



Desempenho Inicial de Clones de Eucalipto no Litoral do Estado do Ceará



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
239**

**Desempenho Inicial de Clones de
Eucalipto no Litoral do Estado do Ceará**

João Alencar de Sousa
Alisson Moura Santos
Diva Correia
José Walter Rabelo Gadelha
José Dionis Matos Araújo

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2023

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Aline Saraiva Teixeira

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
Afrânio Arley Teles Montenegro, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Christiana de Fátima Bruce da Silva, Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, José Roberto Vieira Júnior, Laura Maria Bruno, Roselayne Ferro Furtado, Sandra Maria Morais Rodrigues

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Edição eletrônica
José Cesamildo Cruz Magalhães

Foto da capa
Diva Correia

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Agroindústria Tropical

Desempenho inicial de clones de eucalipto no litoral do estado do Ceará / João Alencar de Sousa... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2023.

33 p. : il. ; 16 cm x 22 cm – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 239).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Eucalyptus* spp. 2. Teste clonal. 3. Tolerância à seca. 4. Fronteiras florestais. 5. Produtividade florestal. I. Sousa, João Alencar de. II. Santos, Alisson Moura. III. Correia, Diva. IV. Gadelha, José Walter Rabelo. V. Araújo, José Dionis Matos. VI. Série.

CDD 634.973766

Sumário

Resumo.....	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	21
Conclusões.....	31
Agradecimentos.....	31
Referências.....	31

Desempenho Inicial de Clones de Eucalipto no Litoral do Estado do Ceará

João Alencar de Sousa¹

Alisson Moura Santos²

Diva Correia³

José Walter Rabelo Gadelha⁴

José Dionis Matos Araújo⁵

Resumo - Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho silvicultural de diferentes clones de *Eucalyptus* spp. sob condições edafoclimáticas do litoral cearense. O experimento foi implantado em março de 2018 na Fazenda Cobrate/COPAN, localizada em Aracati, CE, com 33 clones híbridos de eucaliptos, obtidos junto à empresa ECO Empreendimentos Ambientais. O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, com 33 tratamentos (clones), quatro repetições, espaçamento de 3 m x 4 m e parcelas constituídas por oito árvores, sendo duas linhas de quatro árvores. Adotou-se bordadura simples no entorno do experimento. As avaliações foram realizadas nas idades de 12, 31 e 43 meses após o plantio. Avaliou-se a sobrevivência, o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total. A taxa de mortalidade foi de 1,99% aos 43 meses. Os clones 11 e 17 apresentaram as maiores produtividades de madeira, com incremento médio anual (IMA) em volume de 40,47 e 36,41 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. Os clones

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

³ Bióloga, doutora em Recursos Florestais, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁴ Engenheiro-agrônomo, Grupo J. Macêdo, Fortaleza, CE

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Fortaleza, CE

apresentaram diferenças entre si, indicando possibilidade de seleção de clones superiores. Evidentemente, por se tratar de avaliações em região não tradicional no cultivo de eucalipto, é fundamental a realização de avaliações em idades mais avançadas para validação dos resultados.

Termos para indexação: teste clonal, tolerância à seca, fronteiras florestais, produtividade florestal.

Initial Performance of *Eucalyptus* Clones on the Coast of Ceará State

Abstract - This work aimed to evaluate the silvicultural performance of different clones of *Eucalyptus* spp. under edaphoclimatic conditions of the coast of Ceará. The experiment was implemented in March 2018, at Fazenda Cobrate/COPAN, located in Aracati, CE, with 33 hybrid *Eucalyptus* clones obtained from the company ECO Empreendimentos Ambientais. The experiment was established in a randomized block design, with 33 treatments (clones), four replications, spacing of 3 m x 4 m and eighth trees per plot. Data diameters at breast height (DBH), total height and survival were taken at the ages of 12, 31 and 43 months. The mortality rate was 1.99% at 43 months. Clones 11 and 17 showed higher yields of wood, with average annual increment (IMA) of 40.47 and 36.41 m³.ha⁻¹.year⁻¹, respectively. The clones showed differences among each other, indicating the possibility of selecting superior clones. Evidently, as evaluations are carried out in new areas in the cultivation of eucalypts, it is essential to continue the evaluations at more advanced ages to validate the results.

Index terms: clonal test; drought tolerance; forest frontiers; forest productivity.

Introdução

Os plantios comerciais florestais, tradicionalmente concentrados nas regiões Sul e Sudeste do país, vêm há algum tempo sinalizando tendência de expansão para as demais regiões do território nacional. Os principais fatores do crescimento de plantios comerciais florestais, em novas fronteiras agrícolas, são o aumento da demanda por madeira fora das regiões tradicionalmente produtoras, os valores elevados dos preços das terras nas regiões Sul e Sudeste e o alto custo do transporte nas distâncias continentais do país, os quais têm direcionado o aumento no cultivo de espécies florestais em novas fronteiras agrícolas, como forma de atender a demanda por madeira, principalmente como fonte energética inicialmente (Reis et al., 2021).

O Nordeste brasileiro é uma região potencial para expansão do setor de florestas plantadas, sobretudo para o cultivo de eucaliptos (Gonçalves et al., 2016), que é a principal espécie florestal plantada no Brasil. Os investimentos em pesquisa e desenvolvimento para viabilizar altas produtividades, organização do setor, minimizar os riscos de investimentos e assegurar o mínimo de impacto ambiental são vitais para o estabelecimento de plantações florestais e, conseqüentemente, consolidação e aumento dos parques industriais.

O estado do Ceará tem cerca de 750 indústrias de móveis, sendo o oitavo produtor de móveis do país, com destaque para os polos moveleiros dos municípios de Marco, Jaguaribe, Iguatu e Fortaleza (Correia et al., 2017). O município de Aracati está situado a 150 km do polo moveleiro de Fortaleza, o qual é o segundo maior polo moveleiro e maior consumidor de madeira do Ceará. Além disso, o município de Aracati tem recebido empreendimentos de grande porte de diferentes segmentos, com destaque para indústria de sucos, pescados, calçados e energia eólica. Na agropecuária, os destaques são para a produção de caju, coco, bovinos, suínos e aves.

Como a maioria das cidades litorâneas do Ceará, Aracati também é um polo econômico de serviços, com destaque para o turismo, sendo o segundo local mais visitado do Ceará, o que demanda constante ampliação da infraestrutura local e, conseqüentemente, o consumo de madeira. Todos esses segmentos têm cada vez mais demandado energia, cuja demanda tem sido atendida apenas pela fonte hidrelétrica. Contudo, isso vem mudando

nas últimas décadas, com a utilização cada vez maior de outras fontes renováveis e, dentre essas, a biomassa vem se destacando como uma alternativa rentável. No Ceará, em particular no município de Aracati, novos empreendimentos industriais e agropecuários vêm sendo desenhados dentro dessa nova tendência, e até mesmo os empreendimentos existentes estão se adequando e modificando suas estruturas operacionais para migrar ou expandir o uso de biomassa como fonte renovável de geração de energia.

Introduzidas no Brasil há mais de 150 anos, as espécies do gênero *Eucalyptus* (Myrtaceae) são nativas da Austrália e regiões vizinhas (Timor, Indonésia, Papua Nova Guiné, Sul das Filipinas), porém com predominância na Austrália (Eldridge et al., 1993). O gênero possui mais de 900 espécies (Brooker; Kleinig, 2006). Com os primeiros estudos iniciados em 1904, após um excelente e amplo trabalho de melhoramento genético realizado no Brasil, esse gênero possui atualmente as espécies florestais mais cultivadas no país, sendo amplamente plantadas e utilizadas como matéria-prima em diversos segmentos de vários setores produtivos, como fabricação de papel e celulose, energia, serraria, siderurgia, fabricação de compensados, estacas e mourões, movelaria, medicamentos, entre outros fins (Alfenas et al., 2004).

Isso foi possível devido à ótima adaptação das espécies de *Eucalyptus* spp. às nossas condições edafoclimáticas, ao rápido crescimento, à alta versatilidade de uso e à qualidade da madeira, além do arcabouço tecnológico desenvolvido para essa espécie (Mora; Garcia, 2000). Atualmente a silvicultura brasileira, especialmente voltada para o cultivo de eucalipto, detém uma das mais avançadas tecnologias para a produção florestal do mundo, colocando o país em posição de vanguarda e destaque no cenário mundial. Os patamares de produtividade média atingem aproximadamente $37 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ em rotações de 5 a 7 anos (Ibá, 2021). Todo esse avanço foi possível devido aos inúmeros trabalhos de melhoramento genético e técnicas silviculturais desenvolvidas ao longo de vários anos, fato que possibilitou o estabelecimento dos cultivos de eucaliptos em diferentes regiões brasileiras (Castro et al., 2016; Mora; Garcia, 2000).

No Nordeste brasileiro, em particular no Ceará, os estudos voltados para a produção florestal, em especial de seleção de espécies, são escassos. Além disso, as características edafoclimáticas peculiares da região, com baixa precipitação, irregularidade das chuvas e solos diferentes dos

tradicionalmente utilizados para o cultivo do eucalipto, tornam-se um risco para o sucesso do cultivo dessa espécie. Portanto, estudos que visem à seleção de materiais genéticos que se adaptem às condições edafoclimáticas da região são fundamentais para o sucesso do cultivo de eucaliptos.

Informações sobre desenvolvimento, como crescimento em altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e volume de madeira, além das características silviculturais, como retidão de fuste, fitossanidade, espessura e quantidade de galhos, são essenciais e subsidiam a silvicultura e o manejo dos cultivos florestais, pois proveem informações do potencial e permitem quantificar o tempo necessário para as árvores cultivadas alcançarem uma determinada produção e padrão de qualidade, o que permite tomadas de decisão e avaliar economicamente o cultivo.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho silvicultural de diferentes clones de *Eucalyptus* spp. sob condições edafoclimáticas do litoral cearense.

Material e Métodos

O teste clonal de *Eucalyptus* spp. foi implantado em março de 2018, em área da Fazenda Cobrate/COPAN do Grupo J. Macêdo, localizada no município de Aracati, CE. A área está localizada a uma distância de 150 km de Fortaleza, CE, com as seguintes coordenadas geográficas: 4°38'11,4"S e 37°38'12,0"W. O tipo de clima da região é Tropical Quente Semiárido Brando, de acordo com o Instituto de Pesquisa e Estatística Econômica do Ceará (2018), com duas alternâncias de estação, uma chuvosa (janeiro a maio) e a outra seca (junho a dezembro). A precipitação média anual é de 1.024 mm, com temperatura média anual de 27,5 °C, umidade relativa do ar média anual de 74,9%. A altitude é de 31 m, e a velocidade média dos ventos de 22,3 km/h. Durante todo o período de realização do experimento, foram coletados dados de precipitação na área experimental (Figura 1).

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2013) e apresentava as seguintes características na camada de 0 a 20 cm: pH (H₂O) = 5,48, matéria orgânica = 6,42 g/kg; P = 2,52 mg/dm³ e 0,28, 22,2, 2,8, 0,0 e 13,8 mmolc/dm³ de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, e H⁺Al³⁺, respectivamente; SB = 25,4; CTC = 39 e na camada de 20-40 cm: pH (H₂O)

= 5,82; matéria orgânica = 4,12 g/kg; P = 1,44 mg/dm³ e 0,22, 11,6, 2,0, 0,0 e 6,0 mmolc/dm³ de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, e H⁺Al³⁺, respectivamente; SB = 13,4, CTC = 19,8.

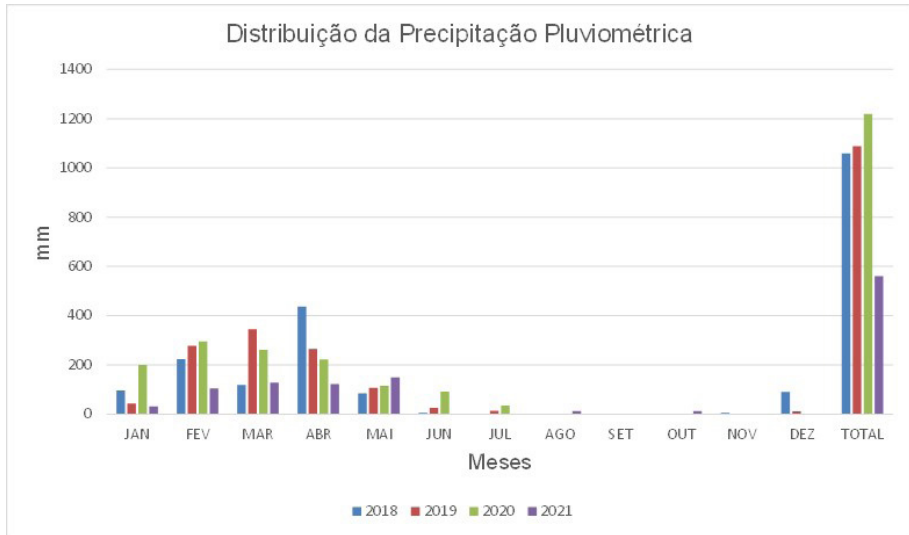


Figura 1. Distribuição da precipitação pluviométrica de janeiro de 2018 a dezembro de 2021 da Fazenda Cobrate/COPAN, localizada no município de Aracati, CE, 2021.

Na ocasião do planejamento experimental, realizou-se uma grande prospecção junto a viveiros e empresas de várias regiões do Brasil, de modo a obter clones híbridos interespecíficos constituídos por espécies com maior probabilidade de adaptação às condições ambientais do Ceará.

O teste clonal foi implantado com 33 clones multiespécies de eucaliptos, obtidos junto à empresa parceira ECO Empreendimentos Ambientais Ltda – viveiro de produção de mudas em Teresina, PI. Os clones utilizados foram desenvolvidos com foco na obtenção de genótipos superiores, adaptados às condições edafoclimáticas da região Nordeste, sobretudo quanto à tolerância ao déficit hídrico. Os clones são provenientes de cruzamentos intra e interespecíficos dentre as espécies: *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. brassiana*, *E. grandis* e *E. camaldulensis*. A discriminação dos clones em avaliação está disposta na Tabela 1.

Tabela 1. Discriminação dos clones de eucalipto utilizados no teste clonal em Aracati, CE.

Clones	Constituição genética
1	<i>E. brassiana</i> x <i>Eucalyptus</i> spp.
2	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
3	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
4	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
5	<i>E. urophylla</i> x <i>E. brassiana</i>
6	(<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>) x <i>E. pellita</i>
7	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
8	<i>E. urophylla</i> x <i>E. brassiana</i>
9	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
10	<i>E. grandis</i> x <i>E. tereticornis</i>
11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
12	<i>Eucalyptus</i> spp.
13	<i>Eucalyptus</i> spp.
14	<i>Eucalyptus</i> spp.
15	<i>Eucalyptus</i> spp.
16	<i>Eucalyptus</i> spp.
17	<i>Eucalyptus</i> spp.
18	<i>Eucalyptus</i> spp.
19	<i>Eucalyptus</i> spp.
20	<i>Eucalyptus</i> spp.

Tabela 1. Discriminação dos clones de eucalipto utilizados no teste clonal em Aracati, CE.

Clones	Constituição genética
21	<i>Eucalyptus</i> spp.
22	<i>Eucalyptus</i> spp.
23	<i>Eucalyptus</i> spp.
24	<i>Eucalyptus</i> spp.
25	<i>Eucalyptus</i> spp.
26	<i>E. urophylla</i> x <i>Eucalyptus</i> spp.
27	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. urophylla</i>
28	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. urophylla</i>
29	(<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>) x <i>E. pellita</i>
30	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
31	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
32	<i>E. saligna</i>
33	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>

O experimento foi instalado em março de 2018 num delineamento de blocos ao acaso (DBC), com 33 tratamentos (clones), quatro repetições e parcelas constituídas por oito árvores, sendo duas linhas de quatro árvores. Adotou-se uma bordadura simples em torno do experimento. O espaçamento utilizado foi 3 m x 4 m. No entorno da área experimental, do lado dos ventos predominantes (Leste), foi instalado um quebra-vento com eucaliptos, em quincôncio, no espaçamento 3 m x 2 m. Nas Figuras de 2 a 7, são apresentadas as etapas da implantação do experimento.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 2. Mudas para instalação do teste clonal de eucaliptos em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 3. Plantio do teste clonal de eucaliptos em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 4. Visão geral do teste clonal de eucaliptos em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 5. Visão geral do teste clonal de eucaliptos em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 6. Implantação do quebra-vento do teste clonal de eucaliptos em Aracati, CE.

Os procedimentos silviculturais utilizados foram os comumente adotados no monocultivo do eucalipto em plantios comerciais. Após a limpeza e o preparo da área, foram feitas as covas com cavadeira articulada, numa profundidade de aproximadamente 40 cm. Foram utilizados no plantio 2 L/cova de hidrogel. Na ocasião do plantio, foi realizado tratamento das mudas por meio da imersão em solução com cupinícida (imidacloprido) a 350 g i.a/100 L e 2% de monoamônio fosfato (MAP). A fosfatagem foi realizada em cova, na dosagem de 180 g/muda de superfosfato simples, a uma profundidade de aproximadamente 40 cm. A adubação de plantio foi efetuada com aplicação de 180 g/muda de NPK (10-28-20) em covetas laterais. Após o plantio, foram também realizadas três adubações de cobertura com 80 g/muda de NPPK (20-00-20) e 40 g/muda de FTE Br12, sendo realizadas todas no período chuvoso. No final do período chuvoso da região, na segunda quinzena de maio de 2018, foi realizada a adubação com 10 g de ácido bórico por planta, como prevenção à seca dos ponteiros.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 7. Quebra-vento do teste clonal de eucaliptos (lado esquerdo da foto) em 2021. Aracati, CE.

Realizou-se irrigação de salvamento das mudas, com 10 L de água no início e 20 L no final do período seco, com hidrogel específico para irrigação na dosagem de 100 g para cada 1.000 litros de água, sendo utilizado um caminhão-pipa para operação. Antes do plantio e durante a condução do experimento, foi realizado o combate às formigas e aos cupins, com isca e pó à base de fipronil ou imidacloprido em doses recomendadas. O replantio foi realizado até 30 dias após o plantio e foram replantadas apenas 12 mudas em todo o experimento. Foram realizadas capinas mecanizadas nas entrelinhas e manual nas linhas, principalmente no período chuvoso, para evitar a matocompetição.

As avaliações do experimento foram realizadas nas idades de 12, 31 e 43 meses do plantio. Foram avaliadas a sobrevivência, altura total, com a utilização de Hipsômetro Vertex, e o diâmetro à altura do peito (DAP), com auxílio de uma fita diamétrica. Avaliou-se também a ocorrência de pragas, doenças e presença/ausência de efeitos relacionados a algum estresse (seca de ponteiro, rachaduras no tronco e queda das folhas). Por ocasião da primeira e segunda avaliação, foi realizada a desrama das brotações laterais. Nas Figuras 8 a 13, são apresentadas imagens das operações realizadas.

Para estimativa de volume individual de madeira com casca, foi utilizada a equação do volume do cilindro, adotando-se o fator de forma igual a 0,46 (Oliveira et al., 2020). Para cálculo do incremento médio anual (IMA), foi utilizada a razão entre o volume estimado pelo número de anos de idade do experimento, conforme expressão:

$$V_{ind} = \frac{DAP^2 * H_t}{40000} * \pi * ff$$

em que: V_{ind} : Volume individual estimado por árvore (m^3); DAP: Diâmetro à altura do peito (cm); H_t : altura total das árvores (m); ff : fator de forma de 0,46.

A avaliação genético-estatística do experimento foi realizada por meio de procedimentos de modelos mistos pelo método de máxima verossimilhança residual/melhor preditor linear não viesado (REML/BLUP) via programa estatístico Selegen-REML/BLUP (Resende, 2007a).

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 8. Teste clonal com aproximadamente 12 meses em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 9. Teste clonal com aproximadamente 24 meses em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 10. Teste clonal com aproximadamente 36 meses em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa

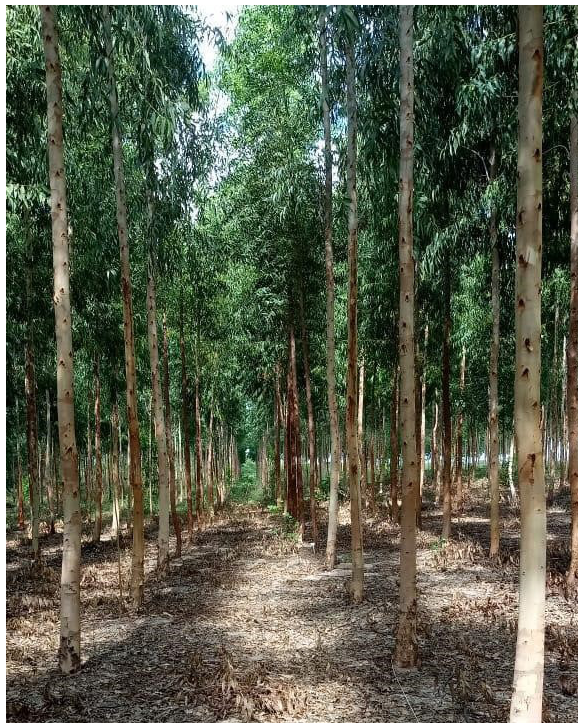


Figura 11. Teste clonal com aproximadamente 43 meses em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 12. Realização da desrama, sendo retirado 1/3 dos ramos/galhos no teste clonal em Aracati, CE.

Foto: João Alencar de Sousa



Figura 13. Realização de adubação de cobertura no teste clonal em Aracati, CE.

As análises foram realizadas de acordo com o modelo estatístico proposto por Resende (2007a):

$$y = Xr + Zg + Wb + e,$$

Em que: y : vetor de dados; r : vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g : vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); b : é o vetor dos efeitos de parcela; e : vetor de erros ou resíduos (aleatórios) e X , Z ; e W : matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir dessas análises, foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) e as análises de *deviances* para a característica DAP. As estimativas da acurácia e dos parâmetros genéticos dos clones foram obtidas ao nível de ambiente. Os valores genotípicos de todos os clones foram preditos via BLUP. As médias do volume individual obtidas foram comparadas pelo teste de Scott & Knott para melhor discriminar o ranqueamento dos clones.

Resultados e Discussão

A taxa de mortalidade observada em todo o teste clonal em Aracati, CE, foi muito baixa. Aos 43 meses de idade, apenas 20 indivíduos haviam morrido. Considerando-se que o experimento é constituído por 1.006 indivíduos, a taxa de mortalidade foi de 1,99% nessa idade. Na literatura, alguns trabalhos conduzidos no Nordeste apresentaram taxa de mortalidade entre 2,8% e 49,3% (Drumond et al., 2009; Souza, 2019; Furlan et al., 2020). O percentual de mortalidade encontrado no presente trabalho é um dos menores observados na literatura. Esse resultado demonstra, inicialmente, a grande adaptação dos diferentes clones sob avaliação. Ademais, reflete também a qualidade dos procedimentos técnico-operacionais adotados na implantação experimental.

Dentre os clones que apresentaram mortalidade de algum indivíduo no experimento, o clone 27 foi o que apresentou maior número de mortes. Aos 43 meses de idade, esse clone apresentava 10 indivíduos mortos nos diferentes blocos. Apesar de números ainda baixos, representa 50% da mortalidade no experimento. Especificamente nesse clone, a mortalidade da maioria dos

indivíduos ocorreu entre o 12º e 31º mês. Isso pode estar associado à baixa capacidade de adaptação do clone às condições edafoclimáticas da região.

De todo modo, em termos gerais, é um percentual muito baixo, fato que denota adaptação dos diferentes clones a esse ambiente. Por se tratar de uma região em que há grande carência por clones com adaptação às condições ambientais, esse resultado é importante por demonstrar boas perspectivas para a identificação de clones com capacidade de sobrevivência sob as condições ambientais do litoral cearense.

Importante ressaltar que a idade de avaliação realizada ainda é precoce para afirmar assertivamente a adaptação. Em plantios comerciais, sobretudo em regiões com déficit hídrico, o percentual de mortalidade aumenta de forma considerável após o 36º mês após o plantio. Isso ocorre em detrimento do aumento da competição entre os indivíduos no plantio, associada à ocorrência de estresses abióticos e bióticos (hídrico, térmico, pragas, doenças). É justamente devido à ocorrência simultânea de vários eventos desfavoráveis às árvores. Nessa fase, a depender do espaçamento utilizado, inicia-se uma maior competição entre os indivíduos no plantio. Esse fator foi, inclusive, o motivo de se adotar um espaçamento maior (12 m²/árvore) em comparação ao espaçamento tradicionalmente utilizado (6 m²/árvore) nas regiões Sul e Sudeste.

Com relação à avaliação fitossanitária, não foram observados danos significativos decorrentes do ataque de pragas ou doenças. Nos clones que apresentaram baixa adaptação, observou-se a ocorrência de alguns efeitos relacionados ao estresse hídrico, sendo a seca de ponteiro o fator de maior ocorrência.

É apresentada, na Tabela 2, a significância dos efeitos genotípicos dos diferentes clones aos 43 meses de idade. A análise de *deviance* (ANADEV) é análoga à análise de variância, a qual é conduzida para avaliar as significâncias do modelo estatístico no contexto de análise de modelos mistos via REML. É um procedimento que se baseia no teste da razão de verossimilhança (LRT), sendo a significância testada pelo teste de Qui-quadrado (X^2), com 1 grau de liberdade. É um procedimento usual na experimentação florestal, sendo recomendada na ocorrência de dados desbalanceados (Resende, 2007b).

Tabela 2. Análise de *deviance* para o caráter diâmetro à altura do peito (DAP) em diferentes clones de *Eucalyptus* spp., avaliados aos 43 meses de idade, no município de Aracati, CE.

Efeito	DAP aos 43 meses de idade	
	<i>Deviance</i>	LRT Qui-quadrado
Clones	3.165,88 ⁺	-460,44 ^{**}
Parcela	2.705,47 ⁺	-0,03 ^{ns}
Modelo completo	2.705,44	-

Nota: Qui-quadrado tabelado: 3,84 e 6,63 para níveis de significância de 5%(*) e 1%(**), respectivamente; +*deviance* do modelo ajustado sem os referidos efeitos; ns: não significativo.

Observa-se que os efeitos genotípicos (clones) foram altamente significativos aos 43 meses de idade. Isso denota que existe uma grande variação no desempenho de crescimento em DAP nos diferentes clones. Considerando-se que os clones são de diferentes composições híbridas, essa variação nos caracteres dendrométricos era esperada.

Sabe-se que o sucesso de qualquer programa de melhoramento depende, essencialmente, da quantidade de variabilidade genética existente na população, da herdabilidade do caráter e da extensão do ganho genético possível para o caráter sob seleção (Falconer; Mackay, 1996). Dessa maneira, pela Tabela 5 constata-se que há grande perspectiva de ganho com a seleção dos clones com melhor desempenho. Outro fator favorável é a quantidade de clones superiores no teste, fato que poderá contribuir para a seleção de um maior número de clones, o que favorece menor risco para o silvicultor.

Os resultados referentes aos componentes de variância envolvendo os 33 clones para o caráter DAP, nas idades de 12, 31 e 43 meses, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos para as características diâmetro à altura do peito (DAP, cm) e altura (m) em teste clonal de *Eucalyptus* spp., avaliado aos 12, 31 e 43 meses de idade no município de Aracati, CE.

Parâmetros	Meses					
	Diâmetro à altura do peito (cm)			Altura (m)		
	12	31	43	12	31	43
$\hat{\sigma}_g^2$	0,210	2,198	3,323	0,123	2,307	3,430
$\hat{\sigma}_{bloc}^2$	0,004	0,011	0,003	0,001	0,005	0,002
$\hat{\sigma}_e^2$	0,353	2,987	4,484	0,213	2,488	5,046
$\hat{\sigma}_f^2$	0,567	5,197	7,811	0,338	4,801	8,478
\hat{h}_{mc}^2	0,991	0,996	0,99	0,99	0,997	0,997
C_{bloc}^2	0,007	0,002	0,0005	0,005	0,001	0,0002
Ac_{clon}	0,995	0,998	0,998	0,996	0,998	0,998
CVgi (%)	22,91	15,75	16,29	13,63	14,18	13,74
CVe (%)	4,13	1,97	1,73	2,30	1,44	1,49
CVr	5,54	7,97	9,37	5,91	9,80	9,20
PEV	0,001	0,008	0,009	0,001	0,05	0,010
SEP	0,041	0,09	0,097	0,029	0,077	0,100
Média geral	2,00	9,41	11,19	2,57	10,71	13,47

Legenda: $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_{bloc}^2$: variância ambiental entre blocos; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica; \hat{h}_{mc}^2 : herdabilidade média do genótipo; C_{bloc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; Ac_{clon} : acurácia para seleção de clones; CVgi: coeficiente de variação genotípica; CVe: coeficiente de variação residual; CVr: razão entre CVgi/CVe; PEV: variância do erro de predição dos valores genotípicos de clones; SEP: desvio-padrão do valor genotípico predito de clone, assumindo sobrevivência completa.

Observa-se que as estimativas dos componentes de variância apresentaram valores mais altos nas idades mais avançadas. O aumento dessas variâncias ao longo do tempo é normal, visto que há um aumento no valor do crescimento em função do tempo. Esse comportamento também foi observado em outras espécies, especialmente do gênero *Eucalyptus* (Bouvet; VIGNERON, 1995; Greaves et al., 1997; Wei; Borralho, 1997; Lopez et al., 2002). Pode-se verificar que a variância ambiental entre blocos (C_{bloc}^2) apresentou valores inexpressivos, indicando que as condições do ambiente nos blocos são semelhantes.

Nota-se que os valores do coeficiente de variação (CVgi) também aumentaram em função da idade. Dessa maneira, depreende-se que está ocorrendo a liberação de variabilidade genética com o passar do tempo. Em decorrência do crescimento, do aumento da competição entre indivíduos e da ocorrência de estresses bióticos e abióticos, ocorre um aumento na variação dessas propriedades.

A estimativa de herdabilidade média (\hat{h}_{mc}^2) nas diferentes idades, tanto para DAP quanto para altura, apresentou um valor acima de 0,99 em todas as estimativas. Esse parâmetro é um indicador que denota segurança para a seleção dos melhores clones. Porém, é sempre importante observar a prevalência dos efeitos ambientais. Neste caso, observa-se que a estimativa da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) nas diferentes idades também apresentou estimativas maiores do que as observadas para os efeitos genotípicos ($\hat{\sigma}_g^2$). Assim, é evidente que grande parte da variância observada é decorrente dos efeitos ambientais.

Pode-se verificar, por meio dos coeficientes de variação, que existe grande variabilidade entre os genótipos. Isso pode ser confirmado pelo parâmetro CVr (razão entre CVgi/CVe), que apresentou valores superiores a 1,0 em todas as avaliações, indicando a viabilidade de seleção para obtenção de ganhos genéticos expressivos (Vencovsky, 1987).

As estimativas de herdabilidade ajustada da média de genótipo (\hat{h}_{mc}^2), assumindo sobrevivência completa, alcançaram valores de alta magnitude, com valores superiores a 99% em todas as idades para ambos os caracteres avaliados. Por essas altas estimativas, evidencia-se a condição favorável para a seleção.

Observa-se que as estimativas de acurácias, admitindo sobrevivência completa (AC_{clon}), apresentaram valores por volta de 99% para DAP e altura total. Para uma seleção clonal eficiente, é necessária uma grande precisão experimental, bem como o uso de procedimentos e metodologias estatísticas adequados. Associado a isso, observam-se valores da PEV muito reduzidos. De acordo com Resende e Duarte (2007), a magnitude do CVr também pode ser utilizada para inferir sobre a acurácia e a precisão na avaliação genotípica.

O CVr apresentou, para o caráter DAP, aumento de 5,54 aos 12 meses, para 9,37 aos 43 meses de idade. Comportamento semelhante foi observado para o caráter altura total. Assim, mediante esses resultados, demonstra-se que os clones foram avaliados em condições experimentais apropriadas, fato que sugere alta confiabilidade dos parâmetros obtidos no presente experimento. Adicionalmente, pode-se inferir que poderá haver maiores ganhos nas idades mais avançadas.

As atividades iniciadas no presente trabalho direcionam para a estruturação de um programa de melhoramento genético do eucalipto para condições do Nordeste brasileiro. Assim, diante da eficiência na obtenção das estimativas dos componentes de variância, os melhores clones poderão, também, formar novas populações para uso em estratégias de melhoramento genético voltadas para a seleção recorrente intra e/ou interpopulacional (Bernardo, 2002).

Pode-se verificar, na Tabela 4, o ordenamento dos clones sob avaliação com base no DAP aos 43 meses em Aracati, CE. Haja vista a constatação de diferença significativa no crescimento em diâmetro dos clones pela análise de *deviance* (Tabela 2), realizou-se o teste de agrupamento de Scott-Knott para melhor discriminar o ranqueamento, os quais são apresentados na Tabela 4.

Dentre os 33 clones de eucaliptos avaliados neste trabalho, os clones 11, 17, 7, 24, 8 e 14 apresentaram os maiores crescimentos em DAP. Na Figura 14, é apresentado o desempenho dos clones com base no incremento médio anual (IMA) de volume de madeira. O IMA é um parâmetro muito utilizado no setor florestal, justamente por considerar a produtividade em volume de madeira e ser ponderado pelo DAP e pela altura.

Tabela 4. Ranqueamento das médias fenotípicas ajustadas para o caractere diâmetro à altura do peito (DAP, cm) dos 33 clones de eucalipto sob avaliação aos 43 meses, avaliados no município de Aracati, CE.

Ranqueamento	Clone	DAP (cm) aos 43 meses
1	11	16,12 a
2	17	15,77 a
3	7	14,11 b
4	24	13,95 b
5	8	13,76 b
6	14	12,86 b
7	1	11,98 c
8	5	11,87 c
9	20	11,61 c
10	21	11,48 c
11	19	11,46 c
12	28	11,39 c
13	18	11,21 c
14	3	11,19 c
15	15	11,08 d
16	9	10,80 d
17	4	10,71 d
18	13	10,70 d
19	29	10,66 d

Tabela 4. Ranqueamento das médias fenotípicas ajustadas para o caractere diâmetro à altura do peito (DAP, cm) dos 33 clones de eucalipto sob avaliação aos 43 meses, avaliados no município de Aracati, CE.

Ranqueamento	Clone	DAP (cm) aos 43 meses
20	16	10,60 d
21	33	10,54 d
22	30	10,32 e
23	31	10,30 e
24	2	10,23 e
25	10	10,06 e
26	6	10,04 e
27	27	9,83 e
28	25	9,81 e
29	12	9,68 e
30	22	9,42 e
31	23	9,08 e
32	32	9,01 e
33	26	7,56 f

Nota: médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os clones 11 e 17 apresentaram maiores produtividades, com IMA de 40,47 e 36,41 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, não diferindo estatisticamente pelo teste de Scott-Knott. Observa-se que há uma ligeira diferença entre o ranqueamento com base no DAP (Tabela 4) e IMA (Figura 14), sobretudo para os clones 24, 8, 7 e 14. Porém, com base no teste de Scott-Knott, as suas médias não diferem estatisticamente. De todo modo, por considerar a produtividade em volume, a seleção com base no IMA é mais recomendável.

As menores produtividades foram obtidas pelos clones 26, 32, 12, 22 e 25. Considerando-se a idade de 43 meses, a média geral obtida para produtividade (IMA) foi de aproximadamente 16 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Quando se considera a seleção dos 10 melhores clones em produtividade (IMA), a média sobe para 25 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Se compararmos com a produtividade média nacional (36,8 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) em 2021 (Ibá, 2021), os resultados alcançados são de grande relevância, sobretudo, por não ainda possuir um programa de melhoramento genético do eucalipto consolidado para as condições edafoclimáticas do Ceará.

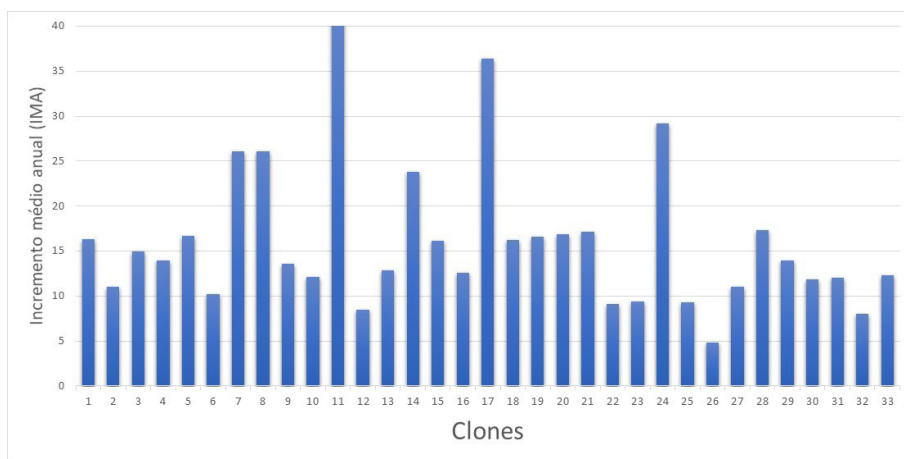


Figura 14. Incremento médio anual ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) dos 33 clones de eucalipto avaliados aos 43 meses no município de Aracati, CE.

Observa-se também a distribuição da altura total média (Figura 15) dos clones sob avaliação, aos 43 meses de idade, em Aracati, CE. Foram observadas diferenças significativas no crescimento em altura dos clones, como pode ser observado os agrupamentos pelo teste de Scott-Knott (5%) para melhor discriminar os clones (Figura 15).

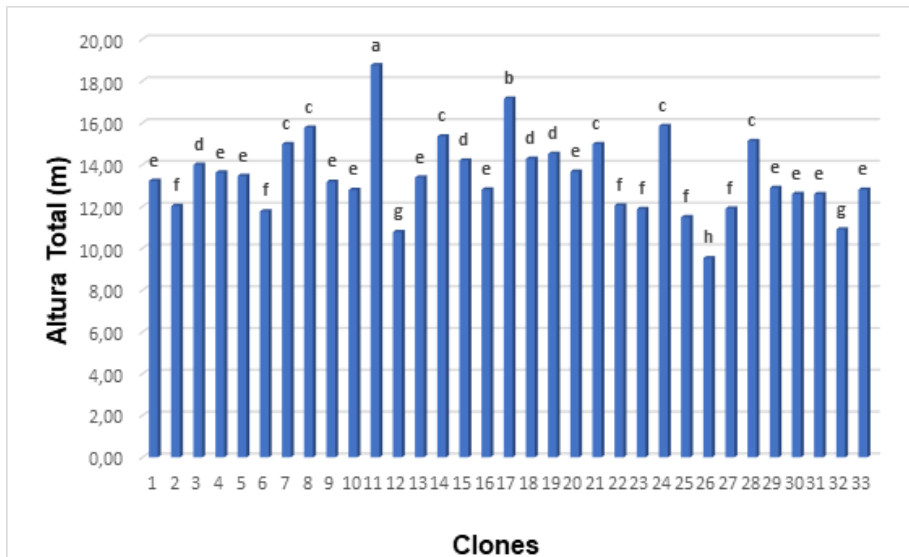


Figura 15. Distribuição da altura total média (m) dos 33 clones de eucalipto avaliados aos 43 meses no município de Aracati, CE.

Nota: barras com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Por se tratar de uma região com grande carência de informações tecnológicas, sobretudo quanto ao comportamento silvicultural de espécies florestais, em especial do eucalipto, para a produção de madeira direcionada a uso múltiplo, os resultados obtidos no presente trabalho contribuem para a obtenção de parâmetros técnicos no quesito desempenho silvicultural de diferentes clones de eucalipto sob condições ambientais do litoral cearense. Adicionalmente, contribui também para o estímulo e a consolidação da silvicultura cearense, de modo a expandir as opções de genótipos nessa região de fronteira florestal.

Ressalta-se que ainda são resultados parciais. Desse modo, a continuidade das avaliações dendrométricas, qualidade do fuste e, principalmente, avaliações da qualidade da madeira (físicas, químicas e anatômicas) em idades mais avançadas serão fundamentais para a validação do desempenho

dos clones, bem como estabelecer o direcionamento para o uso da madeira de cada clone selecionado com maior eficiência e eficácia.

Conclusões

Os clones 11 (*E. urophylla* x *E. tereticornis*) e 17 (*Eucalyptus* spp.) apresentaram as maiores produtividades em volume de madeira na região de Aracati, CE.

Agradecimentos

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pelo financiamento do projeto.

Ao Grupo J. Macêdo pela parceria profícua, e aos funcionários da COPAN pela colaboração, dedicação, presteza e pelo excelente convívio pessoal na execução das atividades laborais.

À Eco Empreendimentos Ambientais pela parceria profícua, confiança mútua, presteza, atenção e pelo comprometimento nas atividades desenvolvidas em cooperação.

Ao Dr. Francisco Marto Pinto Viana (in memoriam) pela sua amizade, pelo exemplar profissionalismo e pelos ensinamentos.

Referências

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury, Minnesota: Stemma, 2002. 368 p.

BOUVET J. M.; VIGNERON, P. Age trends in variances and heritabilities in *Eucalyptus* factorial mating designs. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 44, n. 4, p. 206-216, 1995.

BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to Eucalyptus**. 3. ed. Melbourne: Bloomings, 2006. 356 p.

- CASTRO, A. O. C.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. **Ciência Rural**, v. 46, n. 9, p. 1585-1593, 2016.
- CORREIA, D.; SOUSA, J. A.; VIANA, F. M. P.; MESQUITA, A. L. M.; MIRANDA, F. R.; NEVES, E. J. M.; WENDLING, I.; SANTOS, A. M.; CARPANEZZI, A. A.; CARVALHO, P. E. R.; ARAUJO, J. D. M.; NASCIMENTO, E. H. S. **Testes e seleção de espécies arbóreas para a indústria do Polo Moveleiro de Marco, CE** (Fase I). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 43 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 178).
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; TAVARES, J. A.; SÁ, L. B.; MESQUITA FILHO, A. L. de; RIBASKI, J. Efeito do espaçamento sobre o desenvolvimento inicial de híbridos de *Eucalyptus* na Chapada do Araripe, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE FLORESTAS ENERGÉTICAS, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. (Embrapa Florestas. Documentos 178). 1 CD-ROM.
- ELDRIDGE, K. G.; DAVIDSON, C.; HARWOOD, G.; VAN WYK, G. **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 288 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353 p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia, 1996. 464 p.
- FURLAN, R. A.; MORAES, C. B.; TAMBARUSSI, E. V. Genetic parameters of *Eucalyptus* spp. clones in Northeastern Brazil. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1267-1278, 2020.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; SOUZA, A. H. B. N.; ARTHUR JUNIOR, J. C. Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (ed.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência-Editora UFSM, 2016. p. 113-155.
- GREAVES, B. L.; BORRALHO, N. M. G.; RAYMOND, C. A. Age-age correlations in and relationship between basic density and growth in *Eucalyptus nitens*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, p. 264-270, 1997.
- IBÁ. **Relatório Anual Ibá 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil municipal 2017** - Aracati. 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Aracati_2017.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

LOPEZ, G. A.; POTTS, B. M.; DUTKOWSKI, G. W.; APIOLAZA, L. A.; GELID, P. E. Genetic variation and inter-trait correlations in *Eucalyptus globulus* base population trials in Argentina.

Forest Genetics, Zvolen, v. 9, n. 3, p. 223-237, 2002.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 111 p.

OLIVEIRA, R. S.; RIBEIRO, C. V. G.; NERES, D. F.; PORTO, A. C. M.; RIBEIRO, D.; SIQUEIRA, L.; ZAUZA, E. A. V.; COELHO, A. S. G.; REIS, C. A. F.; ALFENAS, A. C.; NOVAES, E. Evaluation of genetic parameters and clonal selection of *Eucalyptus* in the Cerrado region. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, 2020.

REIS, C. A. F.; SANTOS, A. M.; PACHECO, A. R.; MORAES, A. da C. Contribuições das pesquisas com eucaliptos para a expansão de fronteiras das florestas plantadas brasileiras. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 9. p. 395-494.

RESENDE, M. D. V. **O software Selegen Reml/Blup**. Campo Grande: Embrapa Informação Tecnológica, 2007a. 299 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 703 p.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

SOUZA, V. B. de. **Crescimento inicial de clones de eucalipto na região do vale do submédio São Francisco**. Graduação (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Sertão Pernambucano, Petrolina, 2019. Disponível em: <<https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/393>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

WEI, X.; BORRALHO, N. M. G. Genetic control of wood basic density and bark thickness and their relationship with growth traits of *Eucalyptus urophylla* in South East China. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, n. 4, p. 245-249, 1997.

Embrapa

Agroindústria Tropical

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA



CGPE 018037