

NAJARA DE MOURA FONTENELE

COMPARAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E ANÁLISE ECONÔMICA DE  
CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM SISTEMAS DE ALTO FUSTE E TALHADIA  
NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE – PE

RECIFE  
Pernambuco - Brasil  
Março - 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

COMPARAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E ANÁLISE ECONÔMICA DE  
CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM SISTEMAS DE ALTO FUSTE E TALHADIA  
NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE – PE.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Aleixo da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

RECIFE  
Pernambuco - Brasil  
Março - 2016

NAJARA DE MOURA FONTENELE

COMPARAÇÃO ENTRE A PRODUTIVIDADE E ANÁLISE ECONÔMICA DE  
CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM SISTEMAS DE ALTO FUSTE E TALHADIA  
NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE – PE.

Aprovada em 26/02/2016

Banca Examinadora

---

Prof. Dra. Rute Berger  
(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Fenando Henrique de Lima Gadelha  
(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco/IFPE)  
Membro Titular

---

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva  
(Orientador- Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

**Dedico aos meus amados pais e irmão por toda dedicação, apoio e amor  
incondicional. Amo vocês.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, por me dar saúde, abençoar-me a cada amanhecer e pela oportunidade de todos os dias ultrapassar obstáculos e aprender com os erros.

Aos meus amados pais Elayne Guedes, Francisco Sales e irmão Jader Fontenele pelo apoio, cuidado, atenção, amor, paciência, compreensão, e ligações diárias para me dar forças. Aos meus avós que mesmo distantes torcem por mim. Ao meu noivo Alfredo Santana pela dedicação, amor, cuidado e compreensão de minha ausência.

Ao Prof. e orientador José Antônio Aleixo da Silva por sua compreensão, atenção, paciência e conhecimentos compartilhados ao longo de todo o mestrado, ao co-orientador Prof. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira pelas sugestões e contribuições, à Profa. Ana Lícia coordenadora do programa pela atenção, à Profa. Rute Berger, Prof. Fernando Gadelha e Prof. Gabriel Marangon pelas sugestões.

À secretária Juliana pelo carinho e atenção.

Aos colegas de sala e laboratório de Biometria e Manejo Florestal: Tamires, Rubeni, Thyêgo, Damares, Izabelle, Rafaela, Lyanne e Cinthia pelo convívio diário e troca de conhecimentos, em especial ao Guera e Tibério pela paciência, ensinamentos e disponibilidade em sempre ajudar.

À minha família de Recife Mari, Camila, Ni e Bel pela convivência, carinho, paciência, almoços compartilhados, viagens a Sairé e até pelas discussões no nosso 1504, pois foi um excelente aprendizado, amo vocês.

À banca examinadora pelas sugestões e disponibilidade.

À CAPES pelo pela concessão da bolsa, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela oportunidade.

À toda excelente equipe do IPA em Araripina por todo carinho e atenção nos dias de campo e pelos melhores companheiros de campo e hoje amigos: a mais incansável estatística que conheci Paulinha e o melhor Biólogo/Engenheiro Florestal Wesley, obrigada mesmo.

E a todos que puderam contribuir direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu muito obrigada!

Que Deus com sua infinita bondade abençoe cada um de vocês.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Diferenças comparativas entre as características de árvores: seminal e clonal.....	22
Tabela 2 - ANOVA em termos de volumes entre os 15 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em segunda rotação.....	39
Tabela 3 - Resultado do teste de Scott-Knott em termos de volume, e comparação da produção e da perda de produtividade dos clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em primeira e segunda rotação aos 66 meses.....	39
Tabela 4 - ANOVA em termos de sobrevivência entre os 15 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em segunda rotação.....	42
Tabela 5 - Porcentagem de sobrevivência, mortalidade e resultado do teste de Scott-Knott em termos de sobrevivência, dos 15 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em primeira e segunda rotação .....	43
Tabela 6 - ANOVA em termos de Incremento Médio Anual entre os 15 clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em segunda rotação.....	44
Tabela 7 - Incremento médio anual (IMA) e resultado do teste de Scott-Knott dos clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em primeira e segunda rotação aos 66 meses.....	45
Tabela 8 - Custos e receitas de implantação do experimento de clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em alto fuste.....	51
Tabela 9 - Custo e receitas do experimento de clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em talhadia.....	52
Tabela 10 - Valor presente líquido para o clone C39 em alto fuste e talhadia considerando 6%, 8%, 10% e 12% a.a. de taxa de juros.....	52

Tabela 11 - Custos e receitas para produção de um hectare de PFMS.....	54
Tabela 12 - Comparação e resumo da análise econômica do eucalipto em alto fuste, talhadia e PFMS.....	54
Tabela 13 - Valores em real para produção de uma tonelada de gesso das principais fontes energéticas utilizadas na indústria.....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da região do Araripe onde está localizado o Polo Gesseiro do Araripe em Pernambuco.....	31
Figura 2 - Precipitação média anual entre 2000 e 2015 na Estação Experimental do IPA em Araripina.....	32
Figura 3 - Desenho esquemático da área de cada parcela com detalhe no limite da área útil.....	32
Figura 4 - Segunda rotação conduzida por talhadia com dois fustes na Estação Experimental de Araripina – PE.....	34
Figura 5 - Comparação da produção e da perda de produtividade dos clones de <i>Eucalyptus</i> spp. em primeira e segunda rotação aos 66 meses.....	40
Figura 6 - Incremento corrente anual e incremento médio anual para o clone C39 ( <i>E. urophylla</i> ).....	48
Figura 7 - Incremento corrente anual e incremento médio anual para o Clone C41 ( <i>E. urophylla</i> ).....	48
Figura 8 - Incremento Corrente Anual e Incremento Médio Anual para o Clone C11 ( <i>E. brassiana</i> ).....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.....	33
---	----



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1 Polo Gesseiro do Araripe.....	19
2.2 <i>Eucalyptus</i> spp. ....	21
2.3 Alto fuste .....	23
2.4 Talhadia.....	24
2.5 Produtividade em alto fuste e talhadia .....	26
2.6 Perspectivas do eucalipto .....	28
2.7 Análise econômica .....	29
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
3.1 Descrição da área .....	31
3.2 Caracterização do experimento .....	32
3.3 Dados coletados .....	34
3.4 Análise estatística.....	34
3.5 Produtividade.....	35
3.6 Sobrevivência e mortalidade.....	35
3.7 Determinação da idade de rotação técnica.....	35
3.8 Análise financeira da talhadia .....	36
3.9 Simulação do rendimento econômico de um hectare de eucalipto comparado com um hectare de plano de manejo florestal sustentado da Caatinga (PMFS).....	37
3.10 Custo da utilização de fontes energéticas.....	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
4.1 Comparação da produtividade volumétrica .....	39
4.2 Comparação da sobrevivência e mortalidade .....	42
4.3 Incremento médio anual (IMA).....	44
4.4 Comparação do volume da talhadia com a vegetação nativa .....	46
4.5 Idade de rotação técnica .....	47
4.6 Análise financeira .....	51
4.7 Simulação do rendimento econômico de um hectare de eucalipto comparado com um hectare de plano de manejo florestal sustentado da Caatinga (PMFS).....	53
4.8 Custo da utilização de fontes energéticas.....	55
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	56
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57

FONTENELE, NAJARA DE MOURA, Comparação entre a produtividade e análise econômica de clones de *Eucalyptus* spp. em sistemas de alto fuste e talhadia no Polo gesseiro do Araripe – PE. 2016. Orientador: José Antônio Aleixo da Silva. Co-orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.

## RESUMO

Objetivou-se neste trabalho comparar e avaliar as produtividades, incremento médio anual, sobrevivência e mortalidade de 15 clones de eucaliptos nos sistemas de condução por alto fuste e talhadia; recomendar quais clones possuem maiores rendimentos volumétricos para suprir a matriz energética da região; definir o melhor sistema de condução; comparar o volume do regime de alto fuste com a talhadia e com a vegetação nativa; definir a idade de rotação técnica na talhadia; realizar análise financeira da talhadia; comparar fontes energéticas utilizadas na região e indicar a mais economicamente viável. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Araripe do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em Araripina – PE. Foram testados 15 tratamentos representados por clones de híbridos de eucaliptos com 4 repetições em espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, com 25 plantas na área útil da parcela. As árvores foram cubadas rigorosamente pelo método de Smalian nos dois sistemas. O procedimento estatístico foi realizado por meio de um delineamento inteiramente casualizado. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade que separou os 15 clones em três grupos. A maior produção foi obtida com o clone C39 (Híbrido de *E. urophylla*) com 72,99 m<sup>3</sup>/ha, porém este volume em talhadia foi inferior ao de alto fuste com 166,17 m<sup>3</sup>/ha. A idade de rotação técnica foi de 60 meses. De acordo com a análise financeira dos sistemas, foi observado que o alto fuste aos 60 meses possui maior receita e volume quando comparado a talhadia. Ambos foram superiores à vegetação nativa. O Valor Presente Líquido (VPL) foi positivo em quatro taxas de juros consideradas. O *Eucalyptus* spp. nos sistemas de alto fuste e talhadia quando comparado aos Planos de manejo florestal sustentado da Caatinga (PFMS) possui maior produção e em menor tempo de rotação, é viável economicamente e ambientalmente, pois seu uso como fonte energética

diminui o uso da vegetação nativa para o mesmo fim, atenuando assim sua devastação.

**Palavras chaves: Crescimento florestal, matriz energética, análise financeira.**

FONTENELE, NAJARA DE MOURA, FONTENELE, NAJARA DE MOURA, Comparison between productivity and economic analysis of the *Eucalyptus* spp. clones in tall trees and coppice systems in the Gypsum Pole of Araripe - PE. 2016. Advisor: José Antônio Aleixo da Silva. Supervisor: Rinaldo Luiz Ferreira Caraciolo

## **ABSTRACT**

The aim of this work was compare and evaluate the productivity, mean annual increment (MAI), survival and mortality of 15 clones of *Eucalyptus* conducted in two systems: tall trees and coppice; recommend which clones have higher volumetric yields to supply the energetic matrix of the region; define the best system; compare the volume of tall trees regime with coppice and native vegetation; to define the technical rotation age; perform financial analysis of coppice; compare energy sources used in the region and indicate the clone most economically viable. The experiment was conducted in Araripe Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) in Araripina - PE. It was tested 15 treatments represented by clones of the *Eucalyptus* hybrids with four repetitions in spacing of 3.0 m x 2.0 m, with 25 plants in the useful area of the plot. The trees were rigorously measured by the Smalian method in both systems. The statistical procedure was performed by a completely randomized design. The treatment means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability that separated the 15 clones into three groups. The highest production was obtained with the clone C39 (*E. urophylla* hybrid) with 72.99 m<sup>3</sup>/ha, but this volume in coppice was lower than in tall trees. The technical rotation age was 60 months. According to the financial analysis of the systems, it was decided that the tall trees at 60 months has increased revenue and volume when compared to coppice. Both presented better results than the native forest. The net present value (NPV) was positive in four considered interest rates. *Eucalyptus* spp. compared to sustainable forest management plans of Caatinga (PFM) has increased productivity in a shorter rotation, it is economically and environmentally viable because its use as an energy source reduces the use of native vegetation for the same purpose, thus reducing the devastation of the native vegetation.

**Key words: Forest growth, energetic matrix, financial analysis.**

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria do gesso no Polo Gesseiro do Araripe é uma “reguladora” da economia local, pois sendo a principal fonte econômica da região gera trabalho e renda aos moradores da região, porém é alvo de críticas devido à utilização de lenha, um recurso natural, como principal fonte energética. Sampaio e Sampaio (2002), analisando a economia do semiárido pernambucano e seu potencial de crescimento já davam ênfase ao uso da biomassa como matriz energética do Polo Gesseiro do Araripe.

A economia da região se baseia ainda, em culturas de subsistência nas áreas de sequeiro, na pecuária extensiva, agricultura e na apicultura (GADELHA, 2010).

A região é considerada uma área de grande pressão antrópica sobre os recursos naturais, com ênfase nos recursos florestais, resultando em áreas degradadas, devido à retirada da vegetação nativa para a produção de lenha para atender a diferentes setores econômicos, entre eles: calcinadoras de gipsita, padarias, queijeiras, casas de farinha, cerâmicas, caieiras de tijolo, matadouro, indústria do doce, comércio e uso doméstico (SECTMA, 2007).

De acordo com Rocha (2012), menos de 5% da demanda energética da indústria do gesso é atendida com lenha proveniente dos planos de manejo florestal sustentado (PFMS) cadastrados na região, ou seja, a maior parte da lenha consumida na região é retirada ilegalmente da Caatinga, aumentando gradativamente a degradação da vegetação local afetando em geral a biodiversidade da região.

As calcinadoras de grande porte que fazem parte da indústria do gesso do Araripe utilizam lenha como principal fonte energética (73%), já as de menor porte usam quase que exclusivamente a lenha como fonte energética, sendo assim notório o a importância desta fonte energética (ATECEL, 2006).

O uso da lenha como fonte energética tem grande significado não só no estado de Pernambuco. O maior parque siderúrgico a carvão vegetal do mundo está localizado no estado de Minas Gerais, que é o maior produtor e consumidor desse insumo energético (SIF, 2014).

O uso da madeira como fonte de energia tem diversas vantagens ambientais que o potencializam como alternativa aos combustíveis fósseis, pois

o processo de produção do carvão vegetal a partir de florestas plantadas pode ser conduzido de forma a reduzir as emissões dos gases que provocam o efeito estufa (BRITO, 2007).

Porém, de acordo com o contínuo uso do sistema convencional de exploração da vegetação e a demanda crescente por energéticos florestais, pesquisas apontam para uma estimativa de que, em 45 anos, não existirá vegetação suficiente e viável para ser incorporada à matriz energética da região do Polo Gesseiro do Araripe (SECTMA, 2007). Atualizando esta informação, restam 37 anos para a exaustão dos recursos florestais da região, caso não sejam tomadas medidas contra os desmatamentos ilegais e indicação de fontes alternativas para a matriz energética da região.

Uma alternativa viável para a demanda de lenha na região é a introdução de florestas plantadas de rápido crescimento com objetivo de suprir essa demanda. Essas florestas devido suas características como, crescimento volumétrico superior às espécies nativas, possibilitam a diminuição do uso das espécies nativas como fontes energéticas, pois atendem à demanda da indústria do gesso em curto espaço de tempo se comparada com a vegetação nativa.

Uma cultura apta a ser utilizada nesses plantios é pertencente ao gênero *Eucalyptus*, que é originário da Austrália, ocorrendo ainda na Papua Nova Guiné, Indonésia e Filipinas (LIMA, 1996).

Devido seu amplo número de espécies, aproximadamente 740, esse gênero apresenta diversas utilidades como, por exemplo: lenha e carvão vegetal, papel e celulose, painéis de madeira, compensados, dormentes, postes, construção civil e óleos essenciais usados na indústria farmacêutica, em função do seu rápido crescimento, adaptabilidade, e qualidade da madeira e ainda possui uma ampla distribuição geográfica, o que facilita sua introdução em várias regiões com diferentes condições climáticas (ANDRADE, 1991; VALE et al, 2014). É um gênero que não perde suas folhas mesmo em climas áridos (LIMA, 1996). Mas sua introdução no Polo Gesseiro do Araripe deve ser direcionada principalmente para a matriz energética local (SILVA 2008/2009).

São espécies que apresentam uso múltiplo, os quais englobam todos os segmentos anteriormente descritos. Desta forma, a importância da sua utilização é notória e tem mostrado maior produtividade e rendimento

energético que a Caatinga (EMBRAPA, 2003; GADELHA, 2010; GADELHA, 2014; BARROS, 2010; SILVA 2008/2009).

Sua viabilidade econômica é comprovada em relação às outras culturas florestais plantadas no país, e exerce papel fundamental na preservação das florestas nativas, aliviando a pressão sobre as mesmas, suprimindo a demanda de madeira para o setor florestal brasileiro (MORA; GARCIA, 2000; ROCHA, 2012).

O constante aumento da demanda pela madeira de eucalipto trouxe a necessidade de se obter plantios mais homogêneos, livre de doenças e com ciclos de corte mais curtos, e isso foi possível com a instalação de programas de melhoramento florestal que desenvolveram clones com maiores produtividades e uniformidades de crescimento, melhor forma, trabalhabilidade e qualidades tecnológicas da madeira, além de uma série de outras características desejáveis (CARVALHO, 2010).

Em florestas plantadas, mais usualmente a partir de clones, de rápido crescimento, existem os sistemas de condução de alto fuste e talhadia.

Segundo Ferrari et al., (2005) a talhadia é a substituição do povoamento colhido por indivíduos originários de brotação das gemas dormentes de touças remanescentes, após a aplicação de corte raso, na colheita florestal. No Brasil foi introduzida na década de 70, e tem sido muito utilizada em plantios de eucaliptos destinados à produção de lenha ou carvão.

Porém, existem diferenças na capacidade de rebrota entre as diversas espécies do gênero *Eucalyptus*, sendo assim necessárias avaliações para comprovar sua viabilidade (FERRARI et al., 2005).

Algumas empresas florestais investiram na condução de povoamentos em regime de talhadia, visando diminuir gastos devido à crise econômica em 2008, e uma alternativa foi a ampliação da área destes plantios. Segundo ABRAF (2011) entre 2009 e 2010, houve aumento da área destes plantios, passando de 56.050 ha em 2008, para 63.911 ha em 2010, obtendo assim aumento de 14,0% em relação ao que já existia.

Nos povoamentos em regime de talhadia, é observada uma produtividade menor que no povoamento conduzido a partir de mudas clonais, porém, por meio do manejo é possível obter uma maior produtividade (FARIA et al., 2002). Segundo Freitag (2013), essa produtividade pode ser afetada



após o regime de alto fuste pela diminuição da disponibilidade de recursos que favorecem o crescimento (água, luz, nutrientes, etc.), e que essa queda de produtividade pode ser minimizada ou nem existir caso essa disponibilidade seja mantida ou ampliada.

A queda de produtividade no sistema de condução por talhadia pode ainda depender de diversos fatores como: manejo adotado, material genético, sobrevivência das brotações, altura das brotações na época de corte, manejo de formigas cortadeiras e cupins, época de corte do plantio anterior, competição com ervas daninhas, época e intensidade da desbrota, danos causados à cepa e ao solo durante a colheita, dentre outros fatores (SILVA, 2013). Em regiões com déficit hídrico, o uso de irrigação e fertilização podem aumentar a produtividade.

Por outro lado, a talhadia apresenta a vantagem de reduzir bastante os custos de produção, uma vez que o processo não envolve um novo plantio, pois as árvores que serão colhidas são provenientes de rebrota das cepas após o corte da floresta. Mas em função de sua produtividade geralmente ser menor, a relação custo/produtividade deve ser considerada na decisão de qual sistema deve ser adotado.

Para avaliar se o capital investido em determinado sistema de condução será ressarcido e, além disso, se o empreendimento irá obter lucro, é indicado realizar uma análise econômica para determinar sua viabilidade econômica.

Além da relação de custo/produtividade a época ou idade em que povoamento será cortado também deve ser considerada, do ponto de vista volumétrico, a idade de corte ótima é aquela que resulta no maior volume médio anual ao longo das rotações. O corte raso é realizado quando o incremento médio anual (IMA) é máximo e resulta em um volume anual médio maior do que o volume anual que seria obtido se o povoamento fosse cortado em qualquer outra idade (RODRIGUEZ; RODRIGUES, 1997).

Diante do exposto, e de acordo com a necessidade de se obter alternativas que sejam economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis para a substituição parcial ou total da lenha nativa como matriz energética da indústria do gesso no Polo Gesseiro do Araripe, este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar a produção, incremento e sobrevivência e mortalidade de clones de eucaliptos em primeira e segunda rotação, comparar

o volume da talhadia com a vegetação da região, definir a idade de rotação técnica, e o sistema de condução mais viável para região, realizar análise financeira da talhadia e comparar fontes energéticas utilizadas na região e indicar a mais economicamente viável.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Polo Gesseiro do Araripe

O Polo Gesseiro do Araripe está localizado na região do Araripe e é composto pelos municípios de Araripina, Bodocó, Ipubí, Ouricuri e Trindade. É nessa região que está o APL (Arranjo Produtivo Local) do gesso, denominado de Polo Gesseiro do Araripe, onde a extração de gipsita para produção de gesso é a atividade principal e fundamental da região para o desenvolvimento econômico das suas cidades (SILVA 2008/2009; SOUZA, 2012; SBPCPE, 2014).

A gipsita é um mineral não metálico utilizado como componente na fabricação de cimento, composto basicamente de sulfato de cálcio hidratado ( $\text{CaSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ ) do qual por meio da calcinação, perde 1,5 molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  se transformando em gesso ( $\text{CaSO}_4+ 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) (BARROS, 2009).

A gipsita explorada nessa área é por muitos considerada a de melhor qualidade do mundo, com a pureza do minério variando entre 88% e 98% (ARAÚJO, 2004).

A produção de gesso deve expandir suas atividades, não só pela qualidade das reservas de gipsita existentes e competitividade, mas pelo fato de o Brasil apresentar um extraordinário mercado potencial para o gesso e seus derivados no setor da construção civil (CAMPELLO, 2011).

Segundo a SINDUSGESSO (2016), a produção de gesso no Polo Gesseiro do Araripe, obteve um crescimento estimado em 2013 de 4,5%. No Brasil, o principal produtor de gesso é o estado do Pernambuco detendo cerca de 97% da produção nacional, seguido por Maranhão (1,5%), Ceará (0,8%) e Tocantins (0,7%).

Essa região possui um histórico de degradação ambiental pela agropecuária desde o século XVII, e mais recentemente pela mineração (exploração da gipsita) datada em pouco mais de meio século. A exploração em larga escala teve início entre a década de 60 e 70, devido os incentivos de programas como a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) que objetivavam desenvolver a região e diminuir as diferenças

sociais e econômicas entre a região Nordeste e as demais regiões mais desenvolvidas do país (ARAÚJO, 2004).

O gesso é usado na construção civil, como pré-moldados para paredes divisórias e revestimentos para tetos; moldes para confecção de joias, artísticos, dentários, ortopédicos; fabricação do giz e outros. Na agricultura, como gesso agrícola é usado para melhorar as condições edáficas, aumentando a disponibilidade de cálcio, enxofre e melhorando a assimilação do nitrogênio pelos solos (CAMPELLO, 2011).

Atualmente, no Polo Gesseiro do Araripe são gerados 13,9 mil empregos diretos e 69 mil indiretos, resultantes da atuação de 42 minas de gipsita, 174 indústrias de calcinação e cerca de 750 indústrias de pré-moldados, que geram faturamento anual na ordem de R\$ 1,4 bilhões/ano (SINDUSGESSO, 2016).

Porém existem alguns entraves a essa produção. O Polo Gesseiro do Araripe enfrenta problemas devido a atual crise energética em que o país se encontra, bem como em função da escassez de água e consequente racionamento de energia elétrica, e altos valores de derivados de combustíveis fósseis como a gasolina e outros derivados do petróleo.

A etapa de produção do gesso requer muita energia, pois a gipsita é submetida a altas temperaturas, que na maioria das vezes é proveniente da queima de lenha de espécies nativas retiradas da vegetação da Caatinga, que não apresenta produtividade suficiente nos planos de manejo florestal sustentado, para atender o atual consumo por parte da indústria do gesso (SILVA 2008/2009; SBPCPE, 2014).

A lenha como combustível é escassa, em função das características da vegetação como o ciclo longo para regeneração de suas espécies, além de sua retirada irracional, ilegal e sem planejamento de florestas nativas para suprir essa demanda energética. O resultado é o desmatamento da vegetação nativa prejudicando o ecossistema, gerando impactos ambientais na região e afetando a cadeia produtiva do gesso (ROCHA, 2012).

Esses impactos causados pela extração da gipsita podem ser minimizados pelo planejamento racional de sua extração, projetos de reflorestamento (que irão aumentar as reservas de lenha exploráveis, ou seja, proveniente de áreas manejadas), ou ainda introduzir florestas plantadas de rápido crescimento, diminuindo assim a retirada da vegetação local.

## 2.2 *Eucalyptus* spp.

O gênero é originário da Austrália, e apresenta aproximadamente 740 espécies e desses, cerca de 20 espécies são plantadas em larga escala no mundo, nas mais distintas condições ambientais e variações latitudinais, indo do clima temperado até o semiárido e com posicionamentos altimétricos muito variáveis (LIMA, 1996; SILVA, 2008/2009).

Introduzido na Europa em 1774, por ser considerada uma árvore que acabava com a malária, doença considerada ser originada de pântanos. Na época, acreditava-se que o eucalipto exalava “vapores” eficazes contra a doença, até então desconhecida. Na realidade os eucaliptos plantados nos pântanos os drenavam, diminuindo e/ou dificultando o desenvolvimento e proliferação do mosquito (*Anopheles*) vetor da malária. Algumas espécies como *E. robusta*, *E. camaldulenses*, *E. tereticornis* possuem tal capacidade de crescer em áreas encharcadas e drenar esse excesso (LIMA, 1996).

No Brasil sua introdução se deu por volta de 1871, nas ruas e no jardim público do Rio de Janeiro, onde em 1882 as mesmas foram arrancadas pela população que lhes atribuía o aparecimento da febre amarela na cidade. Desde então muitos estudos foram realizados, e hoje o gênero *Eucalyptus* é considerado uma cultura altamente produtiva e rentável, com boa participação na inversão da condição de país importador de celulose e derivados, para exportador (VALE et al., 2014).

A importância da espécie é tanta no país, sendo o Brasil o país que mais planta eucalipto no mundo, que por sua vez é responsável por mais de 70% do carvão vegetal consumido no país, com uma produção anual de 18,8 milhões de m<sup>3</sup> (VALE et al., 2014).

Este sucesso se deve a ampla variedade de espécies, a modernização da silvicultura ocorrida na década de 1980, com o surgimento de híbridos, com distintas capacidades de adaptação climática e edáfica, associada à facilidade de propagação por sementes e/ou clonagem, e também aos novos métodos de preparo de solo, espaçamento do plantio, fertilização mineral e controle de plantas daninhas, proporcionando assim ganhos de produtividade (GONÇALVES et al., 2014).

A clonagem do gênero *Eucalyptus* teve início no Brasil no final da década de 1970, proporcionando vantagens como a manutenção das características genéticas desejáveis da espécie-mãe e a multiplicação de genótipos resistentes a doenças, o que possibilitou grandes avanços nos programas de melhoramento genético. É a forma mais rápida e eficiente de se incorporar ganhos genéticos obtidos pela hibridação, assim, a fisionomia das plantas foi modificada tornando-os mais uniformes (BORÉM, 2007).

Um dos responsáveis por esse desenvolvimento e avanço da clonagem no país foi o engenheiro florestal Edgar Campinhos Júnior, funcionário da Aracruz Florestal, que fez várias visitas a Austrália em busca de sementes de árvores matrizes, a fim de aprimorar suas pesquisas e desenvolver seus híbridos a partir de testes em diferentes sítios, formas de clonagem e produção de mudas. Alguns resultados de anos de pesquisa estão descritos na Tabela 1 que compara as diferenças entre as características de uma árvore seminal e clonal (VALE et al., 2014).

Tabela 1 - Diferenças comparativas entre as características de árvores: seminal e clonal.

Características	Seminal	Clonal
Densidade básica (kg m <sup>-3</sup> )	480,0	520,0
Rendimento de polpa (%)	47,0	51,8
Conteúdo de casca (%)	18,0	12,0
Consumo de madeira (m <sup>3</sup> t. celulose <sup>-1</sup> )	4,9	3,5
Produtividade de celulose (t ha. ano <sup>-1</sup> )	5,6	12,0
Incremento médio anual (IMA) (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	25,0	45,0

Fonte: (VALE et al., 2014)

Após a adoção dessa nova tecnologia houve melhorias em termos de: resistência a pragas e doenças, como o cancro do eucalipto; crescimento; forma; sobrevivência; qualidade da madeira; aumento da produtividade florestal; e diminuição de custos das operações de corte e transporte, sendo estes os principais motivos para o sucesso da clonagem (BORÉM, 2007).

O setor florestal brasileiro tem crescido a cada ano, e em 2014, foi contabilizado com uma área ocupada por florestas plantadas de

aproximadamente 7,74 milhões de hectares um aumento de 1,8% em relação a 2013. Desses, 71,9% são plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* (IBÁ, 2015).

Essa extensiva área plantada com esse gênero se deve ao fato de possuir grande plasticidade ambiental, e apresentar características de rápido crescimento, alta produtividade, diversidade de espécies além de adaptabilidade a diferentes condições de clima e solo, madeira que atende a diferentes usos (celulose, carvão, chapas de fibra, aglomerados, energia) e características energéticas (densidade da madeira e poder calorífico) (GADELHA, 2012).

Além da contribuição econômica para o país, esse setor possui ainda relevância ambiental e social, e é o gênero mais utilizado para a implantação de florestamento e reflorestamentos com fins energéticos (ROCHA, 2012).

### **2.3 Alto fuste**

O alto fuste é um sistema silvicultural que possui crescimento eficiente, havendo altas produtividades por unidade de área, é representado pelo processo de condução, exploração e regeneração da floresta, que de acordo como objetivo se pode estabelecer diferentes regimes de manejo (COUTO et al., 1973).

Autores como Scolforo e Maestri (1998) afirmam que nesse sistema silvicultural uma de suas principais características é da obtenção do produto final apenas no corte raso, ou seja, não são recomendados tratamentos culturais à formação do plantio como o preparo do solo, plantio, irrigação, adubação, controle de pragas, doenças e da mato-competição. Após o corte raso, os resíduos permanecem na área, e há a troca de material genético (replantio).

Porém, para formação de plantios visando diversos produtos, faz-se necessário o uso de outras técnicas que permitirão a obtenção de madeira com maior valor agregado. Esse maior valor é obtido com melhorias da qualidade da madeira que depende de três fatores: forma da árvore, dimensões e características físicas. Assim, esses efeitos podem ser resumidos na obtenção de toras com maior diâmetro e livre de nós, em que é necessário o manejo adequado da floresta por meio das práticas de desrama e desbaste (VALE et al., 2014).

Neste regime de manejo um de seus objetivos é a produção de madeira de menores diâmetros, para maximizar a produção por unidade de área. É o manejo utilizado para obtenção de matéria prima nas grandes empresas para produção de celulose, painéis de madeira reconstituída, carvão e energia. Sua característica é de não promover intervenções de desbaste ou desrama na floresta até o corte final (corte raso), variando com a qualidade do sitio e a espécie: eucalipto em torno de 7 anos e pinus em torno de 14 anos (SCOLFORO; MAESTRI, 1998). Neste sistema, após o corte da floresta realiza-se o replantio (reforma) que normalmente é feito com a troca de material genético e na entrelinha do plantio antigo.

Madeiras de grandes dimensões também são obtidas por meio desse manejo de alto fuste como em plantios para serrarias. Deve-se manter o resíduo da colheita sobre a linha de tocos do plantio anterior, de modo a facilitar o preparo da entrelinha para o novo plantio. Recomenda-se, também, a retirada da madeira deixando a cepa o mais rente possível ao solo. É compatível para manejos em sítios poucos produtivos nos quais não se recomendam o manejo com desbastes, pois as receitas proporcionadas pelo acréscimo de madeira advindo com esse manejo são menores que os custos do mesmo (IPEF, 1988).

As produtividades do alto fuste e da talhadia são por muitas vezes semelhantes, e isso se deve às diferenças do padrão de crescimento das árvores, especialmente em relação à copa, bem como no uso de água e nutrientes, ocasionado pelo um crescimento inicial maior em talhadia quando comparada ao alto fuste (VALE et al., 2014).

## **2.4 Talhadia**

O uso da talhadia no Brasil é datado do final de 1970, início de 1980, quando foram realizados estudos sobre a influência da idade de corte, número de brotos por cepas e fertilização. Porém, houve uma redução nesse sistema de condução devido o surgimento e implantação de clones. Os estudos sobre talhadia só voltaram a ser publicados na década de 1990 (SILVA, 2013).

Segundo SILVA e ANGELI, (2006) a talhadia é a condução do crescimento de brotos na cepa da árvore recém-cortada que emite várias brotações (em razão do estímulo de gemas adventícias), originando vários



fustes e iniciando um novo ciclo para espécies florestais que tenham tal capacidade de rebrota, em condições adequadas.

O manejo da brotação aperfeiçoa a produção e recupera a população original, retirando os brotos inferiores deixando um ou dois por cepa (para compensar as falhas) que possuem boa inserção na cepa, forma e sanidade. A desbrota pode ser realizada de maneira manual ou semi-mecanizada (FERRARI et al., 2005).

Autores como Ribeiro et al., (1987) afirmam que a talhadia é o método mais usado entre as empresas florestais para fins energéticos (lenha ou carvão) que atuam no setor siderúrgico, bem como para o abastecimento das indústrias de papel e celulose (OLIVEIRA, 2006).

A maioria dos povoamentos estabelecidos no sistema de talhadia é proveniente de materiais genéticos mais produtivos, com plantas de elevado vigor na primeira rotação, podendo apresentar maior potencial de crescimento das brotações. O melhoramento genético e a seleção de genótipos adaptados a diferentes regiões levaram a um aumento da produtividade dos povoamentos em alto fuste de eucalipto no Brasil com uso eficiente desses recursos de crescimento (SOARES et al., 2009).

Por meio do desenvolvimento e avanço dos métodos de clonagem, houve a identificação e seleção dos clones com melhores resultados em primeira rotação o que levou ao desuso da talhadia, isto porque para as empresas a substituição do clone, ou seja, reforma do povoamento ficou mais atrativa (maior produtividade). Porém, em 2008, com a crise econômica, na qual as empresas numa tentativa de diminuir gastos voltaram a investir em plantios conduzidos em regime de talhadia com aumento de 14% da área ocupada por este tipo de plantio entre os anos de 2009 e 2010 (ABRAF, 2011).

Com a talhadia é possível obter várias rotações sucessivas de um único plantio dependendo da capacidade de rebrota da espécie e do manejo utilizado. O eucalipto possui rebrota eficiente, porém existem diferenças nessa capacidade e isto deve ser levado em consideração na tomada de decisão de se utilizar ou não este sistema de condução (FERRARI et al., 2005; FREITAG, 2013).

De acordo com Couto et al., (1973) em estudos realizados pela FAO, cerca de 49 espécies do gênero *Eucalyptus* possuem essa capacidade.

A adoção do sistema de talhadia com espécies do gênero é justificada por proporcionar menores custos na produção por volume de madeira produzida, produção de madeira de menores dimensões, simplicidade de execução do corte dispensa de preparo de solo e aquisição de mudas, e ciclos de cortes mais curtos (6-8 anos) com antecipação de retornos financeiros (SILVA; ANGELI, 2006).

Atualmente, plantações conduzidas por esse sistema estão estabelecidas em diversas regiões, inclusive onde há deficiências hídricas e nutricionais com diferentes graus de severidade (GONÇALVES et al., 2014).

É importante ressaltar que alguns fatores podem afetar o crescimento das brotações, como a deficiência hídrica e nutricional. Estudos realizados por Stape et al., (1997) mostram que o crescimento num período seco é 27% menor do que o período úmido. Nesse estudo, foi estimado que a produtividade potencial (produtividade máxima em condições ambientais ótimas) do eucalipto no Brasil atinge 51 m<sup>3</sup>/ha, e sem a limitação hídrica poderá atingir 65 m<sup>3</sup>/ha.

Estudos comparando a produtividade de diferentes clones em um mesmo sistema de condução ou sistemas diferentes são relativamente escassos, e na região do Araripe não existe estudo prévio neste sentido, sendo assim de suma importância para a seleção de clones mais produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas específicas, podendo assim contribuir para a seleção dos mesmos e, para um manejo mais eficiente visando redução de custos, etc.

## **2.5 Produtividade em alto fuste e talhadia**

Uma das variáveis que realizam o diagnóstico do potencial produtivo de uma floresta é o volume que é considerado uma informação básica no manejo e planejamento da produção florestal (AZEVEDO et al., 2011).

A estimativa da produtividade volumétrica pode ser realizada de diversas formas. Pode-se utilizar a fórmula tradicional do volume da árvore considerando o fator de forma ou o quociente de forma, ou ajuste de modelos volumétricos obtidos por dados da cubagem rigorosa de árvores já abatidas ou de pé (AZEVEDO et al., 2011).

Em se tratando de produtividade a talhadia quando comparada ao sistema de alto fuste, têm sido semelhantes dependendo da idade da planta,

material genético, época e altura de corte, manejo das cepas e do solo (PERRANDO; CORDER, 2006). Assim, mantendo-se ou melhorando tais recursos de crescimento para as plantas sob regime de talhadia, há potencial de se ter produtividade das brotações equivalente ou mesmo superior à primeira rotação (FARIA et al., 2002).

A talhadia pode ser influenciada pela qualidade do material genético, altura de corte das cepas (10 a 15 cm de altura), época de corte, tipo do solo, sobrevivência, sombreamento das cepas, ataque de formigas cortadeiras e cupins, mato-competição, danos às cepas e às condições climáticas da região. (SILVA; ANGELI, 2006).

A produtividade da talhadia antes da modernização das técnicas silviculturais, era na maioria das vezes inferior à primeira rotação devido às características do genótipo e também aos danos físicos à cepa durante a colheita da madeira (AZEVEDO et al., 2011).

Em 1990, empresas florestais responsáveis pelo abastecimento fabril, no intuito de diminuir falhas ocasionadas pelo genótipo substituíram a reforma das plantações de eucalipto (talhadia) por clones melhorados, mais produtivos e adaptados às condições regionais (BARROS et al., 1997). O replantio foi utilizado ainda, pela necessidade de uniformidade de alinhamento de plantio, devido o maquinário usado na colheita, e da população de plantas por área (OLIVEIRA, 2006).

Por muitos anos o replantio foi o sistema de manejo florestal mais usado, assim justificado, pelo aumento crescente na produtividade: na década de 70, a produtividade média era 13 m<sup>3</sup>/ha, enquanto hoje, supera os 40 m<sup>3</sup>/ha (GONÇALVES et al., 2013). Atualmente, o incremento médio anual (IMA) do eucalipto em bons plantios, pode variar entre 40 e 45 m<sup>3</sup>/ha de madeira com casca, com amplitude entre 25 e 60 m<sup>3</sup>/ha, dependendo do material genético e do nível de estresse ambiental (GONÇALVES et al., 2014).

Em experimentos realizados na região do Polo Gesseiro do Araripe foram encontrados IMA de eucaliptos de 29,67 m<sup>3</sup>/ha aos 66 meses em alto fuste (ROCHA, 2012), e ainda segundo Gadelha, (2010) IMA de 28,00 m<sup>3</sup>/ha em alto fuste aos 66 meses.

A produção de madeira por meio da condução da brotação de eucalipto voltou a ser utilizada em 2008, após a crise econômica mundial, quando muitos empreendimentos florestais cessaram seus programas de replantio para contenção de despesas.

Segundo Gonçalves et al., (2014) nesse período 9% da área plantada com eucalipto foi manejada por alto fuste e 91% foi reformada. Como reflexo dessa crise, as rotações por talhadia corresponderam a 25% da área total plantada em 2009.

De acordo com Freitag (2013) há uma redução em 50% dos custos da talhadia em relação à reforma do plantio, sendo que apenas no primeiro ano, estes custos foram 65% menores.

O Programa Temático de Silvicultura e Manejo (PTSM) vinculado ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) realizou um levantamento em 2013, verificando-se que 300 mil hectares (23%) das plantações de eucalipto das empresas associadas ao PTSM estão sendo conduzidos no sistema de talhadia sendo assim, notável o crescimento e importância de florestas plantadas conduzidas por tal sistema (GONÇALVES et al., 2014).

## **2.6 Perspectivas do eucalipto**

Além do papel de substituto da madeira nativa na fabricação de carvão vegetal, o gênero pode ainda ser utilizado na obtenção de etanol e ainda como fonte de energia na forma de biomassa florestal, que inclusive já é a terceira colocada na matriz nacional (IMA FLORESTAL, 2015). Sua utilização como insumo energético é uma tendência mundial devido à necessidade de redução na utilização de derivados de fontes fósseis, para reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa (MÜLLER, 2005).

Com os avanços tecnológicos, as florestas energéticas têm sido cada vez mais usadas como fonte de matéria-prima para geração de energia elétrica, devido à alta produtividade obtida em plantações florestais (particularmente de clones do gênero *Eucalyptus*), os custos de geração da eletricidade com madeira de reflorestamento podem ser minimizados, tornando o investimento mais atrativo (VALE et al., 2014).

As plantações energéticas são sistemas que visam maior produção de biomassa por unidade de área, em um menor espaço de tempo. O eucalipto

pode ser usado como matéria prima comparável ou até melhor que a cana-de-açúcar (que produz em média de 10,6 toneladas de bagaço por hectare em um ano) na produção de biocombustíveis, podendo em plantios de eucalipto ser usado não só a madeira, mas também seus resíduos (biomassa). O eucalipto no mesmo período chega a produzir aproximadamente 23 a 25 toneladas de biomassa por hectare, produzida para geração de energia (MÜLLER, 2005; IMA FLORESTAL, 2015).

Portanto, o eucalipto além de produzir madeira possui outros atrativos que o valoram como uma excelente opção econômica e ambiental.

## **2.7 Análise econômica**

Pesquisas que visam aumento de produtividade e redução de custos são primordiais para empreendimentos que busquem a maximização do lucro sobre o capital investido. Para isso, é necessário conhecer o comportamento dos custos e receitas por meio da análise econômica, o que vai levar a decisões em relação à questão da reforma ou substituição de um povoamento que, ao longo dos anos, sofrem modificações nos seus custos, dado um progresso tecnológico evidente dentro do setor florestal.

Esta análise é decisiva para implantação e continuidade de qualquer empreendimento. O estado do Pernambuco detém poucas informações sobre a análise econômica em plantios florestais, uma das primeiras informações consta em Rocha (2012), e Gadelha (2014) na região do Polo Gesseiro do Araripe, numa área de plantio experimental.

A análise econômica é realizada para verificar se o capital investido terá retorno financeiro e lucro, nela são realizados cálculos como o do valor presente líquido (VPL) que é o valor obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios, fazendo uma previsão para todo o período do projeto, e o valor presente do investimento que levam em consideração todos os custos para implantação e manutenção do empreendimento em questão e suas receitas (SOUZA et al., 2002). Nesta análise é importante a definição prévia da taxa de desconto a ser utilizada nos vários fluxos de caixa.

A escolha da taxa de desconto é essencial na avaliação de um projeto, a amplitude mais encontrada na literatura está entre 4 a 15% ao ano. Seu uso é decorrente da necessidade de comparar valores que ocorrem em diferentes

pontos no tempo, além disso, a mudança na taxa de juros pode acarretar uma variação na ordenação de alternativas (LIMA JÚNIOR et al., 1997; REZENDE e OLIVEIRA, 2001).

Autores como Francelino et al., (2003) que realizaram uma análise econômica da vegetação da Caatinga no Rio Grande do Norte onde afirmam que a exploração de lenha na Caatinga é economicamente viável, porém não consideram a variação do capital no tempo, o que é essencial para avaliar se tal análise econômica é também viável em outros períodos. Foram considerados apenas o estoque de lenha e o valor atual do produto.

Com os resultados de produtividade aliados aos resultados da análise financeira é possível inferir que tal empreendimento é viável economicamente e ambientalmente, pois diretamente atenua a devastação da vegetação nativa.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área

O estudo foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), localizada na Chapada do Araripe (Figura 1), município de Araripina, com coordenadas geográficas de 07°27'37''S e 40°24'36''W com altitude de 831 metros e solos do tipo (LA 19) definido como latossolo vermelho – amarelo (EMBRAPA, 2003).

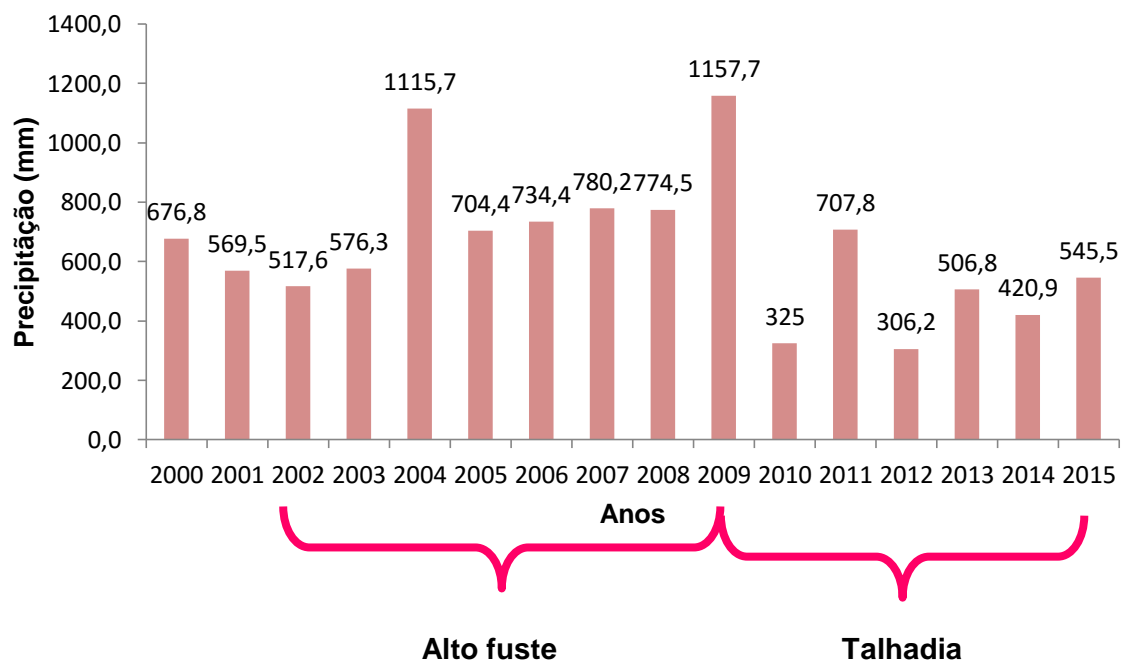
O clima é do tipo Bshw', semiárido com temperatura média anual de 24°C. A precipitação média anual é de 760 mm, com 80% concentrada entre os meses de novembro a maio, o que provoca deficiências hídricas nos outros meses do ano (ITEP/LAMEPE, 2009). Nos últimos anos a precipitação média anual tem sido inferior, os dados são provenientes de pluviômetros instalados na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) (Figura 2).

Figura 1 – Localização da região do Araripe onde está localizado o Polo Gesseiro do Araripe em Pernambuco.



Fonte: (Mapa de Pernambuco)

Figura 2- Precipitação média anual entre 2000 e 2015 na Estação Experimental do Instituto de pesquisa agrônômico - IPA em Araripina.

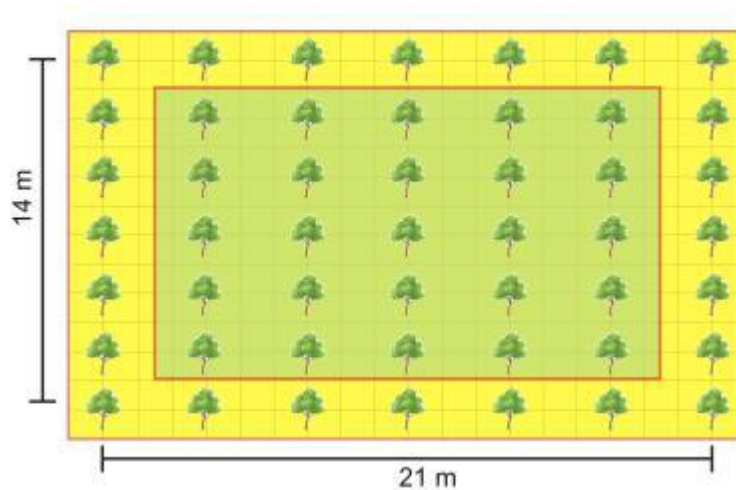


Fonte: IPA, 2015

### 3.2 Caracterização do experimento

O experimento foi implantado no início do mês de março de 2002, com tratamentos dispostos em 60 parcelas de 294 m<sup>2</sup> (14,0 m x 21,0 m), em espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, com 49 plantas por parcela e 25 na área útil (Figura 3).

Figura 3 - Desenho esquemático da área de cada parcela com detalhe no limite da área útil.



Fonte: (BARROS, 2010)



Foram testados 15 tratamentos representados por clones de híbridos de eucaliptos com 4 repetições (Quadro 1), estabelecidos em um delineamento inteiramente casualizado. Os dados da primeira rotação foram coletados a cada seis meses e estão disponíveis em Rocha (2012).

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Clone	Descrição
01	C49	Híbrido de <i>Eucalyptus tereticornis</i> (cn)**
02	C80*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
03	C315*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
04	C101*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
05	C78*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
06	C156	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i> (pc)***
07	C39	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)**
08	C27	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)**
09	C51*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
10	C158*	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> de Laura (pc)***
11	C41	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)**
12	C31	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)**
13	C25	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)**
14	C33	Híbrido de <i>E. urophylla</i> (cn)**
15	C11	Híbrido de <i>E. brassiana</i> (cn)**

\* As mudas dos clones C 80, C315, C101, C78, C51, C158 foram produzidas com material genético de procedência da região de Laura, Queensland, Austrália.

\*\*cn = cruzamento natural

\*\*\*pc = polinização controlada

O corte final da primeira rotação foi realizado no segundo semestre de 2009, aos 84 meses, com os dados disponíveis em Rocha (2012), quando todas as árvores foram cortadas na altura de 15 centímetros acima do solo e a segunda rotação foi conduzida por talhadia com dois fustes (Figura 4) até abril de 2015, quando foi efetuado o corte raso na altura de 15 centímetros acima do solo.

Figura 4 - Segunda rotação conduzida por talhadia com dois fustes na Estação Experimental de Araripina.



### 3.3 Dados coletados

A cada seis meses a condução da rebrota na segunda rotação foi acompanhada até a época do corte raso, no primeiro semestre de 2015, quando as árvores completaram 66 meses.

Todas as variáveis consideradas na primeira fase do experimento, altura total e o diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) de todas as plantas úteis de cada parcela foram também avaliadas na segunda rotação, o que proporcionou a comparação entre o sistema de condução do povoamento por alto fuste e por talhadia.

Nos dados em primeira rotação foi realizada uma simulação da produção e do incremento médio anual na idade aos 66 meses. A comparação entre as rotações foi realizada em termos volumétricos.

### 3.4 Análise estatística

O procedimento estatístico foi realizado por meio de um delineamento inteiramente casualizado, no qual foi feita a comparação em termos de volume entre as duas rotações.

O software utilizado foi o ASSISTAT, R e Excel2010 para tabulação e análise dos dados. A análise da variância (ANOVA) foi realizada a fim de constatar diferenças ou não entre as variáveis volume, mortalidade e incremento médio anual. Para verificar a necessidade de transformação dos dados se empregou a família de transformações de Box–Cox (1962). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974).

O teste de Scott-Knott foi escolhido em função do elevado número de tratamentos. Assim, foram selecionados grupos de clones.

### 3.5 Produtividade

Todas as árvores da área útil foram cortadas e medidas as alturas totais, altura do fuste e diâmetros em várias alturas do fuste. Considerando-se como fuste a porção compreendida entre a altura de corte (0,15 m) e as primeiras ramificações na base da copa. Os fustes foram cubados rigorosamente, pela fórmula de Smalian (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

$$V = (g_1 + g_{n-1})(L/2)$$

Em que:

$V$  = Volume ( $m^3$ );

$g_1$  = Área basimétrica do início da tora ( $m^2$ );

$g_{n-1}$  = Área basimétrica do fim da tora ( $m^2$ );

$L$  = Tamanho da tora (m).

$$g = \frac{\pi d^2}{4}$$

### 3.6 Sobrevivência e mortalidade

A análise da sobrevivência e mortalidade foi baseada nos indivíduos da área útil de cada parcela e realizada a análise estatística em porcentagem de sobrevivência e mortalidade.

### 3.7 Determinação da idade de rotação técnica

A idade ótima de corte ou idade de rotação técnica (IRT) é definida quando há o cruzamento das curvas do Incremento Médio Anual (IMA) e

Incremento Corrente Anual (ICA) que corresponde ao crescimento anual do clone (RODRIGUEZ; RODRIGUES, 1997).

$$\text{IMA} = \frac{V}{I}$$

Em que:

V = volume produzido em função da idade;

I = idade da floresta (anos).

$$\text{ICA} = \frac{dV}{dI}$$

Em que:

dV = Derivada do volume medido no ano atual;

dI = Derivada da idade da floresta (anos).

Os dados de volume do ICA e IMA foram ajustados em função da idade pelo modelo de Schumacher e Hall (1939) para construção dos gráficos para definição da IRT.

$$V_i = e^{\left(\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{I_i}\right)} + \varepsilon_i$$

Em que:

$V_i$  = volume da árvore i;

$I_i$  = idade da árvore i;

e = exponencial;

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros do modelo;

$\varepsilon_i$  = erro aleatório.

### 3.8 Análise financeira da talhadia

Foram utilizados para a análise financeira os custos de implantação e manutenção da talhadia e das receitas geradas pelo volume de madeira do clone de maior produtividade.

Essa análise financeira tem como objetivo relacionar o custo/benefício verificando se a renda gerada pela venda da lenha de eucalipto colhida recompensa ou não o capital investido na implantação do experimento, ou seja,

se tal investimento é viável (SILVA et al., 2008). O parâmetro utilizado para realizar tal verificação foi o valor líquido presente (VPL) representado por:

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

Em que:

R<sub>j</sub> = receitas no período j;

C<sub>j</sub> = custos no período j;

i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência de R<sub>j</sub> e C<sub>j</sub>;

n = duração do projeto, em anos, ou em número de períodos de tempo.

Foram consideradas taxas de juros de 6, 8, 10 e 12%. O valor da madeira de eucalipto foi de R\$ 100,00/m<sup>3</sup> o mesmo para a lenha de PMFS, com um custo para a retirada da lenha de R\$ 12,00/m<sup>3</sup>.

### **3.9 Simulação do rendimento econômico de um hectare de eucalipto comparado com um hectare de plano de manejo florestal sustentado da Caatinga (PMFS)**

Para a simulação e comparação dos IMAs entre Caatinga e o clone de eucalipto de maior produção foram utilizados valores máximos encontrados na literatura, com IMA da vegetação nativa da região de 5,36 m<sup>3</sup>/ha, resultando em uma produção de 75,04 m<sup>3</sup> aos 14 anos (FUPEF, 2007).

Foram usados dados de custos e receitas geradas no cálculo do Valor Presente Líquido referente ao eucalipto. Para os custos de condução do PMFS foi considerada a taxa de manutenção referente ao pagamento do Engenheiro Florestal, abertura de talhões anualmente e taxas de vistoria do órgão ambiental no valor de R\$ 80,00 por ha/ano. O valor do m<sup>3</sup> da lenha foi de R\$ 100,00 e o preço para a retirada de um m<sup>3</sup> de madeira foi de R\$ 20,00. No cálculo da receita foi considerada a produção de madeira do PMFS com rotação de 14 anos.

### **3.10 Custo da utilização de fontes energéticas**

A empresa Gesso Aliança forneceu quanto utilizava de cada fonte energética e o valor referente a produção de uma tonelada de gesso. Esses cálculos foram realizados com finalidade de identificar qual fonte energética é mais viável do ponto de vista econômico para ser usado na região.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Comparação da produtividade volumétrica

Realizada a ANOVA, encontrou-se diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade, para a produtividade aos 66 meses de idade (Tabela 2).

Tabela 2 - ANOVA em termos de volumes entre os 15 clones de *Eucalyptus* spp. em segunda rotação .

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	14	16714,61	1193,90	5,39 **
Resíduo	45	9953,29	221,84	
Total	59	26668,00		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

Por meio dos resultados obtidos pelo teste de Scott-Knott em termos de volumes, foram formados 3 grupos para talhadia que comparada com a primeira rotação por meio do mesmo teste obteve a formação do mesmo número de grupos (Tabela 3 e Figura 5).

Tabela 3 - Resultado do teste de Scott-Knott em termos de volume, e comparação da produção e da perda de produtividade dos clones de *Eucalyptus* spp. em primeira e segunda rotação aos 66 meses.

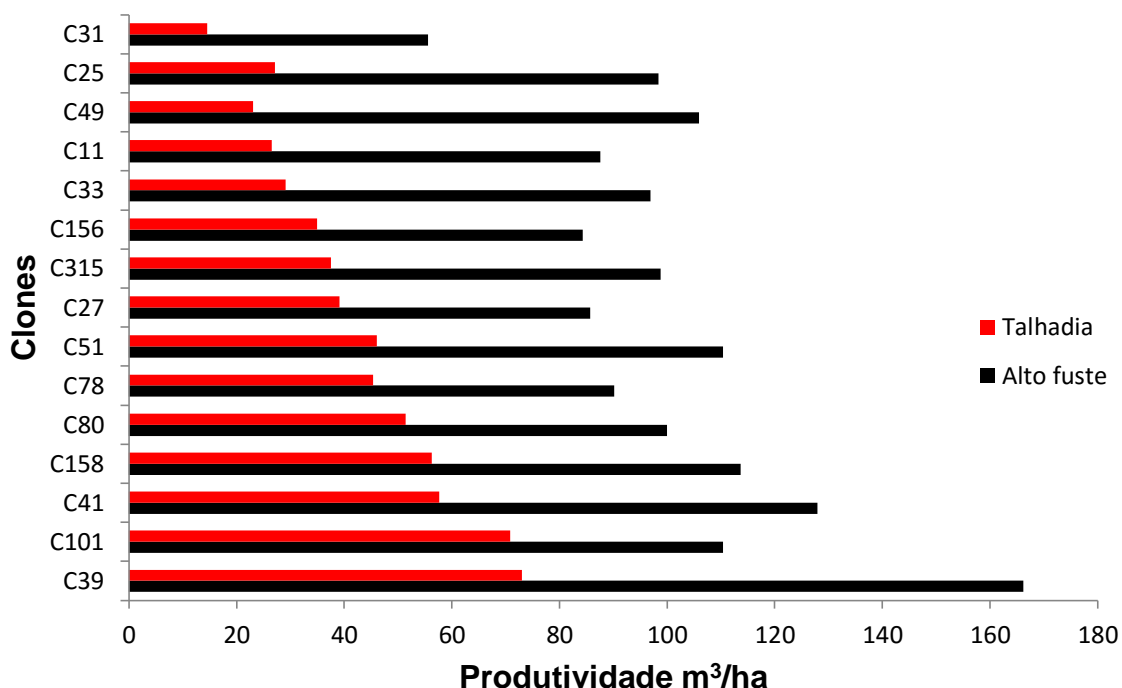
Tratamentos	Clones	Volume em primeira rotação (m <sup>3</sup> /ha) *	Volume em segunda rotação (m <sup>3</sup> /ha) **	Perda de produtividade (%)
7	C39	166,17 a	72,99 a	56
4	C101	110,34 c	70,85 a	36
11	C41	127,91 b	57,68 a	55
10	C158	113,62 c	56,23 a	51
2	C80	99,94 c	51,37 a	49
5	C78	90,18 c	45,32 a	50
9	C51	110,43 c	46,09 a	58
8	C27	85,70 c	39,08 a	54
3	C315	98,74 c	37,52 a	62
6	C156	84,31 c	34,96 b	59
14	C33	96,90 c	29,05 b	70
15	C11	87,59 c	26,56 b	70
1	C49	105,95 c	23,01 b	78
13	C25	98,35 c	27,16 b	72
12	C31	55,54 c	14,49 c	74

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade com CV% = 15,90.

\* Fonte: (ROCHA, 2012)

\*\*volume real obtido por cubagem das árvores, determinado aos 66 meses de idade após o plantio.

Figura 5 - Comparação da produção e da perda de produtividade dos clones de *Eucalyptus* spp. em primeira e segunda rotação aos 66 meses



A transformação logarítmica foi usada para ajustar os dados apresentando assim uma distribuição normal com resultados de 0,96 para Shapiro-Wilk e 0,11 para p-valor.

Foi observado que tanto na primeira quanto na segunda rotação o clone C39 está presente no grupo “a”, indicando sua maior produtividade em relação aos demais.

O clone C41 foi classificado no grupo “b” em alto fuste, na talhadia foi classificado como grupo “a” podendo esta diferença de comportamento estar associada ao fato do clone ter perdido menos volume quando comparado aos demais, este comportamento foi observado em diversos clones.

De acordo com os resultados obtidos, o clone menos produtivo foi o C31 (*E. brassiana*) com 14,49 m<sup>3</sup>/ha de cruzamento natural tanto em talhadia quanto para alto fuste com 55,54 m<sup>3</sup>/ha. Por ser a mesma espécie, é possível que esse clone apresente características genotípicas não favoráveis às condições climáticas e edáficas da região, apresentando assim desvantagens para competir por nutrientes e luz com os demais clones.



Autores como Moura et al., (1995) afirmam que a espécie *E. brassiana* é encontrada originalmente na Papua Nova Guiné com precipitação média anual variando de 1000 a 2500 mm, crescendo em solos mal drenados às margens de pântanos, várzeas inundáveis e em depressões, realidade diferente de Araripina o que pode ter sido fator limitante para suas brotações. É também observado o crescimento desta espécie em encostas com solos pobres de estrutura rochosa, bem drenados.

Os resultados do presente estudo comparados com a primeira rotação Rocha (2012) que obteve resultados semelhantes, corroboram com o presente estudo, pois os menos produtivos foram os clones C156 com volume de 84,31 m<sup>3</sup>/ha e C31 com 55,54 m<sup>3</sup>/ha sendo assim inviáveis para plantio na região.

Essa menor produtividade dos clones em talhadia pode estar relacionada com o déficit pluviométrico ocorrido na região entre os anos de 2000 a 2015 (Figura 2). É possível observar a diminuição da precipitação entre os anos de 2010 a 2014, com exceção do ano de 2011 e 2013. Clones como C27, C315, C156 e C33 obtiveram altas taxas de sobrevivência, porém, produtividades baixas com árvores de menor altura e circunferência.

Entre os anos de 2002 a 2009, período em que o alto fuste foi conduzido, a média anual foi desse período foi de 795,1 mm, já a talhadia apresentou como média anual desse período 567,1 mm, uma redução de aproximadamente 29%, esta diferença pode ter influenciado no crescimento e na produtividade da talhadia, pois a disponibilidade hídrica é essencial no estabelecimento e desenvolvimento de um plantio florestal.

Gonçalves et al., (2014) avaliando a influência de fatores edafoclimáticos sobre a produtividade alto fuste e talhadia do híbrido *E. grandis x urophylla*, na Bahia concluíram que as produtividades das brotações de eucalipto se relacionaram estreitamente ao regime de precipitação pluviométrica, pois nos locais onde a precipitação pluviométrica foi maior a talhadia teve maior produtividade que a do alto fuste.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 3), o Clone C39 (*E. urophylla*) é o mais produtivo com volume de 72,99 m<sup>3</sup>/ha, e assim o mais indicado para região, comportamento semelhante na primeira rotação onde o mesmo apresentou a maior produção com 166,17 m<sup>3</sup>/ha demonstrando assim sua adaptabilidade na região.

Essa maior produção em volume do clone em questão pode estar atribuída ao fato da espécie possuir bom crescimento, enraizamento, capacidade de brotação de cepas e ser tolerante ao déficit hídrico, alta resistência a doenças e plasticidade da espécie (VALLE, 2009; FREITAG, 2013; FONSECA et al., 2010).

## 4.2 Comparação da sobrevivência e mortalidade

Realizada a ANOVA, encontrou-se diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade, para a sobrevivência aos 66 meses de idade (Tabela 4).

Tabela 4 - ANOVA em termos de sobrevivência entre os 15 clones de *Eucalyptus spp.* em segunda rotação.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	14	19552,93	1396,63	4,11**
Resíduo	45	15278,00	339,51	
Total	59	34830,93		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

O primeiro e mais produtivo grupo “a” é formado pelos clones C39 (Híbrido de *E. urophylla*), e C101 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*), com 87% e 96,5% de sobrevivência respectivamente (Tabela 5), indicando que estes clones estão mais adaptados à região do Polo Gesseiro do Araripe.

O segundo grupo é formado pelos clones: C41 (Híbrido de *E. urophylla*), C158 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*), C51 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*), C80 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*), C78 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*) com 68,5%, 92,5%, 91,0%, 89%, 68% de sobrevivência respectivamente.

Os clones que obtiveram menores resultados em produção foram: C49 (Híbrido de *E. tereticornis*), C315 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis*), C25 (Híbrido de *E. brassiana*), C33 (Híbrido de *E. urophylla*), C11 (Híbrido de *E. brassiana*), C27 (Híbrido de *E. brassiana*), C156 (Híbrido de *E. urophylla* x *E. tereticornis* x *E. pellita*) e C31 (Híbrido de *E. brassiana*), com taxa de sobrevivência de 64%, 81,5%, 53,5%, 86%, 48%, 75%, 70% e 30,5% respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Porcentagem de sobrevivência, mortalidade e resultado do teste de Scott-Knott em termos de sobrevivência, dos 15 clones de *Eucalyptus* spp. em primeira e segunda rotação.

Tratamento	Clone	Sobrevivência	Mortalidade	Sobrevivência	Mortalidade
		(%) Alto fuste	(%) Alto fuste	(%) Talhadia	(%) Talhadia
7	C39	89,0 a	11,0	87,0 a	13,0
4	C101	99,0 a	1,0	96,5 a	3,5
11	C41	72,0 a	28,0	68,5 b	31,5
10	C158	91,0 a	9,0	92,5 a	7,5
2	C80	98,0 a	2,0	89,0 a	11,0
5	C78	72,0 a	28,0	69,0 b	31,0
9	C51	95,0 a	5,0	91,0 a	9,0
8	C27	86,0 a	14,0	75,0 a	25,0
3	C315	85,0 a	15,0	81,5 a	18,5
6	C156	82,0 a	18,0	70,0 b	30,0
14	C33	86,0 a	14,0	86,0 a	14,0
15	C11	51,0 b	49,0	48,0 c	52,0
1	C49	85,0 a	15,0	64,0 b	36,0
13	C25	79,0 a	21,0	53,5 c	46,5
12	C31	49,0 b	51,0	30,5 c	69,5

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% e 5% de probabilidade com CV% = 25,08.

Realizado o teste de normalidade foi observada uma distribuição normal dos dados. Por meio do teste de Scott-Knott os clones em alto fuste foram classificados em dois grupos, já na talhadia foram formados três grupos.

Quando se compara essas rotações é possível observar que o comportamento dos clones foi semelhante quanto a sobrevivência (Tabela 5), clones como C11 e C31 que no sistema de alto fuste estavam no grupo b, foram agrupados como grupo c mostrando assim sua menor porcentagem de sobrevivência em ambas as rotações. Porém, clones que em alto fuste foram classificados como grupo "a" como, por exemplo, o C25 que em talhadia foi agrupado como grupo "c" podendo este comportamento estar atribuído a seca ocorrida na região que foi um fator limitante para a rebrota.

O clone C31 (*E. brassiana*) apresentou a menor produção em relação aos demais clones, em função de sua alta taxa de mortalidade (69,5%) da área útil amostrada, que comparada a primeira rotação deste mesmo experimento, apresentou comportamento semelhante para o clone de menor produtividade, o clone C31 com 51% de mortalidade e porcentagem de sobrevivência entre 99% e 49% para todos os clones (ROCHA, 2012).

Vilas Bôas et al., (2009) avaliando espécies de *Eucalyptus* spp. em primeira rotação encontraram taxas de sobrevivência entre 50% e 85%, é importante observar que seu trabalho foi conduzido em regiões com precipitação pluviométrica superior a 1200 mm/ano, Marília – SP, diferente de Araripina – PE, que possui média de precipitação de 760 mm (ITEP/LAMEPE, 2009).

Já na segunda rotação os índices de sobrevivência foram entre 30,5% a 96,5% (Tabela 5), sendo que os clones que obtiveram menor e maior índice de produção em primeira e segunda rotação são os mesmos C39 e C31. Souza (2011), analisando oito clones de *Eucalyptus* spp. em segunda rotação encontrou índices de sobrevivência que variaram entre 83% e 100%. Para Ferrari et al., (2005) que avaliaram a condução de rebrota de três povoamentos de *Eucalyptus* spp. 60 dias após o corte em Minas Gerais, dois na Zona da Mata e um no Cerrado, obtiveram índices de sobrevivência variando entre 25% e 100%, pode-se então afirmar que os valores para o índice de sobrevivência encontrados no presente estudo são satisfatórios.

#### 4.3 Incremento médio anual (IMA)

Para o Incremento Médio Anual aos 66 meses de idade foi realizada a ANOVA, e encontradas diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade (Tabela 6).

Tabela 6 - ANOVA em termos de Incremento Médio Anual entre os 15 clones de *Eucalyptus* spp. em segunda rotação.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	14	532,99	38,07	5,39 **
Resíduo	45	317,39	7,05	
Total	59	850,38		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

Após a ANOVA foi realizado o teste de Scott-Knott onde foi observada a formação de três grupos com classificação igual aos grupos formados para volume (Tabela 7).

Tabela 7 - Incremento Médio Anual e resultado do teste de Scott-Knott dos clones de *Eucalyptus spp.* em primeira e segunda rotação aos 66 meses.

Tratamento	Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha) em primeira rotação	IMA (m <sup>3</sup> /ha) em segunda rotação
7	C39	29,67	13,03 a
4	C101	19,70	12,65 a
11	C41	22,84	10,30 a
10	C158	20,29	10,04 a
2	C80	17,84	9,17 a
5	C78	16,10	8,09 a
9	C51	19,72	8,23 a
8	C27	15,30	6,98 a
3	C315	17,63	6,70 a
6	C156	15,05	6,24 b
14	C33	17,30	5,18 b
15	C11	15,64	4,74 b
1	C49	18,91	4,10 b
13	C25	17,56	4,85 b
12	C31	9,91	2,58 c

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% e 5% de probabilidade com CV% = 30,51.

Esta diferença de produtividade entre as rotações pode estar atribuída a fatores climáticos, como o déficit pluviométrico, resultando em um IMA de 13,03 m<sup>3</sup>/ha abaixo do esperado, que seria um valor semelhante ao alto fuste de 29,67 m<sup>3</sup>/ha.

Os valores de IMA encontrados para os clones em segunda rotação (Tabela 7) variaram de 13,03 m<sup>3</sup>/ha para o clone C39 a 2,58 m<sup>3</sup>/ha para o clone C31 que foi afetado pela alta taxa de mortalidade. Quando se compara estes resultados com os encontrados por Rocha (2012) se observa comportamento semelhante com valores de IMAs entre 29,67 m<sup>3</sup>/ha para o clone C39 e 9,91 m<sup>3</sup>/ha para o clone C31.

Freitag (2013) avaliando o desenvolvimento das brotações de clones de eucalipto em Mogi Guaçu – MG e Brotas – MG encontrou valores de IMA de 40 m<sup>3</sup>/ha e 45 m<sup>3</sup>/ha respectivamente. Porém, autores como Miranda et. al., (1998) (citado por FARIA et al., 2002), estudando um povoamento de eucaliptos em segunda rotação no Vale do Jequitinhonha - MG encontraram valores de IMA de 12,1 m<sup>3</sup>/ha a 6,51 m<sup>3</sup>/ha. O presente estudo encontrou valores semelhantes com IMA entre 2,58 m<sup>3</sup>/ha a 13,03 m<sup>3</sup>/ha evidenciando que nestas condições a talhadia é insatisfatória para possíveis florestas plantadas com fins energéticos.

Resende et al., (2004) encontrou valores de IMA para eucaliptos em Martinho Campos-MG, em primeira rotação que variaram de 12,6 m<sup>3</sup>/ha aos 60 meses a 47,4 m<sup>3</sup>/ha aos 48 meses, o que corrobora com o presente estudo que encontrou resultados semelhantes de IMA aos 66 meses em segunda rotação, evidenciando que primeira e segunda rotação podem obter IMA semelhantes, pois a idade influencia na produtividade.

Faria et al., (2002) avaliando a produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, obteve IMA de 20,5 m<sup>3</sup>/ha em primeira rotação e 12,9 m<sup>3</sup>/ha em segunda rotação aos 78 meses. Assim, o presente estudo obteve resultado de IMA semelhante com idades são diferentes.

#### **4.4 Comparação do volume da talhadia com a vegetação nativa**

Relacionando estes mesmos resultados volumétricos com a vegetação nativa, em termos de ocupação espacial, um hectare plantado com clones de *Eucalyptus* spp. corresponde a aproximadamente três hectares de PMFS da Caatinga, (ROCHA, 2012). Como uma rotação de Caatinga corresponde a duas rotações de eucaliptos, implica em que na realidade um hectare de eucalipto equivale a seis hectares de vegetação da Caatinga.

Sendo que, Gadelha (2014) estima que o consumo do Polo Gesseiro do Araripe seja de 652.680 m<sup>3</sup>/ano, e a produção de PFMS da Caatinga é em média de 46,5 m<sup>3</sup>/ha num ciclo de 15 anos. Assim seria necessário cerca de 14.036 ha de PFMS para atender tal demanda energética. Fica evidente a viabilidade de tais plantios de eucalipto com finalidade energética, devido suas características de rápido crescimento e produtividade.

Para uso domiciliar, os moradores da região do Polo Gesseiro do Araripe utilizam 174412,27 m<sup>3</sup> de lenha, correspondente a 3.860 ha de floresta nativa, considerando que um hectare de vegetação nativa produz um IMA de 5 m<sup>3</sup>/ha (melhor IMA da região), sendo que Barros (2009) encontrou IMA de 2,64 m<sup>3</sup>/ha para vegetação nativa da região (GADELHA, 2014)

O presente estudo evidencia que o gênero possui maior estoque em volume e IMA quando comparado à vegetação local. Autores como Francelino et al. (2003) analisando diferentes formações florestais da Caatinga no Rio Grande do Norte mostram tal diferença com resultados de IMA para colheita de

madeira sustentável de 1,06 m<sup>3</sup>/ha para a região Potiguar, e 0,35 m<sup>3</sup>/ha para região do Seridó, valores inferiores aos encontrados no presente estudo que ficaram entre 2,58 m<sup>3</sup>/ha e 13,03 m<sup>3</sup>/ha, comparada a primeira rotação, Rocha (2012) encontrou para o mesmo experimento 9,91 m<sup>3</sup>/ha e 29,67 m<sup>3</sup>/ha para os mesmos clones em alto fuste.

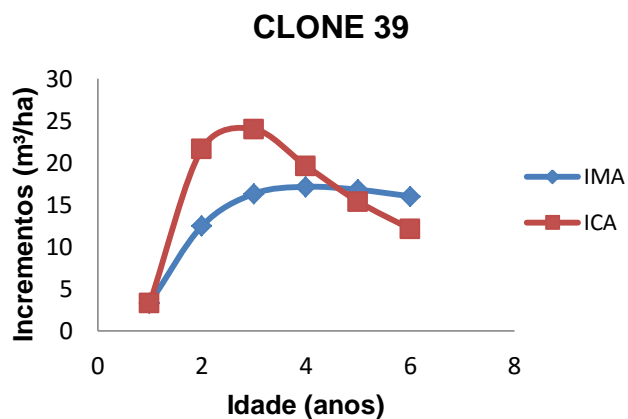
Barros, (2009) analisando um experimento de 78 meses comparando a volumetria de nove espécies nativas localizadas na mesma área do presente estudo com a volumetria de vegetação nativa encontrou como resultados que três espécies nativas plantadas possuem volume superior (sabiá IMA de 6,17 m<sup>3</sup>/ha, jurema-preta com IMA de 5,59 m<sup>3</sup>/ha) aos da vegetação nativa (IMA de 2,32 m<sup>3</sup>/ha) que apresentou quase metade do incremento do angico o terceiro colocado (4,02 m<sup>3</sup>/ha de IMA), valores inferiores aos do presente estudo com 66 meses, ficando assim evidente que o plantio de eucaliptos para fins de energia é o mais indicado para região.

A diferença e superioridade de incremento em volume de eucaliptos comparada aos PFMS, e à Caatinga reforça a premissa da importância da implantação de florestas plantadas com eucaliptos para fins energéticos na região do estudo, sendo mantidas as condições adequadas para implantação do clone mais produtivo no sistema de condução mais adequado. Assim, o volume em madeira suprirá a demanda energética da região, minimizando o impacto da produção do gesso na região e a degradação da vegetação nativa.

#### **4.5 Idade de rotação técnica**

De acordo com as Figuras 6, 7 e 8 que tem por base os dados de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) é possível observar a definição da Idade de Rotação Técnica – IRT. O comportamento é semelhante para os três clones que apresentaram IRT em torno dos 60 meses de idade.

Figura 6 - Incremento corrente anual e incremento médio anual para o clone C39 (*E. urophylla*).

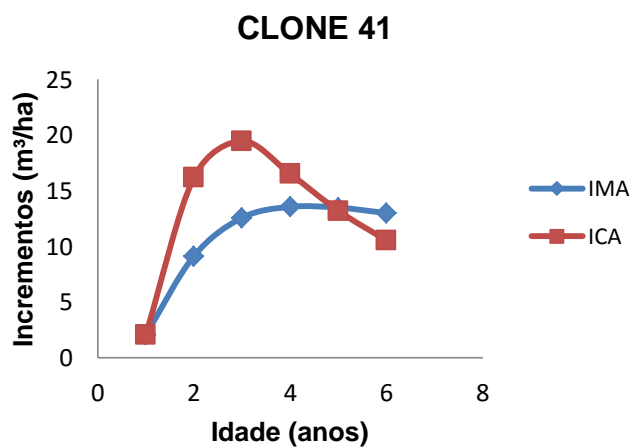


$$V_i = e^{(5,23 - 4,04I_i^1)}$$

$$R^2 = 95,86\%$$

$$S_{yx} = 12,69\%$$

Figura 7 - Incremento corrente anual e incremento médio anual para o Clone C41 (*E. urophylla*).



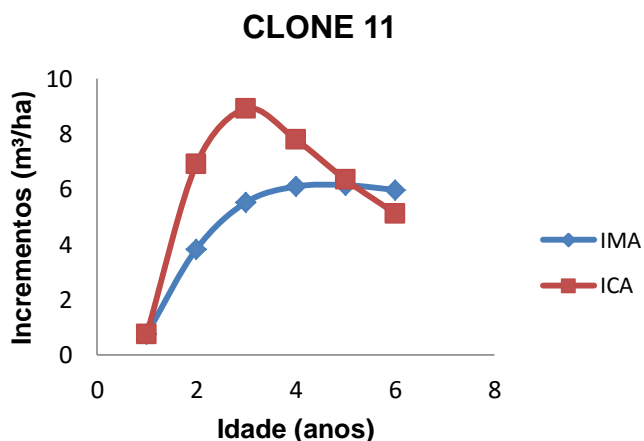
$$V_i = e^{(5,08 - 4,35I_i^1)}$$

$$R^2 = 93,13\%$$

$$S_{yx} = 17,28\%$$



Figura 8 - Incremento Corrente Anual e Incremento Médio Anual para o Clone C11 (*E. brassiana*).



$$V_i = e^{(4,35 - 4,62 \frac{1}{I_i})}$$

$$R^2 = 93,66\%$$

$$S_{yx} = 17,28\%$$

O resultado da IRT é a igualdade entre incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA), quando IMA é máximo. O IMA será máximo quando a taxa relativa de crescimento for igual ao inverso da idade da floresta (RODRIGUEZ; RODRIGUES, 1997).

Porém é necessário observar não apenas a IRT para efetuar o corte do povoamento. Os plantios são realizados geralmente na estação chuvosa, que para a região em questão é entre os meses de fevereiro e abril. Sendo assim, é importante que ao calcular a IRT a época do corte também seja levada em consideração para que a mesma não ocorra num período seco, o que iria inviabilizar as brotações da rotação sequente, a contribuição hídrica é fundamental na fase inicial do plantio.

Assim a IRT mais indicada é de 5 anos (60 meses) para coincidir com a época chuvosa da região que é de novembro a maio.

No presente estudo foram calculados os valores de incremento corrente anual (ICA) para os clones C39, C41 e C11, por serem os clones mais produtivos.

Rocha (2012) para os mesmos clones, porém em primeira rotação encontrou IRT entre 6,5 e 7 anos, sendo mais indicado 7 anos devido a época de corte coincidir com a estação chuvosa.

Esta IRT precoce (5 anos) pode estar atribuída à baixa produtividade local, a época de corte que foi efetuada aos 5 anos e meio, e ainda a seca que afetou severamente a produtividade.

Resende et al., (2004) utilizando um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto em Martinho Campos-MG encontrou uma IRT também de 5 anos, corroborando com o presente estudo.

A partir das Figuras 6, 7 e 8 é possível observar uma alta taxa inicial de crescimento das brotações em segunda rotação nos três primeiros anos de estabelecimento em relação aos últimos anos da rotação, isso se deve principalmente a presença do sistema radicular já estabelecido, facilitando assim a absorção de água e nutrientes, e ainda a presença e uso de reservas orgânicas e inorgânicas presentes nas cepas ou raízes, o que pode resultar na antecipação de produtividade máxima (FREITAG, 2013; REIS E REIS, 1997).

A talhadia quando comparada ao sistema de alto fuste, mostra ter o pico de produtividade nas idades iniciais e demais vantagens acima citadas, porém com o tempo essa produtividade tende a diminuir, caso não haja reposição de nutrientes, etc. Isso pode ser comprovado por Gadelha (2014) que analisou o desempenho silvicultural dos clones C39, C41 e C11 e comparou as duas rotações, obtendo resultados de volume médio no início do plantio de 26,04 m<sup>3</sup>/ha para talhadia e 11,18 m<sup>3</sup>/ha para alto fuste e aos 42 meses 44,14 m<sup>3</sup>/ha e 41,53 m<sup>3</sup>/ha respectivamente.

Além da análise da produtividade na rotação, na definição da idade de rotação técnica é necessário ainda observar a viabilidade econômica para a indicação da época de corte e do melhor sistema de condução para a região. Segundo Gadelha (2014) que realizou uma análise financeira na mesma área do estudo, concluiu que a talhadia possui menor custo, e maior lucro líquido, ocasionado pela ausência de custos com implantação, e ainda redução nos custos com a sua condução.

#### 4.6 Análise financeira

De acordo com os dados utilizados para realizar a análise financeira com os custos de implantação (Tabela 8) foi possível comparar o alto fuste com a talhadia em termos financeiros e assim definir o mais viável.

Tabela 8 - Custos e receitas de implantação do experimento de clones de *Eucalyptus spp.* em alto fuste.

Descrição	Ano	Unid.	Quantidade	Valor Unitário	Custo	Produção (C39)	Receita (R\$)
Preparo do solo	1	h/m	4	80,00	320,00		
Sub-solagem	1	h/m	1	60,00	60,00		
Gesso agrícola	1	Kg	500	0,04	20,00		
Adubo químico	1	Kg	250	1,00	250,00		
Aplicação de adubo	1	h/d	5	30,00	150,00		
Mudas	1	R\$	1667	0,40	666,80		
Frete das mudas	1	1	1667	0,25	416,75		
Plantio	1	h/d	6,5	30,00	195,00		
Controle de formiga	1	h/d	6	30,00	180,00		
Controle de formiga	2	h/d	6	30,00	180,00		
Capina manual	2	h/d	5	30,00	150,00		
Capina manual	3	h/d	5	30,00	150,00		
Adm./manutenção	1...5		5	11,00	55,00		
Produção (ha)	5	IMA (m <sup>3</sup> )	29,67			166,17	
Corte da lenha	5	h/m <sup>3</sup>	166,17	12,00	1994,04		
Valor da lenha (m <sup>3</sup> )							100,00
<b>Total (R\$)</b>					4787,59		16617,00
<b>Receita líquida (R\$)</b>							11829,41

Em que: h/m = hora máquina, h/d = homem hora e h/m<sup>3</sup> homem por m<sup>3</sup>

Os custos com o alto fuste (Tabela 8) são maiores devidos os gastos iniciais com implantação, preparo do solo, mudas entre outros que não estão

presentes na talhadia (Tabela 9). Porém o alto fuste de acordo com o presente estudo apresentou para o clone C39 maior volume e conseqüentemente maior receita líquida (Tabela 8).

Tabela 9 - Custos e receitas do experimento de clones de *Eucalyptus* spp. em talhadia.

Descrição	Ano	Unid.	Quantidade	Valor Unitário	Custo	Produção (C39)	Receita (R\$)
Controle de formiga	1	h/d	6	30,00	180,00		
Controle de formiga	2	h/d	6	30,00	180,00		
Capina manual	2	h/d	5	30,00	150,00		
Capina manual	3	h/d	5	30,00	150,00		
Adm./manutenção	1...5		5	11,00	55,00		
Produção (ha)	5	IMA (m <sup>3</sup> )	13,03			72,99	
Corte da lenha	5	h/ m <sup>3</sup>	72,99	12,00	875,88		
Valor da lenha (m <sup>3</sup> )							100,00
<b>Total (R\$)</b>					1590,00		7299,00
<b>Receita líquida (R\$)</b>							5708,12

Em que: h/m = hora máquina; h/d = homem hora e h/m<sup>3</sup> = homem por m<sup>3</sup>

A receita líquida para produção de um hectare de eucalipto (clone 39) em talhadia foi de R\$ 5708,12 com custos de apenas R\$ 1590,00, porém devido sua menor produtividade de 72,99 m<sup>3</sup>/ha em relação ao alto fuste é menos recomendável. A partir do cálculo do VPL em diferentes taxas de juros (Tabela 10) é possível observar que mesmo a talhadia sendo economicamente viável, o alto fuste ainda é o sistema de condução mais indicado para produção de lenha na região.

Tabela 10 - Valor presente líquido para o clone C39 em talhadia e alto fuste, considerando 6%, 8%, 10% e 12% a.a. de taxa de juros.

VPL	Taxa de Juros			
	6%	8%	10%	12%
Talhadia (R\$)	4098,815	3692,697	3330,592	3007,12
Alto fuste (R\$)	7419,814	6527,862	5730,807	5017,143

Quando o VPL é maior que zero, o empreendedor irá obter lucro aumentando assim a receita do empreendimento. Dentre as quatro taxas de juros apresentadas (6%, 8%, 10% e 12%) todas foram maiores que zero mostrando assim a viabilidade do projeto.

Mota et al., (2010) analisando a rentabilidade econômica de uma plantação de eucalipto em alto fuste em São Paulo, encontrou VPL de R\$ 18.579,52 com uma taxa de juros de 12% a.a. e num segundo cenário VPL de R\$ 8076,00 com uma taxa de desconto de juros de 18% ao ano em relação a implantação de uma floresta plantada de eucalipto.

Para a talhadia, Rocha et al., (2015) fazendo uma análise econômica da implantação e condução de povoamentos de eucalipto em Minas Gerais encontrou VPL de R\$ 782,91 para colheita de madeira com produtor individual, já para a contratação de empresa especializada o VPL é de R\$ 871,86.

Gadelha (2014) analisando o desempenho silvicultural e econômico dos clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo para fins energéticos e em diferentes idades para este mesmo experimento, teve como resultados que os clones C41 no espaçamento 2m x 2m e o C39 no 3m x 2m em alto fuste, foram os que apresentaram maior valor de VPL e, assim, menor custo médio de produção por m<sup>3</sup> de madeira. O clone C39, conduzido no sistema de talhadia, foi o que apresentou maior valor de VPL e conseqüentemente menor custo médio de produção do m<sup>3</sup> de madeira. Ambos resultados positivos em taxa de juros de 4%, 6% e 8% ao ano.

#### **4.7 Simulação do rendimento econômico de um hectare de eucalipto comparado com um hectare de plano de manejo florestal sustentado da Caatinga (PMFS)**

Na tabela 11 estão descritos todos os custos e receitas referentes a produção de lenha em um hectare de PFMS para abastecer a indústria do Polo Gesseiro do Araripe, a partir de tais cálculos é possível comparar e decidir qual fonte energética é mais viável, levando-se em consideração que o PFMS possui rotação de 14 anos.

Tabela 11 - Custos e receitas para produção de um hectare de PFMS.

Descrição	Ano	Unid.	Quantidade	Valor Uni.	Custo	Produção (C39)	Receita (R\$)
Elaboração do projeto	1	h	1	50,00	50,00		
Manutenção (engenheiro florestal)	1 a 14	h	14	80,00	1120,00		
Produção	14	m <sup>3</sup>					
Corte da lenha	14	h/m <sup>3</sup>	75,04	20,00	1580,80		
Produção (ha)	14	IMA (m <sup>3</sup> )	5,36			75,04	
Valor da lenha (m <sup>3</sup> )	14	m <sup>3</sup>	75,04	100,00			7504,00
<b>Total (R\$)</b>					2670,80		
<b>Receita líquida (R\$)</b>							4833,20

Em que: h/m<sup>3</sup> = homem por m<sup>3</sup>

O resumo e a comparação entre alto fuste, talhadia e PFMS está representada na tabela 12.

Tabela 12 - Comparação e resumo da análise econômica do eucalipto em alto fuste, talhadia e PFMS.

Fontes energéticas	Rotação (anos)	Produção (m <sup>3</sup> /ha)	Lenha (R\$/m <sup>3</sup> )	Receita (R\$/ha)	Custos (R\$/ha)	Lucro (R\$/ha)
Eucalipto (alto fuste)	5	166,17	100,00	16617,00	4787,59	11829,41
Eucalipto (talhadia)	5	72,99	100,00	7299,00	1590,00	5708,12
PFMS	14	75,04	100,00	7504,00	2670,80	4833,20

Analisando a tabela 12 é possível concluir que dentre as três fontes energéticas estudadas o eucalipto conduzidas no sistema de alto fuste é o mais viável economicamente pelo maior lucro em menor tempo, e ambientalmente pelos benefícios da introdução de florestas plantadas de rápido crescimento e diminuição do desmatamento da vegetação nativa para suprir a demanda energética da indústria do polo gesso de Araripe.

#### 4.8 Custo da utilização de fontes energéticas

Na tabela 13, estão descritos os valores em reais fornecidos pela empresa Gesso Aliança para produção de uma tonelada de gesso, das principais fontes energéticas mais usadas na indústria do Polo Gesseiro do Araripe.

Tabela 13 - Valores em real para produção de uma tonelada de gesso das principais fontes energéticas utilizadas na indústria do Polo Gesseiro do Araripe em Araripina - PE.

Fonte energética	Preço (R\$)	Consumo (ton)	Preço (R\$) da ton/gesso produzido
Óleo BPF	1,20	37,00 (kg)	44,40
Gás GLP	3,80	22,00 (kg)	83,60
Coque	0,49	38,00 (kg)	18,62
Lenha da caatinga	100,00	0,151 m <sup>3</sup>	15,10
Lenha de Eucalipto	100,00	0,100 m <sup>3</sup>	10,00

Diante desses valores da tabela 13, é possível observar que o eucalipto é a fonte energética que possui o menor custo para produção de uma tonelada de gesso, seguida da lenha da Caatinga e do coque.

O coque é um resíduo sólido derivado do petróleo, seu uso causa danos ambientais e à saúde humana provocada por este poluente que se somam aos riscos tecnológicos decorrentes dos processos de produção e refino do petróleo e do uso de seus derivados como matriz energética (GURGEL, 2011).

Já o eucalipto apresenta o menor preço para sua utilização como fonte energética, além de não ser poluente em sua produção quando comparado ao coque, sendo, portanto considerado a melhor opção de fonte energética tanto economicamente quanto ambientalmente para o abastecimento da indústria do gesso região do Araripe.

## 5. CONCLUSÕES

No sistema de talhadia, a maior produção foi obtida com o clone C39 (Híbrido de *E. urophylla*) com 72,99 m<sup>3</sup>/ha, porém este volume foi inferior ao obtido na primeira rotação. Assim, o sistema a ser adotado no Polo Gesseiro do Araripe é o de plantio com o clone C39.

A idade de rotação técnica do clone C39 em talhadia foi estimada em 5 anos.

De acordo com a análise financeira dos sistemas de condução do povoamento florestal foi observado que o alto fuste mesmo em rotação mais longa possui maior receita e volume quando comparado a talhadia que possui uma receita superior a da vegetação nativa.

Dentre as fontes energéticas utilizadas na região o eucalipto é a mais barata custando R\$ 10,00 por tonelada de gesso produzida e, portanto a mais indicada para suprir a demanda da matriz energética da indústria do Polo Gesseiro do Araripe.

O *Eucalyptus* spp. quando comparado aos PFMS possui maior produtividade em menor tempo de rotação, é viável economicamente e ambientalmente pois seu uso como fonte energética diminui o uso da vegetação nativa para o mesmo fim, atenuando assim sua devastação.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H. B. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus L'Héritier (Myrtaceae)* nas Regiões Norte e Noroeste do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991, 105p.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF, 2011 - Ano Base 2010**. Brasília, 2011.130p.

ARAÚJO, S.M.S. de. **O Polo Gesseiro do Araripe: Unidades geo-ambientais e impactos da mineração**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Geociências. Área de Administração e Política de Recursos Minerais), 2004, 276p.

ATECEL – Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira. **Diagnóstico energético do setor industrial do Polo gesseiro da meso região de Araripina-PE**. Campina Grande, 2006, 126p.

AZEVEDO, G. B de; et al., Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, v.31, n. 68, p. 309-318, out/dez. 2011.

BARROS, B. C. de. **Volumetria, calorimetria e fixação de carbono em florestas plantadas com espécies exóticas e nativas usadas como fonte energética no Polo Gesseiro do Araripe – PE**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009, 63p.

BARROS, N. F.; TEIXEIRA, P. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v. 11, n. 30, p. 79-88, 1997.

BARROS, K. N. N. O. **Abordagem clássica e bayesiana em modelos simétricos transformados aplicados à estimativa de crescimento em altura de *Eucalyptus urophylla* no Polo Gesseiro do Araripe – PE**. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010. 67p.

BORÉM, A. **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV. 2007, 387p.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society (Series B)**, v. 26, n. 2, p. 211-243, 1962.

BRITO, J. O. **O uso energético da madeira. Estudos Avançados**. São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185-193, abr. 2007.

CAMPELLO, F.C.B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: a questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da região do Araripe – PE**. Dissertação

(Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011, 66p.

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

COUTO, H.T.Z. do; et al., Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF** n.7, p.115-123, 1973.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Eucalipto: Importância socioeconômica e ambiental.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.embrapa.br/>. Acesso em: 28 julho de 2014.

FARIA, G.E., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., LIMA, J.C.; TEIXEIRA, J.L. Produção e estado nutricional de povoamento de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta a adubação potássica. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.577-584, 2002.

FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia.** Colombo: Embrapa Florestas (Documentos, 104). 28 p. 2005.

FONSECA, S.M. da; et. al.; **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto.** Viçosa: UFV, 2010. 200p.

FRANCELINO, M. R; et al., Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.79-86, 2003.

FREITAG, A. S. **Crescimento de brotações de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função da disponibilidade de nutrientes no solo e da aplicação de fitorreguladores na cepa.** Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013, 82p.

FUPEF, **Apoio técnico e institucional para o desenvolvimento do programa florestal da Chapada do Araripe: produto 2 – Diagnóstico,** Curitiba, 2007, 203 p.

GADELHA, F. H de L; **Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* (Cruzamento Natural) e *Eucalyptus brassiana* (Cruzamento Natural) na Chapada do Araripe – PE.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010, 65p.

GADELHA, F. H de L; **Desempenho silvicultural e avaliação econômica de clones híbridos de eucaliptos plantados em diferentes regimes de manejo**

**para fins energéticos.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014, 147p.

GADELHA, F. H. de L.; et al., Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus* sp. no Polo Gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 331-341, abr.-jun., 2012.

GONÇALVES, J. L. de M.; et al., Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 411-419, set. 2014.

GONÇALVES, J. L. M.; et al., Nutrição e adubação da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras, Jaboticabal:** FCAV/CAPES, 2014. p. 349-382.

GONÇALVES, J. L. M.; et al., Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 6-27, 2013.

GURGEL, A do M. **Uso do coque verde de petróleo como matriz energética em Pernambuco e a perspectiva da vigilância em saúde: estudo de caso no complexo industrial portuário de SUAPE.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, 2011, 159p.

IBÁ – Indústria brasileira de árvores. **Relatório Estatístico da IBÁ, 2015 - Ano base 2014.** Brasília, 2015.80p.

IPEF. Reunião Técnica sobre condução da brotação. **Série Técnica do IPEF**, n.5, v.17, p. 1-84, 1988.

IMA FLORESTAL. **Produção de biomassa: Um novo uso para o eucalipto.** Disponível em: <http://www.imaflorestal.com/noticias/producao-de-biomassa-um-novo-uso-para-o-eucalipto>. Acesso em: 11 Nov. 2015.

ITEP / LAMEPE. **Médias históricas da chuva (mm) de janeiro a dezembro para o Estado de Pernambuco (1980–2008).** Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em: 01 nov 2010.

LIMA JÚNIOR, V. B. L.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Determinação da taxa de desconto a ser usada na análise econômica de projetos florestais. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 3, n. 1, p. 186, 1997.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto.** 2. Ed. São Paulo: EDUSP, 1996, 203p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria.** Curitiba: A. Figueiredo Filho, 2003, 309p.

MIRANDA, G. A.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COUTO, L.; TEIXEIRA, J. L. Produção de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação e da distribuição da galhada da rotação anterior, no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG. V. 22, n. 3, p. 307-214, 1998.

MORA, A. L; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS, 2000, 112p.

MOTTA D., SILVA, W. F. e DINIZ, E. N. **Rentabilidade na Plantação de eucalipto**. Anais do SEGeT -VII Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia. Resende Rio de Janeiro. 2010. In: <http://www.aedb.br/seget/artigos10/371rentabilidade%20na%20plantacao%20de%20eucalipto.pdf>.

MOURA, V. P. G.; OLIVEIRA, J. B.; VIEIRA, V. M.; Avaliação de procedências de *Eucalyptus brassiana* s. t. blake em Planaltina, Distrito Federal, área de Cerrado. **IPEF** n.48/49, p.87-97, jan./dez.1995.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, 2005.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clones de clones de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – MG, 2006, 81p.

PERRANDO, E. R; CORDER, M.P.M. Rebrotas de cepas de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, épocas do ano e alturas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 2006; 41 (4): 555-562. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400002>. Acesso em 19.10.2015

REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p.9 – 22, 1997.

RESENDE, R.R. et al., Emprego de um modelo de crescimento e produção para Determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.219-225, 2004.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, UFRV, 2001. 389p.

RIBEIRO, F. de A; et al., PROJETO: “Segunda rotação de eucaliptos”. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.11, p.23 – 29, Jun.1987.

ROCHA, K. D. **Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. na Região do Polo Gesseiro do Araripe**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, 2012, 110 p.

ROCHA, Q. S; SALES, H. L; CABACINHA, C. D. Implantação e condução de povoamentos de eucalipto em propriedades rurais na região de Montes Claros – MG: uma análise da viabilidade econômica. **Caderno de Ciências Agrárias**. V 7. N. 1. Jan/abril. 2015.

RODRIGUEZ, L. C. E; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, n. 51, p. 15-28, jun. 1997.

SAMPAIO, Y.; SAMPAIO, E. **A economia do semi-árido pernambucano e seu potencial de crescimento**. Quanto Vale a Caatinga. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002, p.158.

SBPCPE, Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência Regional Pernambuco. Disponível em: <http://www.sbpcpe.org/anuncios/pologesseiro/simposiopologesseiro/introducao.html>. Acesso em 19.10.2014.

SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its application to timber yield studies. **Journal Forestry**. v. 37, p. 819–820, 1939.

SCOLFORO, J. R. MAESTRI, R.; O manejo de florestas plantadas. In: SCOLFORO, J. R. S.; **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping mean in the analysis of variance. **Biometrics**, Alexandria, v.30, p. 507-512, 1974.

SECTMA; Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Região do Araripe Pernambuco: diagnóstico florestal** / Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, - Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, pág. 91, 2007.

SIF. Sociedade de Investigações Florestais. Disponível em: <http://www.sifeventos.com.br/carvao/>. Acesso em 22.09.2014.

SILVA, A. M. N. et al. A biomassa florestal (lenha) como insumo energético para os artesãos da Cidade de Tracunhaém – PE. **Custos e agronegócio**. Recife, v. 4, n. 3, p. 126-137. 2008.

SILVA, J.A.A. Pontencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe – Pernambuco. Recife, **Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônômicas**, vols. 5 e 6, p. 301-319, 2008-2009.

SILVA, N. F. **Produtividade demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e de talhadia**. 65p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2013.

SILVA, P. H. M. da; ANGELI, A. **Implantação e manejo de florestas comerciais**. Documentos florestais, N. 18, maio de 2006. ISSN 0103-4715. Disponível em <http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/>. Acesso em 19.10.2015.

SINDUSGESSO. Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://www.sindusgesso.org.br/crescimento-economico-do-polo-gesseiro-nos-ultimos-seis-anos/>. Acesso em: 20.01.2016.

SOARES, C. P. B.; DEMOLINARI, R. A.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. Predição do crescimento em povoamentos clonais de eucalipto não desbastados utilizando matrizes de transição não estacionárias. **Revista Árvore**, v. 33, p. 831-840, 2009.

SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D.; REZENDE, J.L.P. Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus* spp – o caso da redução dos custos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 123-133, 2002.

SOUZA, D. M. O. R de; **Concordância de testes de comparação de medidas na avaliação volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro do Araripe – PE**. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada,) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2012, 89p.

SOUZA, F. P. **Crescimento e potencial energético de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011, 67p.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. Piracicaba. **Série Técnica - IPEF**, v. 11, n.30, p. 51-62, maio 1997.

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2009, 96p.

VALE, A. B. do; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. de P. (Ed.). **Eucaliptocultura no Brasil – Silvicultura, Manejo e Ambiência**. 2014. Viçosa, MG, SIF, 551p.

VILAS BÔAS, O; MAX, J. C. M; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília – SP. **Ver. Inst. Flor**. São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63–72, 2009.