61	6,83	16,76
T5 (testemunha)	4,49	4,99	7,30	5,66	6,77	14,99
T6 (50% c/ boro)	4,17	4,57	6,71	5,53	6,74	16,20
T7 (100% c/ boro)	4,78	5,30	8,51	6,04	7,29	17,91
T8 (250% c/ boro)	4,24	4,69	6,45	5,58	6,70	15,95

Os resultados obtidos 10 meses após a adubação (segunda medição) mostraram que o ganho da adubação de cobertura sem adição de boro (T1, T2, T3, T4) foi de 34 até 48%, e com a adição de boro (T5, T6, T7, T8) o ganho foi de 28% até o máximo de 55% (tabela 4). Bem próximo dos valores encontrados por Baretto et al. (2007), que com a adubação com boro obteve ganhos em relação a crescimento de 35 a 54%.

Tabela 4- Valores de Incremento Médio Anual (IMA) aos 15 meses de idade e aos 24 meses de idade, o Incremento Médio Anual (ICA) e o ganho relativo em porcentagem.

Tratamentos	IMA	IMA	ICA	Ganho
	(15 meses) ($m^3/ha/ano$)	(24 meses) ($m^3/ha/ano$)	($m^3/ha/ano$)	Relativo (%)
T1 (testemunha)	6,29	8,46	10,87	34
T2 (50% - sem boro)	5,77	8,09	10,74	40
T3 (100% - sem boro)	5,28	7,81	10,81	48
T4 (250% - sem boro)	5,67	8,38	11,62	48
T5 (testemunha)	5,84	7,50	9,23	28

T6 (50% - com boro)	5,37	8,10	11,39	51
T7 (100% - com boro)	6,81	8,95	11,28	31
T8 (250% - com boro)	5,16	7,98		55

Outros autores também encontraram resultados parecidos em regiões de déficit hídrico, onde o boro apresenta-se como o micronutriente que limita o crescimento florestal, como foi o caso de Bogo et. al. (2015), que por meio dos resultados alcançados em experimentos, passaram a adotar como recomendação operacional, em toda a empresa, a aplicação de boro via adubação foliar e também Silveira et al. (2000) e Maffeis et al. (2000), que verificaram que a não aplicação de B limitou significativamente o crescimento em altura e diâmetro do caule. Porém, as respostas à aplicação de boro em eucalipto têm sido muito conflitantes, por exemplo, Barros & Novais (1996) não observaram efeito significativo da aplicação de B na altura em plantas de *Eucalyptus citriodora*

Quando analisamos a resposta à adubação baseado no ganho relativo (figura 4), observamos uma tendência de crescimento na curva à medida que as doses de fertilizante são aumentadas e não temos a adição de boro, porém a relação não existe do ponto de vista estatístico, já que a análise da regressão (tabela 5), não foi significativa a um nível de 5% de confiança. Ao adicionar o boro, analisando a curva de resposta (figura 4), observa-se que, o resultado para o tratamento 7 (230 kg/ha), foi diferente do esperado, ficando abaixo de níveis com menores doses de adubação, e a regressão não foi significativa á nível de 5% de confiança (tabela 6). O acompanhamento do experimento ao longo do tempo, com outras medições, pode fornecer respostas mais precisas referentes a esse dado, pois como Bogo et. al. (2015) em seu estudo recomendou o uso da adubação foliar de boro com 2 até 3 aplicações, e esta prática mostrou um efeito muito positivo nas áreas com déficit hídrico da empresa, por tanto a continuidade de aplicação de mais doses e o acompanhamento de mais medições se faz necessário para que se possa analisar a eficácia da adubação foliar com boro.

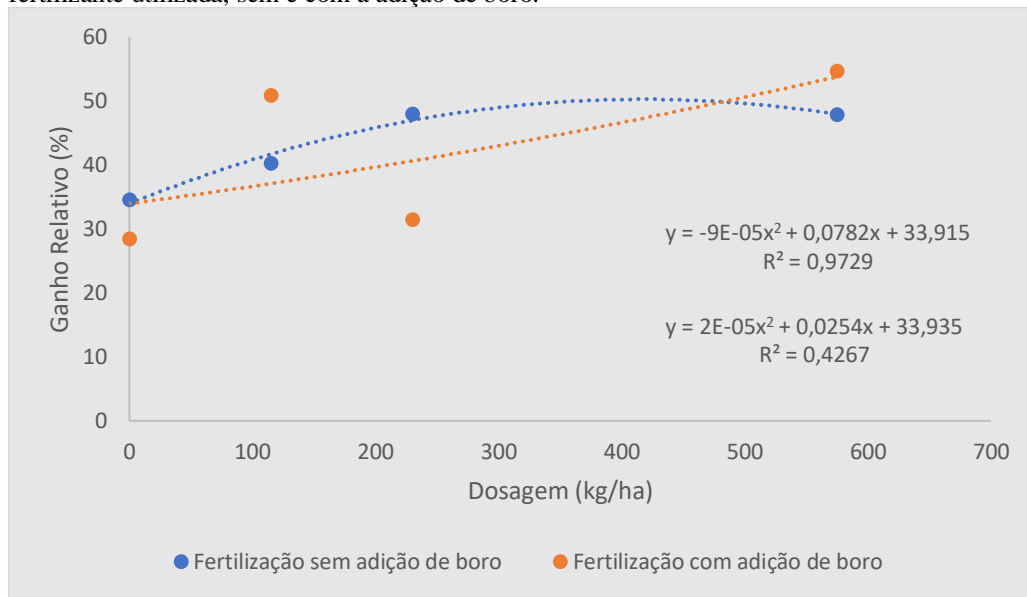
Tabela 5- Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ganho relativo, sem adição de boro ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	123,1719689	61,58598445	17,94521386	0,164642956
Resíduo	1	3,431889133	3,431889133		
Total	3	126,603858			

Tabela 6- Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ganho relativo, com adição de boro

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	227,2502742	113,6251371	0,372206904	0,757138346
Resíduo	1	305,2741254	305,2741254		
Total	3	532,5243996			

Figura 4- Curva de resposta à adubação gerada em função do ganho relativo e dose de a fertilizante utilizada, sem e com a adição de boro.



Fazendo a mesma análise de regressão quadrática, mas agora em função do Incremento Corrente Anual, pode observar na tabela 7 e 8 que a relação estatística para a fertilização sem adição de boro existe, sendo significativa a 5%, diferente da fertilização com adição de boro, que não foi significativa estatisticamente, não existindo assim, inicialmente, uma relação entre a adição de boro e o ganho em produtividade quando usamos o ICA como parâmetro. Celestrino et al. (2013) encontrou como resultado que a aplicação ou não de ácido bórico via foliar, não propiciou aumento em altura de plantas, DAP e volume total de madeira do eucalipto aos 12 meses de idade, porém não se tem resposta quanto a continuidade de aplicação, por isso recomenda-se que mais ensaios sejam realizados, inclusive porque ao observar a curva de resposta com boro (figura 4), percebe-se que ela começa a representar certo crescimento, recomenda-se então, a continuação do experimento e a observação de mais medições após nova fertilização com boro.

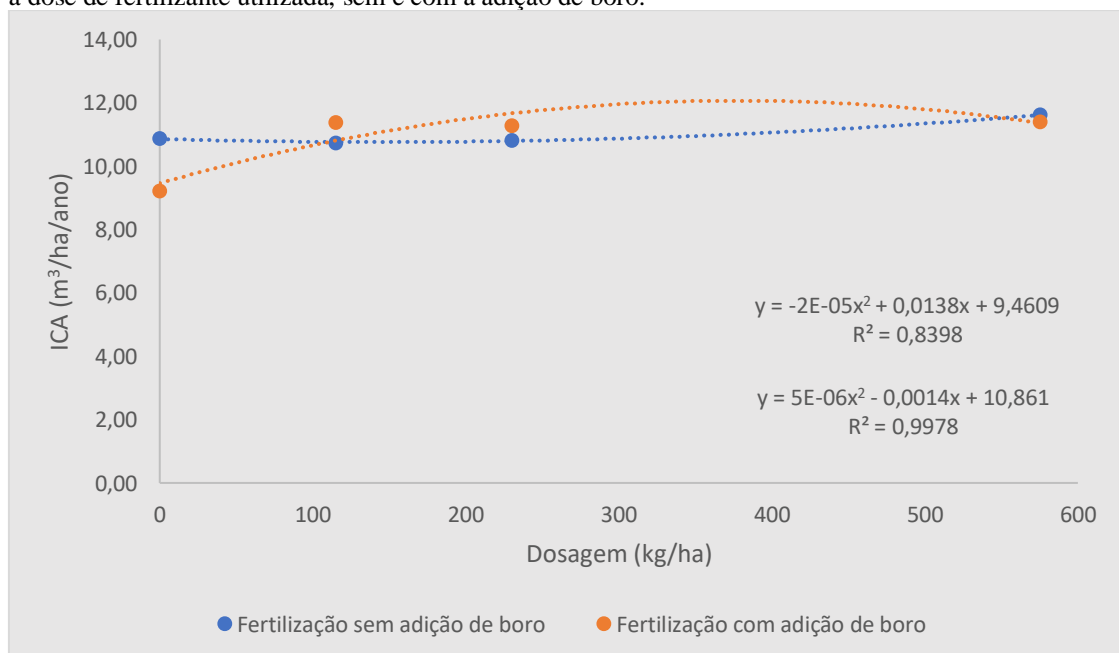
Tabela 7- Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ICA, sem adição de boro

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	0,497266608	0,248633304	222,512104	0,047350087
Resíduo	1	0,001117392	0,001117392		
Total	3	0,498384			

Tabela 8- Valores obtidos na análise de regressão pela ANOVA em função do ICA, com adição de boro

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	2,859557967	1,429778983	2,621206265	0,40024302
Resíduo	1	0,545466033	0,545466033		
Total	3	3,405024			

Na figura 5, ao analisar as curvas geradas em resposta à adubação, relacionando com o Incremento Corrente Anual, observa-se que para as doses sem adição de boro, o crescimento manteve-se o mesmo. Já na adubação adicionada de boro houve uma curva que mostra o início de um crescimento, o que corrobora com a ideia do acompanhamento do experimento por mais tempo, pois a adição de boro mostra-se como um diferencial no ganho em produtividade do plantio, assim como vários autores concordam (COUTINHO et al., 1995; BARRETO et al. 2007; BOGO et al., 2015), ao afirmar a importância desse micronutriente principalmente para áreas com déficit hídrico.

Figura 5- Curva de resposta à adubação gerada pela relação entre o Incremento Corrente Anual (ICA) e a dose de fertilizante utilizada, sem e com a adição de boro.

Com relação à mortalidade, é possível observar baixos valores independente do tratamento (tabela 9), considerando que as medições foram realizadas até os 24 meses do plantio, porém a mortalidade na região onde o estudo foi realizado é constatada sempre após o terceiro ano de plantio. Em seu trabalho, Hakamada et al. (2013) concluiu que a partir do terceiro ano de idade as árvores cresceram basicamente com a chuva ocorrida no ano, tendo, portanto, uma alta sensibilidade à variabilidade interanual das chuvas. Como a precipitação média na região tem diminuído nos últimos anos, seria necessário acompanhar por mais tempo essa variável (mortalidade) para poder constatar a influência ou não do boro foliar adicionado à adubação de cobertura.

Tabela 9- Mortalidade

Tratamentos	I MEDIÇÃO	II MEDIÇÃO
	Mortalidade	Mortalidade
	(%)	(%)
T1 (testemunha)	1,13%	2,26%
T2 (50% - sem boro)	8,86%	11,39%
T3 (100% - sem boro)	11,18%	12,96%
T4 (250% - sem boro)	6,47%	8,47%
T5 (testemunha)	7,19%	8,38%
T6 (50% - com boro)	13,58%	15,34%
T7 (100% - com boro)	5,26%	6,40%
T8 (250% - com boro)	6,51%	11,70%

6. CONCLUSÃO

Ao calcular o crescimento relativo aos 24 meses de plantio, observa-se que os valores foram de 28% até 58%, sendo o crescimento máximo para a dosagem do tratamento 8 (250% da dose usual adotada pela empresa, 535kg/ha) que está associado à aplicação foliar de boro. Embora as equações para crescimento relativo em função das doses de adubações não serem significativas, tivemos uma significância a nível de 5% para fertilização sem boro quando correlacionamos o ICA com as dosagens de adubação, mostrando que há uma tendência de crescimento do ponto de vista estatístico. O experimento continuará sendo analisado nos próximos anos e novas adubações com fertilizante e boro foliar serão realizadas, para verificar se o ganho em produtividade se mantém aumentando e se as taxas de mortalidade permanecem baixas. Após o término do ensaio será preciso uma análise econômica para verificar sua real viabilidade, para assim ser possível a indicação do aumento nas dosagens da adubação de cobertura, bem como a sua associação com a adubação foliar de boro.

7. REFERÊNCIAS

- ASSIS, T.F. **Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas**. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA. Bases para a Tomada de decisão na Silvicultura, 2014.
- BARRETO, V. C. M.; VALERI, S. V.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N. **Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos**. Sci. For., Piracicaba, n. 76, p. 21-33, dez. 2007.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. ***Eucalypts* nutrition and fertilizer regimes in Brazil**. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. Nutrition of the eucalypts. Collingwood: CSIRO, p. 335-356, 1996.
- BOGO, A.C.; PEREIRA B.; FERNANDES, B.V.; BRANCO, G. C.; ANDRADE, H. B.; LIMA, J. L.; MOTTER, M. M.; BARBOZA, S.; STAPE, J. L. A. **Adaptação genotípica e silvicultural aos estresses abióticos e bióticos na Vallourec – Apresentação institucional e Visita de campo**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.20, n.41, 2015.
- CELESTRINO, T. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GAZOLA, R. N.; DINALLI, R. P.; SIVA, M. R. **Efeito De fontes de aplicação de boro no crescimento do eucalipto**. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, ago-2013. Florianópolis- SC, 2013.
- CIPRIANI, H. N.; VIEIRA, A. H.; MENDES, A. M.; LUIZ, A. **Crescimento inicial de um *eucalypts* clonado sob diferentes adubações em Porto Velho, Rondônia**. In Embrapa Rondônia-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 2. 2014, Porto Velho. Anais. Porto Velho: Núcleo Regional Amazônia Ocidental da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 192-197, 2014.
- COUTINHO, J.; BENTO, J.; VALE, R. **Efeito da aplicação de boro em povoamentos de *Eucalyptus globulus* no Norte e no centro de Portugal**. Alto Douro: Universidade de Trás-os-Monte e Alto Douro, Soporcel S.A. e Boráx Consalidated Ltda., 1995.
- DOSSA, D. **Cultivo do eucalipto. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção**, n. 4, ago. de 2003.
- HAKAMADA, R. E.; LEMOS, C. C. Z.; SILVA, R. M. L.; BATISTUZZOG. Z. B.; GARCIA, C.; FONSECA, J. B.; GABRIEL, J.; ALMEIDA, A. **Primeiro relato do efeito do espaçamento de plantio na sobrevivência e crescimento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E.urophylla* em solo arenoso na região Centro Norte do Tocantins**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.20, n.41, 2015
- HAKAMADA, R.; LEMOS, C.; ALMEIDA, A.; MOREIRA, G. G. **O manejo da brotação é altamente saudável**. Revista Opiniões, dez., p. 8. 2013.
- HIGA, R. C. V; PELLEGRINO, G. Q. **Adaptação às mudanças climáticas de plantações florestais**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.20, n.41, 2015.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual**. 2020.

Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) **Florestas energéticas: potencial da biomassa dedicada no Brasil**. São Paulo, 2018.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. **Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora***. Scientia Forestalis, Piracicaba, 57:87-98, 2000

MARTINS, L. G. C. **Método de recomendação de adubação para eucalipto com base no monitoramento nutricional**. 2004. 83f [Tese] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

OLIVEIRA, C. P. **Método da altura relativa na estimativa do volume individual para a seleção de materiais genéticos de eucalipto**. 2011. 34f [monografia]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2011.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S.; TEIXEIRA, G.; SANTIAGO, O. R. P. L.; FRANCO, C. **Eucalipto no Brasil: expansões geográficas e impactos ambientais**. Uberlândia: Composer, 2021.

RYAN, M.G.; STAPE, J.L.; BLINKEY, D.F.R.A.; LOOS, E.N. **Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation**. Forest ecology and management, Amsterdam, v.259, p.1695-1703, 2010.

SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; et al. **Crescimento e estado nutricional de brotações de *Eucalyptus citriodora* sob doses de boro em solução nutritiva**. Scientia Forestalis, Piracicaba, 57:53-67, 2000.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; FONSECA, R.A.; LOOS, R.A. **The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production**. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 259, p. 1684 - 1694, 2010.

TEIXEIRA, G. **A expansão da eucaliptocultura no estado de Minas Gerais e a configuração de novos usos do território**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

TIRLONI, C.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CARDUCCI, C. E.; HEID, D. M. **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.