



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE**  
**ECOSSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO.**

**ESPAÇAMENTO E ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE**  
**DE *EUCALYPTUS* NO SUDOESTE DA BAHIA**

**ROGÉRIO MAURICIO OLIVEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**  
**JULHO - 2015**

**ESPAÇAMENTO E ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE  
DE *EUCALYPTUS* NO SUDOESTE DA BAHIA**

**ROGÉRIO MAURICIO OLIVEIRA**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal da Bahia, 2006.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

**ORIENTADOR: DR. ANACLETO RANULFO DOS SANTOS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA MESTRADO  
EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2015

#### FICHA CATALOGRÁFICA

O48 Oliveira, Rogério Mauricio.

Espaçamento e adubação na produtividade de Eucalyptus no Sudoeste da Bahia / Rogério Mauricio Oliveira. – Cruz das Almas, BA., 2015.

55 f. il.; 30 cm.

Orientador: Prof.. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas)-  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015.

1. Eucalipto. 2. Densidade demográfica. 3. Solo. 4. Irrigação. I.  
Santos, Anacleto Ranulfo dos II. Universidade Federal do Recôncavo da  
Bahia III. Título.

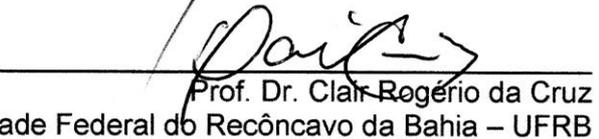
CDD: 634.973 766 (21.ed.)

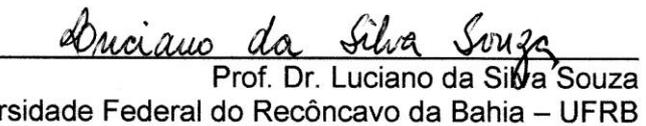
Ficha catalográfica elaborada por Lucidalva R. G. Pinheiro- Bibliotecária  
CRB51161 – Embrapa Mandioca e Fruticultura

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
ROGÉRIO MAURICIO OLIVEIRA

  
Prof. Dr. Anacleto Raulfo dos Santos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Clair Rogério da Cruz  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

  
Prof. Dr. Luciano da Silva Souza  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Dissertação homologada pelo colegiado de curso de Mestrado em Solos e  
Qualidade de Ecossistemas em .....conferido o Grau de  
Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em

Ao Sr. Sebastião e Sra. Maria da Luz, meus pais, pela forma que me criaram, pela educação concebida e pela confiança depositada. Aos meus irmãos e minha família pelo amor, companheirismo e amizade compartilhada durante todos esses anos.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus.

Agradeço ao professor Anacleto Ranulfo dos Santos, da UFRB, pela orientação.

Agradeço ao professor Luciano Souza pelas contribuições e pela maneira muito educada com a qual sempre me recebeu.

Agradeço ao amigo e Eng<sup>o</sup> Agrônomo Luiz Carlos Krejci, pelo apoio e contribuição.

Agradeço a José dos Santos Viana, ex-Diretor da Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa por conceber a liberação para o desenvolvimento desse estudo.

Agradeço a Paulo Rosa, Gerente de Silvicultura da Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa pela amizade, ajuda e participação.

Agradeço aos colaboradores da Cia de Ferro Ligas da Bahia (Ferbasa), que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse projeto.

Agradeço a todos os professores da UFRB, pelos ensinamentos durante essa caminhada.

Agradeço ao Dr. Carlos Ledo pelo apoio e disponibilidade na realização das análises estatísticas.

Agradeço aos amigos Danivio e Eliane Leal pelo apoio e colaboração.

Agradeço ao amigo Nafez e ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A toda a sua equipe, o meu muito obrigado.

Agradeço a minha querida e amável família pelo apoio, dedicação e ensinamentos.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Adb	adubação
Al	acidez trocável;
Al%	saturação por alumínio;
Al <sup>3+</sup>	alumínio trocável;
ALT	altura total
ANAVA	análise de variância;
B	boro
Ca	cálcio
Ca <sup>2+</sup>	cálcio trocável;
CAP	circunferência na altura do peito
Cia	Companhia;
Cl	cloro
CTC	capacidade de troca catiônica;
Cu	cobre
DAP	diâmetro à altura do peito;
ESP	espaçamento
Fe	ferro
FV	fonte de variação
GL	grau de liberdade
H	hidrogênio
H+Al	acidez potencial;
IMA	incremento médio anual;

K <sup>+</sup>	potássio trocável;
KCl	cloreto de potássio;
Mg	magnésio
Mg <sup>2+</sup>	magnésio trocável
Mn	manganês
MO	matéria orgânica
N	nitrogênio;
Na	sódio
Na <sup>+</sup>	sódio trocável;
NPK	fertilizante composto por nitrogênio, fósforo e potássio;
O	oxigênio
P	fósforo;
pH	potencial hidrogeniônico;
SB	Soma de bases
Trat	tratamento
UFBA	Universidade Federal da Bahia;
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia;
UFV	Universidade Federal de Viçosa;
V	saturação por bases trocáveis;
Zn	Zinco

## LISTA DE UNIDADES

%	porcentagem;
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico;
dm <sup>3</sup>	decímetro cubico
cmol <sub>c</sub>	centimol de carga;
g	grama;
ha	hectare;
kg	quilograma;
m	Metro
mm	Milímetro
m <sup>2</sup>	metro quadrado;
m <sup>3</sup>	metro cúbico;

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Resultados das análises químicas do solo na área de cultivo antes da implantação experimental.....	29
Tabela 2 - Dados morfológicos e físicos do solo antes da implantação experimental.....	30
Tabela 3 - Doses referentes aos insumos utilizados nas adubações em relação a cada tratamento utilizado durante o ciclo do experimento.....	33
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as características CAP, ALT, V pl <sup>-1</sup> , V e IMA para um plantio de eucalipto com 5 anos de idade submetidos a baixo regime hídrico.....	37
Tabela 5 - Valores médios em centímetros para o CAP (circunferência a 1,30m da superfície solo) em função dos tratamentos aplicados em um plantio de Eucalipto aos 5 anos.....	38
Tabela 6 - Valores médios em metros para altura total das árvores em função dos tratamentos de adubação e espaçamento.....	39
Tabela 7 - Valores médios em centímetros para o DAP em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.....	39
Tabela 8 - Valores médios para o volume por planta (m <sup>3</sup> ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.....	41
Tabela 9 - Valores médios para o volume por hectare (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.....	42
Tabela 10 - Valores médios para o incremento médio anual - IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.....	42
Tabela 11 - Indicadores da qualidade do solo na área experimental.....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização da área de estudo no Município de Maracás – BA.....	26
Figura 2 -	Ilustrações A, B e C da área experimental.....	28
Figura 3 -	Acúmulo anual da precipitação pluviométrica na Fazenda Nova Aliança. Município de Maracás (BA).....	31
Figura 4 -	Extrato do balanço hídrico mensal no município de Maracás (BA), média dos anos de 1943 a 1983.....	31
Figura 5 -	Croqui de instalação da área experimental.....	33
Figura 6	Comportamento da MO e da concentração de nutrientes no solo e na folha nos diferentes tratamentos. ....	46

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 ESPAÇAMENTO.....	19
2.2 DÉFICIT HÍDRICO.....	21
2.3 ADUBAÇÃO.....	24
3. MATERIAL E MÉTODO.....	26
3.1 AMOSTRAGEM DE SOLO.....	34
3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS.....	34
3.3 ANÁLISES DE FOLHAS.....	34
3.4 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA.....	35
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	49

# ESPAÇAMENTO E ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DE *EUCALYPTUS* NO SUDOESTE DA BAHIA

Autor: Rogério Mauricio Oliveira

Orientador: Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos

**RESUMO:** As espécies do gênero *Eucalyptus* têm apresentado boa adaptabilidade aos climas brasileiros sendo que áreas com baixas precipitações vêm sendo exploradas, promovendo maiores exigências na escolha do espaçamento e no manejo nutricional desta cultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do espaçamento de plantio e o 'status' nutricional de plantas de eucalipto, sobre o crescimento e produção de madeira quando submetidos a baixos regimes hídricos. O experimento foi realizado na área experimental que compõe o projeto de pesquisa da Cia de Ferro Lias da Bahia - FERBASA, localizada no município de Maracás – BA, onde foi avaliado o clone GG 50 da espécie *Urophylla* nos espaçamentos 3 x 2 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m e 3 x 4 m, totalizando 12 parcelas de 24 x 36 m, em uma área de 1,03 ha. O delineamento experimental foi em blocos casualizado no esquema de experimento em faixa, com quatro densidades populacionais e três adubações. Foram coletadas amostras de solo e folhas para a avaliação do estado nutricional das plantas. As parcelas foram inventariadas para a composição do volume de madeira produzido. Com os estudos desenvolvidos concluiu-se que: a altura das árvores não foi influenciada pela densidade de plantio e as adubações estudadas; no espaçamento 3 x 4 m entre plantas, obteve-se os maiores volumes de madeira por planta, entretanto, no menor espaçamento as plantas superaram a produtividade em volume por hectare; no espaçamento 3 x 2 m obteve-se menor diâmetro médio da planta, porém, maior volume e incremento médio de madeira de eucalipto por hectare e para a região de Maracás – Ba e sítios similares ao deste trabalho, o espaçamento influenciou no crescimento e desenvolvimento das árvores.

Palavras chave: Eucalipto, densidade populacional, diagnose nutricional, déficit hídrico.

# SPACING AND MANURE IN EUCALYPTUS WOOD PRODUCTIVITY IN SOUTHWEST OF BAHIA STATE, BRAZIL

Author: Rogério Mauricio Oliveira

Advisor: Anacleto Ranulfo dos Santos

**ABSTRACT:** The species of the genus *Eucalyptus* show good adaptability to Brazilian climates, and areas with low rainfall have been exploited, requiring greater demands on the choice of spacing and nutritional management of the crop. The aim of this study was to evaluate the influence of planting spacing and the nutritional status of eucalyptus plants on growth and timber production when submitted to low water regimes. The experiment was carried out in the experimental area that is part of FERBASA in Maracás - BA, Brazil, which was rated the clone GG 50 of *Urophyla* species in spacing 3x2 m, 3x3 m, 3x3,5 m and 3x4 m, totaling 12 plots of 24x36 m, in an area of 1.03 ha. The experimental design was a randomized blocks in a strip plots with four population densities and three fertilizations. Soil samples and leaves were collected for assessing their nutritional status. The plots were evaluated for the composition of the produced wood volume. It was concluded that the trees height was not influenced by planting density and fertilization doses; The largest volume of wood per eucalyptus plant was obtained in spacing 3 x 4 m. In a spaced 3 x 2 m was obtained lower average diameter of the plant, however, higher volume and average increase of eucalyptus wood per hectare. The concentrations of N, P and Ca in the leaves decreased with the increased spacing between *Eucalyptus* trees, in Maracás - BA. The spacing influenced the growth and development of *Eucalyptus* trees.

**Key words:** *Eucalyptus*, population density, nutritional diagnosis, water deficit.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a diminuição na oferta de terras para uso com plantios florestais, de maneira geral, no país e mais especificamente na região do litoral baiano, onde o clima apresenta características desejáveis para o cultivo do eucalipto, os produtores vêm tendo dificuldades para formar novos maciços florestais, tendo em vista a ocupação das áreas de maior potencial produtivo. Com isso, passara a explorar regiões com menores índices pluviométricos, sujeitando as plantas a condições de maiores estresses, aumentando assim a necessidade de estratégias de seleção de materiais genéticos com maior tolerância às condições adversas de crescimento e também de melhores técnicas de manejo (ABRAF, 2011).

O Estado de Minas Gerais lidera o ranking brasileiro de plantios florestais com aproximadamente 1,492 milhões de hectares plantados, seguidos de São Paulo com 1,186 milhões, Paraná com 818 mil e Santa Catarina com 646 mil hectares. A Bahia possui 617 mil hectares de plantios florestais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, representando 9% da área total de plantios do país (ABAF, 2012). Sendo o quinto estado no ranking com maior concentração de plantios florestais com *Pinus* e *Eucalyptus*, a Bahia vem se destacando, e esse crescimento está creditado ao estabelecimento de novos plantios frente às demandas futuras dos projetos industriais.

Os plantios florestais baianos estão localizados principalmente nas regiões do Extremo Sul e Litoral Norte do Estado. Entretanto, nos últimos anos, destaca-se o aquecimento da atividade nas regiões de Vitória da Conquista, Jequié e em Barreiras (ABAF, 2012). Com a expectativa de aumento das áreas com plantios florestais, uma região que vem sendo muito explorada é o Cerrado brasileiro, tendo em vista os direcionamentos de recursos destinados pelo governo, que vem considerando essa região como uma nova fronteira agrícola. Designada como MATOPIBA esse acrônimo abrange uma extensão geográfica que recobre parcialmente os territórios dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

De acordo com a Embrapa Especificar esse conjunto compõe aproximadamente 73.173,485 ha sendo uma nova fronteira agrícola baseada em tecnologias modernas de alta produtividade em detrimento da sua localização geográfica. Com o Cerrado brasileiro ocupando um quarto do território nacional e sendo considerado uma das maiores áreas cultiváveis do mundo, por possuir solos de boas propriedades físicas e topografia favorável à mecanização, esse complexo passa a ser uma região promissora para implantação de novos maciços florestais. Todavia, as alterações dessas áreas para a produção florestal, associadas às práticas inadequadas de manejo, podem resultar em uma diminuição na produtividade ou até mesmo inviabilizar os projetos.

O cenário brasileiro vem demonstrando nas últimas décadas avanços consideráveis em ganho de produtividade, devido às características edafoclimáticas e procedimentos tecnológicos silviculturais desenvolvidos para as condições locais. Em 1980 o incremento médio anual era em torno de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e nos últimos anos o incremento tem atingido 30 a  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , dependendo da espécie e da capacidade produtiva dos sites explorados (ABRAF, 2010).

Conhecer algumas variáveis e seus reflexos é uma alternativa de prudência para estabelecimento das práticas de ocupação e das medidas mitigadoras para convivência com as adversidades detectadas nessas localidades. Em algumas regiões do Sudoeste da Bahia estão sendo instalados alguns plantios; contudo, essas áreas constituem-se em zonas de transição entre os Planaltos Rebaixados e os Soerguidos, ou seja, subindo-se os Planaltos Soerguidos que as circundam melhoram as condições geoambientais para o eucalipto, mas adentrando-se aos Planaltos Rebaixados as condições climáticas pioram significativamente. Nesse ambiente as severas restrições climáticas relacionadas ao baixo índice pluviométrico em maior ou menor grau, tornam-se indiscutivelmente o principal fator limitante ao reflorestamento. Com isso, os condicionantes climáticos são, notadamente, os mais restritivos à cultura do eucalipto.

Para diminuir esses impactos relacionados as adversidades climáticas, o manejo adequado das plantações de eucalipto torna-se uma ferramenta importantíssima. Os plantios com maiores densidades populacionais, com cada árvore ocupando menor área útil, concorrem mais pelos recursos naturais promovendo maior incremento em altura do que em diâmetro; contudo,

espaçamentos mais adensados podem gerar maior produção por área e adiantamento da idade de corte (GARCIA, 2010).

Tentar reconhecer estas variáveis e seus reflexos sobre o objetivo pretendido é, no mínimo, uma medida de bom senso para estabelecimento das práticas de ocupação e das medidas mitigadoras para convivência com as adversidades. A utilização de áreas inseridas em condições adversas vem aumentando e os impactos na produtividade dos plantios silviculturais tornam-se preocupantes. Avaliar os reflexos do estado nutricional de plantas de eucalipto levando em consideração a baixa disponibilidade de água e identificar a influência do arranjo de plantio no crescimento da cultura será de grande importância para auxiliar a exploração da cultura nesses ambientes. Com isso o estudo teve como objetivo avaliar a influência do espaçamento e da adubação sobre o desenvolvimento e produção de madeira em plantios de eucalipto com 5 anos de idade submetidos a baixos regimes hídricos e os reflexos no estado nutricional das plantas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os eucaliptos pertencem à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae e ao gênero *Eucalyptus*. Originalmente australiano hoje se tem conhecimento de cerca de 900 espécies (BOLAND et al., 2006), ocorrendo ainda em Timor e diversas ilhas adjacentes como Flores, Alor, Wetar (PRYOR, 1976). É um gênero de grande adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, desenvolvendo-se satisfatoriamente em grande amplitude, superando a do local de origem, com enorme disseminação mundial (ELDRIDGE, 1975).

As espécies desse gênero encontram no Brasil condições favoráveis para o seu desenvolvimento, com chuvas médias anuais variando de 1000 a 3500 mm e clima subtropical e tropical úmido semelhante com suas regiões de origem (ALMEIDA et al., 2013). Devido à boa adaptabilidade das espécies aos climas brasileiros alguns produtores têm explorado regiões onde as médias anuais ficam abaixo de 1000 mm; nessas condições desafios referentes ao manejo nutricional e à escolha da melhor densidade populacional vem se tornando critérios importantes nas tomadas de decisões. Segundo Fernandes (2015), antes as atividades florestais se concentravam nas regiões mais úmidas, mas atualmente se estendem por todo o semiárido nordestino, particularmente no Sudoeste da Bahia, que é uma região sujeita a períodos prolongados de seca. Por ser rústico o gênero *Eucalyptus* suporta ser implantado em solos de baixa fertilidade, mas apresenta restrições quanto à sobrevivência em deficiência hídrica no solo, aliada a altas temperaturas e radiações (Flexas et al., 2002); com isso, os cuidados com o manejo populacional para essas regiões torna-se uma ferramenta importante.

Segundo estudos desenvolvidos pela Abaf em (2012), a China lidera o ranking em área de plantios florestais no mundo com 31 milhões de hectares, seguido de EUA com 25 milhões, o Restante da Ásia com 20 milhões e a América

Latina com 15 milhões, sendo constatado que o Brasil possui 47% das áreas de plantios florestais sul-americanas, o que representa cerca de 6% da área mundial plantada. Em 2012 a área brasileira de plantios florestais atingiu 7,1 milhões de hectares, sendo 71% da área total plantada com *Eucalyptus* e 29% com outras espécies de plantios florestais. Rússia, África, Europa Ocidental, Oceania e Europa Oriental compõe o restante das áreas.

## 2.1 Espaçamento

De acordo com Silva (2004), algumas espécies de *Eucalyptus* podem tolerar solos com elevada acidez, com baixa fertilidade (BARROS & NOVAIS, 1990) e com regime hídrico irregular (GOMES, 1994). Nessas condições a produtividade pode ser acrescida consideravelmente, utilizando-se procedimentos silviculturais, tais como: adubação (NOVAIS et al., 1990); seleção do espaçamento adequado (GOMES, 1994); e controle de plantas daninhas (SILVA, 1993). Silva (2004) reforça que a adaptação de espécies aos efeitos do clima pode ajudar no manejo de água em condições de diferentes umidades, razão pela qual o uso da água reflete a complexidade de fatores envolvidos na interação planta/ambiente.

Fatores ambientais como a temperatura, a radiação solar e a disponibilidade de água podem acarretar estresse em uma planta, afetando as relações hídricas, alterando o metabolismo e causando grandes perdas de produção (SCHWIDER, 2013). Sendo o estresse hídrico a principal causa de diminuição na produtividade florestal, a escolha de um espaçamento ideal entre planta torna-se uma estratégia de manejo importante promovendo melhor aproveitamento na utilização da água pela planta e minimizando as perdas com o déficit hídrico.

Leite (1996), A densidade populacional também transforma a disponibilidade de fatores de produção comprometendo a dinâmica nutricional ao longo do ciclo de crescimento da floresta, determinando formas distintas de manejo para o controle da disponibilidade de nutrientes (LEITE, 2001). Leite (2001) ressalva ainda que em menores espaçamentos, a capacidade produtiva do sítio é alcançada em menor tempo, sem que o balanço de nutrientes no sistema atinja um equilíbrio.

A atividade florestal vem crescendo muito nos últimos anos e os cuidados com o manejo vêm acarretando preocupações aos produtores. Frequentemente,

plantios de eucalipto são realizados em locais com elevada demanda atmosférica e com índices de precipitações anuais reduzidos e irregulares, o que compromete o sucesso dos povoamentos e suas produtividades (XAVIER, 2010).

Segundo Garcia (2010), o espaçamento praticado no plantio é importante porque afeta a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, por consequência, os custos de produção, sendo que a competição entre as árvores inicia-se quando um único fator de crescimento cai abaixo da demanda de cada planta.

Para Balloni & Simões (1980) e Berger et al., (2010), tanto a densidade populacional como a fertilização são considerados fatores da produção florestal, que podem influenciar na taxa de crescimento das árvores, na qualidade da madeira, na idade de corte, bem como em práticas de implantação, de manejo e de colheita.

De acordo com Oliveira Neto et al., (2003), o espaçamento a ser adotado no plantio deve ser selecionado em função do produto florestal desejado, uma vez que, em espaçamentos mais amplos, a produção de matéria seca da parte aérea e, em especial, de madeira por árvore é elevada em razão de seu maior crescimento em diâmetro, enquanto que em espaçamentos mais reduzidos ocorre a maior produção de biomassa por unidade de área, em razão de se ter um maior número de indivíduos.

Nas condições de escassez de recursos ambientais, espaçamentos mais fechados podem gerar competições intra e interespecíficas intensas. Já os espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização do sítio e menor produtividade das plantações florestais (REIS e REIS, 1993).

Atividades silviculturais, como, por exemplo, o controle da densidade populacional, entre outras, afetam a qualidade da madeira em decorrência do seu efeito nos padrões de crescimento das plantas, na exploração florestal e nos custos de produção (DANIEL et al., 1982).

Morais et al., (1990), estudando a biomassa e a eficiência nutricional de espécies de eucalipto, observou que a utilização de espaçamentos inadequados pode agravar, ainda, os possíveis efeitos causados pelo déficit hídrico e nutricional, resultando numa diminuição acentuada do potencial de crescimento, na mortalidade e na conseqüente perda de produção das plantas. Além disso, a escolha errada no

espaçamento pode também afetar a quantidade de nutrientes removidos pelas plantas do solo (LEITE, 1996). Em espaçamentos muito amplos Leles (1995) observou que ocorre um percentual alto de alocação dos fotoassimilados para a produção de raízes, ou seja, essa alocação de biomassa pode ser direcionada para partes da árvore que tenham um valor comercial agregado muito pequeno; menores densidades populacionais promove um maior desenvolvimento da copa o que pode proporcionar toras de menor qualidade para alguns fins específicos (INOUE et al., 2011).

Em condições onde o ambiente possibilita baixo fornecimento de recursos ambientais, espaçamentos mais fechados geram competições intra e interespecíficas e espaçamentos mais abertos podem resultar no uso diminuído da área explorada e, com isso, em menor produtividade das florestas plantadas (LELES et al., 2001; FERRIRA, 2014).

Reiner et al., (2011) pesquisando o desenvolvimento de eucalipto em diferentes espaçamentos concluiu que somente a partir dos 3 anos de idade o DAP apresentou diferença significativa, sendo maior para os espaçamentos menos adensados, proporcionando um maior incremento por planta, mas esse maior DAP e maior volume por indivíduo, não excedeu o volume por hectare nos espaçamentos mais adensados.

Trabalhando com *Eucalyptus camaldulensis* em distintos espaçamentos e doses de adubação, Oliveira Neto et al., (2010) ressaltou que o crescimento em diâmetro apresentou comportamento linear crescente com o aumento da área útil por planta. Reforçou ainda que, independentemente do nível de adubação, houve aumento substancial no número de plantas nas classes diamétricas maiores com o aumento da área útil por planta.

## **2.2 Déficit hídrico**

Na maioria das áreas plantadas com eucalipto, a produtividade é dependente, de vários fatores, tanto do fertilizante aplicado, quanto da quantidade e distribuição de chuvas (GONÇALVES, 2000). Nos períodos de déficit hídrico mais acentuado a água torna-se um fator fundamental e limitante ao crescimento das plantas,

diminuindo a disponibilidade de nutrientes no solo e influenciando o comportamento das espécies de maneiras distintas (Barros et al., 1987), principalmente nas características fisiológicas e morfológicas que estimulam os mecanismos de tolerância à seca. Para Flexas et al., (2002), o estresse hídrico é a principal causa de perdas na produtividade agrônômica e florestal. Segundo Nogueira et al., (2005), as plantas respondem por meio de vários processos adaptativos à escassez de água, como a capacidade de reduzir o potencial hídrico, aliada a adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas.

Diversas plantas podem se aclimatar à falta de água por meio de ajustamento osmótico, o que permite a manutenção da turgescência celular e, conseqüentemente, o crescimento em baixos potenciais de água nas folhas (CARVALHO, 2005). Para Mazzuchelli (2014), o uso de genótipo de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) apropriado para se estabelecer e desenvolver em condições de deficiência hídrica no solo pode ser de fundamental importância para o êxito de um plantio florestal.

Stape et al., (2004) relataram que a cultura do *Eucalyptus* é cultivada em quase todo o território brasileiro, sendo que grande parte da área de cultivo apresenta limitações ao desenvolvimento das plantas com diferentes níveis de estresse hídrico. Dessa forma, a escolha de materiais mais adaptados para cada situação torna-se mais difícil. Stape (2002) ainda concluiu que a contribuição hídrica foi o principal elemento regulador da produtividade do eucalipto (clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), de tal modo que, em períodos de escassez de água, a produção de madeira foi significativamente afetada.

A deficiência hídrica tem uma relação direta com o crescimento em altura e em diâmetro, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular, e indireta influenciando a produção de reguladores de crescimento (GONÇALVES, 2000).

A obtenção de alta produtividade demanda, entre outros aspectos, a escolha de genótipos, adequados para cada condição ambiental, especialmente em sítios em que a disponibilidade hídrica é restrita, em consequência da baixa precipitação ou irregularidade na sua distribuição (STAPE, 2004).

Para o solo a disponibilidade hídrica é influenciada pelas condições térmicas e pela distribuição espaço-temporal das precipitações, influenciando os processos de evapotranspiração e absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, a

produtividade das plantas. Souza et al., (2006) verificaram que, embora haja um ganho em produtividade de eucalipto em anos com maiores totais de chuva, as perdas em anos secos é um pouco maior. Essa capacidade de adequação a situações de déficit hídrico apresentada por algumas espécies desse gênero tem permitido que os plantios de eucaliptos sejam implantados na região dos cerrados, onde os solos apresentam baixa fertilidade e o clima provoca pronunciado déficit hídrico (OLIVEIRA NETO, 2003).

A tolerância ao stress hídrico muda de acordo com o genótipo. Dessa maneira, algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, tornando-se mais eficientes na absorção de água do solo, especialmente pelo crescimento de um amplo e profundo sistema radicular e de características da parte aérea como ajuste da área foliar, rápido fechamento dos estômatos e manutenção de uma reduzida temperatura foliar (REIS, 2006).

Tatagiba et al., (2007) ressaltam que a seleção de genótipos de eucalipto é interessante em regiões com acentuada variação da disponibilidade de água no solo, podendo ser de fundamental importância para o êxito de um povoamento florestal. A identificação desses genótipos para implantação em condições ambientais adversas, especialmente em relação à deficiência hídrica no solo, é um desafio para muitos produtores.

Considerado como fundamental e limitante fator de crescimento das árvores, a eficiência do uso da água torna-se um índice bastante útil para a avaliação dos genótipos mais eficientes, como também para as práticas de manejo que aumentam a produtividade de maneira mais equilibrada, uma vez que o produto final é resultante da interação genótipo x ambiente (CASTRO, 2014).

Mori, (2004) alerta que trabalhos relacionados à melhoria do processo de qualidade da produção de mudas em condições de déficit hídrico são importantes, uma vez que se está enfrentando mudanças climáticas e a atividade florestal está envolvida em áreas de diferentes índices pluviométricas.

## 2.3 Adubação

O Brasil vem despontando como um dos países mais produtivos na cultura do eucalipto no mundo, e não é por acaso. Os desenvolvimentos de pesquisas para melhorar os diferentes sistemas de manejo, adaptabilidade ambiental e melhoramento genético, atribuem a essa espécie elevados ganhos em crescimento e produtividade. Para tanto, a avaliação do estado nutricional das florestas na fase de crescimento, visando atender as suas necessidades nutricionais, tem se tornado um exercício necessário para garantir o ganho de produtividade desejada. Rocha, (2000) ressalta que é imprescindível a aplicação de fertilizantes, contendo macronutrientes N, P, K e alguns micronutrientes, especialmente, B, Zn, Mg e S para a obtenção de melhores ganhos em produtividade de madeira.

Os plantios comerciais de eucalipto no Brasil, normalmente, ocupam solos caracterizados pelo reduzido teor de nutrientes, baixa fertilidade e saturação por bases, elevada acidez e capacidade de fixação de fósforo e pequenas reservas nutricionais disponíveis para as plantas. Além disso, são ricos em sesquióxidos de Fe e Al. Essas características, em conjunto com o curto ciclo de corte da cultura do eucalipto e a exportação de nutrientes, indicam que a manutenção da produtividade é dependente da adição de fertilizantes (BARROS & NOVAIS 1996).

Martins, (2004), ressalta que atualmente no Brasil a adubação mineral em plantios de eucalipto consiste, em geral, da aplicação de fertilizantes na implantação e uma a duas vezes mais, nos dois primeiros anos, como adubação de manutenção. Os critérios para definir a época e a quantidade de fertilizantes dessa última adubação não foram ainda bem fundamentados, o que leva a grandes variações desse procedimento entre as empresas.

Lima e Garcia, (2011), estudando o efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*, ressaltaram que, entre tratamentos, que possibilitam alterações nas condições e taxas de crescimento das árvores, se sobressai a aplicação de fertilizantes que podem ser aproveitados para aumentar a quantidade e melhorar a qualidade da madeira produzida.

A rentabilidade e a produtividade florestal estão intimamente integradas. Boas produtividades são obtidas quando são combinadas práticas silviculturais adequadas, com genótipos bem selecionados para a região e um manejo nutricional bem planejado. Entre as práticas silviculturais, a adubação, especialmente a

fosfatada, é a principal responsável pelo acréscimo da produtividade dos eucaliptais; conseqüentemente, a escolha de doses ajustadas de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  na adubação de plantio é determinante para a obtenção de elevadas produtividades (CIPRIANE et al., 2014).

Jesus et al., (2012), testando doses e fontes de N na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica, indicaram que o nitrogênio é o nutriente que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores. Sua participação no metabolismo tem sido estudada na maior parte das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual; contudo, nas espécies florestais em condições tropicais os estudos são muito pouco desenvolvidos.

Nos estágios iniciais dos povoamentos, a adubação nitrogenada pode aumentar o ritmo de crescimento das árvores, pois aumenta a disponibilidade de N numa fase em que as taxas de mineralização desse nutriente no solo e nos resíduos vegetais não conseguem atender à elevada demanda das árvores (PULITO, 2009).

Para ambientes tropicais salienta-se que a sustentabilidade da produção da floresta é comandada, essencialmente, pelos fluxos de água e nutrientes no solo, sendo que a temperatura e a radiação solar não são determinantes, tendo em vista que em solos brasileiros explorados com o cultivo de eucalipto tem sido verificada significativa diminuição na disponibilidade de nutrientes no solo, em especial K, Ca e Mg, que podem afetar a sustentabilidade da produção florestal caso não sejam repostos os nutrientes mediante fertilização (LIMA et al., 2005).

Estudando produção e o estado nutricional de plantios de eucalipto em segunda rotação, em resposta à adubação potássica, Faria et al., (2002) ressaltaram que o fornecimento de potássio contribuiu para que a planta explorasse um maior volume de solo por meio do seu sistema radicular, possibilitando maior absorção de água e nutrientes; isso promoveu também um maior volume da copa, o que favoreceu maior captação de energia solar, além de ajustar o controle de abertura e fechamento dos estômatos, resultando em maior eficiência do uso da água pela planta. O fornecimento de nutrientes em solo pobre geralmente resulta em ganhos de crescimento e, portanto, em maior absorção de todos os nutrientes pelas árvores, inclusive dos não aplicados (REIS & BARROS, 1990).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo faz parte do programa de pesquisa da Cia de Ferro Ligas da Bahia - Ferbasa em parceria com a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

A área de estudo está localizada na Fazenda Nova Aliança, em uma propriedade da Cia Ferro Ligas da Bahia – FERBASA, no Município de Maracás, no Sudoeste da Bahia, com altitude aproximada de 1000 m, longitude 40W 24'07", latitude 13S 23' 16".

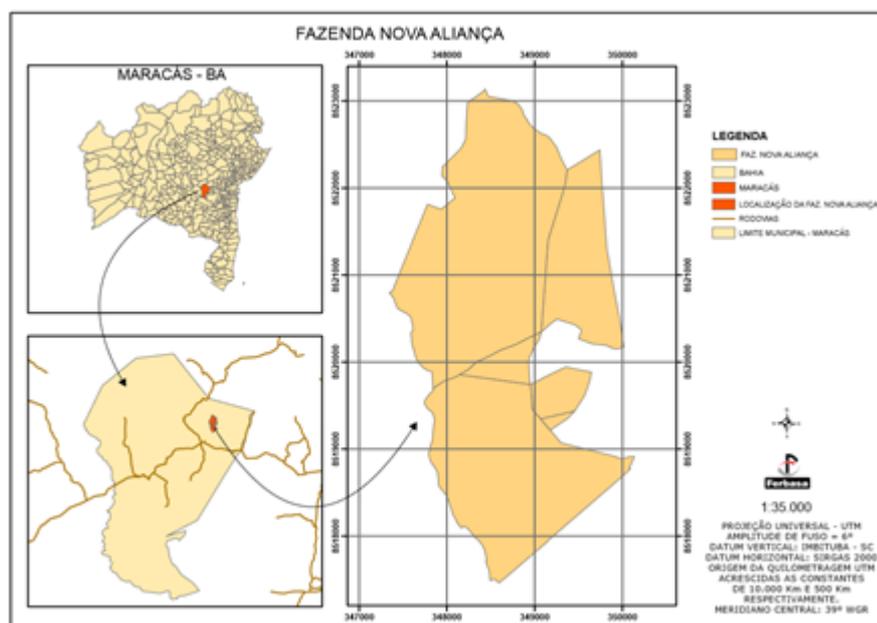


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no Município de Maracás – BA. Fonte: Diretoria de Recursos Florestais – FERBASA

A área experimental foi instalada em 2009, numa região conhecida como Campos Gerais, com plantio de mudas clonais de *Eucalyptus* (clone GG 50). A escolha da Espécie foi devido à sua indicação a tolerância ao estresse hídrico e por possuir características desejáveis para a produção de carvão. O clima, por constituir-se no principal parâmetro regional de preocupação quanto à cultura do eucalipto é do tipo C1dB'3a' subúmido a seco, com inverno seco e verão chuvoso conforme classificação de Thornthwaite e Mather (1955).

As médias pluviométricas anuais históricas da área de estudo variam de 500 a 1100 mm (SEI, 2014) e o solo que compõe a área experimental é classificado como LAd2d – Latossolo Amarelo Distrófico típico com textura argilosa, A moderado, moderadamente coeso, relevo plano, segundo classificação realizada pela JP Empreendimentos Florestais, tendo como responsável o pesquisador Luiz Carlos Krejci, conforme (EMBRAPA 2013).

A figura 2 (A, B e C) representa fotografias da Fazenda Nova Aliança, onde a Ferbasa possui aproximadamente 600 ha de plantio, e destaca a área experimental que é objeto deste estudo. Nessa região conhecida como “Gerais” a empresa tem cultivado diversos genótipos, com o intuito de desenvolver novas tecnologias e melhores práticas de manejo para a exploração na região foram separados 1,03 ha e instalado o experimento.

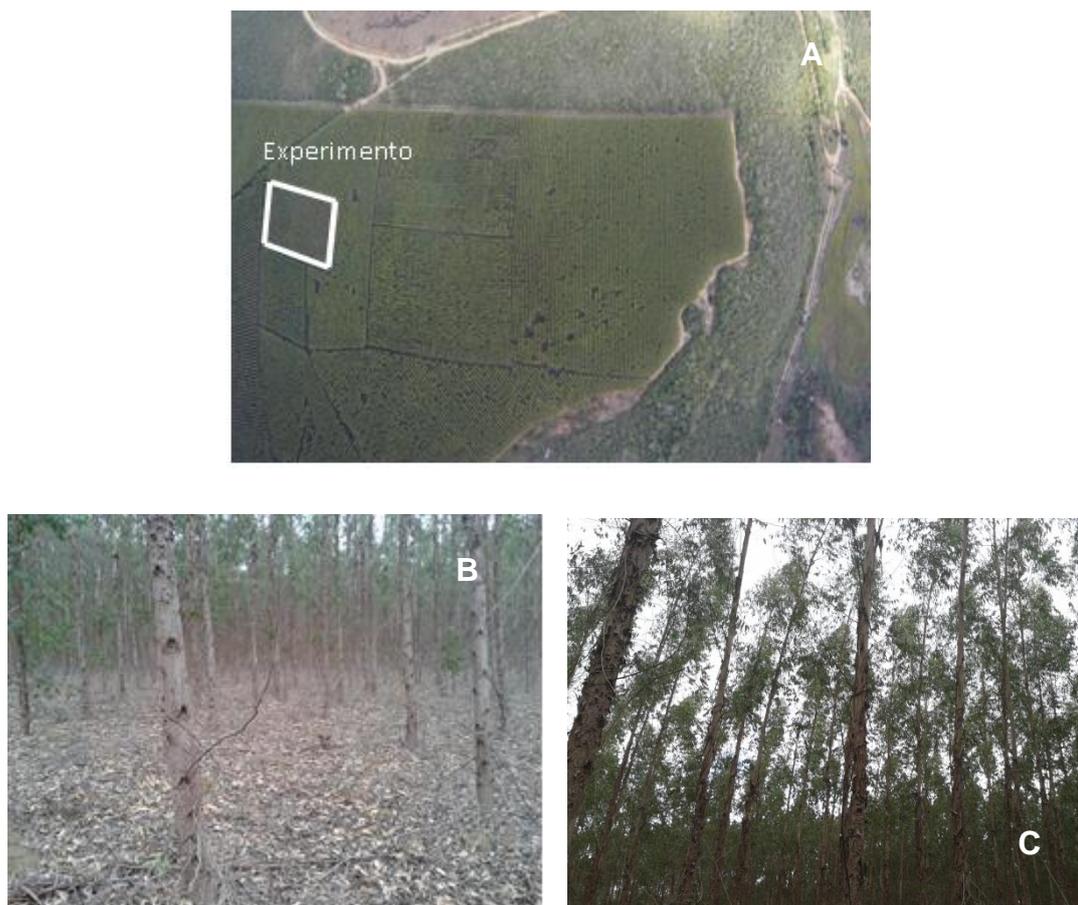


Figura 2. Ilustrações A, B e C da área experimental.

A tabela 1 ilustra os resultados da composição química e a tabela 2 os dados morfológicos e físicos da análise do solo realizadas na fase de implantação da área experimental.

Os valores de pH em água nos diferentes horizontes variaram em torno de 5,0 a 5,4 (Tabela 1); entretanto, a cultura do eucalipto é tolerante à acidez do solo (PAULA et al., 2012). Os teores de P disponível no solo foram de 1 ppm, ficando inseridos na classe de interpretação de baixa disponibilidade, segundo exigência nutricional de culturas florestais. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  estão abaixo de  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , o que significa que estão abaixo do nível crítico, tendo como base um incremento médio anual de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Os teores de  $\text{K}^+$  mesmo no horizonte Ap ( $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) também estão muito baixos. O  $\text{Al}^{3+}$  apresenta valores baixos indicando que ele não apresenta prejuízos para a cultura do eucalipto (BARROS & NOVAIS, 1999).

Tabela 1. Resultados das análises químicas do solo na área de cultivo antes da implantação experimental.

Horizonte	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	H+Al <sup>3+</sup>	CTC	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	m	V	Zn	Cu	Mn	Fe	MO
	H <sub>2</sub> O	ppm	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>									%	%	ppm			g kg <sup>-1</sup>	
Ap (0-36)	5,4	1	0,2	0,4	0,4	0,1	1,1	3,8	4,9	0,1	3,7	2,1	22,4	0,12	1,29	4,65	80,72	1,61
Bax (36-68)	5,0	1	0,01	0,3	0,2	0,1	0,6	3,6	4,2	0,3	3,3	7,1	14,3	0,04	1,94	0,41	73,4	0,84
Bwx21 (68-96)	5,1	1	0,01	0,4	0,3	0,0	0,7	3,4	4,1	0,1	3,3	2,4	17,1	0,03	2,29	0,76	56,41	0,56
Bw22 (96-165+)	5,4	1	0,01	0,5	0,4	0,0	0,9	2,0	2,9	0,1	1,9	3,4	34,5	0,02	1,32	0,12	25,21	0,42

P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; Al<sup>3+</sup> - alumínio; V – saturação por bases; m - saturação por alumínio; Zn – zinco; Cu – cobre; Mn – manganês; Fe – ferro; MO – Matéria orgânica.

Tabela 2. Dados morfológicos e físicos do solo antes da implantação experimental.

Horizonte (cm)	Estrutura	Consistência	Areia		Silte	Argila	Silte/Argila	Classificação Textural
			Grossa	Fina				
<b>Ap (0 - 36)</b>	blocos subangulares pequenos e médios	dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	420	120	40	420	0,09	Argilo-arenosa
<b>Bax (36 - 68)</b>	blocos angulares e subangulares médios	dura, friável, plástica e pegajosa.	280	130	20	580	0,03	Argila
<b>Bwx21 (68 - 96)</b>	blocos angulares pequenos e médios	dura, muito friável, plástica e pegajosa.	280	130	40	550	0,07	Argila
<b>Bw22 (96 - 165+)</b>	blocos subangulares pequenos e médios	ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa	240	140	120	490	0,24	Argila

A descrição morfológica do perfil foi realizada pela empresa J.P empreendimentos florestais tendo como responsável o Engenheiro Agrônomo Luiz Carlos Krejci.

A figura 3 demonstra o comportamento pluviométrico ocorrido entre os anos de 2009 a 2013, e a figura 4 o balanço hídrico climático médio para a região no período de 1943 a 1983 de acordo com os dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 1999).

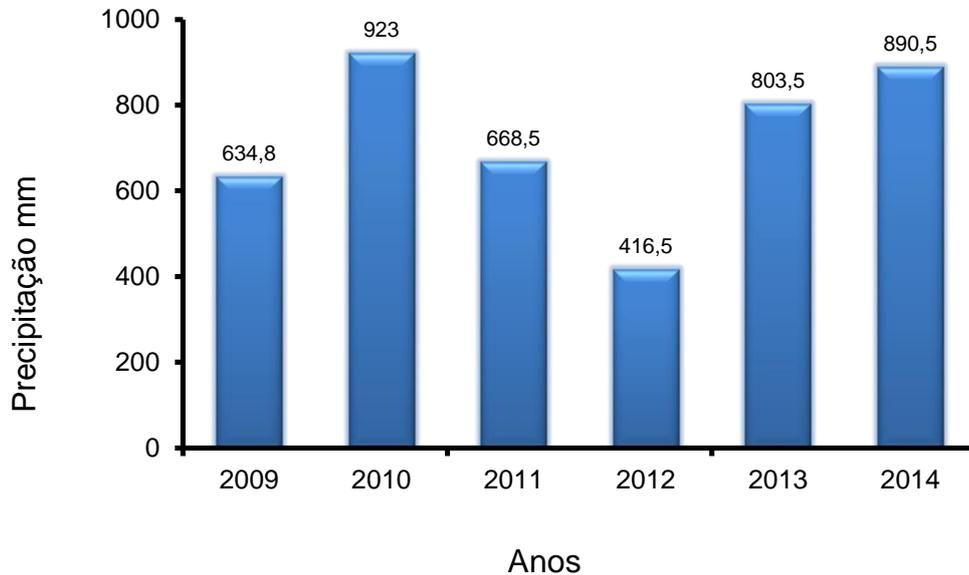


Figura 3. Acúmulo anual da precipitação pluviométrica na Fazenda Nova Aliança. Município de Maracás (BA).

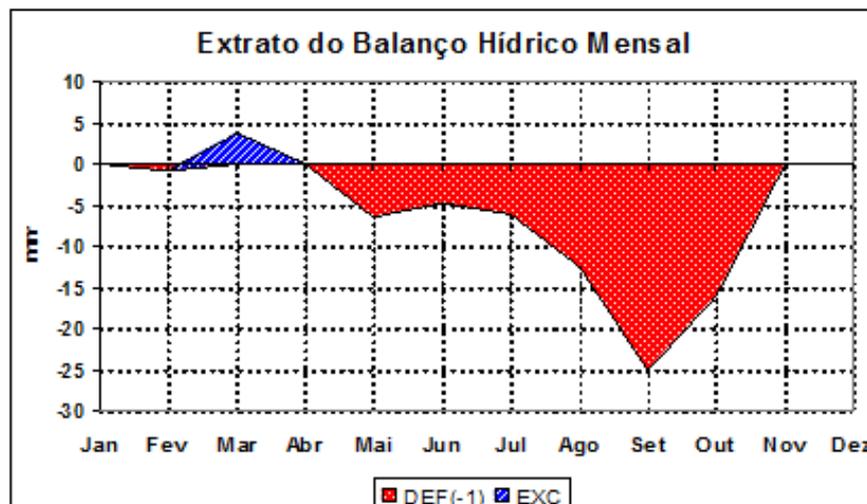


Figura 4. Extrato do balanço hídrico mensal no Município de Maracás (BA), média dos anos de 1943 a 1983.

Os dados climáticos referentes ao comportamento pluviométrico na área experimental foram obtidos de estações meteorológicas pertencentes à empresa FERBASA localizadas próximas à área de estudo. O balanço hídrico foi calculado segundo o método de Thornthwaite e Matter, (1955). De acordo com as informações de precipitação e de temperatura médias dos meses, do período de 1943 a 1983, a área apresentou déficit hídrico (Figura 4), na maioria dos meses do ano calculado pelo método de Thornthwaite e Mather, (1955). Para isso, utilizou-se a planilha eletrônica desenvolvida por Sentelhas et al., (1999) e considerou-se a capacidade de água disponível (CAD) padrão de 100 mm.

Para a caracterização do solo foi realizado abertura de trincheiras com profundidade média de 1,70 m, sendo os perfis amostrados e coletados em geral quatro amostras. As tradagens foram efetuadas com trado de caneco tipo "Orchard". Posteriormente, foi realizado o controle das formigas cortadeiras com o uso de iscas formicidas, princípio ativo sulfluramida, distribuídas de forma sistemática; e em seguida a área foi submetida a roçagem mecanizada. Com preparo do solo apenas na linha de plantio utilizou-se a subsolagem profunda (subsolador com haste de 0,9 m). Em seguida foram aplicados 1,5 kg de herbicida à base de glyphosato na linha de plantio e delimitadas as áreas com 12 parcelas de 24 X 36 m, sendo 3 parcelas em cada espaçamento, totalizando 1,03 ha.

Foram atribuídas três adubações A, B e C, com as seguintes dosagens: 200 kg ha<sup>-1</sup> NPK 6:30:6 aos 10 dias, 200 kg ha<sup>-1</sup> NPK 20:05:15 aos 90 dias, 250 kg ha<sup>-1</sup> NPK 13:06:17 + 1% de Boro com um ano de idade, sendo que B e C receberam 250 kg ha<sup>-1</sup> NPK 13:06:17 + 1% Boro no segundo ano e C recebeu 250 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 13:06:17 + 1% Boro no terceiro ano. De maneira geral foi usado 1000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, 5 kg ha<sup>-1</sup> de FTE - BR 12 (12% de Zn, 1,6% de Cu, 4% de Mn e 1,8% de B) e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato reativo. As adubações de base e cobertura foram realizadas em covetas laterais.

Tabela 3. Doses referentes aos insumos utilizados nas adubações em relação a cada tratamento utilizado durante o ciclo do experimento.

TRATAMENTOS												
Insumos (kg)	Espaçamentos (m)											
	3 x 2			3 x 3			3 x 3,5			3 x 4		
	A 1 ano	B 2 anos	C 3 anos	A 1 ano	B 2 anos	C 3 anos	A 1 ano	B 2 anos	C 3 anos	A 1 ano	B 2 anos	C 3 anos
Calcário	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4
Gesso	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20
Fosfato	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7
NPK 06:30:06	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
FTE. BR - 12	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Adubo (90 dias)	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
Adubo 1 ano	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Adubo 2 anos	-	21,6	21,6	-	21,6	21,6	-	21,6	21,6	-	21,6	21,6
Adubo 3 anos	-	-	21,6	-	-	21,6	-	-	21,6	-	-	21,6

O controle de plantas daninhas foi realizado em toda a área do experimento aplicando de 1,0 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de herbicida pós-emergente à base de glifosato, sempre que necessário, durante todo o ciclo experimental.

O experimento foi instalado com 4 espaçamentos 3 x 2 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m e 3 x 4 metros, com três adubações A – 1 ano, B – 2 anos e C – 3 anos em blocos casualizados.

ESP: 3,0 x 2,0 m Adb: A Trat: 1	ESP: 3,0 x 2,0 m Adb: B Trat: 2	ESP: 3,0 x 2,0 m Adb: C Trat: 3
ESP: 3,0 x 3,0 m Adb: A Trat: 4	ESP: 3,0 x 3,0 m Adb: B Trat: 5	ESP: 3,0 x 3,0 m Adb: C Trat: 6
ESP: 3,0 x 3,5 m Adb: A Trat: 7	ESP: 3,0 x 3,5 m Adb: B Trat: 8	ESP: 3,0 x 3,5 m Adb: C Trat: 9
ESP: 3,0 x 4,0 m Adb: A Trat: 10	ESP: 3,0 x 4,0 m Adb: B Trat: 11	ESP: 3,0 x 4,0 m Adb: C Trat: 12

Área da Parcela:  
24,0 m x 36,0 m = 864 m<sup>2</sup>  
Área do Experimento  
1.03 ha

Nº de plantas por tratamento  
Trat. 01 a 03 = 144 plantas  
Trat. 04 e 06 = 96 plantas  
Trat. 07 a 09 = 82 plantas  
Trat. 10 a 12 = 72 plantas  
Nº total: **1.182** Plantas

Figura 5. Croqui de instalação da área experimental.

### 3.1 Amostragem de solos

Na fase final de avaliações químicas (fertilidade) do solo, foram coletadas 24 amostras compostas deformadas, sendo 5 coletas simples na linha e 5 na entrelinha para compor uma amostra composta independente em cada parcela nas profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m utilizando trado pedológico. Para as avaliações químicas utilizou-se o método adotado pela (EMBRAPA, 1999) e físicas o método adotado por Donagema et al., (2011).

### 3.2 Atributos químicos

Para determinação do P disponível, K e Na trocáveis utilizou-se o extrator de Mehlich - 1 sendo a quantificação realizada por espectrofotometria e fotometria de chama respectivamente. Para  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis foi usado o extrator de KCl 1M e a quantificação dos dois primeiros elementos foi realizada por espectroscopia de absorção atômica e o Al por titulação ácido-base. A acidez potencial (H+Al) foi determinada utilizando como extrator acetato de cálcio  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}\cdot\text{H}_2\text{O}$  e a quantificação por titulação alcalimétrica. Para a matéria orgânica utilizou o método de oxidação por solução sulfocrômica e quantificação por espectrofotometria. Esses procedimentos estão descritos em Donagema et al., (2011).e Raij et al., (2001). Com base na quantificação dos elementos foram calculados os parâmetros soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

### 3.3 Análises de folhas

Para avaliação do estado nutricional das plantas a análise química das folhas, de maneira geral, é um dos métodos mais praticados. Amostras foliares foram coletadas na fase final das avaliações seguindo o método descrito por Silva (2009), que sugere coletar as folhas recém-maduras, normalmente o penúltimo ou antepenúltimo lançamento de folhas dos últimos 12 meses, sendo as folhas retiradas no terço médio da copa. As folhas, após lavadas em água desmineralizada, foram colocadas em estufa com circulação mecânica de ar, à temperatura de 65 a 70 °C

até peso constante, e logo após foram moídas em moinho tipo ciclone e encaminhadas para análises laboratoriais.

O procedimento analítico utilizado para a extração dos elementos P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foi digestão nítrico-perclórica  $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$  2:1 e a quantificação desses elementos foi por meio de espectroscopia de absorção atômica e fotometria de chama. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl. O B foi extraído por digestão seca e determinado por espectrofotometria pelo método da azometina – H. (EMBRAPA, 1999).

### 3.4 Avaliação estatística

Para as avaliações qualitativa e quantitativa da produção foram realizados inventário florestal e na coleta de dados foi usada fita métrica para a medição do CAP (circunferência a 1,30 m da superfície do solo em cm) e hipsômetro para a aferição da altura das árvores da parcela. O cálculo do volume (V) foi feito por meio da seguinte equação (SCHUMACHER E HALL, 1933):

$$V = \text{EXP}(-10.0248734173 + 2.1017451946 * \text{LN}([\text{DAP}]) + 0.8261895387 * \text{LN}([\text{ALTURA}]))$$

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de experimento em faixa (PIMENTEL-GOMES, 2000), com três repetições. Os resultados foram submetidos ao teste f da análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a interpretação dos resultados das amostras de solo, as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE, 2011).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância realizada para as características CAP (circunferência a 1,30 m da superfície do solo em (cm), Altura Total (ALT), Volume (V) e Incremento Médio Anual (IMA) de um clone (GG50) híbrido de *Eucalyptus* encontra-se na tabela 4.

Observa-se que o efeito do tratamento espaçamento foi significativo a 1% de probabilidade para todas as variáveis, com exceção de HT, cuja significância foi a 5%. Esse resultado indica que os espaçamentos adotados afetaram significativamente o CAP, ALT, V e o IMA. Os valores encontrados na análise de variância indicam que o efeito da interação entre os espaçamentos e as adubações foi significativo para todas as variáveis analisadas, demonstrando que, adubações diferentes para o mesmo espaçamento e a mesma adubação para diferentes espaçamentos os resultados diferencia estatisticamente entre si. Para o tratamento adubação houve efeito significativo apenas para a variável ALT. Verifica-se também que os coeficientes de variação experimental encontrados foram baixos, o que atesta a eficiência na coleta de dados, bem como do delineamento experimental adotado (FALCONER, 1987).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características CAP, ALT, V pl<sup>-1</sup>, V e IMA para um plantio de eucalipto com 5 anos de idade submetidos a baixo regime hídrico.

QM						
FV	GL	CAP (cm)	ALT (m)	V pl <sup>-1</sup> (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Bloco	2	1,9616 <sup>ns</sup>	0,2167 <sup>ns</sup>	0,000026 <sup>ns</sup>	203,026 <sup>ns</sup>	7,0695 <sup>ns</sup>
Esp	3	84,5707**	0,4892*	0,001606**	1118,698**	38,9549**
Erro 1	6	1,3119	0,0771	0,000036	48,612	1,6928
Adub	2	1,9212 <sup>ns</sup>	0,7810*	0,000031 <sup>ns</sup>	148,147 <sup>ns</sup>	5,1586 <sup>ns</sup>
Erro 2	4	5,7268	0,0458	0,000144	207,133	7,2126
Esp*adub	6	16,3816**	0,4612**	0,000442**	217,274**	7,5657**
Erro 3	12	0,9507	0,0359	0,000013	22,508	0,7838**
CV (%)		2,43	1,32	4,14	4,68	4,68
Média geral		40,21	14,32	0,089	101,46	18,93

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação experimental (%); CAP: circunferência a 1,30 m de altura da superfície do solo; DAP: diâmetro a 1,30 m de altura da superfície do solo; ALT: altura total (m); V pl<sup>-1</sup>: volume por planta (m<sup>3</sup>); V: volume por hectare (m<sup>3</sup>); IMA: incremento médio anual (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); \*: significativo a 5%; \*\*: significativo a 1%, e ns: não significativo.,

Os valores encontrados mostram a influência do espaçamento e da adubação sobre a média das circunferências. (Tabela 5)

Tabela 5. Valores médios em centímetros para o CAP (circunferência a 1,30m da superfície solo) em função dos tratamentos aplicados em um plantio de Eucalipto aos 5 anos.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	36,5 aB	41,8 aA	42,1 aA	41,8 bA
B - ano 2	36,4 aC	40,6 aB	41,0 aAB	43,1 abA
C - ano 3	36,5 aC	35,5 bC	40,9 aB	46,2 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Aos 5 anos para os espaçamentos 3 x 2 m e 3 x 3,5 m não houve efeito significativo quando submetidos a diferentes adubações. No espaçamento 3 x 3 m à medida que aumentou o nível nutricional houve uma redução na CAP. Para o espaçamento 3 x 4 m ocorreu um aumento significativo da CAP à medida que aumentou o aporte nutricional de 10,6%. Avaliando o efeito do espaçamento foi observada tendência no aumento da CAP à medida que aumentou o espaçamento. Considerando o efeito da interação entre espaçamento e adubação para a CAP, constatou-se que, no Município de Maracás, e possivelmente para as regiões com as mesmas características da área experimental, o espaçamento de 3 x 4 m em interação com a adubação C, apenas no 3º ano, apresentou a maior média da CAP.

Na tabela 6 foram observadas pequenas diferenças na altura média entre os diferentes tratamentos, sendo que no espaçamento 3 x 3 m em interação com a adubação A atingiu-se a maior média das alturas.

Tabela 6. Valores médios em metros para altura total das árvores em função dos tratamentos de adubação e espaçamento.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	14,7 aA	14,7 aA	14,5 aA	14,4 aA
B - ano 2	14,6 abA	14,2 bA	14,2 aA	14,4 aA
C - ano 3	14,2 bA	13,2 cB	14,17 aA	14,6 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando a interação espaçamento x adubação observou-se que para os espaçamentos 3 x 3,5 m e 3 x 4 m não houve efeito significativo em relação média da altura total com o aumento do teor de nutrientes fornecido. Para os espaçamentos 3 x 2 m e 3 x 3 m houve uma redução na média das alturas, indicando que o aumento do aporte nutricional para essa condição não proporcionou ganho em altura.

Analisando ainda a interação adubação x espaçamento, à medida que aumentou o espaçamento mantendo o mesmo aporte nutricional foi observado que os tratamentos não sofreram alterações significativas no comportamento da variável altura Nas adubações A e B, mas ocorreu pequeno aumento em C.

Observa-se na tabela 7 que, para a variável DAP, houve uma tendência de aumento do valor médio dos menores para os maiores espaçamentos. O tratamento com o espaçamento 3 x 2 m foi o que apresentou as menores médias, já o espaçamento 3 x 4 m foi o que obteve a maior média.

Tabela 7. Valores médios em centímetros para o DAP em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	11,61 aB	13,32 aA	13,40 aA	13,29 bA
B - ano 2	11,60 aB	12,93 aAB	13,06 aAB	13,73 abA
C - ano 3	11,62 aC	11,29 bC	13,03 aB	14,70 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando a interação espaçamento x adubação, os resultados indicam que não houve diferença significativa quando ocorreu maior aporte de nutrientes mantendo o mesmo espaçamento para a variável DAP. Em relação à interação adubação x espaçamento observou-se que, para a mesma adubação, à medida que a área útil por planta aumentou a uma tendência de aumento do DAP.

O crescimento superior em DAP médio das plantas dos maiores espaçamentos, de acordo com a tabela 7, pode ter ocorrido provavelmente devido à competição por água, luz e nutrientes ser mais intensa nas linhas de plantio com menores dimensões à medida que as plantas crescem. Oliveira et al., (2011), avaliando a correlação entre a precipitação e o incremento anual, em diâmetro, do tronco de *Eucalyptus grandis* de 23 anos encontraram correlações positivas e significativas. Os autores associaram estes resultados aos anos que apresentaram maior volume de chuvas e constataram que uma maior quantidade de água no solo aumenta as condições favoráveis ao crescimento da planta, promovendo um maior incremento em diâmetro. Segundo Stape et al., (2010), a aproximação dos sistemas radiculares das plantas aumenta a competição por água em espaçamentos mais adensados. Por outro lado, espaçamentos mais abertos promovem maior incremento em diâmetro das árvores (HARRINGTON, 2009), pela maior disponibilidade de espaço e de recursos ambientais.

Comparando o crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação, na região do cerrado de Minas Gerais, Oliveira Neto et al., (2010) constataram que o crescimento em diâmetro apresentou comportamento quadrático em relação à área útil por planta e efeito quadrático em relação aos níveis de adubação. O crescimento em altura apresentou comportamento quadrático em relação a área útil por planta e níveis de adubação, com maior crescimento estimado para a área de 12 m<sup>2</sup> por planta. A estimativa da distribuição diamétrica variou em função do espaçamento e dos níveis de adubação. Esses resultados corroboram com os dados obtidos no estudo realizado no município de Maracás.

Schneider et al., (2015), estudando sobre a influência do espaçamento no auto desbaste de povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna* Smith, em densidades nominais de árvores 1,5 m<sup>2</sup>, 4,0 m<sup>2</sup>, 6,0 m<sup>2</sup>, 9,0 m<sup>2</sup>, observaram

tendência de aumento do diâmetro à medida que decrescem a densidade de árvores, reforçando os resultados obtidos neste estudo.

Quanto ao volume médio por indivíduo aos 5,36 anos após o plantio observa-se na tabela 8 que, para os valores médios de volume das plantas, a adubação não apresentou diferenças significativas nos espaçamentos de 3 x 2 m e 3 x 3,5 m; No espaçamento de 3 x 3 m houve uma redução do volume, Enquanto que no espaçamento de 3 x 4 m ocorreu aumento significativo à medida que aumentou o aporte nutricional. Segundo Reiner et al. (2011), arranjos maiores permitem maior área útil disponível para cada planta, resultando em maior volume individual.

Tabela 8. Valores médios para o volume por planta ( $m^3$ ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	0,073 aB	0,097 aA	0,096 aA	0,094 bA
B - ano 2	0,072 aC	0,088 aB	0,091 aAB	0,101 bA
C - ano 3	0,074 aC	0,065 bC	0,090 aB	0,119 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao se estimar a produção volumétrica por hectare, os valores encontrados na tabela 9 demonstra que não houve diferenças significativas para um mesmo espaçamento à medida que aumentou o teor de nutrientes para as plantas, nos espaçamentos de 3 x 2 m, 3 x 3 m e 3 x 3,5 m; no espaçamento de 3 x 4 m a adubação de 3 anos foi significativamente superior a adubação de 1 ano.

Tabela 9. Valores médios para o volume por hectare ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	117,0 aA	107,6 aA	93,3 aB	90,5 bB
B - ano 2	117,6 aA	88,5 aB	90,3 aB	94,3 abB
C - ano 3	115,4 aA	103,5 aA	86,1 aB	113,5 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quando analisado o efeito do tratamento adubação em relação a variação dos espaçamentos, para a adubação A, à medida que aumentou a área útil por planta houve uma redução de 29,25% do volume estimado.

De acordo com dados da Abraf (2013), a produtividade média de eucalipto das empresas no Brasil é de  $40,1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , o que leva a constatar que as produtividades médias obtidas neste estudo (entre  $16,06$  e  $21,95 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) foram relativamente baixas como ilustra a tabela 10. Isso ocorreu provavelmente porque o sítio deste trabalho, durante o período do experimento, apresentou déficit hídrico ao longo dos anos (Figura 4), o que desfavorece o crescimento do eucalipto.

Souza et al., (2006), estudando produtividade de povoamentos de eucalipto situados na Bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, identificaram que, para um acréscimo de 100 mm de precipitação na estação chuvosa no intervalo de um ano, o aumento no incremento periódico mensal foi em média de  $0,445 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$ , enquanto para uma diminuição de 100 mm a redução no incremento periódico mensal foi de  $0,64 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$ .

Tabela 10. Valores médios para o incremento médio anual - IMA ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) em função dos tratamentos de adubação e espaçamentos.

Adubação	Espaçamento (m)			
	3 x 2	3 x 3	3 x 3,5	3 x 4
A - ano 1	21,8 aA	20,1 aA	17,4 aB	16,9 bB
B - ano 2	21,9 aA	16,5 aB	16,8 aB	17,6 abB
C - ano 3	21,5 aA	19,3 aA	16,1 aB	21,2 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em pesquisas relacionadas a este trabalho, Stape (2002) concluiu que a contribuição hídrica foi o principal elemento regulador da produtividade do eucalipto (clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) e do uso de recursos naturais, de tal modo que, em períodos de déficit hídrico, a produção de madeira é significativamente afetada, demonstrando, como nesse trabalho, que o fator aporte hídrico é de fundamental importância para o incremento anual de madeira. Observa-se na tabela 10 que, para os mesmos espaçamentos, não houve respostas significativas em relação às diferentes adubações aplicadas, a não ser para a adubação de 3 anos no espaçamento de 3 x 4 m. Isto significa que, no geral, não se obteve respostas positivas ao fracionamento das adubações, bem como ao acréscimo de nutrientes. Para as mesmas adubações os dados elucidaram uma tendência de diminuição do incremento médio anual à medida que aumentou a área por planta.

Gadelha et al. (2012), estudando rendimento volumétrico e energético de híbridos de *Eucalyptus* sp. no pólo gesseiro do Araripe, no Estado de Pernambuco, com uma média pluviométrica anual de 760 mm e o campo experimental instalado num Latossolo Amarelo, obtiveram médias para o IMA de  $20,24 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , o que reforça os valores médios encontrados de IMA no Município de Maracás, devido à proximidade dos resultados em função da similaridade em relação aos índices pluviométricos e tipo de solo utilizado.

Nesse mesmo ambiente pernambucano, Silva (2013), avaliando potencialidade de florestas energéticas de *Eucalyptus* aos 5,5 anos, testou 15 clones diferentes e obteve uma média geral de  $23,71 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , corroborando com os valores similares encontrados no Município de Maracás.

Na tabela 11 vê-se as médias referentes aos indicadores de qualidade do solo nos diferentes tratamentos avaliados. Para os indicadores pH, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, Na, H+Al, SB, V e MO não houve diferenças significativas quando relacionados com os diferentes manejos nutricionais estudados. Para os indicadores P, K e CTC a adubação de segundo ano apresentou um melhor resultado.

Tabela 11: Indicadores da qualidade do solo na área experimental

		Indicadores												
<i>Tratamentos</i>		<i>pH</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca+Mg</i>	<i>Al</i>	<i>Na</i>	<i>H+Al</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>	<i>MO</i>
Adubação	A – 1 ano	5,2a	19,44b	0,17ab	0,98a	0,69a	1,67a	0,47a	0,07a	3,22a	1,91a	5,1ab	35,2a	18,2a
	B – 2 anos	5,2a	48,87a	0,19a	1,10a	0,75a	1,85a	0,53a	0,07a	3,38a	2,11a	5,5a	36,0a	18,2a
	C – 3 anos	5,1a	19,06b	0,16b	0,84a	0,61a	1,44a	0,50a	0,06a	3,40a	1,67a	5,1b	30,9a	17,4a
Espaçamento	3x2	4,9a	28,92a	0,17ab	0,87a	0,59a	1,46a	0,60a	0,08a	3,81a	1,70a	5,5a	28,7a	18,9a
	3x3	5,1a	33,33a	0,18ba	1,04a	0,72a	1,76a	0,55a	0,06b	3,56ab	2,01a	5,6a	34,2a	18,8a
	3x3,5	5,3a	25,75a	0,19a	0,95a	0,68a	1,63a	0,46a	0,07ab	3,07bc	1,90a	5,0b	35,2a	17,0a
	3x4	5,3a	28,50a	0,15b	1,03a	0,74a	1,77a	0,40a	0,06b	2,90c	1,98a	4,9b	38,0a	17,2a
Profundidade	0-20	5,3a	33,3a	0,18a	1,16a	0,82a	1,98a	0,41a	0,08a	3,19b	2,24a	5,4a	39,1a	18,1a
	20-40	5,0b	24,9a	0,17a	0,79b	0,55b	1,33b	0,60a	0,06b	3,48a	1,56b	5,0b	28,9b	17,9a

pH: potencial hidrogênico; P: fósforo; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H: hidrogênio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V saturação por bases; MO: matéria orgânica,

Quando comparados entre os diferentes espaçamentos, os indicadores pH, P, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, SB, V e MO não apresentaram diferença significativa, O indicador K obteve o melhor desempenho no espaçamento 3 x 3,5 m. Em menores espaçamentos o Na, H+Al e CTC apresentaram melhores desempenhos. Quando analisados os indicadores Ca, Mg, Ca+Mg, Na, SB, CTC, V e pH, nas diferentes profundidades, P, K e Al não apresentaram diferenças significativas e foram superiores na profundidade 0,0-0,20 m. Na profundidade de 0,20-0,40 m o indicador H+Al foi o único que apresentou superioridade.

Quanto as análises dos nutrientes nas folhas os dados apresentados na figura 6 demonstram que os nutrientes N, P e Ca encontram-se na faixa de equilíbrio segundo (CANTARUTTI et al., 2007), que é de 13,5 – 18 para N, 0,9 – 1,3 para P e 6 - 10 para Ca, em  $\text{g kg}^{-1}$ . Para os elementos K e Mg seus níveis são de 9 - 13 e 3,5 – 5,0  $\text{g kg}^{-1}$  respectivamente, no geral encontram-se na maioria dos tratamentos abaixo do recomendado.

Os resultado demonstram o comportamento das concentrações dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg no solo e na folha de acordo com os diferentes níveis nutricionais adicionados nos tratamentos e em relação as densidades populacionais estudadas.

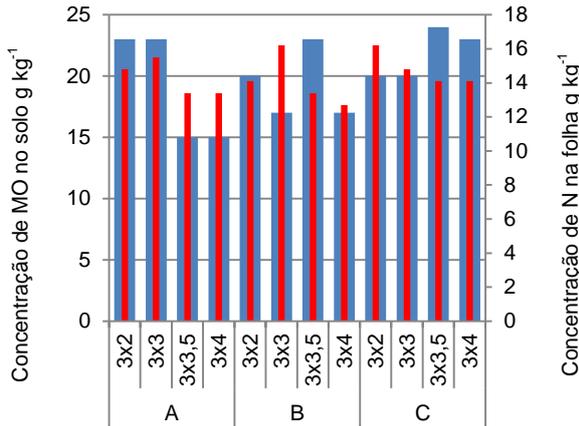


Figura 6A. Concentração de N nos tratamentos

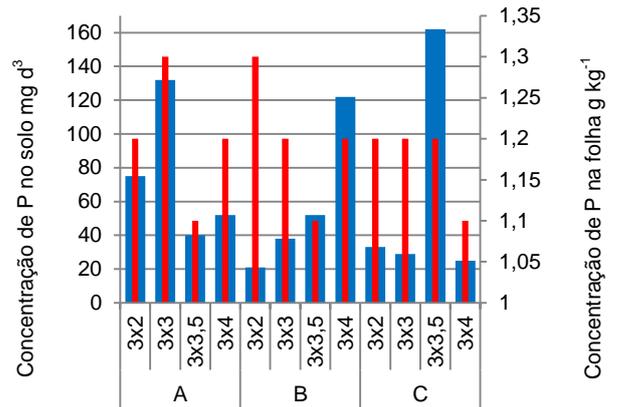


Figura 6B. Concentração de P nos tratamentos

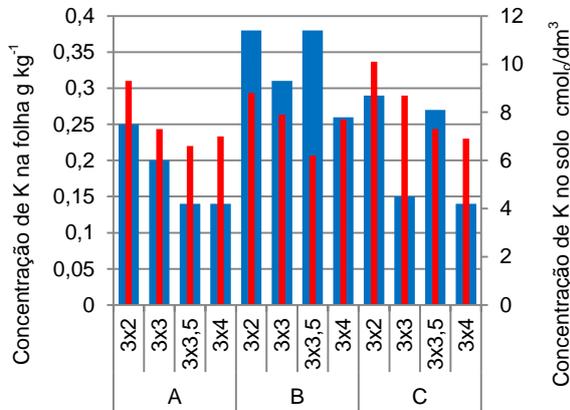


Figura 6C. Concentração de K nos tratamentos

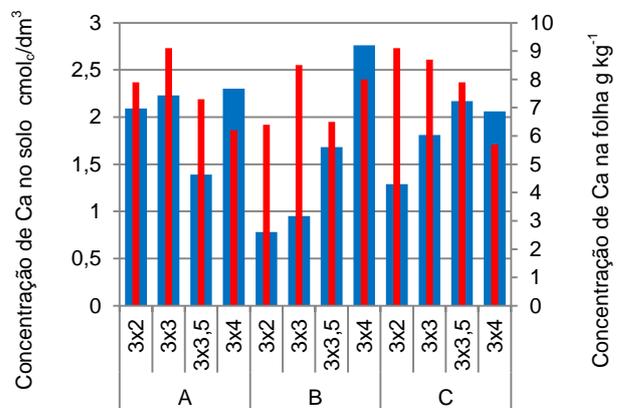


Figura 6D. Concentração de Ca nos tratamentos

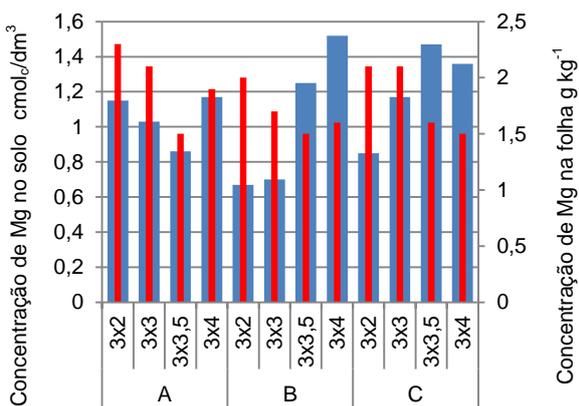


Figura 6E. Concentração de Mg nos tratamentos

- MO matéria orgânica
- N nitrogênio
- P fósforo
- K potássio
- Ca cálcio
- Mg magnésio
- A NPK 13:06:17 com um ano
- B NPK 13:06:17 com dois anos
- C NPK 13:06:17 com três anos
- concentração do nutriente no solo
- concentração do nutriente na folha

Legenda

Figura 6. Comportamento da MO e da concentração de nutrientes no solo e na folha nos diferentes tratamentos.

Na figura 6A observa-se que o teor de matéria orgânica no solo variou entre 15 e 23 g kg<sup>-1</sup> nos tratamentos. Houve uma tendência de redução da concentração de N na folha à medida que aumentou o espaçamento nos tratamentos. A figura 6B apresenta os teores da concentração de P no solo que variaram de 20 a 160 mg d<sup>3</sup>, sendo que a concentração desse elemento na folha apresentou uma tendência de redução a medida que reduziu a densidade populacional. Para o elemento K ocorreu uma tendência de redução da concentração tanto no solo quanto na folha observado na figura 6C.

Para o elemento Ca os resultados apresentados na figura 6D indicam que para todos os tratamentos houve uma tendência de aumento dos teores de concentração do elemento no solo. Na folha, para as adubações de 1 e 3 anos ocorreu uma tendência de redução a medida que aumentou o espaçamento.

A figura 6E apresenta os valores referentes ao comportamento do elemento Mg. Na adubação de 1 ano, tanto no solo quanto na folha houve uma tendência de redução a medida que aumentou o espaçamento, exceto para o espaçamento 3 x 4 m. Para as adubações de 2 e 3 anos, no solo houve uma tendência de aumento e na folha de redução, da concentração de Mg.

## 5. CONCLUSÕES

1. A altura das árvores não foi influenciada pela densidade de plantio e as adubações estudadas.
2. O maior volume de madeira por planta de eucalipto foi obtido nos espaçamento 3 x 4 m, entretanto, no espaçamento 3 x 2 m obteve-se menor diâmetro médio da planta, porém, maior volume e incremento médio de madeira de eucalipto por hectare.
3. As concentrações de N, P e Ca nas folhas apresentaram tendência de redução com o aumento no espaçamento entre plantas de eucalipto.
4. No solo, as concentrações de Ca, Mg, Al, Na e Matéria orgânica não diferiram quanto ao manejo de adubação adotado no experimento, enquanto que, as concentrações de P e K aumentaram com a adubação no segundo ano.
5. Para a região de Maracás – BA e sítios similares ao deste trabalho, o espaçamento influenciou no crescimento e desenvolvimento das plantas de eucaliptos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; ARISTIDES, R.; LEITE, P. L. Relação entre a seca dos ponteiros do eucalipto e o clima no vale da bacia hidrográfica do rio doce. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. v. 10, n. 1, p. 5-13, 2013.

ASSOCIAÇÃO BAIANA DAS EMPRESAS DE BASE FLORESTAL. **Anuário florestal da ABAF 2013**. ano base 2012. Bahia, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2011**: ano base 2010. Brasília, 2010.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. (Série Técnica). Piracicaba: IPEF, 1980.

BARROS, N. D.; NOVAIS, R. D. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. **Nutrition of eucalypts**. Collingwood. p. 335-355, 1996.

BARROS, N. F & NOVAIS, R. F. **Eucalipto**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G & ALVAREZ, V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. CFSEMG/ UFV. Viçosa. P. 303-305, 1999.

BARROS, N. F & NOVAIS, R. F. Relações solo-eucalipto. Viçosa: **Folha de Viçosa**; 1990.

BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R.; Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, p. 75-87, 2010.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JHONSTON, D.; CLEINIG, D. A.; MACDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Collingwood: CSIRO Publishing, p. 84, 2006.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. de.; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.769-850.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [S.parahyba var. amazonicum] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**. v. 29, p. 907-914, 2005.

CASTRO, V. R. **Efeitos do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenhoff de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2014. 142f. [Tese] - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2014.

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.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Pólo Gesseiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**. v. 5, p. 301-319, 2013.

DANIEL, T. W.; HELMS, J. Á.; BACKER, F. S. **Princípios de silvicultura**. México: McGraw-Hill. v. 492, 1982.

GADELHA, F. H. DE L.; DA SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; DE MELO, I. V.; JORGE, D. L.; TAVARES, J. A.; DA SILVA, S. P. R. Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus* sp. no polo gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**. v. 22, p. 331-341, 2012.

ELDRIGE, K. G. An annotated bibliography of genetic variation in *E. camaldulensis*. **Commonwealth Forestry Institute**. v. 5, p. 1-9, 1975.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 342p. 2013.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV. 1987.

FARIA, G. D.; BARROS, N. D.; NOVAIS, R. D.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L.; Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Rev. Árvore**. v. 26, p. 577-584, 2002.

FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. D. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciênc. Rural**. v. 45, p. 29-34, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**

**Agrotecnologia.** v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. H. A. A.; DOS SANTOS.; LELES, P. S.; MACHADO, E. C.; DE ABREU, A. H. M.; ABÍLIO, F. M. Crescimento de clone de eucalyptus urophylla x e. grandis em diferentes espaçamentos. **FLORESTA.** v. 44, p. 431-440, 2014.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions. an evaluation of stomatal and mesophyll limitations: **Functional Plant Biology.**; v. 29, p. 461-471, 2002.

GARCIA, E. A. **Caracterização física e química do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de eucalipto em função do espaçamento e da adubação, visando a colheita precoce para utilização em bioenergia.** 2010. 114f. [Dissertação] - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, Botucatu, 2010.

GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de Eucalyptus spp. na região de cerrado de Minas Gerais.** 1994. 85f. [Dissertação] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ci. Flor.** v.10, p. 145-161, 2000.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management.** Amsterdam. v. 258, p. 18-25, 2009.

INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; LIMA, R. Influência do espaço vital de crescimento na altura e diâmetro de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis.** v. 39, p. 377-385, 2011.

JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; HENRIQUES, E. P.; LIMA, V. C.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 36, p. 201-214, 2012.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e luminicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais.** 1996. 90f. [Dissertação] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

LEITE, F. P. **Relações nutricionais e alterações de características químicas de solos da região do vale do rio doce pelo cultivo do eucalipto.** 2001. 82f. [Tese] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LELES, P. D. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**. v. 59, p. 77-87, 2001.

LELES, P. S. S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos**. 1995. 133f. [Dissertação] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

LIMA, A. M. N.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R.; LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 29, p. 903-909, 2005.

LIMA, I. L. D.; GARCIA, J. N. Efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**. v. 21, p. 601-608, 2011.

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.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 44, p. 10, 2014.

MORAIS, E. J.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; BRANDI, R. M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 14, p. 353-362, 1990.

MORI, N. T. **Manejo hídrico na produção de brotos e mudas de quatro clones de *Eucalyptus* spp.** 2014. 78f. [Tese] - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. D.; SILVA, E. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. p. 22-31, 2005.

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

OLIVEIRA NETO, S. N.; DOS REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. **FLORESTA**. v. 40, p.755-762, 2010.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *eucalyptus camaldulensis* dehn. em resposta adubação e ao espaçamento. **Rev. Árvore**. v. 27, 2003.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. F.; TOMAZELLO FILHO, M.; GARCIA, R.

A.; CARVALHO, A. M. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na região de Rio Claro, RJ. **Ciência Florestal. Santa Maria**. v. 21, p. 499-508, 2011.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; SANTIAGO, R. R.; AMORIM, H. B. Propriedades edáficas e desenvolvimento de eucalipto em topossequência na Flona Mário Xavier - RJ. **Flor. Amb.** v. 16, p. 344-351, 2012.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed., Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

PRYOR, L. O. **Biology of Eucalyptus**. London: E. Arnold; 1976. 82 p.

PULITO, A. P. **Resposta à fertilização nitrogenada e estoque de nitrogênio biodisponível em solos usados para plantações de Eucalyptus**. 2009. 59f. [Dissertação] - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas. Instituto Agrônomo; 2001: 285p.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica**. v. 6, p. 10-18, 2011.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal**. v. 1, p. 161-172. 1993.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, N. A.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbrido de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* X *Eucalyptus* ssp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**. v. 30, p. 921-931, 2006.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. **Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto**. In: BARROS NF, NOVAIS RF. (Eds.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa. p. 265-301, 1990.

ROCHA, M. P. **Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 186f. [Tese] - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. S. P.; FLEIG, F. D; DA CUNHA, T. A. Influência do espaçamento no autodesbaste de povoamento monoclonal de *eucalyptus saligna smith*. **Ciência Florestal**. v. 25, p. 119-126, 2015.

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

SCHWIDER, Y. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CÔRREA, V. B.; TOLEDO, J. V.;

XAVIER, T. M. T. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de eucalipto em diferentes condições microclimáticas. **Enciclopédia Biosfera**. v. 9, p. 888-900, 2013.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; & SWART, S. **BHBRASIL: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1999.

SILVA, F. C. D. S. (Ed.). (2009). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

SILVA, G. G. C. **Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND** 2004. 132f. [Tese] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SILVA, W. **Tolerância de Eucalyptus spp. a herbicidas e a eficiência desses produtos no controle de plantas daninhas** [Dissertação] - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARDOSO, A. A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com braquiária. **Floresta**. v. 34, p. 325-335, 2004.

SOUZA, L. D. S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A. D. Q.; RODRIGUES, A. C. V.; RIBEIRO, L. D. S. Distribuição do sistema radicular de citros em uma topossequência de solos de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 503-513, 2008.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**. Viçosa. v. 30, p. 399-410, 2006.

STAPE, J. L. **Production ecology of clonal eucalyptus plantation in northeastern Brazil**. 2002. 225f. [Tese] - Universidade do Colorado, Fort Collins, 2002.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 193, p. 17-31, 2004.

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.

STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of Eucalyptus grandis x urophylla with natural end manipulated supplies of water and nutrientes. **Forest Ecology and Management**. v. 193, p. 219-234, 2004.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's procedures guide. Version 9.3**, Cary: **SAS Institute, Inc** 2011. 2v. Licenciado para Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Balanço Hídrico do Estado da Bahia**. Salvador. 1999.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Balanço Hídrico do Estado da Bahia**. Salvador, 2014.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; & DOS REIS, E. F. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Floresta**. v. 38, 2008.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. D.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa. **Cerne**. v. 13, p. 149-159, 2007.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. NJ: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology. v. X, p. 311, 1955.

XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto**. 2010. 80f [Dissertação] - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.