

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

**SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CLONES DE
EUCALYPTUS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE ZONA DA MATA E O
AGRESTE SECO DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE – PE
Pernambuco - Brasil
Julho - 2021

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

**SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CLONES DE
EUCALYPTUS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE ZONA DA MATA E O
AGRESTE SECO DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Linha de Pesquisa: Manejo Florestal e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva

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

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

RECIFE –PE
Pernambuco - Brasil
Julho - 2021

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

P522c

Pezzoti, Jeniffer Michele

Crescimento, produtividade e sobrevivência de clones de Eucalyptus em área de transição entre Zona da mata e o Agreste seco do estado de Pernambuco / Jeniffer Michele Pezzoti. - 2021.
68 f. : il.

Orientador: Jose Antonio Aleixo da Silva.
Coorientadora: Rute Berger e Rinaldo Luiz .
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2021.

1. Florestas plantadas. 2. Produção. 3. Clones. 4. Energia. I. Silva, Jose Antonio Aleixo da, orient. II. , Rute Berger e Rinaldo Luiz, coorient. III. Título

CDD 634.9

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

**SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CLONES DE
EUCALYPTUS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE ZONA DA MATA E O AGRESTE
SECO DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fernando Henrique de Lima Gadelha
Instituto Federal de Pernambuco/IFPE

Prof. Dr. Rafael Leite Braz
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Orientador:

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

RECIFE –PE
Julho – 2021

DEDICATÓRIA

Dedico às vítimas da pademia mundial da Covid-19, a todas as pessoas que, nestes tempos difíceis, perderam entes amados em suas vidas, aos que ficam e seguirão em frente com força e fé.

Dedico a minha família, em especial meu marido Peterson e meus filhos Lucas e Davi, razão maior da minha existência.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em seu Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, todas as pessoas que coordenam o programa, dando suporte e orientações para que o trabalho ocorra de maneira acertiva.

Agradeço a minha família; minha mãe, por acreditar em mim; meu marido pela grande ajuda e paciência; e, em especial meus filhos, razão maior da minha dedicação.

A meu orientador, Prof. Dr. José Antonio Aleixo da Silva, pelas orientações valorosas deste trabalho, e coorientadores: Prof.^a Dr.^a: Rute Berger, pelas contribuições, instruções do trabalho de campo, monitoramento da equipe, pela paciência e motivação; e ao Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pelas contribuições neste trabalho e orientações no estágio docência, todos foram fundamentais nesta pesquisa.

Aos professores do Departamento de Ciência Florestal, por seus ensinamentos e experiências.

Agradeço a Deus pela vida e oportunidade de concluir mais esta etapa em minha vida.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas que contribuíram para a elaboração da pesquisa, em especial, Maria Clara, Kamilo, Jade, a todos os meus amigos de turma que partilharam o mestrado comigo e aos funcionários da empresa que acompanharam nas coletas de campo: Walker, Alison, Jeferson, e Lucas.

À Banca Examinadora, pelo aceite ao convite e às contribuições para qualificar este trabalho.

A todos, meu muito obrigada.

JENIFFER MICHELE PEZZOTI, Sobrevivência, crescimento e produtividade de clones de *Eucalyptus* em área de transição entre Zona da Mata e o Agreste seco do estado de Pernambuco. 2021. Orientador: José Antônio Aleixo da Silva. Coorientadores: Rute Berger e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

RESUMO

No estado de Pernambuco, a biomassa florestal é uma fonte de energia usada em diferentes áreas, de residências a indústrias, sendo fundamental em alguns setores. A produção de madeira, por meio de florestas plantadas de rápido crescimento, está associada diretamente à conservação dos remanescentes de vegetação nativa, onde a madeira é fornecida de maneira legalizada, em rotações menores que a floresta natural. A implantação das florestas energéticas tem o objetivo de formar matéria-prima para produção de bioenergia, unindo tecnologia a uma perspectiva ambiental sustentável. A produção de madeira no estado está em um ciclo inicial e estudos do comportamento da implantação de povoamentos florestais se fazem necessários para condução e projeções futuras dos plantios de eucaliptos, que, para fins energéticos, possuem dificuldade relacionada à pouca seleção de clones adaptados a longo período de déficit hídrico, associado às elevadas temperaturas. A pesquisa foi realizada em um plantio clonal de *Eucalyptus* sp., implantado em 2016, na cidade de Glória do Goitá, com intuito de suprir a demanda energética de uma empresa multinacional. O estudo objetivou obter informações sobre o plantio, crescimento, altura, índice de sobrevivência e volumetria dos diferentes clones utilizados, VM01, AEC144 e AEC224. A partir das variáveis dendrométricas coletadas, foi possível realizar o ajuste do modelo hipsométrico, obtendo o coeficiente determinação ajustado R_{aj}^2 (%) 83%, e erro padrão de Syx (%) 3%. Com a estimativa das alturas, o modelo linearizado de Schumacher-Hall foi ajustado, apresentando um coeficiente determinação ajustado R_{aj}^2 (%) de 99%, e o erro padrão da estimativa Syx (%) 1%. O volume do plantio estimado para obter a produtividade foi abaixo do esperado para os 5 anos. O valor máximo do volume foi de 52,50 m³/ha, no tratamento III da variedade AEC144. O IMA dos três clones de eucaliptos não apresentou diferenças significativas entre si após os 5 anos do plantio. A média foi de 6,26 m³/ha, abaixo do esperado para povoamentos de *Eucalyptus*. A análise de sobrevivência apresentou uma taxa média em campo de 69% ao longo dos 5 anos. A alta mortalidade do plantio interferiu diretamente no crescimento e produtividade, tendo como um dos fatores associados os solos rasos e falta de disponibilidade de água, que levou à paralisação do desenvolvimento. A simulação de custos mostrou que há inviabilidade no sistema de plantio dos clones de *Eucalyptus* analisados, apresentando cenário negativo no experimento feito na fazenda Lagoa Grande.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, sobrevivência, biomassa florestal.

JENIFFER MICHELE PEZZOTI, Sobrevivência, crescimento e produtividade de clones de *Eucalyptus* em área de transição entre zona da mata e o agreste seco do estado de Pernambuco. 2021. Advisor: José Antônio Aleixo da Silva. Co-advisor: Rute Berger and Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

ABSTRACT

In the state of Pernambuco, forest biomass is a source of energy used in different areas, from homes to industries, being essential in some sectors. The production of wood through fast-growing planted forests is directly associated with the conservation of remnants of native vegetation, where wood is legally supplied, in rotations smaller than the natural forest. The implementation of energy forests aims to form raw material for the production of bioenergy, combining technology with a sustainable environmental perspective. Wood production in the state is in an initial cycle and studies of the behavior of the implantation of forest stands are necessary for conducting and future projections of eucalyptus plantations, which, for energy purposes, have difficulty related to the poor selection of clones adapted to a long period of water deficit associated with high temperatures. The research was carried out in a clonal *Eucalyptus* sp. plantation, implemented in 2016, in the city of Glória do Goitá, in order to meet the energy demand of a multinational company. The study aimed to obtain information on planting, growth, height, survival rate and volumetry of the different clones used, VM01, AEC144 and AEC224. From the dendrometric variables collected, it was possible to adjust the hypsometric model, obtaining the adjusted coefficient of determination R_{aj}^2 (%) 83% and S_{yx} standard error (%) 3%. With the height estimation, the linearized Schumacher-Hall model was adjusted, presenting an adjusted determination coefficient R_{aj}^2 (%) of 99% and the standard error of the estimate S_{yx} (%) 1%. The estimated planting volume to obtain productivity was lower than expected for 5 years. The maximum volume value was 52.50 m³/ha in treatment III of the AEC144 variety. The IMA of the three eucalyptus clones did not differ significantly after 5 years of planting. The average was 6.26 m³/ha, lower than expected for Eucalyptus stands. Survival analysis showed an average field rate of 69% over the 5 years. The high planting mortality directly interfered with growth and productivity, with shallow soils and lack of water availability as one of the associated factors, which led to a halt in development. The cost simulation showed that the planting system of the analyzed Eucalyptus clones is unfeasible, presenting a negative scenario in the experiment carried out on the Lagoa Grande farm.

Keywords: *Eucalyptus*, survival, forest biomass.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Cenário energético no estado de Pernambuco	14
2.2	Florestas plantadas de rápido crescimento.....	15
2.3	Silvicultura clonal	18
2.4	Silvicultura clonal no Nordeste.....	20
2.4.1	Clones utilizados no plantio	21
2.4.2	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	22
2.4.3	<i>Eucalyptus urophylla</i>	22
2.5	Espaçamento	22
2.6	Relação altura e diâmetro	23
2.7	Volume.....	24
2.8	Sobrevivência.....	25
2.9	Fatores Climáticos	25
2.10	Análise de custos	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Localização e caracterização da área:	28
3.2	Caracterizações do plantio	29
3.3	Área do experimento.....	30
3.4	Parcela Circular.....	31
3.5	Dados biométricos	33
3.5.1	Diâmetro à altura do peito (DAP)	33
3.5.2	Altura (H)	33
3.5.3	Sobrevivência	34
3.6	A análise da sobrevivência.....	35
3.7	Modelos hipsométricos	35
3.8	Incremento médio anual.....	36
3.9	Cubagem rigorosa	36
3.10	Volume.....	37
3.11	Análise financeira do experimento	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Sobrevivência.....	39
4.2	Dados de diâmetros e alturas	44

4.2.1	Diâmetro	44
4.2.2	Altura	45
4.3	Cubagem das amostras.....	46
4.4	Modelo volumétrico.....	47
4.4.1	Volume	48
4.5	Incremento médio anual.....	49
4.6	Simulação de viabilidade econômica.....	50
5	CONCLUSÕES	54
6	RECOMENDAÇÕES	55
	REFERENCIAS	56
	APÊNDICES	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa representativo do município de Glória do Goitá- PE	28
Figura 2- Média da precipitação anual no município de Glória do Goitá- PE	29
Figura 3- Parcela circular usada no inventário florestal	32
Figura 4- Média da sobrevivencia do plantio por clone	39
Figura 5- Parcela do experimento, árvores secas e tombadas	43
Figura 6- Mortalidade do plantio.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição da divisão de clone por talhão e área por hectare	30
Tabela 2. Descrição da divisão dos tratamentos.....	31
Tabela 3. Descrição da qualidade das árvores do inventário florestal.....	34
Tabela 4. Modelos estatísticos de ajuste hipsométricos	35
Tabela 5. Taxas de sobrevivência (%) de clones de <i>Eucalyptus sp.</i> avaliados no plantio de Glória do Goitá.....	39
Tabela 6. ANOVA para a sobrevivência entre os clones de <i>Eucalyptus sp.</i>	42
Tabela 7. Descrição do DAP entre os clones de <i>Eucalyptus sp.</i>	44
Tabela 8. Modelos hipsométricos ajustados, coeficientes e estatísticas para o plantio.....	45
Tabela 9. ANOVA para a variável volume entre os clones de <i>Eucalyptus sp.</i>	49
Tabela 10. Custos de implantação e manutenção do plantio de <i>Eucalyptus sp.</i>	50
Tabela 11. IMA por clone em tonelada e precificação do plantio.....	51
Tabela 12. Simulação do IMA (5 anos) acrescentando e diminuindo 10% e 20%	51
Tabela 13. Índices de avaliação econômica da produção de madeira de <i>Eucalyptus</i> : VPL (Valor Presente Líquido), B/C (Razão Benefício Custo) e CMPr (Custo Médio de Produção).....	52

1 INTRODUÇÃO

O estado de Pernambuco apresenta alta demanda por lenha, tendo em vista que setores industriais, comerciais e até residenciais usam madeira para seu suprimento energético, e o estado não tem produção madeireira destinado para este fim. A Caatinga é o domínio fitogeográfico predominante em Pernambuco, com a maior parte de sua superfície coberta por uma vegetação adaptada a períodos de estiagem, a qual oferece baixa produção madeireira, decorrente das principais características climatológicas da região (SILVA, 2016). A busca por suprir a necessidade energética propicia uma grande exploração da vegetação nativa da região e a maior parte dela ocorre em áreas sem nenhum planejamento, comprometendo o futuro das áreas de vegetação nativa remanescentes, havendo apenas uma pequena parcela proveniente de planos de manejo florestal ou plantios florestais.

Deste modo, pesquisas voltadas à geração de informações silviculturais básicas, abordando técnicas de manejo florestal, aliadas ao incentivo do cultivo de espécies exóticas, com maior potencial para atender o mercado, são fundamentais para o setor florestal.

Neste sentido, o gênero *Eucalyptus* continua sendo o mais plantado no Brasil para atendimento de várias demandas madeireiras, entre elas as de fins energéticos. A consequente propagação, por sua eminente popularidade, deve-se ao melhoramento genético que tem proporcionado rápida adaptação aos diferentes ambientes, com variados solos e climas, além de propiciar alta produtividade e diversidade na sua utilização (VALVERDE, 2012).

Para uso de espécies de rápido crescimento, em especial as do gênero *Eucalyptus*, é fundamental o conhecimento sobre as alterações na distribuição do regime pluviométrico, que ocorre em muitas regiões do Nordeste brasileiro, já que afeta o crescimento e sobrevivência das plantas e é um fator relevante para implantação de plantios comerciais (FERRAZ, 2012).

Em uma base científica que vem sendo construída, fundamentada em pesquisas desenvolvidas na região do Araripe, alguns plantios já estão disponíveis para o abastecimento da demanda energética. Pesquisas realizadas na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situada no Polo Gesseiro do Araripe, vêm trazendo resultados positivos em seus experimentos, obtendo-se madeira com rotação de 5 a 6 anos, ou seja, menos da metade do tempo de rotação da Caatinga (SILVA, 2008-2009).

O cultivo das florestas plantadas de rápido crescimento, normalmente, ocorre em grandes extensões de terra, em áreas heterogêneas, para isto, é necessário que se tenha um planejamento da cadeia produtiva bem estruturado, que acompanhe a produção desde o plantio até o produto final.

As informações para o conhecimento do desenvolvimento do gênero *Eucalyptus* nessa região do estado de Pernambuco, área de transição entre Zona da Mata (litoral) e Agreste seco, uma vez que se dê uma retomada desta atividade, faz-se necessário não somente para suprimento alternativo de energia (biomassa florestal), mas também para o incentivo de outros usos industriais, tais como produção de celulose, movelaria e estruturas em madeira, gerando uma alternativa sustentável de produção a partir de uma fonte natural renovável.

A pesquisa foi desenvolvida em plantios destinados à geração de energia, para a produção alimentícia de uma empresa multinacional na cidade de Glória do Goitá, no estado de Pernambuco.

Com o cenário do estado de Pernambuco, que utiliza lenha para diversas finalidades energéticas e a necessidade de produção de madeira destinada a este fim, o objetivo geral da pesquisa foi: Estimar a produção dos plantios clonais de *Eucalyptus* sp., por meio do estabelecimento de parcelas permanentes de medição, a partir de variáveis dendrométricas.

Objetivos específicos:

- Analisar o crescimento dos clones de *Eucalyptus*;
- Caracterizar o desempenho dos clones por meio de indicadores dendrométricos;
- Calcular o IMA (Incremento médio anual) de cada clone;
- Estimar a produtividade por meio do ajuste de modelos volumétricos;
- Comparar diferentes clones com relação à produtividade na região;
- Avaliar a sobrevivência dos clones às condições bióticas e abióticas locais; e
- Analisar a viabilidade econômica do plantio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cenário energético no estado de Pernambuco

O estado de Pernambuco, localizado no Nordeste do Brasil, tem 98.076km², com 80% de sua superfície correspondendo ao domínio fitogeográfico Caatinga e 20% à Mata Atlântica e ecossistemas associados (PAREYN, 2010).

No estado de Pernambuco, a lenha é usada em diversas atividades, desde o consumo em residências até o abastecimento de empresas, como é o caso do Polo Gesseiro do Araripe, do segmento de confecções e lavagem do jeans na região do Agreste, da confecção do artesanato em Tracunhaém, entre outros. Na década de 1990, a lenha representava a segunda principal fonte de energia do Nordeste, seu uso doméstico estava concentrado nas classes de menor poder aquisitivo, com menor acesso a outras fontes energéticas, principalmente em zonas rurais (CAMPELLO, 1999). Atualmente, outras fontes de energia vem se destacando no estado de Pernambuco, como a energia eólica e solar, mas a madeira continua a suprir setores econômicos. Em 2019, houve um aumento de famílias que usam lenha e carvão para cozinhar, cerca de 21% da população de baixa renda e desempregados optaram por uma fonte de energia mais barata (MACHADO, 2021).

A exploração das florestas nativas para fins energéticos ocorre desde o início da ocupação europeia e vem ocasionando redução da Mata Atlântica a níveis mínimos, de maneira que os remanescentes dessa vegetação estão sendo conservados. Com isto, a vegetação da Caatinga passou a representar um importante componente energético para a região do Semiárido nordestino (BARBOSA, 2011). O uso da lenha está associado a muitos setores produtivos no estado, gerando empregos e renda. Segundo Campello (2009), a exploração de madeira tem destaque na matriz energética da região, sendo que boa parte da lenha provinha de exploração não sustentável.

Estudos apontam que as medidas de mitigação para esta problemática estão voltadas para os plantios florestais, utilizando espécies de rápido crescimento, adaptadas ao clima, que vão, além de fornecer o material, contribuir com o sequestro de carbono e com a preservação do domínio fitogeográfico (SILVA, 2008-2009).

O estado de Pernambuco tem a madeira como fonte indispensável para suprir a demanda energética industrial e doméstica. Medidas de mitigação, programas e projetos são ações de fundamental importância para possível resolução de um problema de degradação ambiental e para ajudar na conservação da biodiversidade, além do respeito ao ciclo sustentável de corte.

As principais motivações para a lenha ilegal continuar sendo usada de maneira desenfreada estão associadas ao baixo preço de aquisição, à falta de incentivo do governo para uso de outras fontes de energia e falta de substitutos viáveis (BARBOSA, 2011).

Mecanismos para o desenvolvimento local devem estar ligados à viabilidade do fornecimento do insumo na região, respeitando a renovação da Caatinga, usando diferentes alternativas para gerar energia, como plantio de florestas energéticas, utilização de resíduos florestais e agrícolas, fortalecimento das políticas públicas e associações de diferentes fontes de energia associadas a um serviço de extensão rural eficiente.

2.2 Florestas plantadas de rápido crescimento

As florestas plantadas de rápido crescimento surgiram no Brasil no século XX, para suprir necessidades específicas da época, tendo como destaque os gêneros *Pinus* e o *Eucalyptus*. A data de introdução dos eucaliptos no Brasil é incerta, provavelmente, os primeiros plantios foram feitos pelo Sr. Frederico de Albuquerque, em 1868, no Rio Grande do Sul, e, no mesmo ano, o tenente Pereira da Cunha plantou alguns exemplares na Quinta da Boa Vista, no Rio de Janeiro (NAVARRO DE ANDRADE, 1911).

Os primeiros estudos com os eucaliptos datam do início do século XX, quando Edmundo Navarro de Andrade iniciou testes comparativos entre espécies do gênero *Eucalyptus* e nativas. Os eucaliptos se tornaram uma alternativa para suprimento de madeira por apresentar rápido crescimento e adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas (VALVERDE, 2012).

A área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 10 milhões de hectares em 2019, sendo 7,6 milhões de hectares com plantios de eucaliptos, 1,64 milhão de hectares com plantios de pinus e 387 mil hectares plantados de outras espécies, entre elas a seringueira, acácia, teca e paricá, um aumento de 2,4% em relação a 2018 (IBGE, 2020).

Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2019), os plantios florestais se apresentam, em sua maior parte, em sistema de monocultura, mesmo nesta condição, os cultivos têm demonstrado resultados positivos nos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Algumas importantes funções das florestas plantadas são: diminuição da pressão sobre florestas nativas, reaproveitamento de terras degradadas, sequestro de carbono, proteção do solo e da água, ciclos de rotação mais curtos e maior homogeneidade dos produtos (Serviço Florestal

Brasileiro, 2019). Dentre os usos da madeira de florestas plantadas, destaca-se o atendimento de parte da demanda energética do Brasil.

O uso de madeira para suprimento energético é antigo, de forma direta ou indireta, a madeira tem estado presente em diferentes setores, tendo papel fundamental para o desenvolvimento humano (BRITO 2007).

Segundo Magalhães (2001), o conceito de florestas energéticas surgiu quando a biomassa passou a ser valorizada como fonte de energia, devido à crise de petróleo, na década de 1970, e engloba as plantações florestais com grande número de árvores por hectare, de curta rotação e que produzam maior volume de biomassa por área em menor tempo. São aquelas plantadas com a finalidade de formar o maior volume de biomassa para produção de energia renovável, buscando reduzir o uso de combustíveis fósseis (AGROICONE, 2015).

A necessidade de diminuir o uso de combustíveis fósseis é uma tendência mundial, a utilização da madeira como fonte de energia é uma opção viável e sustentável, tornando os países menos dependentes de exportadores e reduzindo as emissões de gases nocivos à atmosfera. A redescoberta da madeira no seu papel energético surgiu por conta das crises envolvendo o preço do petróleo e do anúncio de que este seria um recurso finito (BRITO, 2013).

Segundo Müller e Couto (2006), a utilização de madeira como fonte energética não significa um retrocesso no desenvolvimento, e sim um passo na direção da modernidade e da sustentabilidade do setor energético.

A implantação das florestas energéticas tem o objetivo de formar matéria-prima para produção de bioenergia, unindo tecnologia a uma perspectiva ambiental sustentável (ROCHA, 2011). Um dos principais benefícios associados a essas florestas, quando há sucessivos plantios, é sequestrar o gás carbônico atmosférico e armazenar em forma de carbono orgânico durante seu crescimento, devido à produção de biomassa e deposição contínua de resíduos vegetais na superfície (FOELKEL, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2018).

Eucalyptus

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália, pertencente à família das Mirtáceas e encontrou, no Brasil, condições adequadas ao seu desenvolvimento, atualmente existem mais de 700 espécies identificadas botanicamente, com aplicações específicas da madeira para cada finalidade (VALVERDE, 2012).

É o gênero florestal mais plantado no Brasil por causa do seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e potencial econômico, é usado para as

mais diversas finalidades, como celulose e papel, óleos essenciais, produtos de higiene e limpeza, móveis, construção civil, postes, mourões, chapas de fibras, laminados, compensados, MDF, carvão e lenha (BERGER *et al.*, 2002). É também o mais utilizado para a implantação de florestas para fins energéticos, por apresentar altos índices de produtividade e características energéticas (densidade da madeira e poder calorífico) (COUTO; MULLER, 2000; MORA; GARCIA, 2000; GADELHA, 2012; ANJOS, 2017).

O gênero tem sido apontado como uma das melhores opções para a produção de energia, devido ao alto número de espécies e o melhoramento genético, o que possibilita uma ampla distribuição ecológica, favorecendo sua introdução em várias regiões com diferentes condições edafoclimáticas (COUTO; MÜLLER, 2008; ROMÃO, 2011).

Todavia, é importante a obtenção de informações desses novos plantios e suas demandas nutricionais e ambientais. Segundo Xavier e Silva (2010), a produtividade de novos plantios em novas regiões depende de diversos fatores, como o local de plantio, condições edafoclimáticas, regime de chuvas, tratos culturais, insumos disponibilizados, variedade de clones e, principalmente, o acompanhamento e levantamentos de dados para assegurar a assertividade nas escolhas na implantação e no manejo florestal.

No território pernambucano, alguns plantios de eucaliptos já estão sendo testados para abastecer a demanda energética no Polo Gesseiro do Araripe. Segundo Barros (2010), o Polo Gesseiro, localizado no oeste do estado, é o principal consumidor de biomassa florestal como fonte energética (lenha), sendo esta fonte de energia primordialmente utilizada na calcinação do gesso, extraída de reservas naturais, sem plano de manejo.

Na Estação Experimental do IPA, alguns experimentos trazem resultados positivos, além de estar construindo uma base científica fundamentada em pesquisas desenvolvidas na região (SILVA, 2008-2009). O reflorestamento, com espécies de rápido crescimento, apresenta-se como uma alternativa econômica e ambientalmente viável, para substituir a lenha extraída da mata nativa. O objetivo de implantação de florestas energética é atender à necessidade por biomassa florestal (GADELHA, 2012).

A usina Petribú, situada na Zona da Mata em Pernambuco, tem tradição no plantio de cana-de-açúcar e usa a biomassa do resíduo para a cogeração de energia. Em 2015, iniciou um plantio de mudas de eucaliptos em áreas de declive acentuado, onde o plantio de cana não era tão atrativo pelos custos elevados. O plantio é destinado para produção de energia o ano inteiro, já que, no sistema antigo, a geração era feita somente na época de colheita da cana. Com a substituição da cana-de-açúcar por eucaliptos, a usina espera utilizar a biomassa florestal na geração de energia termelétrica (CELULOSE ONLINE, 2015).

A multinacional alimentícia, fusão da Sadia com a Perdigão, chegou em Pernambuco em 2014, na cidade de Vitória de Santo Antão, trazendo consigo um programa de plantio de clones de *Eucalyptus*, que se iniciou na região em 2016, com um intuito de gerar energia para consumo próprio. A empresa, que tem unidades espalhadas por todo Brasil, usa a biomassa como fonte renovável de energia.

O crescimento do setor econômico no estado tem grandes oportunidades com a implantação de florestas plantadas e energéticas, na região do polo gesseiro, a atividade florestal é fundamental para a sobrevivência de pequenos produtores rurais, especialmente durante as secas e períodos prolongados de estiagem, a produção de lenha é uma das poucas alternativas de geração de renda (SOUTO *et al.*, 2021). A construção de uma base florestal no estado contribui positivamente para a preservação do meio ambiente, gerando empregos e renda.

2.3 Silvicultura clonal

A silvicultura clonal no Brasil é uma das mais modernas tecnologias florestais do mundo, permitindo a difusão e seleção de clones para diversas atividades comerciais ou de reflorestamento.

A silvicultura brasileira teve como marco principal o reflorestamento tanto para conservação quanto para uso econômico da floresta.

As primeiras pesquisas coordenadas de silvicultura dos eucaliptos começaram no início do século XX, financiadas pela Companhia Ferroviária Paulista e organizadas por Edmundo Navarro de Andrade. Seus estudos compararam o crescimento de espécies nativas e exóticas, quando plantadas em florestas homogêneas, fase que marca o nascimento da silvicultura científica e da silvicultura intensiva no Brasil (FOELKEL, 2005).

Com uma perspectiva sustentável, a conservação das matas nativas dependia do desenvolvimento de uma silvicultura voltada para a manutenção e para o uso econômico adequado das matas existentes e do plantio de árvores de rápido crescimento, para suprir à crescente demanda por madeira e seus derivados. Segundo Foelkel (2005), o crescimento das florestas plantadas de eucalipto no Brasil foi impulsionado principalmente pelo uso de lenha e carvão vegetal para combustível, seguido pela fabricação de celulose e papel.

A silvicultura clonal é caracterizada por um conjunto de técnicas adotadas na implantação e condução de plantios florestais clonais. O interesse pelas florestas clonais surgiu a partir dos ganhos em qualidade, uniformidade e custos (XAVIER; SILVA, 2010).

O gênero *Eucalyptus* constitui um dos mais explorados no Brasil, aliando as características de rápido crescimento e adaptação a diversas regiões, facilidade de propagação vegetativa, onde se pode obter um material genético adequado à finalidade comercial (ASSIS; MAFIA, 2007).

Desde 1970, plantios de eucaliptos começaram a expandir no Brasil, inicialmente muitas dificuldades surgiram, as plantas foram atacadas pela doença do cancro no monocultivo, o material lenhoso era heterogêneo, alta mortalidade, árvores sem condições adequadas e rendimentos volumétricos baixos. Assim, a introdução e desenvolvimento da técnica de multiplicação, a partir de uma série de pesquisas, testes, escolhas do material genético, plantios clonais e produção de material homogêneo, obteve resultado positivo, impulsionando o setor florestal (ALFENAS *et al.*, 2009).

O aumento dos plantios de eucaliptos no Brasil e no mundo, bem como seu aumento de produtividade, verifica-se pela combinação de diversos fatores. Entre eles se destacam: a implantação de programas de melhoramento, a produção de híbridos e clones superiores e ao avanço do conhecimento de tecnologias da propagação vegetativa, sendo este último um dos mais importantes (FERRARI *et al.*, 2004, XAVIER *et al.*, 2013). O aumento no nível de melhoramento dos materiais genéticos, associado às práticas silviculturais mais adequadas, aumentaram o IMA do eucalipto no Brasil em cerca de 10 m³/ha, na década de 1970, para 35,3 m³/ha, em 2019 (IBÁ, 2020).

Até a década de 1990, as empresas florestais eram as maiores responsáveis pela silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil, principalmente, pelo fato das mesmas possuírem maior nível de tecnologia em seus empreendimentos e processos florestais. Atualmente, está ocorrendo uma expansão dos plantios clonais para outros sítios, em diversas regiões e para os outros níveis de produtores (pequenos e médios produtores). Com esta nova demanda, está surgindo a necessidade de desenvolver materiais adaptados para este novo cenário (XAVIER *et al.*, 2013).

A clonagem seleciona indivíduos superiores, adaptados às diferentes regiões, trazendo homogeneidade aos plantios, aumento de produtividade e resistência a fatores bióticos e abióticos (IBÁ, 2018).

A escolha da espécie ou clone mais adequado depende do clima da região e do mercado a ser atendido, aspectos que devem ser abordados num zoneamento para atendimento das exigências bioclimáticas e comercial. A prática de uma silvicultura moderna requer um adequado conhecimento do meio físico e de suas características limitantes, o que implica na

melhor utilização de cada unidade de manejo de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica (MAEDA *et al.*, 2014).

Segundo Xavier (2010), um dos desafios para a silvicultura clonal de eucaliptos é a aplicação das técnicas de biotecnologia, que requerem a integração de várias áreas do conhecimento. O uso destas ferramentas permitirá alterar o ciclo reprodutivo das plantas, aumentar a tolerância a herbicidas e estresses abióticos, modificar a arquitetura vegetal, manipular os teores de lignina e celulose e induzir resistência a doenças e pragas, contudo, é essencial a avaliação de biossegurança, incluindo a análise dos riscos potenciais das plantas ou das práticas relacionadas ao seu cultivo para o meio ambiente e à saúde humana e animal, em comparação aos clones convencionais.

2.4 Silvicultura clonal no Nordeste

A implantação de eucalipto no Norte e Nordeste do Brasil, iniciou-se na década de 1980, com materiais genéticos que eram utilizados no Sudeste do País, contudo, tratavam-se de materiais que foram adaptados ao clima temperado e chuvas regulares. Só a partir dos anos 2000, quando as pesquisas científicas avançaram, que houve um aumento de seleção de materiais adaptados, sendo possível constatar que, para o Nordeste brasileiro, o material genético deve atender à condição regional de tolerância ao déficit hídrico e temperaturas elevadas. O melhoramento genético possibilitou a retomada de plantios de eucalipto na região, testando clones mais adaptados ao clima, ampliando as fronteiras para florestas de rápido crescimento (FOELKEL, 2005; FURLAN, 2018).

O desenvolvimento de clones visando atender demandas de produtividade e adaptações ao déficit hídrico vem sendo uma fonte de pesquisa constante nos programas de melhoramento de eucalipto no Brasil.

A região Nordeste está em expansão para plantios florestais, especialmente nos estados da Bahia, Piauí, Maranhão e Alagoas (IBÁ, 2020), por isto, as informações do desenvolvimento espécie/ambiente são necessárias para tornar o reflorestamento viável (MENDES, 2015).

No estado de Pernambuco, o cultivo de eucalipto é uma retomada do setor florestal, apresentando crescimento nos últimos anos. A viabilidade da cultura florestal de eucalipto está sendo acompanhada na região do Araripe e em Belém de São Francisco, em estações experimentais do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), trazendo resultados positivos para região.

Em 2008, foi desenvolvido, no Campo Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em São Bento do Una, um experimento em uma área total de 2,5 hectares, com espécies exóticas e nativas, entre híbridos do gênero *Eucalyptus spp.*, e as espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Azadirachta indica*.

A região apresenta clima semiárido quente, temperatura média anual de 22,2 °C e precipitação pluviométrica média anual de 630 mm.

O experimento apresentou alta mortalidade das espécies exóticas, não recomendadas para cultivo na região, e apresentou alta produtividade e sobrevivência para as espécies nativas (SERPA, 2014).

O acompanhamento dos plantios de eucalipto se faz necessário para conhecer os fatores que interferem, direta e indiretamente, no desenvolvimento do gênero. É fundamental conhecer os fatores climáticos e geológicos para obtenção de sucesso no empreendimento e na produtividade (ROMERO *et al.*, 2003).

2.4.1 Clones utilizados no plantio

No Brasil, a propagação clonal do gênero *Eucalyptus* avança a cada dia, devido a um conjunto de fatores que visam clones adaptados às condições específicas de variação climática e produtividade, garantindo maior eficiência e menores custos (AMARAL, 2016).

Os clones utilizados no plantio foram o VM01, AEC144 e AEC224.

O clone VM01 é um híbrido (*E. camaldulensis x urophylla*), foi desenvolvido geneticamente para produção de carvão. É indicado para áreas secas, pois apresenta tolerância ao estresse hídrico, desenvolve-se em solos mais arenosos, é resistente a pragas e doenças. Apresenta alta densidade, aumento na produtividade e boa qualidade energética (AMARAL, 2016).

O clone AEC144 é um híbrido espontâneo de *E. urophylla*, é utilizado principalmente para energia, apresenta tolerância ao déficit hídrico, desenvolve-se em solos argilosos e arenosos (SAMPAIO, 2014).

O clone AEC224 é um híbrido natural de *E. urophylla*, plantado em várias regiões do Brasil, seu crescimento é melhor em solos argilosos. Sua madeira é de boa qualidade e pode ser destinada para energia e outros fins (FLORES, 2016).

Os clones AEC144 (*E. urophylla*) e AEC224 (*E. urophylla*) apresentam domínio público e são amplamente cultivados (PALUDZYSZYN FILHO, 2013).

2.4.2 *Eucalyptus camaldulensis*

O *Eucalyptus camaldulensis* é recomendado para regiões com déficit hídrico, sendo muito plantado em regiões áridas e semi-áridas, adapta-se bem a solos pobres, podendo tolerar secas prolongadas, salinidade e inundações temporárias (HIGA *et al.*, 2000; MORA; GARCIA, 2000). Apresenta rápido crescimento inicial, assim como grande parte dos eucaliptos, e, após alguns anos de idade, o crescimento desacelera. No Brasil, esta espécie é cultivada desde a região Sul até o Nordeste e também em alguns locais da Amazônia, pela capacidade de adaptação climática, desenvolvendo-se em ambientes variados (FERREIRA, 2004).

A espécie tolera temperaturas médias de 29°C a 35°C e baixa precipitação de 250 mm a 625 mm (GONTIJO, 2018). A madeira adulta apresenta densidade média para elevada, resistente e durável, cerne vermelho. É usada na construção civil, serraria, lenha e produção de carvão (MORA; GARCIA, 2000).

2.4.3 *Eucalyptus urophylla*

O *Eucalyptus urophylla* é uma das espécies mais plantadas no Brasil (MORA; GARCIA, 2000; GONTIJO, 2018), apresenta resistência ao cancro do eucalipto e ao déficit hídrico, desenvolve-se melhor em solos profundos, úmidos e bem drenados, em geral, é plantado em regiões mais quentes (CARNEIRO, 2005).

Esta espécie apresenta produtividade elevada, característica importante para reflorestamentos, e estabilidade genética para diversas regiões testadas, motivo pelo qual está em expansão para diversas regiões, como Norte e Nordeste (SCAVANACA JUNIOR; GARCIA, 2003). A madeira apresenta densidade média, cerne claro, é utilizada para a produção de celulose, painéis, energia e carvão (MOURA, 2004).

2.5 Espaçamento

O espaçamento do plantio florestal determina a área a ser explorada pela muda plantada, nele será desenvolvido o sistema radicular e parte aérea da árvore. Segundo Stape *et al.* (2010), a densidade é determinada pela distância entrelinhas e entre plantas, plantios mais adensados, influenciam no crescimento individual das plantas e no crescimento em conjunto ao longo do ciclo florestal, exigindo desbastes ou ciclos mais curtos de cortes, pois a competição entre plantas ocorre precocemente, antecipando a estagnação do crescimento.

A escolha do espaçamento utilizado deve levar em consideração, além do produto final, os fatores edafoclimáticos e o sítio.

O espaçamento tem influência sobre as taxas de crescimento, produção, qualidade da madeira produzida, idade de corte, práticas silviculturais, práticas de exploração e manejo e, conseqüentemente, nos custos de produção.

No início do plantio, o principal fator de competição são as ervas daninhas, sendo estas controladas por tratos silviculturais. À medida que o povoamento vai crescendo, inicia-se a competição por luz, água e nutrientes (BALLONI; SIMÕES, 1980).

Os plantios destinados para geração de energia, em geral, são plantações florestais com grande número de árvores por hectare, tendo como finalidade a produção do maior volume de biomassa por área em menor espaço de tempo (MAGALHÃES, 1982; COUTO; MULLER, 2008; ELOY, 2013). Os espaçamentos recomendados para plantios com fins energéticos são os que proporcionam áreas por árvores entre 3 m² a 9 m², manejados com rotações entre 4 a 7 anos (HIGA *et al.*, 2000; COUTO *et al.*, 2002; SALES, 2013).

O espaçamento do plantio depende principalmente da fertilidade do solo e do regime das chuvas. Em regiões com período seco inferior a 60 dias, pode-se utilizar espaçamentos menores, como 3 m x 2 m ou 3 m x 1,5 m, e, em regiões com secas mais acentuadas (acima 60 dias), recomenda-se espaçamentos mais abertos de 3,0 m x 2,5 m ou 3,0 m x 3,0 m (WILCKEN *et al.*, 2008).

Para obter os melhores rendimentos do produto final da madeira, além do planejamento da densidade do plantio, é necessário associar os aspectos silviculturais, tecnológicos, ecológicos, econômicos e praticidade no manejo.

2.6 Relação altura e diâmetro

A medição das alturas em povoamentos florestais é uma atividade com custo elevado e sua obtenção não é fácil, em comparação com a medição dos diâmetros. A relação existente entre a altura e o diâmetro é denominada de relação hipsométrica, normalmente utilizada em inventários florestais, visto que ela fornece alturas das árvores que tiveram apenas os diâmetros medidos (CUNHA, 2004).

A relação altura e diâmetro é comum em inventários florestais, a altura é uma medida essencial para correlacionar dados do plantio, estimar volume e indicar o potencial produtivo da floresta. Existe uma relação direta entre essas duas variáveis até determinada idade, quanto maior o diâmetro, maior será a altura.

O principal componente do custo de medição de uma parcela permanente em povoamentos de eucalipto é a altura total. No Brasil, é comum medir apenas algumas alturas em cada parcela, visando o ajuste de modelos hipsométricos em nível de parcela, talhão ou povoamento (LEITE *et al.*, 2011).

A modelagem hipsométrica é um aspecto importante a ser considerado nos inventários florestais, tendo em vista ser a mensuração indireta da altura da árvore, uma atividade demorada e com elevada margem de erro na coleta da informação (SOUSA *et al.*, 2013).

Krefta (2019) expõe que é fundamental o estudo de modelos matemáticos que se adequem melhor às condições de campo para estimar a altura de cada povoamento.

Visando uma redução nos custos do inventário em florestas plantadas, os modelos hipsométricos permitem que apenas algumas árvores tenham a sua altura medida nas parcelas e, assim, sejam ajustados modelos estatísticos, dando rapidez nos levantamentos e tornando o inventário facilmente processado (MACHADO *et al.*, 2019). Esses modelos possibilitam estimar a altura das árvores a partir de medidas do diâmetro.

2.7 Volume

A necessidade de conhecer o estoque de madeira e a estrutura das florestas com precisão é fundamental para escolha de critérios para o manejo florestal. O volume é a variável mais utilizada no diagnóstico do potencial madeireiro de uma floresta de produção, sendo sua estimativa a principal finalidade dos levantamentos florestais, principalmente, quando se trata de povoamentos destinados para fins comerciais (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009).

A cubagem rigorosa é a forma mais apropriada para quantificar o volume do fuste de uma árvore. Para estimar o volume, é feita a cubagem em determinada quantidade de árvores, para, assim, validar modelos volumétricos, que, após ajustados, geram equações que servem para estimar os volumes das árvores que não passaram pelo processo de cubagem rigorosa, estimando o estoque florestal com o povoamento em pé.

O uso de equações volumétricas constitui uma das principais ferramentas para quantificação da produção de povoamentos florestais, sendo base para o manejo sustentável de plantações florestais (LEITE; ANDRADE, 2003).

O volume das árvores pode ser estimado por relações previamente estabelecidas, a partir de variáveis de fácil mensuração do povoamento, o diâmetro e altura são geralmente utilizados para estimar o volume de madeira.

Entre os modelos existentes para estimar o volume de madeira em função do diâmetro e da altura, o modelo proposto por Schumacher-Hall (1933) é um dos mais difundidos na área florestal, devido às suas propriedades estatísticas, uma vez que resulta em estimativas quase sempre não tendenciosas (LEITE; ANDRADE, 2002; CAMPOS; LEITE, 2006).

O modelo ajustado na sua forma linear corrige problemas estatísticos relacionados à regressão, apresentando simplicidade na aplicação (SOARES *et al.*, 2006).

2.8 Sobrevivência

A análise de sobrevivência é fundamental para quantificar a produtividade do plantio florestal, que consiste em contabilizar os indivíduos vivos e mortos da área útil de cada parcela e realiza a análise estatística em porcentagem de sobrevivência.

Segundo Hamilton Jr. (1986), quando conhecido o desenvolvimento do povoamento florestal, as informações da mortalidade auxiliam no manejo, podendo, assim, prever a produção madeireira futura.

Hawkes (2000) afirmou que a mortalidade pode ser causada por diversos fatores bióticos e abióticos que se tornam relevantes para a tomada de decisão ao longo do tempo.

A sobrevivência de um plantio geralmente é observada na fase inicial, onde as mudas estão suscetíveis à mortalidade, na medida em que as mudas vão crescendo, a mortalidade vai diminuindo até praticamente estabilizar. Todavia, existe a mortalidade associada a alguma causa pontual, como incêndios florestais, queda decorrente de ventos e invasão de insetos que provocam pragas e doenças (MIRANDA, 2017).

O índice de sobrevivência em povoamentos florestais tem forte influência no rendimento volumétrico. O clima da região interfere na taxa de crescimento, de modo que os períodos de seca, como também alagamentos prolongados, podem provocar danos sanitários e morte de árvores saudáveis e até mesmo acelerar a morte de indivíduos doentes (VANCLAY, 2003).

2.9 Fatores Climáticos

Os principais fatores climáticos, associados ao desenvolvimento das plantas, são: condições favoráveis de solo, temperatura e regime das chuvas.

Com relação aos atributos físicos do solo, como textura, resistência à penetração, umidade, porosidade total, densidade e estabilidade dos agregados, podem contribuir ou não

para o crescimento. Segundo Reichert *et al.* (2003), todos esses fatores juntos interagem e regulam o crescimento e funcionalidade das raízes, refletindo diretamente na produtividade.

Para as espécies florestais, é necessário que o solo permita o crescimento das raízes, as trocas gasosas e forneça água e nutriente. A relação da estrutura do solo e a dinâmica da água reflete no crescimento vegetal, quando solo está estruturado possibilita uma boa e rápida infiltração da água da chuva, a água alcança o interior do solo e fica armazenada profundamente e disponível para as raízes, no caso de estiagem prolongada. Também existe maior espaço poroso para as trocas gasosas do sistema radicular, atividade biológica (macro e microrganismos), resistência à erosão e compactação, rapidez na decomposição dos resíduos orgânicos e aproveitamento dos fertilizantes pelas plantas, devido as condições de aeração, umidade, crescimento das raízes e atividade macro e microbiológica (CAMPECHE, 2008).

Segundo Carmo *et al.* (1990), a maior parte do plantio de reflorestamento de eucalipto no Brasil ocorre em áreas com solos naturalmente pobres, por ser necessário grandes extensões de terras, que geralmente já foram utilizadas para outros cultivos.

Segundo Stape *et al.* (2004), a produtividade das plantações de eucalipto em regiões tropicais é geralmente limitada pelos fatores edáficos e climáticos e a interação do genótipo com o ambiente é extremamente importante.

Os plantios de eucaliptos necessitam de solos que tenham profundidade maior que um metro, muitas vezes é necessário corrigir o pH, analisar o potencial de fertilidade e a compactação da terra. Solos úmidos favorecem o desenvolvimento das mudas, é aconselhado que o plantio seja iniciado em épocas chuvosas (POTENCIAL FLORESTAL, 2019). Os eucaliptos não se desenvolvem em solos rasos, com camadas subsuperficiais compactadas, pedregosos, com afloramentos rochosos ou sujeitos a encharcamentos e inundados, independentemente da cultivar utilizada (PICHELLI; SOARES, 2019).

A temperatura é um dos fatores climáticos decisivos para o crescimento da planta, é a fonte primária de energia solar transformada em calor. As condições locais, faz com que a temperatura sofra oscilações durante o ano. A temperatura indiretamente influencia os processos fisiológicos, divisão celular, fotossíntese, respiração e transpiração (CAMPOS, 1970).

As temperaturas elevadas favorecem a produção de eucalipto, segundo Almeida *et al.* (2004), a temperatura ótima para fotossíntese seria 25°C, com limite inferior de 8°C e limite superior de 36°C. O gênero sofre maiores danos com temperaturas extremamente baixas e geadas, contudo, deve-se observar a alta demanda hídrica em dias quentes, mesmo com um excelente controle estomático, a necessidade de água deve ser suprida pelo armazenamento do

solo, as plantas podem apresentar sintomas de deficiência e seca, que podem intensificar à medida que a umidade do ambiente decresce e as temperaturas aumentam. Maior respiração com menor fotossíntese, resultando em redução ou parada temporária do crescimento (ASSAD *et al.*, 2021).

O regime de chuvas pode ser um fator limitante para o plantio, a maior parte da área agrícola no Brasil está situada em regiões sujeitas a restrições hídricas, inclusive os plantios de eucalipto. Deve-se levar em conta adaptações da espécie à restrição hídrica, alguns clones e híbridos apresentam esta característica, índices de precipitação anual reduzidos e irregulares comprometem o sucesso do povoamento e a produtividade (XAVIER, 2010).

2.10 Análise de custos

Analisar financeiramente um empreendimento florestal possibilita identificar se a produção e práticas utilizadas são rentáveis ou não e decide a viabilidade de futuras implantações e técnicas de manejo a serem adotadas (POKORNY *et al.*; 2011).

Para a produção florestal, deve-se levar em conta o produto final a ser comercializado, visto que o planejamento e as práticas de manejo vão de acordo com a produção, visando otimizar custos e atividades operacionais.

As atividades florestais apresentam alto custo inicial com implantação e manutenção, obtendo-se um retorno financeiro em longo prazo. Nos plantios de eucaliptos, por exemplo, a rotação de corte inicia geralmente a partir do sétimo ano, para a indústria de celulose e papel ou serrarias e painéis, e, para o uso energético a rotação, fica entre 4 e 7 anos. Outras espécies levam ainda mais tempo para iniciar seu ciclo produtivo. Nesta perspectiva, para garantir o sucesso do empreendimento, é fundamental saber dos custos de produção, uma vez que o capital investido fica imobilizado (GRAÇA, *et al.*; 2000)

Para dar início a investimentos financeiros na atividade florestal, é importante observar os fatores de restrição na produção, como o regime de chuvas, o tipo de solo, a escolha do material genético adequado e os riscos envolvidos no processo de produção. Segundo Pokorny *et al.* (2011), por meio da análise da rentabilidade financeira, é possível prever se o plantio florestal vai proporcionar lucro ou prejuízo. Quando a análise é feita após a implantação das atividades, pode-se conhecer os fatores que levaram aos ganhos ou perdas financeiras, ajudando, assim, na tomada de decisões, como mudar técnicas silviculturais e manejo, planejar novas atividades e até mesmo decidir pela não continuidade das atividades do empreendimento (REZENDE, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área:

A área de estudo está localizada no município de Glória do Goitá ($7^{\circ} 58' 48,166''$ S e $35^{\circ} 16' 27,768''$ W, altitude de 200 m), a aproximadamente 60km da capital Recife.

Os povoamentos florestais do gênero *Eucalyptus* destinados para fins energéticos se localizam em área experimental, em terras arrendadas pela empresa na Fazenda Lagoa Grande, zona de transição entre a faixa úmida da região fisiográfica Mata e o Agreste seco de Pernambuco (Figura 1).

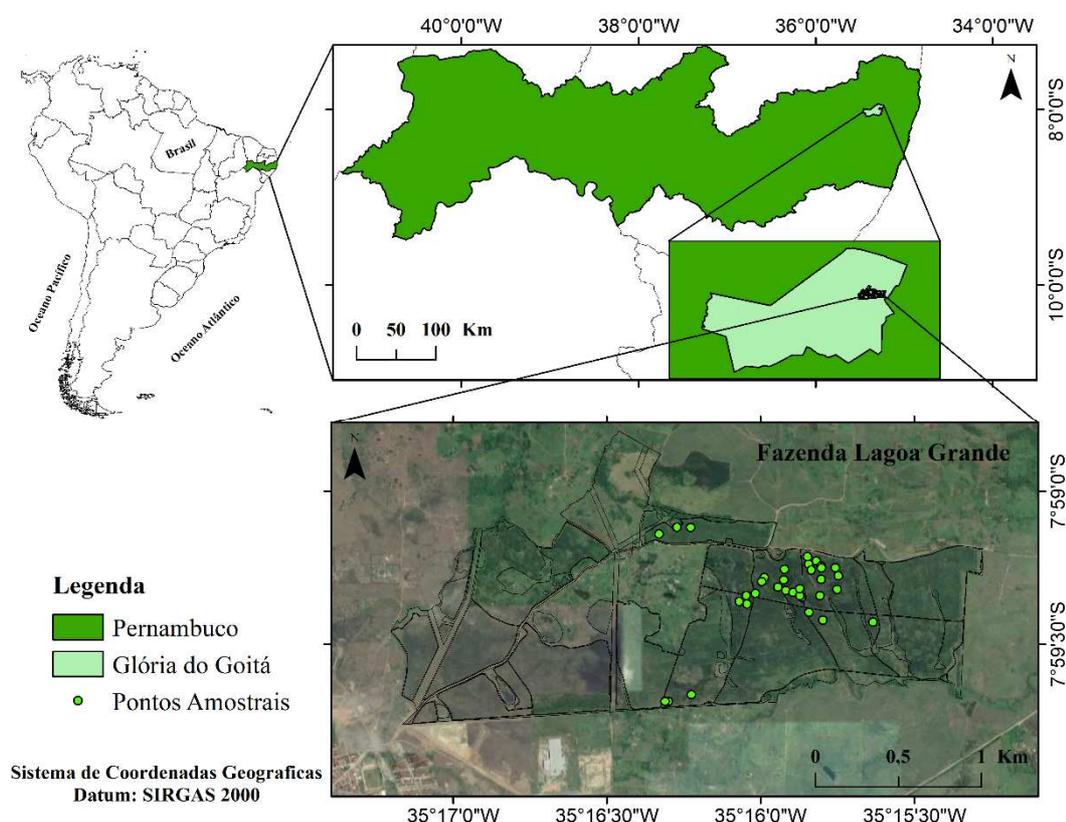


Figura 1- Mapa representativo do município de Glória do Goitá- PE com pontos amostrais no povoamento de *Eucalyptus*.

Fonte: Giselle Moreira, 2021

O município apresenta um clima tropical, classificado como Aw' (tropical com chuvas de verão), de acordo com Köppen, a temperatura média fica em torno de $24,2^{\circ}\text{C}$.

O solo da área é classificado como Luvissole, segundo o Sistema de Classificação de Solos (2018), são solos plásticos, moderadamente rasos e de drenagem imperfeita, em

decorrência do seu baixo grau de intemperismo, com quantidade considerável de material pedregoso e relevo levemente ondulado, apresentam diferenciação entre os horizontes, devido ao contraste de textura, cor e estrutura, normalmente encontrados nas áreas de clima seco (déficit hídrico), em temperaturas altas e baixas. Como apresentam menor profundidade, existem as limitações para o uso agrícola relacionadas à restrição da mecanização e suscetibilidade aos processos erosivos.

A pluviosidade da região é, em média, cerca de 843 mm por ano, concentradas entre os meses de abril e julho.

A figura 2 apresenta precipitação anual entre os anos de 2013 e 2020.

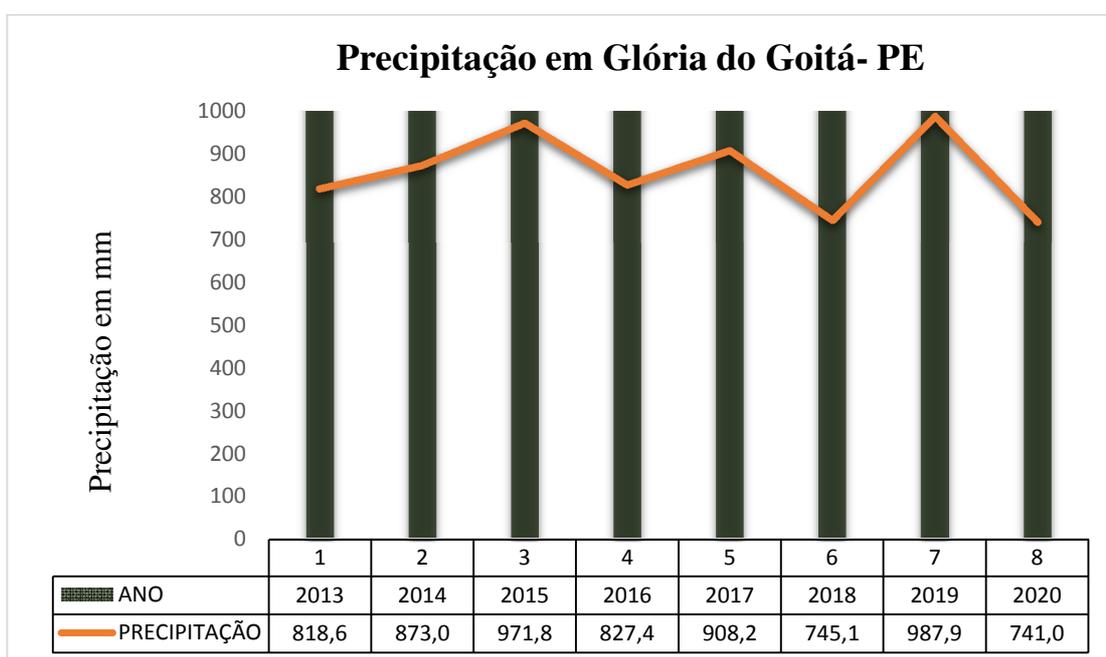


Figura 2- Precipitação anual no município de Glória do Goitá- PE

Fonte: APAC (<https://www.apac.pe.gov.br/monitoramento>)

Na figura 2, pode-se observar a precipitação entre os anos de 2013 e 2020, apesar de menores volumes de chuva no ano de 2020, a média ficou dentro da normalidade para a região.

3.2 Caracterizações do plantio

Os preparos do plantio seguiram a metodologia da empresa, iniciando com o combate a formigas cortadeiras, introduzindo, na área, 1,5 kg/hectare de isca granulada à base de Sulfluramida (3 g/kg). Na sequência, houve a aplicação de herbicida em área total 1,2 kg de glifosato por hectare, para o controle de mato competição.

Para preparo de terreno, foi feita a subsolagem com trator de esteira, 90 cm de profundidade e estouro lateral de 40 cm. Realizou-se a adubação de base de 32 kg ha⁻¹, 86,4 kg ha⁻¹ e 32 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, sendo usados 320 kg/ha (10;27;10) (288g por cova), com adição de micronutrientes (0,7 cobre, 0,7 zinco e 0,3 boro).

A formulação da adubação foi definida pela análise de solo do local, com coletas de 10 a 20 cm de profundidade e 20 a 40 cm de profundidade (SACRAMENTO, 2019).

O plantio das mudas ocorreu em junho de 2016, na estação chuvosa da região.

A área do plantio da empresa apresenta quatro variedades de clones, as mudas são provenientes de um viveiro de mudas instalado no município de Maceió-AL. Os clones selecionados estavam disponíveis no mercado.

O espaçamento do povoamento é de 3 m x 3 m. A propriedade é dividida em 21 talhões, totalizando 256 hectares plantados de eucaliptos.

A adubação de cobertura foi realizada um ano após o plantio, com 46 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, 11,5 kg ha⁻¹ de Fósforo e 46 kg ha⁻¹ de Potássio, num total de 250 kg/ha (18;00;18), com adição de micronutrientes (0,5 enxofre e 0,7 boro), utilizando 225g lançados na projeção da copa de cada planta (SACRAMENTO, 2019).

A empresa seguiu com plantios anuais de 70 hectares, porém, com a alta mortalidade, em 2020, decidiu não instalar novos plantios.

3.3 Área do experimento

O plantio florestal foi instalado em áreas de antigos plantios de cana-de-açúcar, comuns da região da Zona da Mata- PE.

A empresa tem 256 hectares de florestas plantadas de quatro diferentes clones de eucaliptos. O plantio iniciou no ano de 2016 e foram plantados, por ano, 70 hectares até 2020. O inventário da empresa segue um padrão interno de uma parcela a cada quatro hectares, com o erro aceitável de 10%. As parcelas do inventário florestal foram alocadas nos plantios acima de três anos, inicialmente com 15 parcelas instaladas. Para completar o experimento, foi necessária a alocação de outras parcelas de modo aleatório.

A realização da pesquisa teve início em 2019, com a coleta de dados, utilizando no experimento os talhões dos clones acima de três anos: VM01, AEC224 e AEC144, em área total de 52,39 hectares, em um arranjo espacial de 3m x 3m. Para cada clone, foram alocadas 12 parcelas, visando equilibrar o experimento.

O inventário atual instalado tem 36 parcelas circulares de 450m², em talhões com idade de aproximadamente 5 anos. A tabela 1 mostra a divisão de clone por talhão por hectare.

Tabela 1. Descrição da divisão de clone por talhão e área por hectare

Talhão	Clone	Variedade	Ha
1	VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>	10,09
7	VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>	10,55
9.1	VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>	3,69
9.2.	VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>	7,26
3	AEC 0224	<i>E. urophylla</i>	8,12
4	AEC 144	<i>E. urophylla</i>	12,68
			52,39

O inventário florestal da empresa segue o processo de Inventário Florestal Contínuo (IFC), com medições feitas em todos os plantios a partir dos três anos, onde é feito o levantamento do estoque madeireiro total da empresa.

Para o experimento, cada clone foi considerado um tratamento, como mostra a tabela 2.

Tabela 2. Descrição da divisão dos tratamentos

Tratamento	Clone	Variedade
I	VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>
II	AEC 0224	<i>E. urophylla</i>
III	AEC 144	<i>E. urophylla</i>

Para o projeto, foram feitas três coletas de dados. Na primeira, realizaram-se as medições, juntamente com o inventário florestal contínuo da empresa, realizado em dezembro 2019. A segunda coleta foi realizada entre setembro e novembro de 2020 e a última, em fevereiro de 2021.

O delineamento adotado no experimento foi o Inteiramente Aleatório. O software usado para as análises foi o Microsoft Office Excel, com médias separadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3.4 Parcela Circular

Com o uso do Aplicativo Avenza Maps, foi possível usar o mapa georeferenciado do plantio de eucaliptos na fazenda Lagoa Grande, podendo, assim, localizar facilmente os talhões inventariados antes e durante todo o trabalho de campo.

Com o planejamento da quantidade de parcelas por talhão, iniciou-se a locação das parcelas. A parcela foi marcada a partir da escolha da árvore central, marcando a coordenada geográficas (UTM) com GPS eTrex20, o centro da parcela foi marcado com a pintura de duas faixas circulares, a partir dela, com o Vertex IV, foi feita a inclusão das árvores num raio de 12m. A parcela circular apresenta área de 450m² de circunferência.

Na primeira e última linha da parcela, todas as árvores foram pintadas com uma faixa, as outras linhas somente a primeira árvore e última árvore foram pintadas, demarcando a área circular da parcela. Para alocação de parcelas, foi usado todo o EPI necessário (perneira, capacete, máscara) garantindo a segurança durante a atividade.

Os materiais usados foram: tinta vermelha e branca; pincel para marcação das árvores da parcela, Vertéx para medição do raio da parcela circular e o GPS para localização de cada parcela. A inclusão de parcelas ocorreram em todos os talhões. Nos talhões com o clone VM01, foram instaladas três parcelas em cada talhão (1, 7, 9.1 e 9.2), o talhão com o clone AEC224 (talhão 3) e com o clone AEC144 (talhão 4) foram instaladas 12 parcelas. Seguindo o espaçamento utilizado, o quantitativo de árvores por hectare corresponde a 1111 árvores. Cada parcela de 450m² apresenta um número médio de 45 árvores.

Na figura 3 está ilustrado o desenho da parcela em campo.

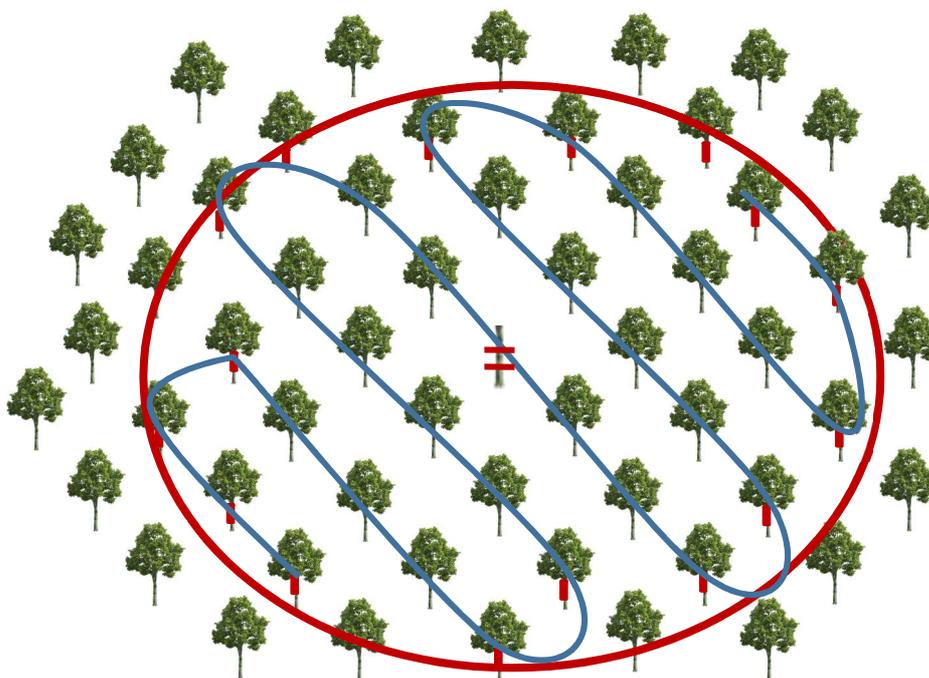


Figura 3: Parcela circular usada no inventário florestal
Fonte: A autora

3.5 Dados biométricos

Após realizar a demarcação das parcelas e numeração, as árvores foram mensuradas.

A coleta de dados ocorreu em três medições, feitas entre 2019 e 2021, e seguiu as medidas padrão do inventário florestal: diâmetro, altura, além da contagem das árvores vivas para levantamento da sobrevivência. Nesta etapa, observou-se a fitossanidade de cada árvore. Os equipamentos utilizados para as medições foram fita métrica, suta dendrométrica, Vertex IV, tabela e prancheta. A equipe foi composta de 2 a 4 pessoas da empresa e da universidade. Os dados de entrada, preenchidos inicialmente foram a data, o tipo de inventário, a unidade regional, projeto, data de plantio e número imobilizado (GPS), em seguida, os dados de campo foram digitados (talhão, parcela, cova, árvore, DAP, altura e qualidade).

3.5.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)

A coleta de diâmetros foi feita seguindo as normas do inventário florestal da empresa. Foi medida a circunferência, a 1,30 m do solo (CAP), com fita métrica, que posteriormente foi transformada em diâmetro a 1,30 m (DAP).

Nas duas coletas seguintes, os diâmetros medidos a 1,30m do solo (DAP) foram coletados com suta dendrométrica, aparelho adquirido pela empresa.

3.5.2 Altura (H)

Para realização das medições das alturas, foi utilizado o Hipsómetro Vertex IV, instrumento com funções tanto para o cálculo de alturas de árvores como para distâncias na floresta. Ele possui um sistema de medidas utilizando ultrassons e permite obter leituras exatas através de densa vegetação, medindo alturas a qualquer distância, sendo limitado a 30 metros de altura.

Na primeira coleta de campo, foram medidas as alturas das 10 primeiras árvores consideradas normais de cada parcela.

Na segunda coleta de dados, todas as alturas das árvores de cada parcela foram medidas e, para a concretização desta última avaliação, só foi possível medir as primeiras alturas, conforme autorização dada pela instituição, em decorrência das restrições da pandemia causada pelo Coronavírus.

A segunda coleta de dados, onde todas as alturas de cada parcela foram medidas, foi utilizada para validar os modelos hipsométricos.

3.5.3 Sobrevivência

Para análise da sobrevivência, foram contabilizadas as árvores vivas de cada parcela, observando e avaliando as condições fitossanitárias de cada árvore. Na Tabela 3, são mostrados os códigos e a descrição de qualidade da árvore no plantio.

Tabela 3. Descrição da qualidade das árvores do inventário florestal

Código inventário	Descrição qualitativa
B	Bifurcada
F	Falha
I	Suprimida
M	Morta
N	Normal
O	Tortuosa
Q	Quebrada
S	Seca
T	Tombada

Fonte: A autora

As diferentes nomenclaturas utilizadas dividiram as árvores em duas categorias: vivas e mortas. As árvores consideradas vivas foram:

- Bifurcada, com dois ou mais fustes;
- Suprimida, com o crescimento lento ou estagnado em relação as outras;
- Normal, árvores sadias, com folhas, fuste reto sem doenças ou danos;
- Tortuosas, com fustes tortos; e
- Seca, que apesar de estarem sem folhas poderiam voltar a realizar suas atividades metabólicas nas épocas chuvosas.

As árvores consideradas mortas foram todas que apresentaram morte ou sinais de mortalidade, tais como, rachaduras, quebra de ponteiro e seca extrema, sendo:

- Quebrada, que quebraram por algum fator pontual, como ventos;
- Tombadas, que já estavam no chão; e
- Falha, local do plantio vazio, anunciando a morte da muda.

3.6 A análise da sobrevivência

Para determinação da porcentagem de sobrevivência das árvores em campo foi adotada a Equação 1.

$$SC (\%) = \left(\frac{n}{N} \right) 100$$

Em que:

SC: Porcentagem de sobrevivência em campo;

n: Número total sobrevivência; e

N: Número total de mudas plantadas.

3.7 Modelos hipsométricos

Foram selecionados modelos hipsômetros para obter o melhor ajuste das alturas do povoamento de *Eucalyptus*, situado no Município de Glória do Goitá, Pernambuco. A qualidade do ajuste das equações foi avaliada com base nos valores percentuais do coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2 %) e no erro padrão da estimativa (S_{yx} %).

Na Tabela 4, são apresentados os modelos estatísticos tradicionais de ajuste hipsométricos utilizados no presente trabalho.

Tabela 4. Modelos estatísticos de ajuste hipsométricos

Modelo	Expressão
1	$H_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 D_i^2 + \epsilon_i$
2	$H_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(D_i) + \epsilon_i$
3	$\ln(H_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D_i) + \epsilon_i$
4	$\ln(H_i) = \beta_0 + \beta_1 (1/D_i) + \epsilon_i$
5	$D_i/\sqrt{H_i} = \beta_0 + \beta_1 D_i + \epsilon_i$
6	$D_i/\sqrt{H_i} = \beta_0 + \beta_1 (1/D_i) + \beta_2 D_i^2 + \epsilon_i$

H_i = Altura total; D_i = Diâmetro medido a 1,3 m do solo; \ln = Logaritmo neperiano

$\beta_0; \beta_1; \beta_2$ = parâmetros a serem estimados; e ϵ_i = erro.

3.8 Incremento médio anual

O incremento médio anual (IMA) é obtido pela divisão do tamanho cumulativo das dimensões da árvore pela respectiva idade, indica o crescimento anual da árvore. O IMA é obtido por meio da Equação 2.

$$\text{IMA} = \frac{\text{Volume}_i}{\text{Idade}_i}$$

Em que:

IMA - Incremento médio anual;

V_i - Volume na idade I_i ; e

I_i - Idade a partir do tempo zero.

3.9 Cubagem rigorosa

As cubagens foram realizadas em plantios do clone VM01 (*E. camaldulensis x urophylla*) em idade de dois anos, aproveitando um corte realizado pela empresa, seguindo a metodologia da cubagem rigorosa de Smalian.

Foram cubadas 72 árvores, as seções foram medidas desde a altura do toco, 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 1,3; e, a partir deste ponto, obtidas medidas de 1,00 em 1,00 m até o fim altura total. Com uso da fórmula de Smalian (Equação 3), calculou-se o volume para todas as seções do fuste:

$$v_i = \frac{g_1 + g_2}{2} \cdot L$$

O volume total V é obtido conforme a Equação 4:

$$V = \sum_{i=1}^n v_i$$

Em que:

V = Volume da árvore (m³);

v_i = Volume da seção i (m³);

g₁ = Área basimétrica no início da seção (m²);

g₂ = Área basimétrica no fim da seção (m²); e

L= Comprimento da seção (cm).

3.10 Volume

Para gerar estimativas precisas do volume, foi utilizado modelo de regressão de Schumacher-Hall linearizado, sendo o mesmo validado pelo volume das árvores cubadas.

Para os cálculos volumétricos, foi utilizada uma base de dados composta pelos diâmetros e alturas das árvores medidas em campo e estimadas pela equação hipsométrica.

3.11 Análise financeira do experimento

A análise da viabilidade econômica do plantio levou em consideração os custos de implantação e manutenção por hectare e a renda gerada com a produção de madeira dos clones. A partir do cálculo do IMA (Incremento médio anual), de 5 anos, foi feita a simulação dos clones, aumentando o crescimento em 10% e 20%, e reduzindo em 10% e 20%.

Para a implantação, os custos considerados foram: insumos, custos operacionais e arrendamento da terra, não levando em consideração gastos com a mão de obra, que, de modo geral, já estão inclusos no quadro de funcionários da empresa.

Os custos com a manutenção do plantio considerou insumos (herbicida e adubação) e limpeza da área (manual e mecanizada). Todos os custos do plantio foram disponibilizados pela empresa.

A análise da rentabilidade financeira foi realizada com a finalidade de verificar se a receita gerada pela produção da lenha de eucalipto retorna o capital investido na implantação.

Os indicadores de viabilidade econômica utilizados foram: VPL (Valor Presente Líquido), Razão benefício/custo (B/C) e CMPr (Custo Médio de Produção).

A análise do VPL é obtida por meio do valor das receitas menos os custos.

O Valor Líquido Presente (VLP) representado na Equação 5:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1 + i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1 + i)^{-j}$$

Em que:

R_j = Receitas no período j ;

C_j = Custos no período j ;

i = Taxa de desconto;

j = Período de ocorrência de R_j e C_j ; e

n = Duração do período de tempo.

Neste estudo foi realizada a análise financeira considerando taxas de juros de 5%, 10% e 15%. O valor da madeira de eucalipto cortado por tonelada foi de R\$ 230,00.

Razão benefício/custo (B/C) se refere a relacionar o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos a uma determinada taxa de juros ou descontos (GADELHA, 2014). Resulta da divisão das receitas pelos custos que venham a ocorrer durante a vida útil do projeto. O projeto é considerado economicamente viável se a relação for maior do que 1.

Razão benefício/custo (B/C) obtido, conforme Equação 6.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=0}^n R_j (1 + i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j (1 + i)^{-j}}$$

Em que:

R_j = Receita líquida no final do ano j ;

C_j = Custo no final do ano j ;

i = Taxa de desconto;

j = Período de ocorrência de R_j e C_j ; e

n = Duração do período de tempo.

O CMPr resulta da relação entre o custo total atualizado (CT_j) e a produção total equivalente (QT_j), sendo necessário converter os valores num mesmo período de tempo (REZENDE e OLIVEIRA, 2008). O CMPr foi obtido conforme a Equação 7.

$$\text{CMPr} = \frac{\sum_{j=0}^n \text{CT}_j(1+i)^{-1}}{\sum_{j=0}^n \text{PT}_j(1+i)^{-1}}$$

Em que:

CT_j= Custo total atualizado em cada período j; e

PT_j= Produção total equivalente em cada período j.

Os custos de implantação e a receita gerada pelo experimento foram processados em planilhas do Microsoft Office Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sobrevivência

O plantio apresentou um alto índice de mortalidade, demonstrando que as espécies não se adaptaram bem às condições de sítio, podendo estas condições estarem diretamente relacionadas ao regime hídrico da região e solos rasos com impedimento rochoso.

Na Tabela 5, são apresentadas as taxas de sobrevivência dos clones de *Eucalyptus* sp; por talhão e parcela

Tabela 5. Taxas de sobrevivência (%) de clones de *Eucalyptus* sp. avaliados no plantio de Glória do Goitá.

Variedade Clone	Talhão	Parcela	Total	Vivas	% Sobrevivência
VM01	1	1	42	33	79%
VM01	1	2	44	34	77%
VM01	1	3	46	40	87%
VM01	7	4	45	38	84%
VM01	7	5	45	38	84%
VM01	7	6	49	45	92%
VM01	9.1	7	46	22	48%
VM01	9.1	8	45	25	56%

VM01	9.1	9	41	27	66%
VM01	9.2	10	47	22	47%
VM01	9.2	11	49	24	49%
VM01	9.2	12	44	36	82%
AEC 0224	3	1	45	29	64%
AEC 0224	3	2	44	39	89%
AEC 0224	3	3	42	32	76%
AEC 0224	3	4	42	33	79%
AEC 0224	3	5	46	32	70%
AEC 0224	3	6	42	33	79%
AEC 0224	3	7	43	34	79%
AEC 0224	3	8	44	26	59%
AEC 0224	3	9	43	33	77%
AEC 0224	3	10	41	27	66%
AEC 0224	3	11	42	30	71%
AEC 0224	3	12	40	23	58%
AEC 144	4	1	45	16	36%
AEC 144	4	2	43	29	67%
AEC 144	4	3	44	27	61%
AEC 144	4	4	44	35	80%
AEC 144	4	5	43	28	65%
AEC 144	4	6	43	33	77%
AEC 144	4	7	42	19	45%
AEC 144	4	8	43	26	60%
AEC 144	4	9	42	28	67%
AEC 144	4	10	42	27	64%
AEC 144	4	11	44	24	55%
AEC 144	4	12	40	39	98%

A taxa de sobrevivência variou entre 36% e 98% e a média da sobrevivência foi de 69%, aos 5 anos.

No experimento instalado no município de São Bento do Una, no Agreste de Pernambuco, os clones de *Eucalyptus spp.*, com espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m e 2,0 m x 2,0 m, apresentaram taxas de sobrevivências entre 61% e 85%, aos 60 meses de idade (SERPA, 2014).

As características climáticas foram próximas das encontradas neste trabalho, o qual as espécies apresentaram alta taxa de mortalidade e demonstraram pouca adaptação às condições de sítio. Segundo Rocha (2012), em experimento instalado na cidade de Araripina-PE, com clones de *Eucalyptus spp.*, espaçamento 3,0 m x 2,0 m aos 7,5 anos de idade, a sobrevivência variou entre 49% e 99%.

No plantio de Glória do Goitá, houve variação na taxa de sobrevivência entre os clones e alta mortalidade. O espaçamento menos adensado do plantio de 3 m x 3 m não garantiu a maior sobrevivências das árvores.

A figura 4 mostra a média de sobrevivência por clone.

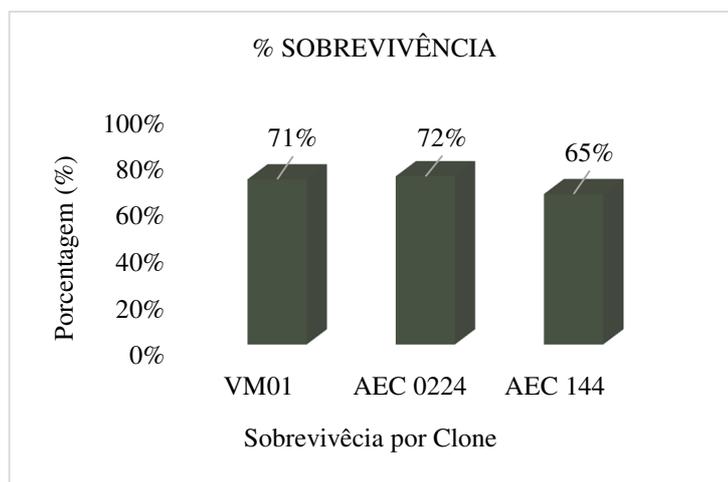


Figura 4- Média da sobrevivência do plantio por clone (%)
Fonte: A autora

A análise de sobrevivência foi feita 3 anos após o início do plantio, juntamente com o inventário florestal. Na pesquisa, foi possível observar um número alto de árvores mortas a cada nova medição das parcelas, muitas estavam quebradas, muitas tombadas e outras estavam secas e sem folhas.

A área do plantio apresenta duas situações distintas, os períodos de chuva e os períodos de estiagem. Nos períodos chuvosos, onde as precipitações são elevadas e sucessivas, o solo não consegue armazenar uma quantidade intensa de água num curto espaço de tempo. Este acúmulo de água ocasiona encharcamento local, deixando o terreno alagado. Após este período, a estiagem é prolongada com baixas precipitações, essa variação de condições acaba prejudicando diretamente a sobrevivência do plantio. Em ambas situações, o balanço hídrico da planta, que ocorre principalmente pela transpiração, é afetado, ou seja, em épocas de alagamentos ou em períodos de seca, o crescimento fica em fases de estagnação, visto que, para atingir o crescimento desejado e maior a produção de biomassa, é necessário maior consumo de água (RIBEIRO *et al.*, 2009)

A baixa disponibilidade de água no solo e a transpiração excessiva diminui o potencial hídrico dos tecidos das plantas e, sem água para compensar as perdas por evapotranspiração de

longos períodos de estiagem, ocorre a morte do vegetal por desidratação (TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2007).

O plantio também apresentou alto tombamento das árvores, uma hipótese para esta situação é o solo raso com impedimento rochoso.

Diferente de culturas anuais, as árvores apresentam sistema radicular profundo. Trata-se de um mecanismo natural para estabilidade estrutural, além de explorar o solo para obter água e nutrientes.

A profundidade do solo influencia diretamente no desenvolvimento da cultura, é uma condição na capacidade de retenção de água, oxigenação das raízes e susceptibilidade à erosão. O crescimento do eucalipto pode ser limitado, mesmo em regiões com pluviosidade satisfatória, uma vez que solos rasos limitam o crescimento radicular, além de estarem frequentemente associados a relevos declivosos (PINHEIRO, 2008). Quando as raízes não estão em contato direto com lençóis freáticos superficiais, seu consumo anual de água é limitado pela precipitação, em áreas de baixa precipitação, o consumo é escasso e compromete o crescimento das árvores (ANDRADE, s.d). Segundo Ryan *et al.* (2010), plantios em áreas que apresentam déficit hídrico mostram níveis menos elevados de eficiência no uso da luz, visivelmente percebido no baixo crescimento da madeira.

Na Tabela 6, é apresentada a análise da variância (ANOVA) para sobrevivência entre os clones de eucaliptos, na idade de 5 anos, ao nível de 95% de propabilidade.

Na ANOVA, pode-se observar que não houve efeito de tratamentos (clones) quanto à sobrevivência.

Tabela 6. ANOVA para a sobrevivência entre os clones de *Eucalyptus sp.*

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	81,05	40,53	1,15 ^{ns}
Resíduos	33	1161,83	35,21	
Total	35	1242,88		

Em que: FV = Fontes de variação; GL = graus de liberdade; SQ = Soma de quadrados; QM = quadrado médio; e ns = não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

As médias para sobrevivência não apresentaram diferença significativa para os clones testados na região, porém, observou-se que a mortalidade aumentou ao longo das medições.

As figuras 5 e 6 demonstram a mortalidade do plantio, árvores secas e tombadas.



Figura 5- Parcela do experimento, árvores secas e tombadas
Fonte: A autora



Figura 6- Mortalidade do plantio
Fonte: A autora

Segundo Paludzyszyn Filho (2013), deve-se evitar plantar eucalipto em solos rasos, pedregosos ou com afloramentos rochosos, sujeitos a encharcamentos, áreas de declive ou horizontes superficiais reduzidos. Nesses locais, os plantios se desenvolvem bem entre os 4 e 5 anos, após este período, inicia-se um processo de mortalidade acentuada das plantas. As condições descritas por Paludzyszyn são semelhantes à situação do plantio de Glória do Goitá, onde os solos são rasos e pedregoso, as chuvas concentradas entre os meses de abril a junho, encharcam o solo, fica e, após este período, há uma seca prolongada, todas as condições desfavorecem o plantio, o crescimento fica estagnado, as árvores não conseguem obter água

dos lençóis freáticos, e nem das chuvas que são escassas, ambas situações provocam o estresse na planta e acabam por provocar a mortalidade dos eucaliptos.

A capacidade produtiva do plantio florestal depende da relação solo e ambiente, toda característica do solo, textura, pedregosidade, profundidade, interferem e podem até restringir o crescimento das raízes e a percolação da água, agindo no crescimento das árvores (CARVALHO *et al.*, 1999).

Ryan e Stape *et al.* (2010) concluíram que a disponibilidade de água é geralmente o principal fator limitante de crescimento para plantações de eucalipto no Brasil.

O estresse hídrico, sofrido pela baixa precipitação, impede a fotossíntese, causando distúrbios no metabolismo da planta, leva à paralisação do crescimento, perdas de produtividade e, em condições extremas, causa a morte do plantio (MARTINS *et al.*, 2010)

4.2 Dados de diâmetros e alturas

4.2.1 Diâmetro

A Tabela 7 apresenta os DAPs mínimo, máximo e médio por clones de *Eucalyptus* na idade de 5 anos.

Tabela 7. Descrição dos DAPs entre os clones de *Eucalyptus sp.*

Tratamento	Espécie	Espaçamento	DAP mínimo	DAP máximo	DAP médio
VM01	<i>E. camaldulensis x urophylla</i>	3X3	3,7	15,9	9,3
AEC 0224	<i>E. urophylla</i>	3X3	4,2	17,5	10,1
AEC 144	<i>E. urophylla</i>	3X3	4,3	17,7	10,2

Os clones utilizados no plantio variaram em amplitude diamétrica. O diâmetro médio entre os clones foi de 9,8 cm. O DAP mínimo foi de 3,7 cm para o clone VM01 e o DAP máximo foi de 17,7 cm para o clone AEC144.

Marcolino (2010), avaliando um experimento instalado em Mogi-Guaçu-SP, com *Eucalyptus spp.*, em idade de 4 anos e espaçamento 3,0 m x 3,0 m, encontrou valores de DAPs variando entre 12,7 cm e 14,4 cm. Leles *et al.* (2001) encontrou, em plantios de *E. camaldulenses*, com espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, aos 4,5 anos de idade, no município de João Pinheiro-MG, o diâmetro médio de 12,3 cm.

O estudo realizado por Vendruscolo *et al.* (2015), em povoamentos de *Eucalyptus spp.*, espaçamento de 3 m x 3 m, medidos aos quatro anos de idade, encontrou DAP mínimo 12,8 cm e máximo 14,3 cm.

Serpa (2014) encontrou, no experimento instalado em São Bento do Una-PE, com *Eucalyptus urophylla*, valor médio de 10 cm, aos 5 anos, no espaçamento 3,0 m x 2,0 m.

Os estudos mencionados mostraram que os DAPs médios foram superiores aos apresentados nesse estudo, mesmo com o espaçamento mais amplo, evitando concorrência entre as plantas, os DAPs foram inferiores aos observados nos outros experimentos. O plantio de São Bento do Una obteve a maior proximidade em diâmetro médio, visto que as características climáticas da região são quente e seca, similares ao plantio em Glória do Goitá.

A principal característica observada nesse experimento foi a amplitude diamétrica, ocorrendo uma elevada variabilidade nos valores dos diâmetros, sendo possível constatar que muitas árvores estavam com o crescimento estagnado.

4.2.2 Altura

Os modelos hipsométricos, ajustados previamente para a região de estudo, foram utilizados para estimar a altura das árvores não mensuradas (m) no plantio de *Eucalyptus sp.* Os modelos foram validados com a segunda coleta de dados, onde todas as alturas foram medidas. O modelo 5 obteve o melhor coeficiente de determinação ajustado R_{aj}^2 (%) = 83% e o menor erro padrão S_{yx} (%) = 3%.

Tabela 8. Modelos hipsométricos ajustados, coeficientes e estatísticas para o plantio.

Modelo	b_0	b_1	b_2	R_{aj}^2 %	S_{yx} %
1	2,6843	0,9801	-0,0078	59%	17,59
2	-3,5962	6,7335		57%	17,93
3	0,8910	0,6760		59%	17,60
4	2,9228	-4,6292		55%	1,71
5	0,8799	0,2047		83%	0,03
6	2,7912	-5,2371	0,0066	83%	0,04

$$\text{Modelo Hipsométrico: } H_i = \left(\frac{D_i}{\beta_0 + \beta_1 \cdot D_i} \right)^2 + \varepsilon_i$$

$$\text{Equação hipsométrica: } \hat{H}_i = \left(\frac{D_i}{0,8799 + 0,20478 \cdot D_i} \right)^2$$

Os modelos ajustados apresentaram, na sua maioria, valores de coeficiente de determinação ajustado $R_{aj}^2(\%)$ inferiores a 60%, somente dois modelos apresentaram o $R_{aj}^2(\%)$ acima de 80%. Campos e Leite (2006) afirmaram que, para as relações hipsométricas, é comum que o valor de $R_{aj}^2(\%)$ não ultrapassem 80%, isto porque a correlação altura/diâmetro não é tão forte quanto a relação altura/volume.

O valor médio da altura real das 10 primeiras árvores medidas por parcela foi 12,26 m, com o valor mínimo de 6,4 m para o clone VM01 e máximo de 19,5 m para o clone AEC144. Para as alturas estimadas pelo modelo hipsométrico, a altura média foi 11,4 m, com o valor mínimo de 5,1 m para o clone VM01 e máximo de 19,5 m para o clone AEC144.

Batista *et al.* (2001) comprovaram que avaliando o desempenho de modelos hipsométricos em três tipos de florestas, os mesmos respondem às particularidades da amostra utilizada no ajuste e que a proporção de árvores em diferentes classes diamétricas influencia de forma diferenciada os diversos modelos ajustados, podendo super ou subestimar alturas. Nesse caso, o modelo hipsométrico obteve um ajuste eficiente (83%), uma vez que os valores estimados foram próximos dos valores reais.

No que diz respeito ao erro padrão da estimativa $S_{yx}(\%)$, a equação apresentou o menor valor previsto de 3 %, bem abaixo do valor máximo aceitável de 10%.

Miguel *et al.* (2018) avaliou nove modelos hipsométricos ajustados para um plantio híbrido clonal (*E. grandis x urophylla*), com três anos de idade e espaçamento 3 m x 2,5 m, e encontrou o erro padrão da estimativa $S_{yx}(\%)$ de 9%, superior ao encontrado nesta pesquisa. Muitos ajustes hipsométricos apresentam alto erro padrão associado, para inventários florestais, o erro deve ser o menor possível. O modelo utilizado apresentou um erro padrão satisfatório.

O estudo realizado por Vendruscolo *et al.* (2015), em povoamentos de eucaliptos, espaçamento de 3 m x 3 m, medidos aos quatro anos de idade, encontrou alturas entre 17,9 m e 20,3 m, em diferentes sítios. Simões (1980), em plantios de espécies variadas de eucaliptos, encontrou um média de altura de 18,96 m, em um espaçamento 3 m x 2 m, aos cinco anos, valores acima dos encontrados nesta pesquisa. Assim como, para o diâmetro, houve uma variabilidade nas alturas, ocorrendo interferências no crescimento das árvores, que se encontravam secas e sem folhas, apresentando dificuldade em realizar a fotossíntese, expressa em baixo crescimento.

4.3 Cubagem das amostras

As cubagens realizadas em plantios do clone VM01 (*E. camaldulensis x urophylla*) permitiram calcular o volume real, o fator de forma médio (\bar{f}) para o povoamento e validar o modelo volumétrico para estimar o volume do povoamento pela análise de regressão. Não foi permitido pela empresa realizar novas cubagens com os outros clones.

O volume médio com casca foi de 0,0074 m³/árvore, ficando o valor mínimo de 0,0003 m³ e máximo 0,0213m³.

O fator de forma médio (\bar{f}) encontrado para o povoamento foi de 0,54. O resultado foi semelhante ao encontrado por Miranda (2015), para estimar o volume comercial com casca, (\bar{f}) de 0,54, em um povoamento clonal de *Eucalyptus urograndis*, espaçamento 4m x 2m, com idade de 30 meses, no estado de Mato Grosso.

Para o gênero *Eucalyptus*, o fator de forma é geralmente próximo de 0,50, variando entre 0,40 e 0,60 (CIPRIANI *et al.*, 2015). O espaçamento utilizado minimizou a competição das espécies, o fator de forma foi calculado em árvores com idade de dois anos, que apresentaram condições fitossanitárias normais. O fator de forma encontrado ficou dentro do esperado para o gênero.

Segundo Miranda (2015), para obtenção de estimativas rápidas de volumes, é utilizado o fator de forma, para seu uso ser eficiente e não estimar valores menos precisos, é necessário usar um fator de forma específico, que sofre influência das diversas variações do plantio.

A utilização do fator de forma acelera consideravelmente a obtenção das estimativas, porém, sua utilização deve ser considerada com atenção, uma vez que a precisão da estimativa é inferior às obtidas com equações de volume (MIGUEL *et al.*, 2010).

4.4 Modelo volumétrico

O modelo linearizado de Schumacher-Hall apresentou um ótimo ajuste, apresentando um coeficiente de determinação ajustado foi $R_{aj}^2(\%)$ de 99% e o erro padrão da estimativa Sy_x (%)1%.

O modelo linearizado de Schumacher-Hall: $LnV_i = \beta_0 + \beta_1 Ln D_i + \beta_2 Ln H_i + \varepsilon_i$

Equação de volume: $Ln\hat{V}_i = -9,1696 + 1,9744 Ln D_i + 0,5726 Ln H_i$

O resultado obtido pelo modelo volumétrico ajustado Schumacher-Hall logarítmico foi semelhante ao apresentado por Martins (2015), em povoamentos de *Eucalyptus spp.*, em

Turmalina-MG, em espaçamento 3 m x 3 m e idade de 5 anos. O coeficientes de determinação ajustado R_{aj}^2 (%) foi superior a 98% e erro padrão da estimativa S_{yx} (%) 3%.

Leal (2015) ajustou três modelos volumétricos para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* com idade de 6,5 anos, plantados em espaçamento de 2,8 m x 1,8 m. O modelo de Schumacher-Hall linearizado foi selecionado por apresentar resultados mais eficientes, por meio das suas equações, apresentando menores valores do erro padrão da estimativa S_{yx} (%) = 3,5%, maiores valores de R_{aj}^2 (%) 97% para todos os tratamentos avaliados.

Segundo Gadelha (2014), o valor dos ajustes representa bem o desenvolvimento de eucaliptos para regiões mais secas, sendo o modelo de Schumacher-Hall utilizado para alguns estudos com eucaliptos no Polo Gesseiro do Araripe.

4.4.1 Volume

O valor máximo do volume foi de 52,50 m³/ha no tratamento III da variedade AEC144, ficando o valor mínimo de 18,41 m³/ha no tratamento I da variedade VM01 .

Com a alta mortalidade do plantio, as parcelas apresentaram um volume baixo, a cada medição havia mais árvores secas, tombadas e quebradas, além de falhas iniciais do plantio.

Serpa (2014) encontrou, no experimento de São Bento do Una-PE de *Eucalyptus urophylla* com 5 anos, o volume de 53,89 m³/ha, com o espaçamento 3 m x 2 m.

Gadelha *et al.* (2012), em experimento na região do Araripe, encontrou uma produtividade com 7,5 anos, com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, de 132,20 m³/ha, com um híbrido de *Eucalyptus urophylla*.

O plantio na região do Araripe obteve um volume acima do esperado para região do sertão de Pernambuco, apesar dos volumes de chuvas serem reduzidos na região, o solo profundo e o material genético adaptado a esta condição permitiram o desenvolvimento do plantio.

A pesquisa realizada em Glória do Goitá não obteve o volume esperado, apesar do material genético ser adaptado à condição de baixa precipitação, os solos rasos foram fator limitante para o crescimento. Segundo Serpa (2014), à medida que a sobrevivência diminui, a produtividade por hectare também diminui.

Após a estimativa do volume por hectare e tratamento ser concluída, foi feito a análise de variância para as medições.

A análise da variância (ANOVA) para volumes não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos (clones), na idade atual (Tabela 9), ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. ANOVA para a variável volume entre os clones de *Eucalyptus sp.*

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,05015	0,02508	0,1261 ^{ns}
Resíduos	33	6,56388	0,19891	
Total	35	6,61403		

Em que: FV = Fontes de variação; GL = graus de liberdade; SQ = Soma de quadrados; QM = quadrado médio; e ns = não significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

As médias dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas para os clones testados na região, as condições de sítio, solos rasos e regime hídrico interferiram diretamente no volume do plantio e, conseqüentemente, na produção.

Segundo Silva (2008), o volume é a informação de maior relevância para o conhecimento do potencial de um povoamento florestal, onde o volume individual irá fornecer dados para análise do potencial produtivo.

4.5 Incremento médio anual

O maior valor do IMA para o plantio, aos cinco anos, foi de 10,50 m³/ha para o clone AEC144.

Carvalho (2010) encontrou o IMA, aos 3 anos, de 13,47 m³/ha, e, aos 3,5 anos, de 15,50m³/ha, para a classe IV de produtividade, que foi a menor produtividade de todas as classes, para sítios com rotação de 6,5 anos no estado de Minas Gerais.

No Polo Gesseiro do Araripe-PE, o valor do IMA foi superior ao plantio da empresa para o clone C39 (*E. urophylla*), com o IMA no valor de 29,68 m³/ha, e, para o clone C41 (*E. urophylla*), no valor de 22,85 m³/ha, aos 7,5 anos de idade (ROCHA, 2012).

Vega (2018) encontrou valores superiores em povoamentos de eucalipto localizados na região nordeste do estado da Bahia, em Alagoinhas, o IMA foi 16,32 m³/h, aos 3 anos, para classe de sítio I, com área basal inferior a 19 cm.

Sales (2013) encontrou valores superiores em povoamentos de *Eucalyptus urophylla*, localizados na área experimental de São Bento do Una, aos 48 meses, o IMA foi 16,33 m³/h.

4.6 Simulação de viabilidade econômica

Os custos de implantação de um hectare de eucalipto foi de R\$3.593,88, estando incluso o arrendamento da terra de R\$650,00 ha/ano. Os custos da implantação e manutenção foram disponibilizados pela empresa. Para os custos de manutenção dos dois primeiros anos, levou-se em consideração, além da limpeza, a adubação de cobertura. Os valores do primeiro ano pós plantio foram de R\$1.444,80 e, do segundo ano, foram de R\$1.825,60. O valor gasto nos anos seguintes foi de R\$ 845,00 ha/ano.

O custo de implantação do plantio por hectare e manutenção até o quinto ano foi de R\$ 9.399,28, conforme tabela abaixo.

Tabela 10 . Custos de implantação e manutenção do plantio de *Eucalyptus* sp. até o 5° ano

Custos do Plantio		
Operação	Ano	Custos
Implantação	1	R\$ 3.593,88
Pós- Plantio	1	R\$ 1.444,80
Manutenção	2	R\$ 1.825,60
Manutenção	3	R\$ 845,00
Manutenção	4	R\$ 845,00
Manutenção	5	R\$ 845,00
Total	1-5 Anos	R\$ 9.399,28
Custo Médio Anual	1-5 Anos	R\$ 1.566,55

O preço médio da madeira de eucalipto cortado no estado de Pernambuco custa R\$ 230,00 a tonelada, tendo como variação o deslocamento da mesma. Já a madeira da Caatinga, extraída por Planos de Manejo Sustentável, custa R\$ 200,00 a tonelada, o mesmo preço da madeira da Algaroba.

O IMA dos três clones de eucaliptos não apresentou diferenças significativas após os 5 anos do plantio. A média foi de 6,26 m³/ha, abaixo do esperado para povoamentos de eucalipto.

A madeira é comercializada no estado de Pernambuco em tonelada, para a precificação, o metro cúbico da madeira foi transformado em tonelada. Segundo B2woodbusiness (2021), um metro cúbico de madeira de eucalipto com casca equivale à 0,868 toneladas.

A tabela 10 mostra o IMA para cada clone, em m³/ha e em tonelada, e o preço do Eucalipto, Caatinga e Algaroba.

Tabela 11 . IMA por clone em tonelada e precificação do plantio

IMA (m ³ /ha)	Ton	R\$/T			
		Eucalipto	Caatinga PMS	Algaroba	
VM01	6,4915	5,6346	R\$ 1.295,96	R\$ 1.126,92	R\$ 1.126,92
AEC0224	6,1529	5,3407	R\$ 1.228,36	R\$ 1.068,14	R\$ 1.068,14
AEC 144	6,1276	5,3188	R\$ 1.223,32	R\$ 1.063,76	R\$ 1.063,76
μ	6,2573	5,4314	R\$ 1.249,22	R\$ 1.086,27	R\$ 1.086,27

Simulando um aumento no IMA de 10% e 20%, aos cinco anos idade, prevista para o corte e diminuindo 10% e 20%, considerando a mortalidade acentuada ou outra perda ocasional.

Tabela 12 . Simulação do IMA (5 anos) acrescentando e diminuindo 10% e 20%

IMA	R\$	10% (+)	20% (+)	10% (-)	20% (-)
IMA-5 anos (m ³ /ha)	R\$ 1.249,22	R\$ 1.374,14	R\$ 1.499,06	R\$ 1.124,29	R\$ 999,37

O IMA dos clones em 5 anos foi de 6,26 m³/ha/ano. Ao multiplicar por 5 anos de rotação, o resultado é de 31,3 m³. Considerando a densidade da madeira do *Eucalyptus urophylla*, que apresenta densidade básica de média à alta em amplitude de 0,43 a 0,59 g/cm³ (FERREIRA, *et al.*, 1979), utilizando o valor para o plantio de 0,5 g/cm³, multiplicado ao IMA, obtem-se um total de 15,65 toneladas/ha em cinco anos.

A madeira de eucalipto sendo comercializada a R\$ 230,00 por tonelada, multiplicada pela produção de 15,65 toneladas/ha em cinco anos, obtem-se uma receita de R\$ 3.599,50.

Diante da receita obtida, menos os custos gerados em cinco anos, computa-se um déficit de -R\$ 5.799,78.

Isto significa um prejuízo de -R\$ 5.799,788 por rotação de cinco anos ou -R\$ 1.159,96 por hectare/ano. O resultado da simulação do aumento no IMA de 10% e 20% aos cinco anos mostrou que a rentabilidade ficou abaixo do esperado, não retornando o custo do investimento.

Os indicadores de viabilidade econômica dos tratamentos aos cinco anos seguem na tabela abaixo. As taxas de juros utilizadas para calcular os índices foram 5%, 10% e 15% respectivamente. A Tabela 13 mostra os indicadores de viabilidade econômica dos clones, que tiveram como critério de avaliação a produção do plantio.

Tabela 13 . Índices de avaliação econômica da produção de madeira de eucaliptos: VPL (Valor Presente Líquido), B/C (Razão Benefício Custo) e CMPr (Custo Médio de Produção)

Clones (5anos)	Taxas	5%	10%	15%
VM01	VPL (R\$/ha)	-R\$ 4.439,98	-R\$ 3.518,56	-R\$ 2.817,34
	B/C	0,24	0,15	0,10

	CMP _r (R\$/ha)	R\$ 888,91	R\$ 558,24	R\$ 357,91
AEC224	VPL (R\$/ha)	-R\$ 4.592,53	-R\$ 3.639,44	-R\$ 2.914,13
	B/C	0,23	0,15	0,09
	CMP _r (R\$/ha)	R\$ 937,82	R\$ 588,96	R\$ 377,60
AEC144	VPL (R\$/ha)	-R\$ 4.603,93	-R\$ 3.648,48	-R\$ 2.921,37
	B/C	0,23	0,14	0,09
	CMP _r (R\$/ha)	R\$ 941,70	R\$ 591,39	R\$ 379,16

As taxas de juros aplicadas à produção de madeira dos três clones apresentam inviabilidade econômica aos 5 anos de idade, todos os clones apresentaram VPL negativo e razão B/C abaixo de 1.

O custo médio do m³ de madeira produzido diminuiu à medida que aumenta a taxa de capitalização e, como o VPL foi negativo, o CMP_r foi superior ao preço do m³ da lenha pago pelas empresas na região, que varia entre R\$ 200 e R\$ 230.

Com base nesses dados, a simulação de custos mostrou que há inviabilidade no plantio dos clones de eucalipto analisados, mesmo introduzindo tratamentos silviculturais na área, adubação, subsolagem, combate às formigas e espaçamentos menos adensados, o cenário foi negativo no experimento feito na fazenda Lagoa Grande.

Introduzir espécies florestais em regiões que não existem dados sobre plantações é uma atividade arriscada, haja vista que o plantio de eucalipto não é recomendado em áreas de solos rasos, com alta pedregosidade e suscetível a encharcamentos, nesses locais o plantio não consegue chegar aos lençóis freáticos e a única disponibilidade de água provém da chuva, que é escassa na região.

Para introduzir espécies florestais em regiões que não existem dados sobre o comportamento dos plantios, o ideal é fazer um experimento com as espécies, levando em conta as diversas fontes de variações locais que podem interferir no desenvolvimento da cultura: pluviosidade, temperatura, tipo de solo, profundidade, fertilidade, densidade e afloramento rochoso.

Quanto à espécie, é ideal analisar suas características morfológicas, estudar espaçamentos, adubação e fertilização, buscar na literatura plantios semelhantes, analisar eficiência hídrica, tolerabilidade ao déficit hídrico, a época do plantio, plantio clonal ou por sementes e, principalmente, o produto gerado a partir da matéria-prima.

O melhoramento genético possibilitou a implantação de eucaliptos em áreas heterogêneas, contudo, é importante analisar o risco de pragas, doenças, ou adversidades

climáticas. O preparo da área, tratamentos silviculturais, custos, devem estar inseridos no projeto inicial do plantio, assim é possível averiguar a viabilidade do empreendimento.

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos utilizados no plantio de Glória do Goitá, representados pelos clones VM01 (*E.camaldulensis x urophylla*), AEC224 (*E.urophylla*) e AEC144 (*E. urophylla*), não são recomendados para cultivo em área de transição entre Zona da Mata e o Agreste seco de Pernambuco por apresentar alta mortalidade;

Os clones não apresentaram diferenças significativas na produtividade, os volumes estavam abaixo do esperado para a idade e não houve diferenciação entre os clones testados, o clone AEC144 apresentou o maior IMA, de 10,50 m³/ha, aos 5 anos;

Os dados biométricos de DAP e Altura indicaram alta variabilidade no plantio, demonstrando um crescimento e produtividade heterogêneo para os três clones;

O modelo de Schumacher e Hall linearizado proporcionou ajuste de 99% dos dados analisados, sendo recomendado para a previsão de volume de árvores em regiões secas;

A sobrevivência do plantio foi o fator limitante para a produtividade, a cada nova medição, a mortalidade aumentou, mesmo com os espaçamentos menos adensados, não houve resultado positivo. As árvores vivas, em grande maioria, estavam secas, comprometendo suas atividades metabólicas. As condições do solo e a seca têm afetado severamente o plantio, a combinação solos rasos e pedregosos, déficit hídrico e alagamentos são condições desfavoráveis ao plantio de *Eucalyptus*, uma vez que, na maior parte do tempo, o crescimento das plantas fica estagnado.

A simulação da viabilidade econômica mostrou resultados negativos, uma vez que o custo do investimento foi maior do que a receita gerada com a produção do plantio, sem levar em consideração os gastos com a colheita, que não foram calculados na simulação.

6 RECOMENDAÇÕES

Para plantios em condições similares aos da região de Glória do Goitá, as recomendações são diminuir o tempo de rotação entre 4 e 5 anos, após este período, a mortalidade fica cada vez mais acentuada. Os clones não apresentaram diferenças no desenvolvimento entre si, demonstrando resultados satisfatórios em incremento no início do plantio, podendo ser testados em áreas de solos mais profundos com baixas precipitações.

Para conhecer o material genético e saber sua utilização para produção energética, a recomendação é fazer análises de amostras de cada clone, quanto ao poder calorífico, densidade da madeira, teor de umidade e cinzas.

A indicação para não perder a produção total seria cortar os talhões mais velhos que apresentam árvores saudias para aproveitamento energético. O corte da madeira pode ser feito em pequenas áreas, suprimindo a demanda da empresa, otimizando as operações em campo e reduzindo os custos da colheita e transporte.

Sugere-se mais pesquisas sobre os mesmos materiais genéticos utilizados no local de estudo em outras áreas.

REFERENCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA-APAC. Recife. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/monitoramento>. Acesso em: 10 jan. 2021.

AGROICONE – **Oportunidades para Florestas Energéticas na Geração de Bioenergia**. 2015. Curitiba-PR. Disponível em: <http://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Oportunidades-Para-Florestas-Energeticas-Na-Geracao-De-Energia-No-Brasil-1.pdf>. Acesso: 14 nov.2020.

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009.

AMARAL, G.C. **Variáveis climáticas e suas relações com a miniestaquia de *Eucalyptus spp.* no Brasil central**. 2016. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Brasília, 2016. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/20065/1/2016_GenildaCanutoAmaral.pdf. Acesso em: 12 maio. 2021.

ANDRADE, G.C. **Árvore do conhecimento: eucalipto e água**. In: **Agência Embrapa de informação tecnológica**. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONTAG01_63_2572006132316.html. Acesso em: 11 set. 2021.

ANJOS, C.S. **O sensoriamento remoto como ferramenta para planejamento de inventários florestais por índice de vegetação**. 2017. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação). Universidade Federal de Pernambuco, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29863> Acesso em: 09 jan. 2021.

ASSAD, E.D et al. **Mudanças do clima e a cultura do eucalipto**. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: DF, 2021. p.357-394,. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222931/1/PL-Mudancas-clima-eucalipto-2021.pdf>. Acesso em:03 ago.2021.

ASSIS, T.F.; MAFIA R.G. **Hibridação e clonagem**. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: MG, 2007. p.93-121.

BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. IPEF, Piracicaba, SP, v.1, n.3, p.1-16, 1980. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr03/cap01.pdf>. Acesso em:05 ago. 2021.

BARBOSA, W.B. **Demanda de Biomassa Florestal e a Problemática Ambiental Associada à Extração Vegetal: Abordagem no Pólo de Confeções do Agreste Pernambucano**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011. Disponível em: http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/waldinilson_barros_barbosa.pdf. Acesso em:10 out. 2020.

BARROS, B.C. et al. **Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no polo gesseiro do Araripe, PE**. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p.641-647, 2010.

Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/2422>. Acesso em: 10 set. 2021.

BATISTA, J.L.F.; COUTO, H. T. Z.; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n.60, p. 149-163, 2001. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr60/cap12.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2021.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria- RS, v.12, n.2, p.75-87, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1682/0>. Acesso em: 05 jan. 2021.

BRITO, J.O. Madeira e energia. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa: MG, 2013. 551 p.

BRITO, J.O. O uso energético da madeira. **Revista Estudos Avançados da USP**. São Paulo-SP, vol.21, n.59. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a14v2159.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2021.

B2WOODBUSINESS. Conversão de madeira. 2021. Disponível em: <https://www.b2wood.com/informacoes-e-noticias/informacoes/conversao-de-madeira/>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CAMPELLO, F.B. Uso sustentável integrado da biodiversidade na caatinga. In: **Serviço Florestal Brasileiro**. Brasília: DF, 2010. p.254. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1788-uso-sustentavel-e-conservacao-dos-recursos-florestais-da-caatinga/file>. Acesso em: 10 dez. 2020.

CAMPELLO, F.C.B. et al. Diagnóstico florestal da região Nordeste. In: **Boletim técnico IBAMA**. Brasília: DF, 1999. 20p.

CAMPOS, J.C.C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, Curitiba-PR, v.2, n.3, p.45-52, 1970. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5684/4126>. Acesso em: 05 ago. 2021.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CARMO, D.N. et al. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: MG, 1990.

CARNEIRO, M.R. **Mapas de aptidão da bacia do rio dourados para o cultivo de algumas espécies de Eucaliptos**. 2005. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia.) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2005. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Marco%20Aur%C3%A9lio%20Carneiro.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

CARVALHO, A.P. et al., Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo-PR, n.39, p.51-66, 1999. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF200909/4973/1/carvalho.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2021.

CARVALHO, S.P.C. **Uma nova metodologia de avaliação do crescimento e da produção de *Eucalyptus* sp. clonal para fins energéticos**. 2010. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, 2010. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3916/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Uma%20nova%20metodologia%20de%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20crescimento%20e%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Eucalyptus%20sp%20clonal%20para%20fins%20energ%C3%A9ticos.pdf. Acesso em: 10 jan. 2021.

CAMPECHE, C.L. Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista. **Comunicado Técnico Embrapa**, Rio de Janeiro-RJ, n.51, p.1-6, 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51_2008_nocoos_estrutura_solo_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqa.pdf. Acesso em: 03 out. 2021.

CELULOSE ONLINE. **Em Pernambuco, eucalipto substitui cana-de-açúcar em áreas de declive**. 2015. Disponível em: <https://www.celuloseonline.com.br/em-pernambuco-eucalipto-substitui-cana-de-acucar-em-areas-de-declive>. Acesso em: 24 jul. 2020.

CIPRIANI, H.N. et al. Fatores de forma para eucaliptos em Vilhena, Rondônia. **Embrapa Rondônia**, Porto Velho-RO. Circular Técnica, n.143, p.1-4, 2015. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1034433>. Acesso em: 10 out. 2021.

COUTO, L. et al. Espaçamento de plantio de espécie de rápido crescimento para dendroenergia. Belo Horizonte: CEMIG, 2002.

COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Florestas energéticas no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. São Paulo: UNICAMP, 2008. 736 p. Cap. 4, p. 93-111.

COUTO, L.; MULLER, M.D. Florestas energéticas no Brasil. **Tecnologias de conversão da biomassa**. Manaus: EDUA/EFEI, 2000.

CUNHA, U.S. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Manaus: Escola Agrotécnica Federal de Manaus, 2004. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/284/o/dendroinv.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.

ELOY, E. **Quantificação e caracterização da biomassa florestal em plantios de curta rotação**. 2013. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia.) – Universidade Federal de Santa Maria, 2013. Disponível em: http://coral.ufsm.br/ppgaaa/images/Elder_Eloy.pdf Acesso em: 10 set. 2021.

FERRARI, A.C.; SILVA, H.D. Eucalyptus para região Amazônica, Estados de Rondonia e Acre. **Embrapa Floresta**, Colombo-PR. n.116, p.1-4, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/312711/4/comtec116.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

FERREIRA, M.P. et al. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Embrapa Floresta**, Colombo-PR. n.94, p.4-22, 2004. Disponível em: <http://files.engflorestal.webnode.com.br/200000025dd4edde4a4/Propaga%C3%A7%C3%A3o%20Vegetativa%20de%20Esp%C3%A9cies%20Florestais.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2020.

FERREIRA, A.C. et al. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na região de Mogi-Guaçu-S.P. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba-SP, n.18, p.106-117, 1979. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr18/cap05.pdf> Acesso em: 12 set. 2021.

FERRAZ, T.M. **Ecofisiologia de clones de eucalipto submetidos à restrição hídrica em condições de campo**. 2012. 113f. Tese. (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2012. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Tiago-Ferraz.pdf>, Acesso em: 10 jun. 2020.

FLORES, K.S.C. **Estudo da respostas ecofisiológicas no crescimento de clones Eucalyptus spp. submetidos a variações de níveis de restrições hídricas em distintas condições edáficas** 2016. 230f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-28032016-121014/pt-br.php>. Acesso em: 15 maio. 2020.

FOELKEL C.B. **Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade**. Eucalyptus Online Book. 2016. Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT44_Geracao_Calor_Vapor_Eletricidade.pdf. Acesso em: 05 maio.2020.

FOELKEL C.B. Eucalipto no Brasil. História de pioneirismo. São Paulo-SP. In: **Visão agrícola**. n.2, p.66-69, 2005. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-florestas-plantadas03.pdf> Acesso em:10 jun. 2020.

FURLAN, R.A. **Seleção de clones de Eucalipto para tolerância à seca no nordeste do Brasil**. 2018. 99f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Câmpus de Botucatu, Botucatu-SP. 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/157471/furlan%20_ra_me_botfca.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 10 abr.2021.

GADELHA, F.H.L. et al. Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus sp.* no Pólo Gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.22, n.2, p.331-341, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982012000200331&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 08 dez. 2020.

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

http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/fernando_henrique_de_lima_gadelha.pdf. Acesso em: 07 out. 2020.

GONTIJO, D.O. **Silvicultura do eucalipto: principais espécies cultivadas no brasil e suas características**. 2018. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/56452/R%20%20E%20%20DANUSA%20DE%20OLIVEIRA%20GONTIJO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jan. 2021.

GRAÇA, L.R. et al. Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, n.50, p.1-32, 2000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79211/1/doc50-Custos-florestais-de-producao.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

HAMILTON Jr., D.A.A. Logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of Northern Idaho. **Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 4, p. 989-1000, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/forestscience/32.4.989>. Acesso em: 05 fev. 2021.

HAWKES, C. Woody plant mortality algorithms: description, problems and progress. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.126, n.2/3, p.225-248, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380000002672>. Acesso em: 05 fev. 2021.

HIGA, R.C.V. et al. Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural. **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, n.54, p.1-27, 2000. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc54_000hlryqjv702wx7ha0rww4wos9b9dsq.pdf. Acesso em: 10 mai. 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES -IBÁ. **Relatório Ibá 2018**. Brasília, 2018. 63p. Disponível em: <http://iba-br.com/site/wp-content/uploads/2020/08/RELAT%C3%93RIO-ANUAL-DE-ATIVIDADES-DO-IBA-2018.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES -IBÁ. **Relatório Ibá 2020**. Brasília, 2020. 60p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf> Acesso em: 10 maio. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE – **Florestas plantadas no Brasil alcançam 10 milhões de hectares em 2019**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-10/florestas-plantadas-no-brasil-alcancam-10-milhoes-de-hectares-em-2019>: Acesso em 19 mai. 2021

KREFTA, S.C. et al. Relação hipsométrica para povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos, Paraná. **Acta Biológica Catarinense**, Joinville-SC, v.6, n.2, p.52-62, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335288969_Relacao_hipsometrica_para_povoamento_de_Parapiptadenia_rigida_Benth_Brenan_em_Dois_Vizinhos_Parana. Acesso em: 02 nov.2020.

LEAL, F.A. et al. Amostragem de árvores de *Eucalyptus* na cubagem rigorosa para estimativa de modelos volumétricos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo-SP, v.33, n.1, p.91-103,

2015. Disponível em: http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33_n1/A8_Fabricio.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

LEITE, H. et al. Eucalipto utilizando diâmetro dominante. **Silva Lusitana**, Lisboa, vol.19, n.2, p.181-195, 2011. Disponível em: scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-63522011000300004. Acesso em: 13/out. 2019.

LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.3, p.321-328, 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/488/48826307.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2020.

LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.301-310, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622003000300005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 set.2020.

LELES, P.S.S. et al., Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região do Cerrado-MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, n.59, p.77-87, 2001. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr59/cap06.pdf>. Acesso em: 07 out. 2021.

MACHADO, I.E.S. et al. Modelos hipsométricos ajustados para um fragmento de cerrado Sensus stricto tocantinense. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre-MG, v.11, n.1, p.155-167, 2019. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1174>. Acesso em: 05. Maio.2021.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: Unicentro, 2009.

MAEDA, S. et al. Silvicultura de precisão. Agricultura de precisão para culturas perenes e semi-perenes. In: BERNARDI, A.C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A.V. de; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.467-477 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108756/1/2014-S.Maeda-AgriculturaPrecisao-Silvicultura.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

MAGALHÃES, J.G.R. Tecnologia de obtenção da madeira. In: PENEDO, W.R. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, MG. Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 1982. p.83-99.

MAGALHÃES, J.R. **Biomassa: energia que vem dos trópicos em Minas Gerais**. Belo Horizonte-MG: Editora Lobmidia, 2001.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de Eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010. 36p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8530/2010_2_Leandro-Marcolino.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 04 jul.2021.

MARTINS, M.O. et al. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p. 771- 779, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n5/02.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2020.

MARTINS, M.R. et al. Teste de identidade de modelos volumétricos para povoamentos de *Eucalyptus sp.* em sete municípios de Minas Gerais. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia-GO, v.11 n.21; p.1818-1833, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/teste%20de%20identidade.pdf> Acesso em: 10 set. 2019.

MEDEIROS, A.S. et al. Organic Carbon, Nitrogen And The Stability Of Soil Aggregates In Areas Converted From Sugar Cane To Eucalyptus In The State Of Alagoas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.42, n.4, 2018. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622018000400203&lng=pt &nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622018000400203&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 08 out. 2020.

MENDES, H.S.J. **Fenotipagem para estudos de estudos de tolerância à deficiência hídrica em eucalipto**. 2015. 67f. Tese. (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123980/000829572.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 mai. 2021.

MIGUEL, E.P. et al. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.06, n.11, p.1-13, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/ajuste%20de%20modelo.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

MIGUEL, E.P. et al. Modelagem hipsométrica em povoamentos híbrido clonal de *Eucalyptus*. **Revista Agrarian**, Dourados-MS, v.11, n.40, p. 159-167, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3324/4388>. Acesso em: 13 out. 2019.

MIRANDA, A.C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênes de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99764/miranda_ac_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 13 out. 2020.

MIRANDA, D.L.C. et al. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, v.11, n.03, p.01-08, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2427/1158>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MIRANDA, R.O.V. et al. Modelagem da mortalidade em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-MG, v.45, n.115, p.435-444, 2017. Disponível em: dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n115.02. Acesso em: 13 fev. 2021.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. A cultura do eucalipto no Brasil. São Paulo-SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112 p.

MOURA, V.P.G. O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* s. T. Blake no Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília-DF, n.111, p.1-12, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/174980/1/cot111.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

MÜLLER, M.D.; COUTO, L. Avaliação de densidades de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para a produção de biomassa. Viçosa: RENABIO, 2006. 58 p.

NAVARRO DE ANDRADE, E. **Manual do plantador de eucaliptos**. São Paulo: Typographia Brasil de Rothschild, 1911.343 p.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. **Embrapa Floresta**, Colombo-PR, n.316, p.1-11, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97498/1/CT-316-Escolha-de-cultivares.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

PAREYN, F.G.C. Os Recursos Florestais Nativos e sua Gestão no Estado de Pernambuco –O Papel do Manejo Florestal Sustentável. In: **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília: DF. 2010. p. 99-113.

PICHELLI, K.; SOARES, S. Florestal transferência de tecnologia: Perguntas e Respostas. **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 01 set. 2021.

PINHEIRO, H.S.K. **Adequação do sistema de avaliação da aptidão das terras para plantios de Eucalipto**. 2008. 66f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2008II/Monografia_Helena.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

PLANO MUNICIPAL DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA DE GLÓRIA DO GOITÁ – PERNAMBUCO. 2012. Grupo Ambientalista da Bahia - GAMBÁ. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/04/pmma_gloria_do_goita-baixa.pdf Acesso em: 19 out. 2020.

POKORNY, B. et al. Custos de operações florestais: noções e conceitos. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém-PA, n.373, p.1-82, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51985/1/DOC-373.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

REZENDE, J.L.P. et al. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais. **Revista Cerne**, v.12, n.3, p.221-231, 2006. Disponível em: http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc_analise_gerais_30667.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise econômica e Social de Projetos florestais**. 2ª edição, Editora UFV, Viçosa-MG. 2008.

RIBEIRO, A. et al. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus sp.* **Cerne**, Lavras-MG, v.16, n.1, p.22-31, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cerne/v16n1/a03v16n1.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019.

ROCHA, K.D. **Produtividade volumétrica de clones de Eucalyptus spp. na Região do Polo Gesseiro do Araripe**. 2012. 110f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012. Disponível em: http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/kleybiana_dantas_da_rocha.pdf Acesso em: 10 jan. 2019.

ROCHA, M.F.V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus camaldulensis para energia**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2011. Disponível em: locus.ufv.br/bitstream/123456789/3130/1/texto%20completo.pdf. Acesso em: 05 nov. 2020.

ROMÃO, E.L. **Tratamento para redução de metais alcalinos, enxofre e cloreto em celulignina destinada à obtenção de gás de síntese como substituto do gás natural para geração de energia termoelétrica em turbinas a gás**. 2011. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97133/tde26082013161814/publico/EMT11002.pdf>. Acesso em: 15 ago.2020.

ROMERO, E.C. et al. Avaliação das Taxas de Crescimento Inicial e de Sobrevivência das Espécies de Eucalyptus do Projeto TUME (Teste de Uso Múltiplo de Eucalyptus). **Revista Arvore**, v.48, n.3, p.316- 321, 2003.

RYAN, M.G. et al. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1695-1703, 2010. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/40676/PDF> Acesso em: 05 jan. 2020.

SACRAMENTO, S.L. **Análise de sobrevivência e desenvolvimento do Eucalipto na Região da Mata Pernambucana**. 2019. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Gestão Florestal) Universidade Federal do Paraná, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/59732/R%20-%20E%20-%20LUCAS%20SOUZA%20SACRAMENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SALES, F.C.V. **Comparação de modelos volumétricos e seleção de clones e espécies de Eucalyptus em diferentes densidades populacionais no agreste meridional de Pernambuco**. 2013, 69f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. Disponível em: http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/francisco_das_chagas_veira_sales.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

SAMPAIO, T.F. **Adubação potássica e desenvolvimento de clones de Eucalipto cultivados em Luís Eduardo Magalhães-Ba**. 2014. 99f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110977/000791737.pdf?sequence=1>
Acesso em: 13 mai 2021.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília-DF. Ed.: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 05 fev. 2021.

SCAVANACA, J.L.; GARCIA, J.N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Scientia Florestalis**, n.64, p.23-32, 2003. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr64/cap02.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2021.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v.47, n.9, p.719-734, 1933. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43968352/PDF>. Acesso em: 05 jan. 2020.

SERPA, P. R. K., **Avaliação do potencial de plantios homogêneos de espécies florestais no agreste meridional de Pernambuco**. 2014, 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014. Disponível em: http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/paulo_rodrigo_karas_serpa_0.pdf. Acesso em: 03 set. 2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em Resumo**. Brasília- DF. 2019. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>. Acesso em: 08 dez. 2020.

SILVA, J.A.A. Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucaliptos no Pólo Gesseiro do Araripe Pernambucano. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, UFRPE-PE, vols. 5 / 6, p.301-319, 2008-2009. Disponível em: info.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19396/1/Silva.pdf Acesso em: 11 out. 2020.

SILVA, J.W.L.; **Modelagem da biomassa e da quantidade de carbono de clones de Eucalyptus da Chapada do Araripe-PE**. 2016, 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/4565#preview-link0>. Acesso em: 15 out. 2020.

SILVA, S.M.F.S. **Comparação entre equações volumétricas regionais e equações baseadas em volumes da primeira tora em clones de Eucalyptus na chapada do Araripe- PE**. 2008, 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. Disponível em: http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/steve_mcqueen_fernando_souza_da_silva.pdf. Acesso em: 03 dez. 2020.

SIMÕES, J.W. et al. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. **IPEF**, n.20, p.77-97, 1980. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr20/cap05.pdf> Acesso em: 05 set. 2020.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa-MG. Editora: UFV, 2006.

SOUSA, G.T.O. et al. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v.9, n.4, p.1-7, 2013. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/771>. Acesso em: 15 dez. 2020.

SOUTO, B.F. et al. Cadeia produtiva do gesso avanços e desafios rumo à promoção do trabalho decente: Análise situacional. Organização Internacional do Trabalho; Ministério Público do Trabalho-SP, 2021. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/31059?show=full>. Acesso em: 05 set. 2021.

STAPE, J.L. et al. The Brazil *Eucalyptus* potential productivity project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1684-1694, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112710000186>. Acesso em: 05 jan. 2020.

TONELLO C.K.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecophysiological Behavior of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, Igaratá, SP - Brazil. **Irriga, Botucatu**, v.18, n.1, p.113-125, 2013. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/392/342>. Acesso em: 10 set. 2021.

VALVERDE, S.R. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde**. Rio de Janeiro. Editora: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2012. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf> pg13. Acesso em: 05 dez. 2019.

VANCLAY, J.K. **Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forest**. Wallingford: CAB International, 1994. 312p.

VEGA, A.E.D. **Modelagem de povoamentos de eucalipto no nordeste da Bahia utilizando regressão e redes neurais artificiais**. 2018. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG. 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/19444/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 05 out. 2020.

VENDRUSCOLO, D.G.S. et al. Estimativa da altura de eucalipto por meio de regressão não linear e redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo-SP, v.33, n.4, p.556-569, 2015. Disponível em: http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33_n4/A9_DiogoRonaldo.pdf Acesso em: 13 dez. 2020.

WILCKEN, A.C.V.L. et al. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**. Botucatu-SP: UNESP, 2008. Disponível em: <http://iandebo.com.br/pdf/plantioeucalipto.pdf>. Acesso em: 02 out. 2021.

XAVIER, A.; SILVA, R.L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v.34, n.1, p.93-98, 2010. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009 Acesso em: 12 jan. 2020.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2.ed. Viçosa-MG: Editora: UFV, 2013. 279 p.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Cubagem dos clones VM01.

Cubagem	Linha	Árvore	DAP (cm)	Vccc (smalian)	Toco (m)	Altura (m)	H comercial (m)	Fator de forma	Volume (fator forma)
1	1	1	7,00	0,0165	0,07	8,35	8,28	0,52	0,0153
1	1	2	6,05	0,0108	0,14	7,70	7,56	0,50	0,0104
1	1	3	6,68	0,0144	0,08	7,90	7,82	0,52	0,0132
1	1	4	7,32	0,0174	0,10	8,60	8,50	0,49	0,0172
1	1	5	5,95	0,0111	0,08	7,60	7,52	0,53	0,0100
1	1	6	6,97	0,0155	0,97	8,50	7,53	0,54	0,0138
1	1	7	5,73	0,0098	0,10	7,27	7,17	0,53	0,0089
1	1	8.1	4,77	0,0074	0,11	6,73	6,62	0,62	0,0057
1	1	8.2	4,58	0,0071	0,11	7,15	7,04	0,61	0,0056
1	1	9	6,11	0,0122	0,11	8,00	7,90	0,53	0,0123
1	1	10	6,24	0,0125	0,13	8,10	7,97	0,51	0,0117
1	2	1	6,08	0,0128	0,11	8,40	8,29	0,53	0,0115
1	2	2	6,68	0,0148	0,07	8,65	8,58	0,49	0,0144
1	2	3	7,19	0,0173	0,09	8,48	8,39	0,51	0,0164
1	2	4.1	4,58	0,0077	0,09	6,96	6,87	0,68	0,0054
1	2	4.2	3,98	0,0050	0,09	6,38	6,29	0,64	0,0038
1	2	5	5,92	0,0110	0,11	7,95	7,84	0,51	0,0104
1	2	6	4,58	0,0062	0,10	6,64	6,54	0,58	0,0052
1	2	7	6,43	0,0130	0,11	8,05	7,94	0,50	0,0124
1	2	8	6,14	0,0124	0,09	7,84	7,75	0,54	0,0110
1	2	9	6,84	0,0165	0,13	8,64	8,51	0,53	0,0150
1	2	10	7,64	0,0213	0,07	9,50	9,43	0,49	0,0207
1	3	1	4,90	0,0069	0,04	6,85	6,81	0,54	0,0062
1	3	2	5,41	0,0092	0,07	7,40	7,33	0,55	0,0081
1	3	3	7,58	0,0192	0,05	8,00	7,95	0,54	0,0172
1	3	4	7,26	0,0172	0,05	8,50	8,45	0,49	0,0168
1	3	5	7,19	0,0171	0,08	8,60	8,52	0,49	0,0166
1	3	6	7,48	0,0192	0,09	8,70	8,61	0,51	0,0182
1	3	7	5,73	0,0109	0,08	7,50	7,42	0,57	0,0092
1	3	8	6,02	0,0112	0,10	7,60	7,50	0,52	0,0102
1	3	9	5,32	0,0087	0,07	7,40	7,33	0,53	0,0091
1	3	10	6,05	0,0118	0,11	8,10	8,00	0,51	0,0110
1	4	1	7,00	0,0157	0,08	8,18	8,10	0,50	0,0150
1	4	2	7,07	0,0157	0,08	8,20	8,12	0,49	0,0153
1	4	3	4,77	0,0056	0,20	6,35	6,15	0,51	0,0053
1	4	4	6,81	0,0140	0,09	7,73	7,64	0,50	0,0134
1	4	6	5,25	0,0083	0,11	6,77	6,66	0,58	0,0069
1	4	7	6,27	0,0131	0,06	8,29	8,23	0,52	0,0122
1	4	8	6,21	0,0133	0,11	8,29	8,18	0,54	0,0119
1	4	9	6,84	0,0134	0,08	7,78	7,70	0,47	0,0136
1	4	10	7,32	0,0191	0,08	8,88	8,81	0,52	0,0178
2	4.2	1	2,29	0,0019	0,06	8,65	8,59	0,52	0,0017
2	4	2	2,36	0,0019	0,08	8,65	8,57	0,52	0,0018
2	4	3	2,36	0,0019	0,05	8,44	8,39	0,51	0,0018
2	4	4	1,88	0,0011	0,06	8,55	8,50	0,49	0,0011
2	4	5	2,71	0,0026	0,07	9,35	9,29	0,48	0,0026
2	4	6	2,04	0,0014	0,07	8,00	7,93	0,56	0,0012
2	4	7	2,32	0,0018	0,07	8,20	8,13	0,52	0,0017
2	4	9	2,55	0,0022	0,08	9,22	9,14	0,48	0,0022
2	5	1	2,36	0,0019	0,04	8,73	8,69	0,49	0,0018
2	5	2	2,51	0,0022	0,05	9,00	8,95	0,51	0,0021
2	5	3	1,56	0,0008	0,06	7,60	7,54	0,58	0,0007
2	5	4.1	1,66	0,0009	0,06	7,39	7,33	0,57	0,0008

2	5	4.2	1,53	0,0007	0,08	7,60	7,53	0,53	0,0007
2	5	5	1,97	0,0014	0,06	8,40	8,34	0,56	0,0012
2	5	6	2,36	0,0022	0,09	9,50	9,41	0,54	0,0020
2	5	7	2,23	0,0018	0,01	8,44	8,43	0,56	0,0016
2	5	8	2,64	0,0028	0,09	9,82	9,73	0,53	0,0026
2	5	9.1	2,36	0,0022	0,09	9,45	9,36	0,53	0,0020
2	5	9.2	1,37	0,0006	0,10	7,30	7,21	0,54	0,0005
2	6	1	1,24	0,0004	0,06	6,30	6,24	0,59	0,0004
2	6	2	2,39	0,0020	0,06	8,50	8,44	0,52	0,0018
2	6	3	2,10	0,0015	0,09	8,37	8,29	0,52	0,0014
2	6	4.1	2,26	0,0020	0,07	8,60	8,54	0,59	0,0016
2	6	4.2	1,27	0,0006	0,07	6,40	6,34	0,71	0,0004
2	6	5.1	1,53	0,0007	0,06	7,10	7,04	0,54	0,0006
2	6	5.2	1,18	0,0004	0,07	5,85	5,78	0,65	0,0003
2	6	6	2,16	0,0016	0,08	8,45	8,38	0,53	0,0015
2	6	7	2,32	0,0019	0,06	8,72	8,66	0,53	0,0018
2	7	1	1,72	0,0008	0,08	7,25	7,18	0,48	0,0008
2	7	2	1,69	0,0008	0,06	7,60	7,54	0,50	0,0008
2	7	3	1,81	0,0011	0,07	7,56	7,49	0,57	0,0009
2	7	4	2,01	0,0013	0,05	7,85	7,80	0,53	0,0012
2	7	5	2,23	0,0017	0,06	8,34	8,28	0,52	0,0015
2	7	6.1	0,95	0,0003	0,06	6,15	6,09	0,64	0,0002
2	7	6.2	1,27	0,0004	0,07	6,36	6,29	0,54	0,0004
2	7	7	1,94	0,0012	0,08	7,92	7,84	0,51	0,0011
2	7	8	1,97	0,0012	0,09	8,00	7,91	0,50	0,0012
				0,0074				0,54	0,0068

APÊNDICE II

Modelo volumétrico de Schumacher-Hall comparado com o volume das árvores cubadas pelo método de Smalian.

Vccc (Smalian)	Vol. Est. Schumacher Hall (m³ árvore-1)	Vccc (Smalian)	Vol. Est. Schumacher Hall (m³ árvore-1)
0,0165	0,0163	0,0134	0,0149
0,0108	0,0116	0,0191	0,0184
0,0144	0,0144	0,0019	0,0018
0,0174	0,0181	0,0019	0,0019
0,0111	0,0112	0,0019	0,0019
0,0155	0,0153	0,0011	0,0012
0,0098	0,0101	0,0026	0,0027
0,0074	0,0067	0,0014	0,0014
0,0071	0,0064	0,0018	0,0018
0,0122	0,0121	0,0022	0,0023
0,0125	0,0127	0,0019	0,0020
0,0128	0,0123	0,0022	0,0023
0,0148	0,0152	0,0008	0,0008
0,0173	0,0173	0,0009	0,0009
0,0077	0,0063	0,0007	0,0008
0,0050	0,0046	0,0014	0,0013
0,0110	0,0113	0,0022	0,0020
0,0062	0,0062	0,0018	0,0017
0,0130	0,0134	0,0028	0,0026
0,0124	0,0121	0,0022	0,0020
0,0165	0,0158	0,0006	0,0006
0,0213	0,0209	0,0004	0,0005
0,0069	0,0072	0,0020	0,0020
0,0092	0,0091	0,0015	0,0015
0,0192	0,0186	0,0020	0,0018
0,0172	0,0177	0,0006	0,0005
0,0171	0,0175	0,0007	0,0007
0,0192	0,0190	0,0004	0,0004
0,0109	0,0103	0,0016	0,0016
0,0112	0,0114	0,0019	0,0019
0,0087	0,0088	0,0008	0,0009
0,0118	0,0120	0,0008	0,0009
0,0157	0,0161	0,0011	0,0011
0,0157	0,0164	0,0013	0,0013
0,0056	0,0065	0,0017	0,0017
0,0140	0,0147	0,0003	0,0003
0,0083	0,0082	0,0004	0,0005
0,0131	0,0131	0,0012	0,0013
0,0133	0,0128	0,0012	0,0013

Fonte: A autora

APÊNDICE III

Volume por parcela de cada tratamento (clone)

Tratamento/ Volume			
	I	II	III
Repetição	VM01	AEC 0224	AEC 144
1	1,6555	0,8790	0,9634
2	1,6002	1,9007	1,9783
3	1,8271	1,5451	1,1979
4	2,1232	1,4509	2,3626
5	1,7129	1,0621	1,1527
6	2,2785	1,0920	1,3283
7	0,8286	1,2888	0,9266
8	0,8959	1,3450	1,4631
9	1,0486	1,2703	1,0037
10	0,8938	1,8728	0,9451
11	0,8307	1,6895	1,8313
12	1,8320	1,2166	1,3915
Totais	17,5270	16,6128	16,5446
Médias (\bar{V})	1,4606	1,3844	1,3787

APÊNDICE IV

Resultado do IMA dos clones de *Eucalyptus* avaliados no plantio de Glória do Goitá.

Variedade Clone	Parcela	Volume (m ³)	m ³ /ha	Idade(ano)	IMA (m ³ /ha)	Variedade Clone	Parcela	Volume (m ³)	m ³ /ha	Idade(ano)	IMA (m ³ /ha)	Variedade Clone	Parcela	Volume (m ³)	m ³ /ha	Idade(ano)	IMA (m ³ /ha)
VM01	1	1,6555	36,79	5	7,36	AEC 0224	1	0,8790	19,53	5	3,91	AEC 144	1	0,9634	21,41	5	4,28
VM01	2	1,6002	35,56	5	7,11	AEC 0224	2	1,9007	42,24	5	8,45	AEC 144	2	1,9783	43,96	5	8,79
VM01	3	1,8271	40,60	5	8,12	AEC 0224	3	1,5451	34,34	5	6,87	AEC 144	3	1,1979	26,62	5	5,32
VM01	4	2,1232	47,18	5	9,44	AEC 0224	4	1,4509	32,24	5	6,45	AEC 144	4	2,3626	52,50	5	10,50
VM01	5	1,7129	38,07	5	7,61	AEC 0224	5	1,0621	23,60	5	4,72	AEC 144	5	1,1527	25,62	5	5,12
VM01	6	2,2785	50,63	5	10,13	AEC 0224	6	1,0920	24,27	5	4,85	AEC 144	6	1,3283	29,52	5	5,90
VM01	7	0,8286	18,41	5	3,68	AEC 0224	7	1,2888	28,64	5	5,73	AEC 144	7	0,9266	20,59	5	4,12
VM01	8	0,8959	19,91	5	3,98	AEC 0224	8	1,3450	29,89	5	5,98	AEC 144	8	1,4631	32,51	5	6,50
VM01	9	1,0486	23,30	5	4,66	AEC 0224	9	1,2703	28,23	5	5,65	AEC 144	9	1,0037	22,31	5	4,46
VM01	10	0,8938	19,86	5	3,97	AEC 0224	10	1,8728	41,62	5	8,32	AEC 144	10	0,9451	21,00	5	4,20
VM01	11	0,8307	18,46	5	3,69	AEC 0224	11	1,6895	37,54	5	7,51	AEC 144	11	1,8313	40,70	5	8,14
VM01	12	1,8320	40,71	5	8,14	AEC 0224	12	1,2166	27,04	5	5,41	AEC 144	12	1,3915	30,92	5	6,18
Σ		17,53	389,49		77,90			16,61	369,17		73,83			16,54	367,66		73,53
μ		1,46	32,46		6,49			1,38	30,76		6,15			1,38	30,64		6,13

APÊNDICE V. Custos de implantação e manutenção do plantio de *Eucalyptus* até o 5º ano.

Custos do Plantio						
Descrição	Produto	Quantidade(kg)	Valor Unitário(R\$)	Valor Total (R\$)	Preço da operação	Custo Total(R\$)
Pré-plantio (Implantação)						
Arrendamento ha/ano				R\$ 650,00		R\$ 650,00
Combate a formiga	Isca Formicida	1,5	R\$ 8,00	R\$ 12,00	R\$ 62,54	R\$ 74,54
Calagem	Calcário	1500	R\$ 0,20	R\$ 300,00	R\$ 121,74	R\$ 421,74
Herbicida	Scout	1,5	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 100,10	R\$ 146,00
Herbicida	Flymizin	0,15	R\$ 457,00	R\$ 68,55		R\$ 68,55
Subsolagem Ripper					R\$ 801,00	R\$ 801,00
Adubação fosfatada	Super Simples	300	R\$ 0,54	R\$ 160,00		R\$ 160,00
Adubação do plantio	N-P-K 06-30-06	150	R\$ 1,50	R\$ 225,00	R\$ 166,02	R\$ 391,02
Muda	muda	1200	R\$ 0,60	R\$ 720,00	R\$ 0,00	R\$ 720,00
Plantio Manual				0	R\$ 161,03	R\$ 161,03
Total						R\$ 3.593,88
Pós-plantio 1º ano						
Remonta	Fordor	0,1	R\$ 761,00	R\$ 76,10	R\$ 136,88	R\$ 212,98
Adubação de cobertura I	N-P-K 20-05-20	250	R\$ 2,00	R\$ 500,00	R\$ 166,02	R\$ 666,02
Combate a formiga pós plantio	Isca Formicida	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00	R\$ 52,86	R\$ 60,86
Herbicida Manual	Scout	1,2	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 276,26	R\$ 322,16
Herbicida Mecanizado na linha	Scout	1,2	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 136,88	R\$ 182,78
Total						R\$ 1.444,80
Manutenção (ano 2)						
Descrição	Produto	Quantidade(kg)	Valor Unitário(R\$)	Valor Total (R\$)	Preço da operação	Custo Total(R\$)
Adubação de cobertura II	N-P-K 20-05-20	200	R\$ 2,00	R\$ 400,00	R\$ 166,02	R\$ 566,02
Herbicida Mecanizado na linha	Scout	1,2	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 136,88	R\$ 182,78
Roçada Manual Leve		0	0	R\$ 0	R\$ 174,66	R\$ 174,66
Herbicida Mecanizado área total	Decis	0,1	R\$ 60,40	R\$ 6,04	R\$ 100,10	R\$ 106,14
Herbicida Mecanizado área total	Scout	1,2	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 100,10	R\$ 146,00
Arrendamento ha/ano				R\$ 650,00		R\$ 650,00
Custo de manutenção						R\$ 1.825,60
Manutenção (anos 3,4,e,5)						
Descrição	Produto	Quantidade(kg)	Valor Unitário(R\$)	Valor Total (R\$)	Preço da operação	Custo Total(R\$)
Herbicida área total	Scout	1,5	R\$ 30,60	R\$ 45,90	R\$ 100,10	R\$ 146,00
Combate a formiga (ronda)	Isca Formicida	0,5	R\$ 8,00	R\$ 4,00	R\$ 45,00	R\$ 49,00
Arrendamento ha/ano	0	1	R\$ 650,00	R\$ 650,00	R\$ 0,00	R\$ 650,00
Total						R\$ 845,00
Total (3 anos)						R\$ 2.535,00
Total das despesas (5 anos)						R\$ 9.399,28