



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM ENERGIA DA BIOMASSA**



MANOEL HENRIQUE PEREIRA SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS ENERGÉTICAS EM ALAGOAS: DESAFIOS,
IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

RIO LARGO/AL

2016

MANOEL HENRIQUE PEREIRA SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS ENERGÉTICAS EM ALAGOAS: DESAFIOS,
IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Energia da Biomassa, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Energia da Biomassa.

Orientador: Prof^o Dr^o Guilherme Bastos Lyra.

Co-Orientadora: Prof DR^a Vera Dubeux Torres

RIO LARGO/AL

2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Bibliotecário Responsável: Janaína Xisto

S237i Santos, Manoel Henrique Pereira.
Implantação de florestas energéticas em Alagoas: desafios,
implicações socioeconômicas e ambientais / Manoel Henrique Pereira
Santos. – 2016.
63 f. : il.

Orientador: Guilherme Bastos Lyra.
Coorientadora: Vera Dubeux Torres.
Dissertação (Mestrado Profissional em Energia da Biomassa) –
Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação em
Energia da Biomassa. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2016.

Bibliografia: f. 59-63.

1. Floresta energética. 2. Eucalipto. 3. Floresta plantada – Aspectos
socioeconômicos. 4. Encosta. 5. Sustentabilidade. I. Título.

CDU: 630:582.883.4

TERMO DE APROVAÇÃO

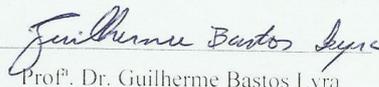
MANOEL HENRIQUE PEREIRA SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS ENERGÉTICAS EM ALAGOAS:
DESAFIOS, IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS E AMBIENTAIS**

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre Profissional em Energia da Biomassa, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

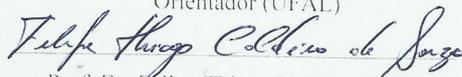
A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Aprovado em 03/05/2016



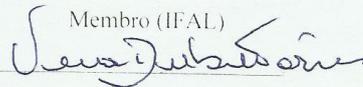
Prof.^o. Dr. Guilherme Bastos Lyra

Orientador (UFAL)



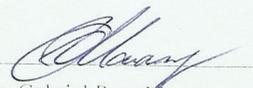
Prof. Dr. Felipe Thiago Caldeira de Souza

Membro (IFAL)



Prof.^o. Msc. Vera Dubeux Torres

Membro (CECA/UFAL)



Prof. Dr. Gabriel Paes Marangon

Membro (CECA-UFAL)

Rio Largo – AL

2016

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para a sua realização, em especial, à minha esposa Kessiane e ao meu filho Afonso Henrique.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Todo-poderoso, que me permitiu concluir um sonho em meio a grandes lutas, dificuldades e limitações,

À minha esposa Kessiane por seu apoio incondicional, por acreditar em mim, por me ajudar como se fosse uma orientadora, pelo seu carinho e amor dispensado em todos os momentos,

Ao meu filho Afonso Henrique que por muitas vezes dormiu esperando para brincar enquanto escrevia meu trabalho,

Aos meus pais pelo empenho durante toda a vida por me oferecer educação e condições de estudar em boas escolas e realizar um sonho que era meu e também deles,

À minha sogra que cuidou de meu filho todas as vezes que precisávamos ir às aulas, obrigado!!!,

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra e Prof. Msc. Vera Dubeux Torres que acreditaram nessa proposta e ajudaram de maneira ímpar na construção do mesmo,

Aos amigos e colegas de trabalho do IFAL, em especial a Selma Thaís Bruno, pelo incentivo a alcançar este objetivo,

À minha cunhada pelas dicas e apoio durante este período no CECA,

Aos colegas de curso, que sofreram e compartilharam as mesmas angústias que eu, em especial ao amigo Augusto César Lúcio que ajudou neste trabalho.

Aos irmãos em Cristo que oraram e ajudaram com paciência e compreensão nas nossas ausências.

Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento.

Provérbios 3:13.

RESUMO

O estado de Alagoas tem no setor sucroenergético a principal atividade econômica e utiliza o método das queimadas para pré-colheita e transporte da cana devido as grandes extensões de encosta onde o plantio se estende e em que a colheita mecanizada é impossibilitada, graças à declividade acima de 12%, assim na urgência de adequação à nova legislação, fica evidente a necessidade de uma nova atividade para as áreas que ficarão ociosas. Diante disso, a lei estadual nº 7.454, publicada no diário oficial do estado de Alagoas, em 19 de março de 2013, prevê a redução das queimadas nos plantios de cana-de-açúcar. O gênero *Eucalyptus*, espécie arbórea pertencente à família das Mirtáceas e endêmicas, principalmente, da Austrália com cerca de 700 espécies se constituem em uma alternativa em potencial para a ocupação das futuras áreas ociosas em encostas no Estado de Alagoas em razão de seus altos índices de produtividade e características energéticas, como a densidade da madeira e poder calorífico. A introdução de florestas plantadas de eucalipto em Alagoas pode ajudar a responder questões como o desenvolvimento local e regional a partir de uma cadeia produtiva ampla de mercadorias derivadas do plantio de eucalipto para os mais diversos fins, em especial, a demanda para indústria de MDF, que prevê investimentos para o estado de Alagoas na ordem de R\$ 72 milhões e atender as exigências ambientais sobre sustentabilidade previstas na legislação estadual sobre a redução do uso de queimadas para o corte e transporte da cana-de-açúcar. O presente trabalho visa analisar as principais condicionantes socioeconômicas e ambientais a partir da implantação de florestas energéticas do gênero *Eucalyptus* no estado de Alagoas, a fim de apresentar sua potencialidade e produtividade e custos estimados para a introdução da eucaliptocultura.

Palavras-chave: Floresta Energética. Eucalipto. Floresta Plantada – Aspectos socioeconômicos. Encosta. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The state of Alagoas has, in the sugar-energy industry, the main economic activity and uses the method of burnings for pre-harvest and sugarcane transportation due to the large slope extensions where planting extends and where mechanized harvesting is prevented, because of the slope above 12%, thus, the urgency of adaptation to the new legislation, it is evident the need for a new activity to the areas that will be idle. Based on that, the State Law No. 7,454, published in the official gazette of the state of Alagoas, on March 19th, 2013, foresees the reduction of burnings in sugarcane plantations. The genus *Eucalyptus*, tree species belonging to the Myrtaceae Family, in endemic regions in Australia, with about 700 species, constitute a potential alternative to the occupation of future unused areas on slopes located in Alagoas, because of their high rates of productivity and energetic characteristics, such as wood density and calorific value. The introduction of eucalyptus planted forests in Alagoas can help answer questions about local and regional development from a broad production operations of goods derived from eucalyptus plantations for various purposes, especially the demand for MDF wood industry, which foresees investments of R\$ 72 million for the state of Alagoas and meet the environmental requirements of sustainability set out in state law on reducing the use of fire during cutting and transporting cane sugar. This study aims to analyze the main socio-economic and environmental conditions through the implementation of *Eucalyptus* energetic forests in Alagoas, in order to present its potential and productivity and estimated costs for the introduction of eucalypts farming.

Keywords: Energy Forest. *Eucalyptus*. Planted forest - socioeconomic aspects. Slope. Sustainability.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da área de plantios florestais no Brasil por gênero e área de plantios florestais de <i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i> no Brasil, 2011-2012	18
Figura 2 - Distribuição da área de plantios florestais com <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> no Brasil, 2012.	19
Figura 3 - Planta Industrial de uma termoelétrica movida à biomassa de Eucalipto.....	25
Figura 4 - Análise comparativa mundial do custo de produção de madeira de processo - 2000.....	27
Figura 5 - Análise comparativa mundial do custo de produção de madeira de processo – 2012.....	28
Figura 6 - Distribuição proporcional do consumo de madeira oriunda de florestas plantadas e do destino da produção – 2012.....	30
Figura 7 - Comparação da produtividade florestal de coníferas e de folhosas no Brasil ¹ com países selecionados, 2012.....	31
Figura 8 - Evolução da balança comercial de produtos de florestas plantadas no Brasil, 2002-2012.....	31
Figura 9 - Perspectiva de investimentos das empresas associadas individuais da ABRAF no período 2013-2017, por área.	32
Figura 10 - Matriz energética de Alagoas	38
Figura 11 - Área canavieira do Estado de Alagoas	41
Figura 12 - Áreas de experimentos – Projeto FIEA.....	44
Figura 13 - Áreas de maior receptividade: Projeto FIEA.....	45
Figura 14 - Custos por hectare para implantação e manutenção de povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> no Rio Grande do Sul, para um espaçamento inicial de 3,0 x 2,0m.....	52

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Usos e espécies mais recomendadas de Eucalipto.....	17
Quadro 2 - Características de algumas espécies de eucalipto a idade de 10,5 anos, plantados em espaçamento de 3,0 x 2,0 m.....	26
Quadro 3 - Silvicultura - Quantidade produzida e valor da produção, por tipo, segundo Estado e municípios de Alagoas - 2012.....	37
Quadro 4 - Produção e Consumo de Eletricidade – Valores em GWh.....	39
Quadro 5 - Ranking dos dez maiores estados produtores de biomassa.....	40
Quadro 6 - Redução do uso de queimadas como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no prazo de 20 anos – Área Mecanizável.....	43
Quadro 7 - Redução do uso de queimadas como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no prazo de 20 anos – Área Não Mecanizável.....	43
Quadro 8 - Relação dos trabalhos usados na elaboração da revisão sistemática.....	48
Quadro 9 - Custos de produção de cana-de-açúcar de usinas das regiões Centro-Sul Tradicional, Centro-Sul Expansão e Nordeste para o fechamento da safra 2013/2014.....	50
Quadro 10 - Custos - Colheita Mecanizada Usina Caeté – Safra 2013/2014.....	51
Quadro 11: Setor Sucroenergético de Alagoas: Evolução da Receita Bruta Estimada (Julho/2014).....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A Importância do Eucalipto como Biomassa Florestal	15
2.2 Eficiência Energética	23
2.3 Questões Econômicas Ligadas Ao Eucalipto.....	27
2.4 Questões Ambientais Ligadas Ao Eucalipto.....	32
2.5 Desafios E Implicações Da Eucaliptocultura Em Alagoas	35
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade fez surgirem necessidades energéticas cada vez maiores, isso gerou uma constante evolução das fontes de energia e sua integração com as preocupações ambientais e socioeconômicas. As primeiras necessidades do homem com alimentação, iluminação noturna e aquecimento levaram a descoberta e apropriação do fogo e ao desenvolvimento da agricultura e pecuária (FARIAS e SELLITO, 2011).

A diversificação do trabalho, que tinha como objetivo a otimização das tarefas e aumento do nível de conforto demandou novas formas de uso da energia, que foram sendo descobertas e aprimoradas, culminando, inicialmente, na Revolução Industrial, permitindo o desenvolvimento da máquina a vapor utilizando combustível fóssil na queima direta, o carvão mineral, considerado o primeiro usado em larga escala (FARIAS e SELLITO, 2011).

Em meados do século XIX, a descoberta do petróleo e da eletricidade ampliou a oferta de energia para os mais diversos fins. No entanto, outras questões surgiram como determinantes para a garantia do desenvolvimento socioeconômico e ambiental sustentável, entre as quais, uma corrida cada vez maior pelo domínio de tecnologias, fontes de recursos naturais, interesses comerciais e as preocupações com o meio ambiente na composição das matrizes energéticas dos países.

Para atender aos anseios e conquistas da sociedade capitalista, a demanda atual de energia esbarra no paradigma da oferta de fontes já existentes e utilizadas em larga escala - como o caso dos combustíveis fósseis, mas que apresentam limitações do ponto de vista da disponibilidade em âmbito global, dos impactos ambientais a elas relacionados e o alto custo e, ao mesmo tempo, da necessidade iminente de fontes menos poluentes e mais acessíveis, que consigam gerar energia suficiente para suprir as exigências do mundo contemporâneo em seus diversos setores econômicos.

A crise do petróleo em 1973, que levou a uma subida desenfreada dos preços do barril e a incerteza sobre sua exploração e oferta internacionais, reforçaram ainda mais a busca por fontes alternativas de energia que reduzissem a dependência do “ouro negro” e possibilitasse aos países que não possuem reservas do combustível fóssil a geração de energia por novas fontes.

No Brasil, o governo federal criou o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), em 1975, a fim de reduzir os efeitos da crise do petróleo. O programa fixou metas de produção e paridades de preço entre o etanol e o açúcar, incentivando a oferta do produto. Anos depois, em 1979, um novo aumento de preços do petróleo no mercado internacional

levou a ampliação do PROÁLCOOL, com o estabelecimento de estímulos para o uso de etanol hidratado em motores adaptados ou especialmente fabricados para tal, o que levou ao desenvolvimento de tecnologia nacional de motores movidos a álcool. Como consequência, a produção de etanol elevou-se de 0,6 bilhão de litros em 1975 para quase 12 bilhões de litros em 1985 (MILANEZ e NIKO, 2012).

Graças aos incentivos criados pelo governo brasileiro, o etanol ganhou destaque nacional e internacional em razão de sua alta produtividade e competitividade em comparação ao etanol norte-americano produzido a partir do milho, além de ser considerado um gênero alimentício, o milho gera concorrência por áreas de plantio e influencia os preços dos alimentos.

Contudo, parte do processo de transformação da cana-de-açúcar em etanol consiste na queimada da plantação a fim de facilitar o corte do vegetal e seu transporte até as usinas, gerando a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE's). O setor canavieiro teve que enfrentar algumas mudanças para se adequar a nova realidade ambiental e produtiva. A redução das queimadas como método despalhador e a mecanização para ganhos competitivos e cumprimento gradual da legislação ambiental foi um dos maiores impactos. Vale ressaltar que, foi limitada a área para mecanização, pois ela só pode ser realizada em terrenos com declividade de até 12%, o que inviabiliza o plantio nas áreas de encostas nas regiões produtoras de cana-de-açúcar.

Uma alternativa para a reocupação das áreas que potencialmente ficarão ociosas é a introdução do gênero *Eucalyptus* que chegou ao Brasil no início do século XIX, com registros de que as primeiras árvores teriam sido plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Nesta primeira evidência, o eucalipto teria sido plantado com a finalidade de ornamentação ou para servir de quebra-ventos, pelo seu extraordinário desenvolvimento. A introdução do eucalipto em escala econômica no Brasil teve início com o trabalho do agrônomo silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, depois de estudar várias espécies nativas - como peroba, cabreúva, jequitibá, jacarandá-paulista, pinheiro-do-paraná e cedro - e outras exóticas, como *Eucalyptus globulus*, implantado com sementes trazidas de Portugal. Em seu estudo, desenvolvido entre 1904 e 1909 no Horto de Jundiaí-SP, o eucalipto se destacou de tal forma que a então Companhia Paulista de Estradas de Ferro, hoje Ferrovia Paulista S.A. - FEPASA, optou pelas espécies desse gênero para produzir lenha para suas locomotivas (PEREIRA, 2000).

As características do eucalipto como a densidade da madeira e seu poder calorífico o tornam atraente no que diz respeito à produção de energia limpa e renovável, além disso, o

uso da madeira pode ser aproveitado para mais diversos fins, entre eles, construção civil, papel e celulose, óleos essenciais e outros.

Desta forma, pretende-se mostrar neste trabalho a viabilidade socioeconômica e ambiental do plantio do gênero *Eucalyptus* em Alagoas para reflorestar as áreas ociosas ocupadas anteriormente pela cultura da cana-de-açúcar e contribuir com a geração de emprego, renda e energia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CADEIA PRODUTIVA DE FLORESTAS

Segundo dados da Agência Internacional de Energia – (IEA 2007), 82% da matriz energética mundial está baseada nos combustíveis fósseis, sendo 34% do petróleo, 27% do carvão mineral e 21% de gás natural, outras fontes de energia como a biomassa responde por apenas 10% do total, o restante é dividido entre a energia nuclear com 6% e a energia hidráulica com 2% (FILHO, 2009). Os dados mostram ainda que houve um aumento da oferta de energia no período de 1980 – 2007, que passou de 7.183 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo) para 12.029 milhões de tep. No entanto, o que se percebe é a continuidade da dependência do petróleo e seus derivados no que se refere à geração de energia, muito embora a participação dele tenha diminuído em escala global.

Outra questão importante sobre a geração e produção de energia são as negociações sobre o clima, que culminaram em 2015 na COP 21 em Paris. Já há sinais claros de que uma transição de energia está em andamento: em 2014, as energias renováveis já contribuíam com quase metade da energia gerada no mundo, sendo a segunda maior fonte de eletricidade depois do carvão (IEA, 2015).

As ações decisórias são essenciais para que as tendências de mudança na geração de energia se concretizem e garantam a produção em larga escala acompanhadas de inovações tecnológicas que permitam uma melhor eficiência energética a partir do interesse dos mais diversos atores, quer sejam indústrias, políticos ou outras partes interessadas (IEA, 2014).

A maior eficiência energética requer políticas e preços adequados no comércio internacional, visto que a mesma se tornou um ponto crucial para avaliar a pressão sobre o abastecimento de energia. Os subsídios aos combustíveis fósseis somaram mais de 55 bilhões de dólares em 2013, quatro vezes mais sobre os subsídios às energias renováveis, que atingiram 12 bilhões de dólares em 2013 (IEA, 2014).

Diante desse quadro, várias possibilidades para a geração de energia estão sendo usadas e muitas ainda estudadas e adaptadas às questões locais, visto que na maioria das vezes, as soluções propostas para algumas regiões restringem-se a outras por condições edafoclimáticas e de acesso ou formação de cunho técnico-científico.

Uma das possibilidades é a produção de material energético a partir da biomassa vegetal, uma das alternativas para diminuir a dependência do petróleo em virtude de sua queima desenfreada e contribuindo na fixação do CO₂ (dióxido de carbono) por meio de processo fotossintético feito pela implantação de florestas para fins energéticos.

Soares et al (2006) afirma que a biomassa florestal possui características que permitem sua utilização como fonte alternativa de energia pela queima direta da madeira, pela transformação em combustíveis como o carvão vegetal ou o gás de madeira e pelo aproveitamento de resíduos da exploração e do processamento industrial.

Para Vidal e Hora (2011) até o século XX, a biomassa de madeira era a principal fonte de energia para a humanidade, ao passo que o petróleo tornou-se acessível em larga escala. Em meados do século XIX, antes da emergência da Segunda Revolução Industrial, a biomassa (especialmente a de madeira) supriu mais de 90% da energia e do combustível dos Estados Unidos. Em muitos países pobres, a biomassa de madeira continua sendo a principal fonte de aquecimento e cocção, fato que revela ao mesmo tempo, forte correlação negativa no grau de desenvolvimento.

O uso tradicional da biomassa é de longe a mais importante fonte de energia renovável utilizada para o calor e é responsável por 90% (32 EJ) do total de energia para aquecimento no setor da construção em 2011. A utilização da biomassa emlareiras ou fogões simples a eficiência de combustão muito baixa (10% a 20% da energia primária convertida em calor útil), fornece energia para cozimento em muitas famílias pobres nos países em desenvolvimento (IEA, 2014).

Nesse sentido, o gênero *Eucalyptus* se constitui em uma excelente alternativa para a implantação de florestas com fins energéticos devido a seus altos índices de produtividade e características energéticas, como a densidade da madeira e poder calorífico (CORTEZ, 2011).

O eucalipto é uma espécie arbórea pertencente à família das Mirtáceas e endêmicas, principalmente, da Austrália. Existe cerca de 700 espécies conhecidas apropriadas para cada finalidade da madeira, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Usos e espécies mais recomendadas de Eucalipto

USOS	ESPÉCIES MAIS RECOMENDADAS
Papel e celulose	<i>Eucalipthus. grandis, E. globulus, E. urophylla e híbridos “urograndis” (E. urophylla X E grandis)</i>
Chapas de fibras	<i>E. grandis, E. urophylla, híbridos “urograndis”</i>
Móveis	<i>E. saligna, E. urophyllas, E. grandis, E. dunnii, Híbridos “urograndis”, E. pilularis.</i>
Postes, dormentes, mourões	<i>C. citriodora, E. cloeziana, E. urophylla, E. camaldulensis, E. paniculata</i>
Energia (carvão lenha)	<i>E. cleozina, E. camaldulensis, E. urophylla, E. grandis, C. citriodora, E. tereticornis</i>
Estruturas construção civil	<i>C. citriodora, E. cloeziana, E. urophylla, E. paniculata, E. pilularis</i>
Óleos essenciais	<i>C. citriodora, E. staigeriana, E. camaldulensis, E. globulus</i>

Fonte: WILCKEN et al, 2008.

No Brasil, seu cultivo em escala econômica deu-se a partir de 1904, com o trabalho do agrônomo silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, para atender a demanda da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Mais precisamente a partir de 1965, com a lei dos incentivos fiscais ao reflorestamento que durou até 1988, sua área de plantio no Brasil aumentou de 500 mil para 3 milhões de hectares.(VALVERDE, 2008).

As primeiras espécies bem sucedidas foram *Eucalyptus saligna, Eucalyptus botryoides, Eucalyptus viminalis, Eucalyptus tereticornis, Eucalyptus robusta, Eucalyptus alba, Eucalyptus grandis, Eucalyptus paniculata, Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus pilularis, Eucalyptus propinqua, Eucalyptus microcoris, Eucalyptus triantha e Eucalyptus punctata*, dentre outras (FOELKEL, 2005).

De 1909 a 1966, quando foi sancionada a Lei 5.106, dos incentivos fiscais ao reflorestamento, tinham sido plantados cerca de 470.000 hectares de florestas de eucalipto em todo o Brasil, sendo que aproximadamente 80% dessa área, localizava-se no Estado de São Paulo (ABRAF, 2004).

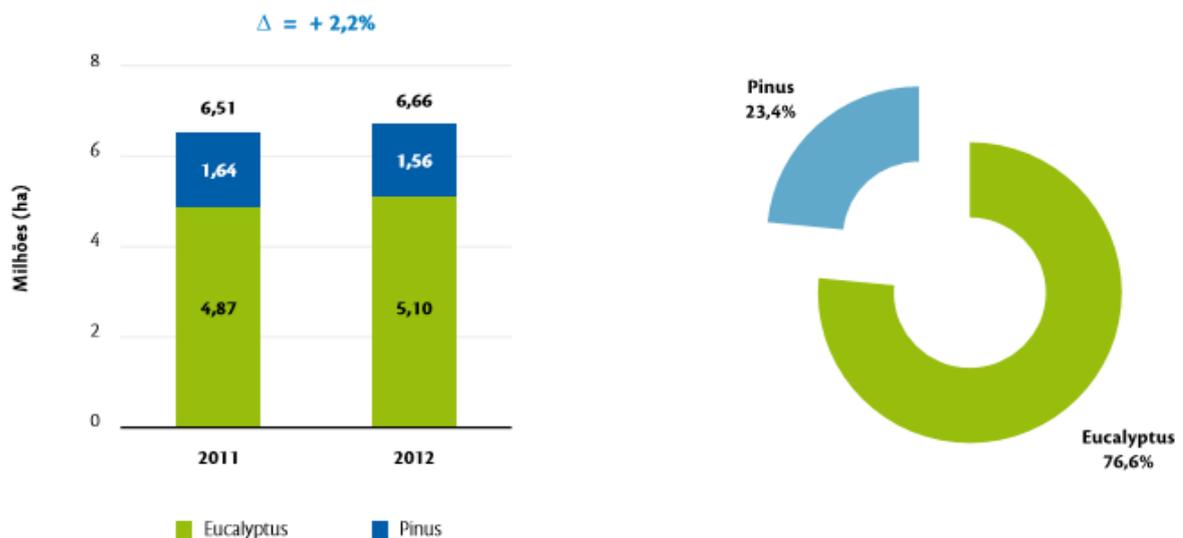
Segundo Foelkel (2005), em 1966, o governo brasileiro abdicou de parte do imposto de renda de cidadãos e empresas, com a instalação do Programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento (PIFR), que existiu até 1987, o que resultou na expansão das florestas plantadas no Brasil em mais de 5 milhões de hectares. O sucesso do programa foi grande, mesmo a inúmeras críticas, este levou a intensificação das plantações e favoreceu a pesquisa, o ensino, a inovação e o desenvolvimento. Os motores que fomentaram o setor florestal foram sem dúvida o PIFR e o II Programa Nacional de Desenvolvimento (PND) do governo federal militar. O PND privilegiava o desenvolvimento da siderurgia e da fabricação de celulose e

papel, tanto para suprimento interno, como para gerar excedentes significativos para exportação. Com o lançamento em 1974, do audacioso e ambicioso Programa Nacional de Papel e Celulose (PNPC), que apoiava com recursos do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico o crescimento da indústria siderúrgica que escolheu o eucalipto como matéria-prima.

Em 2012, a área brasileira de plantio de eucalipto e pinus somavam 66 milhões de hectares, 76,6% representada pelo gênero *Eucalyptus*. No Brasil, as principais espécies plantadas são o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, e outros (CIFLORESTAS). Entre os estados com maior concentração no plantio de florestas estão Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia e Mato Grosso do Sul (ABRAF, 2013).

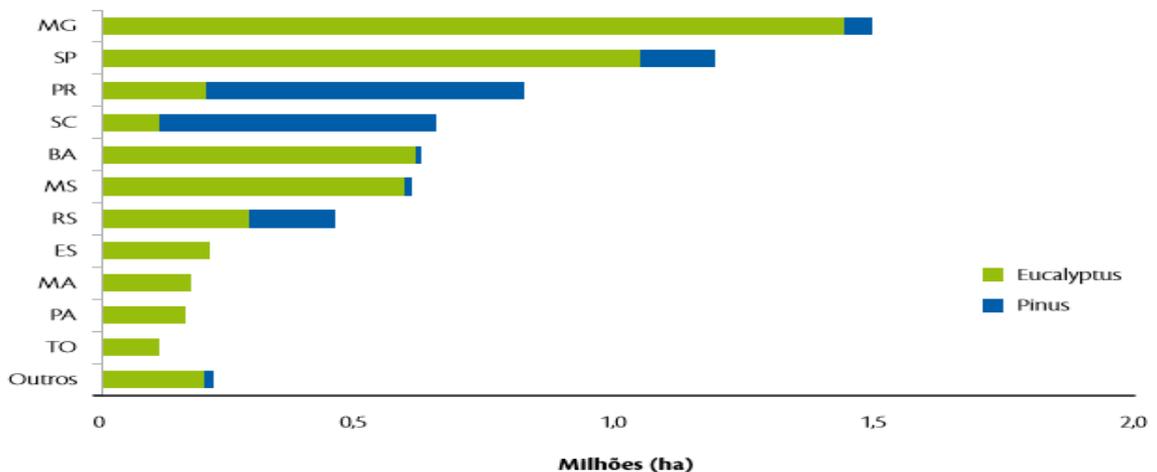
A maior concentração de florestas plantadas nas Regiões Sul e Sudeste do país (72,3%) se explica em face da localização das principais unidades industriais dos segmentos de Celulose e Papel, Painéis de Madeira Industrializada, Siderurgia a Carvão Vegetal e Madeira Mecanicamente Processada (ABRAF, 2013). (Figura 1 e Figura 2).

Figura 1 - Distribuição da área de plantios florestais no Brasil por gênero e área de plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, 2011-2012



Fonte: ABRAF, 2013

Figura 2 - Distribuição da área de plantios florestais com *Pinus* e *Eucalyptus* no Brasil, 2012.



Fonte: Anuário ABRAF (2012), Associadas Individuais e Coletivas da ABRAF (2012) e Poyry Silviconsult (2013).

Para Marangon (2015) o setor florestal tem importância significativa para a sociedade brasileira, contribuindo em termos econômicos, sociais e ambientais podendo ser mensurada pela avaliação de seus principais indicadores: a área de florestas plantadas, o valor bruto da produção, a geração de impostos, o valor das exportações, empregos gerados e mantidos pelo setor em geral, e os investimentos na área de responsabilidade social e ambiental.

O Brasil possui potencial para se consolidar como uma das maiores economias do mundo, entretanto, para que isso ocorra se faz necessário que sejam proporcionadas condições para a indústria nacional manter-se competitiva e diversificada. Especificamente, em relação ao setor florestal, o país precisa aproveitar de maneira eficaz seu potencial, eliminando os principais obstáculos que atrapalham o avanço e desenvolvimento setorial, tais como citados por ABRAF (2013):

- **Insegurança Jurídica:** A restrição à compra de terras por estrangeiros e a ausência de uma regulamentação sólida sobre o tema inviabilizou a entrada de mais de R\$ 22 bilhões de capitais estrangeiros com foco produtivo na indústria brasileira de base florestal.

- **Licenciamento Ambiental Burocrático:** No Brasil, o prazo médio para obtenção de uma licença ambiental para a realização de um empreendimento industrial de base florestal é de 122 dias. Na China, por exemplo, esse prazo não ultrapassa 30 dias. Na política atual, são tantos os atores e mecanismos de restrição ao desenvolvimento da atividade, que se perdeu o sentido de qual é, ou deveria ser, o objetivo de uma política setorial.

- **Tributação Complexa e Excessiva:** As empresas brasileiras gastam um terço do ano para lidar com impostos. Atualmente, existem 88 tributos federais, estaduais e municipais. Além disso, as regras tributárias mudam constantemente: 46 normas são publicadas diariamente pela receita federal.
- **Custo de Financiamento oneroso:** o custo de empréstimos para formação de capital de giro no Brasil é de aproximadamente 19% a.a. Na China, esse custo não chega a 4,0% a.a.
- **Infraestrutura Deficitária e Precária:** Nos países emergentes, a relação Investimento/PIB é de aproximadamente 30%. No Brasil, esse indicador não supera os 20%. Nos Estados Unidos, o custo logístico médio para transportar uma tonelada de celulose ao porto é de aproximadamente US\$ 20. No Brasil, o desembolso com esse componente pode chegar a US\$ 90.
- **Legislação Trabalhista Excessivamente onerosa:** os encargos trabalhistas no Brasil representam em média 60% do salário base. Na China, esse indicador corresponde a 31%, nos Estados Unidos, a 9%, e, na Dinamarca, a 6%.

Com o desenvolvimento da silvicultura no estado de Alagoas, uma grande quantidade de resíduos agroflorestais se acumulará o que representa uma perda significativa do potencial energético. No processo de produção da madeira em celulose, um número considerável de resíduos é gerado (cascas, galhos e ponteiros). As cascas representam cerca de 10% a 20% o peso total da madeira coletada. Nas cascas estão presentes inúmeros compostos químicos, como por exemplo, açúcares solúveis. Desta forma, entre as biomoléculas encontradas, os carboidratos solúveis (glicose, frutose, sacarose e rafinose) tem um enorme potencial para a geração de etanol de primeira geração (BRAGATTO, 2010).

A produção de etanol pode se tornar viável, pois os incrementos de massa que o eucalipto possui, em média, 45 m³/ha/ano, gera milhões de toneladas de resíduos anualmente. Levando em conta o final do ciclo da madeira em 7 anos, serão produzidos cerca de 15 toneladas por hectare de casca de eucalipto com grandes concentrações de açúcares solúveis (BRAGATTO, 2010).

Nos últimos anos, o governo federal têm promovido ações direcionadas à diversificação da matriz energética nacional, destaca-se projeto de lei 3.529/2012, que instituiu a política nacional de geração de energia elétrica a partir da biomassa, estabelecendo a obrigatoriedade da contratação da bioenergia no conjunto da geração elétrica nacional. Com a sanção desta lei, a geração de energia elétrica a partir da biomassa será inevitável e a participação das fontes renováveis será ainda maior.

No artigo 2º, do Capítulo II DO INCENTIVO À PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE BIOMASSA Seção I Da comercialização da bioeletricidade nos leilões regulados:

...as concessionárias, permissionárias e autorizadas do serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN deverão, a partir do ano de 2013, por um período de dez anos, contratar, anualmente, um volume de oferta de energia elétrica, por ano de operação, equivalente não inferior a 2.000 (dois mil) megawatts de potência instalada de bioeletricidade... (http://www2.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=ED0E61C5DAA9A56DF59B0C9870858F73.node2?codteor=990755&filename=EMC+1/2012+CME+%3D%3E+PL+3529/2012)

O Brasil é um dos poucos países em que existem florestas energéticas em larga escala, justificado pela excelente produtividade dessas florestas. Nos últimos anos, o setor florestal experimentou um salto tecnológico surpreendente, resultando no aprimoramento de técnicas de implantação, manejo e exploração. O Brasil passou a ter destaque no cenário internacional como exportador de florestas plantadas, aproveitando a biomassa, em virtude de sua alta produtividade em comparação a outras nações com relação à florestas de eucalipto (VIDAL e HORA, 2011).

Uma vantagem do uso de florestas energéticas, em lugar de outra cultura, refere-se a não obrigatoriedade de colher o produto anualmente. O corte pode ser extrapolado ou adiantado evitando as volatilidades no preço da madeira. Outro diferencial é o múltiplo uso da madeira (como serrarias, indústria de painéis de madeira e carvão vegetal), que permite ao produtor, dentro da logística, vender o produto ao mercado mais rentável, maximizando sua margem de lucro. Como desvantagem, destaca-se o grande ônus relativo ao frete no custo total da madeira, o que leva a logística a situar a área de produção aos centros consumidores a um raio médio máximo de 150 km das florestas. (VIDAL e HORA, 2011).

O tempo de corte do eucalipto varia de acordo com a finalidade da madeira. Para a construção civil, o prazo vai dos dois ou três anos. Já, na lenha, carvão e madeira, os cortes podem ocorrer após o quarto ano. Na utilização como matéria-prima para a fabricação de móveis, o tempo de desenvolvimento é acima de dez anos, dependendo do manejo dado à floresta. Por último, para a produção de celulose, o corte é realizado entre seis e oito anos. (FILHO et al, 2014).

Segundo Filho et al (2014) o custo de produção do eucalipto está diretamente ligado à tecnologia empregada, as características de fertilidade do solo e da necessidade de controle de pragas, em geral, ao ataque de formigas, por exemplo.

De acordo com Motta et al (2010) comparando com a agricultura, a produção de eucalipto apresenta o consumo hídrico parecido com o do café e inferior ao da cana-de-açúcar, tornando-se bastante atrativa e lucrativa. Deve-se levar em conta ainda, que toda matéria produzida pelo eucalipto é aproveitada para outros fins, entre eles, o manejo de extração de madeira nobre e para celulose, galhos para carvoarias, essências e etc.

Considerando as questões sobre a sustentabilidade, os benefícios da plantação de eucaliptos em uma propriedade rural são vários, dentre eles, a redução da necessidade de desmatamento das florestas naturais, colaborando em grande escala para minimizar o aquecimento global. Outro ganho refere-se à implantação do sistema agrossilvipastoril, combinação de árvores, cultura agrícola e animais numa mesma área ao mesmo tempo ou de forma sequencial, com manejo de forma integrada, uma alternativa viável para o uso consciente da terra. (MOTTA et al, 2010).

O plantio de árvores em pastagens pode resultar em vários benefícios para os componentes do ecossistema: clima (com aumento do índice de evapotranspiração), solo (oferta de nutrientes e diminuição dos efeitos erosivos como a lixiviação), micro-organismos (diversidade de fungos e bactérias responsáveis pela decomposição), plantas forrageiras, captura de CO₂ da atmosfera (redução dos efeitos da concentração de GEE) e animais. Do ponto de vista econômico, social e ambiental, a produção de eucalipto pode melhorar a qualidade de vida do produtor, com a agregação de valor econômico na propriedade rural em virtude da exploração da madeira, do melhor desempenho produtivo e reprodutivo dos animais e da conservação dos recursos naturais do ecossistema. (MOTTA et al, 2010).

Vale ressaltar os impactos negativos decorrentes da silvicultura em algumas regiões do país. CASTRO e CASTRO (2015) em seu trabalho sobre a expansão do eucalipto no oeste do Maranhão mostram que a urgente busca de alternativas para a crescente fiscalização e punição dos madeireiros e carvoeiros que durante anos desmataram a Floresta Amazônica maranhense para fornecer a matéria-prima para a produção do ferro-gusa nas siderúrgicas, tenha sido a principal contribuição. Contudo, atestam que ao relacionar a monocultura de eucalipto com a alteração da configuração territorial onde essa cultura se torna hegemônica, a concentração das terras produtivas sob a responsabilidade de uma ou de poucas empresas tende a crescer. Desta forma, a alteração no cotidiano das comunidades é um dos efeitos do rápido crescimento da monocultura do eucalipto. As comunidades locais sofrem com o

enfraquecimento da agricultura familiar e o fortalecimento da territorialização dos monopólios. Menciona ainda que, a mudança das culturas tradicionais para o eucalipto pode resultar na diminuição da renda devido ao desconhecimento dos custos de produção e do processo de comercialização.

KUDLAVICZ (2011) chama a atenção em seu trabalho para os impactos percebidos no campo, decorrentes da expansão dos plantios de eucalipto no município de Três Lagoas/MS, e do estabelecimento da fábrica de celulose e papel pertencente à empresa FIBRIA. Destaca como apontamentos acerca dos impactos do monocultivo de eucalipto a desagregação das comunidades rurais, a precarização do trabalho, a especularização fundiária, o desequilíbrio da fauna e flora, dentre outros.

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A produção de bioenergia tem relação direta com a eficiência energética da queima da biomassa sólida, esse processo depende do sistema de conversão empregado. No uso doméstico, segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a combustão converte apenas 5% do potencial energético da madeira. Já sistemas de forno tradicionais potencializam esse valor para 36%, e a produção de carvão vegetal tem eficiência entre 44% e 80%. Os modernos fornos de pellet entregam 80% de eficiência em usos residenciais. (VIDAL E HORA, 2011).

O eucalipto tem sido apontado como uma das melhores alternativas para a produção de energia, graças ao grande número de espécies, promovendo uma ampla dispersão geográfica, o que favorece sua introdução em diversas regiões com condições edafoclimáticas bem distintas (COUTO e MÜLLER, 2008).

No estado de São Paulo, as espécies mais difundidas para a produção de carvão vegetal são o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e o *Eucalyptus urophylla*. Com os programas atuais de melhoramento genético e clonagem, estão sendo usados clones híbridos interespecíficos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, pois estes contêm características mais desejáveis à produção de insumo energético e apresentam maior plasticidade ambiental (COUTO e MÜLLER, 2008).

De acordo com Ruy et al (2001) o *Eucalyptus urophylla* apresenta grande variedade fenotípica, o que lhe confere posição estratégica no melhoramento genético, em virtude de sua

resistência a doenças e ao déficit hídrico, além de sua alta produtividade e homogeneidade da madeira.

Segundo Vidal e Hora (2011) a biomassa é uma fonte de energia renovável e, quando utilizada da maneira correta, torna-se também sustentável. O processo de renovação dar-se pelo ciclo de carbono, em que as plantas sequestram o CO₂ da atmosfera.

A implantação de florestas energéticas com a finalidade exclusiva de gerar eletricidade a partir da biomassa cria uma perspectiva ambiental ainda mais sustentável, uma vez que o sistema de produção contempla o aproveitamento da madeira e, conseqüentemente, o retorno dos resíduos culturais (galhos, folhas e ponteiros) para o solo (MÜLLER, 2005).

No ano de 2012, a participação da biomassa na geração de energia elétrica no Brasil representou 7% do total. O bagaço da cana-de-açúcar, o licor negro e os resíduos florestais são as principais biomassas utilizadas no país para a geração de eletricidade. Atualmente, a biomassa vegetal proveniente de florestas plantadas representa 15,8% da geração de energia elétrica a partir de biomassa.

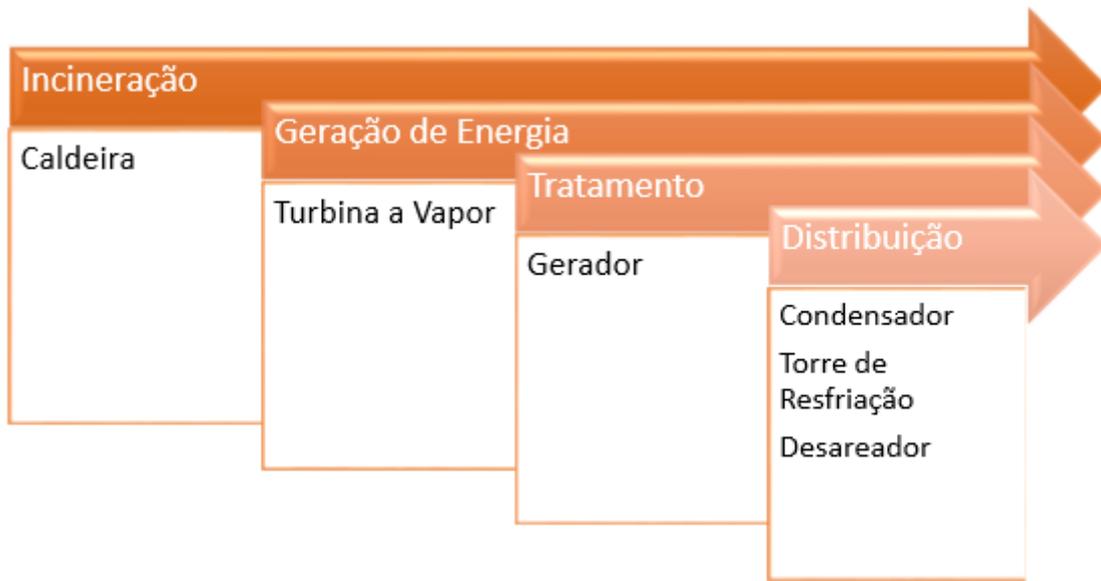
Apesar de significativo, o potencial de geração de energia a partir de resíduos florestais de biomassa no Brasil é muito maior. Atualmente, são gerados anualmente cerca de 41 milhões de toneladas de resíduos madeireiros provindos da indústria de processamento de madeira e da colheita florestal, capaz de gerar energia equivalente a 1,7 GW/ano (ABRAF, 2013).

O uso tradicional do aproveitamento energético da biomassa consiste na produção de energia térmica. As tecnologias mais empregadas na produção de eletricidade a partir da biomassa são: i) os ciclos a vapor baseados na combustão da biomassa em caldeiras convencionais e; ii) gaseificação da madeira em leito móvel ou fluidizado com utilização do gás em turbinas (MÜLLER, 2005).

No Brasil, a tecnologia consolidada é a do Ciclo de Rankine de potência, baseado na queima da biomassa para geração de energia. O *Ciclo de Rankine* é um ciclo termodinâmico. Seu nome foi dado em razão do matemático escocês William John Macquorn Rankine. O ciclo baseado em quatro processos que ocorre em regime permanente é o ideal para uma unidade motora simples a vapor (GOMES, 2014).

A planta industrial é dividida em 4 processos automatizados e contínuos, composto por sete equipamentos principais que atuam, de forma interligada por tubos e conexões (Figura 3).

Figura 3 - Planta Industrial de uma termoelétrica movida à biomassa de Eucalipto



Fonte: GOMES, 2014.

O processo se inicia com a queima do eucalipto na caldeira, que incinerado, aquecerá a água contida na caldeira, gerando vapor d'água de alta pressão e temperatura, sendo enviado por tubulação a uma turbina interligada a um gerador, que, conseqüentemente gerará força de trabalho que produzirá energia elétrica (GOMES, 2014).

A energia elétrica, gerada no primeiro momento, será destinada para a alimentação da planta industrial, seu excedente enviado para linhas de transmissão e, por conseguinte, aos consumidores finais.

Vale destacar que o vapor d'água gerado no processo de incineração, após sua passagem pela turbina, é destinado ao condensador, para transformar o vapor em água refrigerada, a temperatura ambiente, pelas torres de refrigeração, como ocorre nas usinas nucleares, evitando o superaquecimento das águas superficiais e os impactos no meio ambiente, tais como a mortandade dos plânctons e a quebra da cadeia alimentar marinha (GOMES, 2014).

Após o resfriamento, a água é destinada ao desareador para eliminação das substâncias nocivas ao meio ambiente, geradas na combustão, para reaproveitamento da água no processo produtivo.

MÜLLER (2005) aponta em um estudo detalhado da CHESF a capacidade de produção de 12,6 EJ/ano (considerando a conversão termoelétrica de 20%, isto representaria 85 GW) com uma área de 50 milhões de hectares de eucalipto a um custo médio de US\$ 1,36/GJ.

Além da utilização do eucalipto para geração de energia é possível também a produção de biocombustível a partir de biomassa lignocelulósica residual (resíduos agroindustriais), já que, todos os anos, uma enorme quantidade de resíduos lignocelulósicos são acumulados em decorrência da produção agrícola e agroflorestal (BRAGATTO, 2010).

Pesquisadores da Embrapa Florestas realizaram amplo estudo contemplando várias espécies de eucalipto a fim de caracterizar a madeira para diversos fins. As características das espécies mais indicadas para o uso energético são: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* (COUTO e MÜLLER, 2008). (Quadro 2)

Quadro 2 - Características de algumas espécies de eucalipto a idade de 10,5 anos, plantados em espaçamento de 3,0 x 2,0 m

Espécies	<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. citriodora</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. urophylla</i>
Dens. Básica (g/cm ³)	0,687	0,73	0,479	0,548	0,564
PCS da madeira (kcal/kg)	5.085	4.718	4.340	4.633	4.312
PCS do carvão (kcal/kg)	7.977	8.008	6.626	6.972	7.439

Fonte: Pereira et al, 2000.

Em escala industrial, existe uma ampla gama de sistemas já disponíveis e outros em fase avançada de desenvolvimento. Entre elas, podemos citar caldeiras, tecnologias de cogeração e sistemas de gaseificação.

Segundo a FAO, os sistemas de turbina a vapor, onde caldeiras geram calor, possuem eficiência energética de até 40%. Já os sistemas de cogeração, conseguem integrar a produção mecânica com a utilização de um gerador de energia elétrica, garantindo maior eficiência energética, em torno de 80% segundo a Eubia – European Biomass Industry Association. Há ainda a participação da co-combustão, processo que consiste na queima de diversos combustíveis juntos para geração energia. Também conhecido por coqueima ou coutilização, é um meio viável e utilizado de queima de biomassa, que pode ser aplicado na infraestrutura, com uma proporção de 3% a 20% de biomassa no total queimado. (VIDAL e HORA, 2011).

A gaseificação é a tecnologia de maior potencial, no entanto, é afetada por sua complexidade e alto custo. A expectativa é de que nos próximos 20 anos torne-se a principal

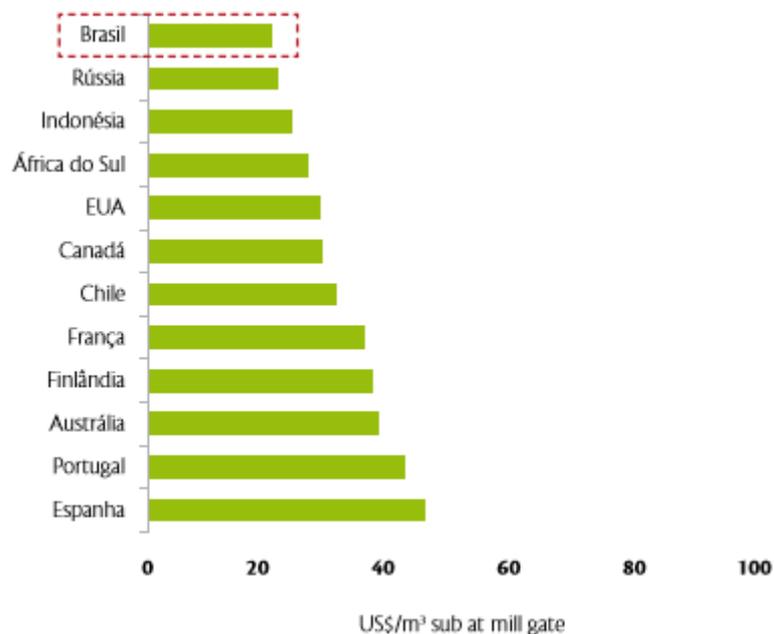
tecnologia para a conversão da biomassa, prometendo maior eficiência, viabilidade econômica em pequenas e grandes escalas e menor nível de emissões, em comparação com outras tecnologias. (VIDAL e HORA, 2011).

Outra utilização do plantio de eucalipto, mesmo que ainda em escala de laboratório é a segunda geração de biocombustíveis, que apresenta alto potencial na produção de etanol, diesel sintético e combustível de aviação, embora ainda seja imatura e necessite de maior desenvolvimento e investimento para a operação comercial. Segundo a FAO, essa tecnologia só estará disponível para aplicação em escala comercial num prazo de 10 a 15 anos. (VIDAL e HORA, 2011).

2.3 QUESTÕES ECONÔMICAS LIGADAS AO EUCALIPTO

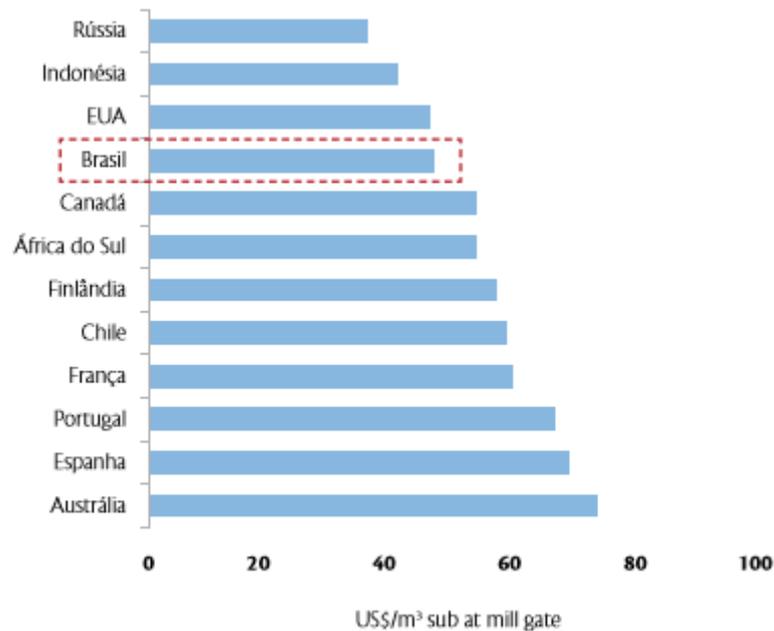
Na década de 2000, o país ostentava a primeira posição no ranking de menor custo de produção de madeira de processo (ABRAF, 2013). Porém, nos últimos anos, o Brasil perdeu três posições. A constatação é de que é mais caro produzir no Brasil madeira para a indústria de celulose do que Rússia, Indonésia e EUA. (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 - Análise comparativa mundial do custo de produção de madeira de processo - 2000



Fonte: ABRAF, 2013

Figura 5 - Análise comparativa mundial do custo de produção de madeira de processo – 2012



O Brasil se destaca no cenário mundial por possuir excelente desempenho no setor florestal, que responde por 3,5% do nosso Produto Interno Bruto (PIB), um valor de US\$ 26 bilhões, gerando 4,6 milhões de empregos diretos e indiretos (Congresso Brasileiro de Custos, 2014).

A cadeia produtiva brasileira de base florestal associado às florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo diversas etapas que vão desde a produção, colheita e o transporte de madeira, além da aquisição dos produtos finais nos segmentos industriais de Papel e Celulose, Painéis de Madeira Industrializada, Madeira Processada Mecanicamente, Siderurgia a Carvão Vegetal e Biomassa, entre outros. No ano de 2012, o valor bruto da produção obtido pelo setor gerou R\$ 56,3 bilhões. Os tributos arrecadados corresponderam R\$ 7,6 bilhões (0,5% da arrecadação nacional) (ABRAF, 2013).

Segundo a Abraf (2013), os segmentos da indústria brasileira de base florestal registraram crescimento das exportações e do consumo interno, com exceção da celulose, cuja produção foi inferior aos números de 2011, com redução de 0,7%.

O Brasil merece destaque no cenário internacional como um dos principais mercados de produtos florestais, tais como celulose, ocupando a 3ª posição no *ranking*, madeira serrada, sendo o 11º produtor mundial e painéis e compensados (8º produtor mundial) (MARANGON, 2015).

No ano de 2012, o valor bruto da produção (VBP) atingiu R\$ 56,3 bilhões, indicador 4,6% superior ao ano de 2011. Os tributos arrecadados corresponderam a R\$ 7,6 bilhões (0,5% da arrecadação nacional). O saldo da balança comercial da indústria nacional de base

florestal (US\$ 5,5 bilhões), embora 3,8% inferior ao alcançado em 2011 ampliou a sua participação no superávit da balança comercial nacional de 19,1% para 28,1% (ABRAF, 2013).

O mercado externo teve um importante papel no consumo dos produtos florestais do Brasil em 2012. Segundo a Abraf (2013) os principais importadores dos produtos florestais brasileiros foram Argentina, Alemanha e China, que lideraram o ranking da importação de papel, compensados e celulose, respectivamente. Já os Estados Unidos lideraram a importação de painéis e madeira serrada.

De acordo com dados do IBGE (2014) a produção primária florestal somou R\$ 20,8 bilhões. A silvicultura contribuiu com 77,7% (R\$ 16,1 bilhões) do total apurado, enquanto a extração vegetal participou com 22,3% (R\$ 4,6 bilhões). O valor dos produtos madeireiros na extração vegetal totalizou R\$ 3,2 bilhões, e o de não madeireiros, R\$ 1,4 bilhão. Na silvicultura, os quatro produtos madeireiros somaram R\$ 15,9 bilhões e os três não madeireiros, apenas R\$ 216 milhões.

A produção madeireira da silvicultura tem a Região Sudeste como a principal produtora de carvão vegetal (86,4%) e de madeira em tora para papel e celulose (36,2%). A Região Sul responde por 61,4% da lenha e 64,1% da madeira em tora para outras finalidades. (IBGE, 2014).

De um total de 146 530 657 m³ de madeira em tora, 90,6% foram oriundos das florestas plantadas, e apenas 9,4%, do extrativismo vegetal. O volume de madeira em tora destinado para papel e celulose contribuiu com 60,9% do total obtido pela silvicultura. A produção de carvão vegetal foi de 7 240 387 toneladas, das quais 85,9% foram produzidas pela silvicultura, e 14,1%, pela extração vegetal. Com relação à lenha, o extrativismo vegetal colaborou com 34,0% de um total de 85 075 187 m³, contra 66,0% da silvicultura. (IBGE, 2014).

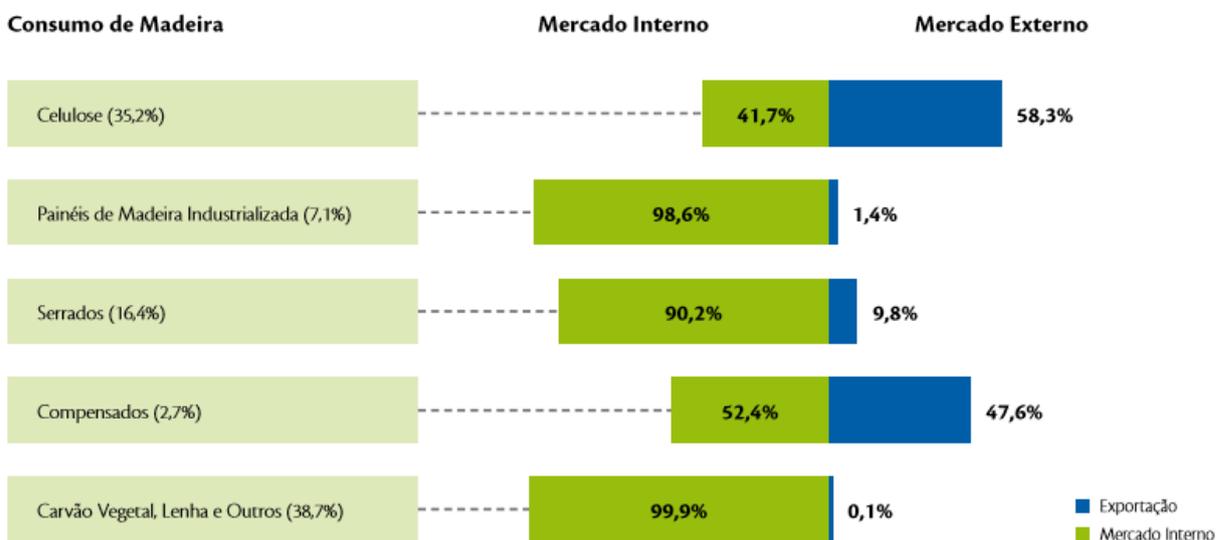
Com relação ao valor da produção, o carvão vegetal de eucalipto totalizou R\$ 3,15 bilhões representando cerca de 98,28% do total de carvão vegetal produzido no país no ano de 2014. Para a lenha, o eucalipto somou R\$ 2,13 bilhões, participando com 86,83% do total. O uso da madeira em tora para papel e celulose de eucalipto atingiu R\$ 3,92 bilhões e representou 82,87% de toda a produção. O uso da madeira de eucalipto para outras finalidades foi da ordem de R\$ 2,04 bilhões e participou no total da produção nacional com 50,83%. (IBGE, 2014).

Em razão da quantidade produzida, o eucalipto representou mais de 614 milhões de toneladas de carvão vegetal, 48.602.638m³ de lenha, 59.108.459m³ de madeira em tora para

produção de papel e celulose e 27.521.343m³ de madeira em tora para outras finalidades. (IBGE, 2014).

Dados da Abraf (2013) revelam que no ano de 2012, cerca de 1/3 de toda a madeira de florestas plantadas produzida no país foi utilizada para a produção de celulose, enquanto que a produção de painéis de madeira industrializada, serrados e compensados consumiram, respectivamente, 7,1%, 16,4% e 2,7% do total de madeira produzida. O que restou da produção nacional (38,7%) foi destinado à produção de carvão vegetal, lenha e outros produtos florestais (Figura 6).

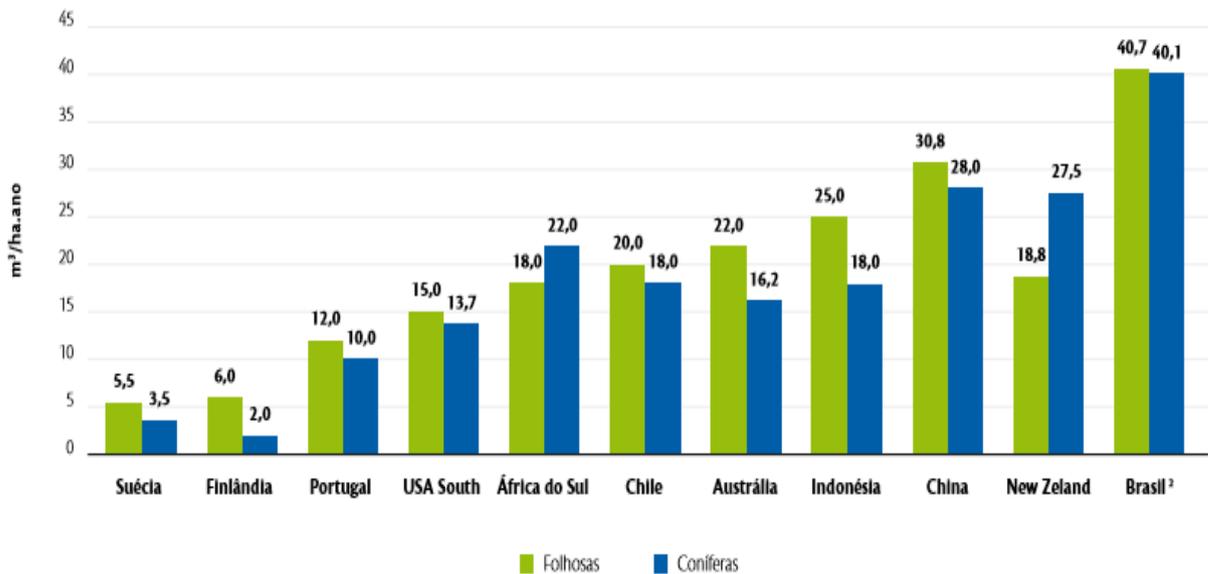
Figura 6 - Distribuição proporcional do consumo de madeira oriunda de florestas plantadas e do destino da produção – 2012



Fonte: ABRAF, 2013

Segundo a Abraf (2013) as condições edafoclimáticas e fundiárias, integradas aos fatores política de investimento em pesquisa e desenvolvimento, verticalização do setor e qualidade de mão de obra empregada, possibilitaram uma maior produtividade por hectare e, conseqüentemente, um menor ciclo de colheita para os plantios florestais estabelecidos no Brasil, em relação aos demais países produtores (Figura 7).

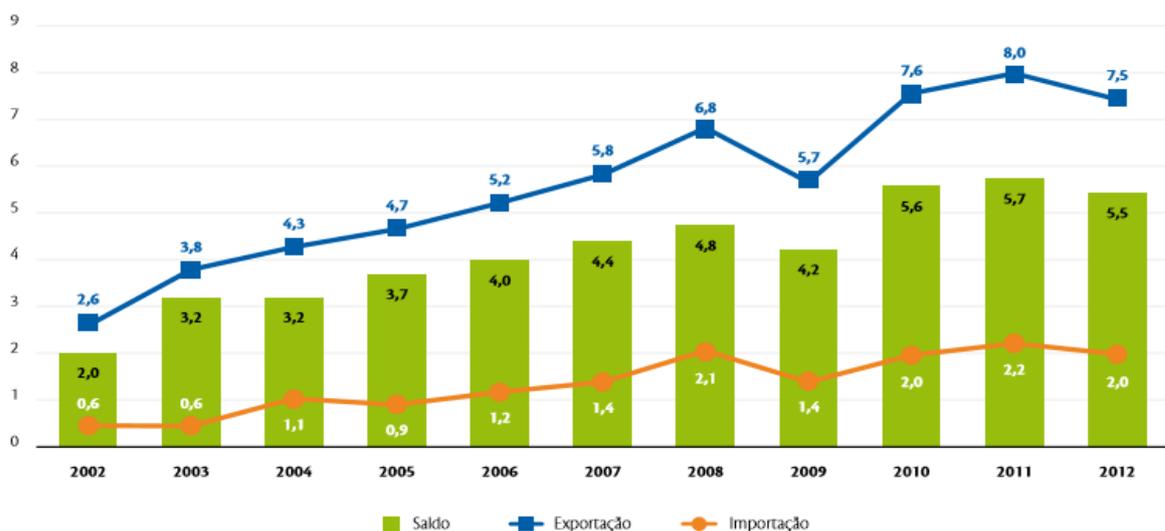
Figura 7 - Comparação da produtividade florestal de coníferas e de folhosas no Brasil¹ com países selecionados, 2012



Fonte: ABRAF, 2013.

O setor florestal brasileiro registrou superávit de R\$ 11,462 bilhões em 2012. No entanto, graças à queda das exportações efetuadas em 2012, o saldo da balança comercial sofreu recuo de 3,5% em relação ao apresentado no ano de 2011. As exportações somaram R\$ 15,63 bilhões e registraram um declínio de 6,2% em relação ao ano anterior. O mesmo ocorreu com as importações que sofreram queda de 9,1% em relação a 2011, totalizando R\$ 4,168 bilhões (Figura 8).

Figura 8 - Evolução da balança comercial de produtos de florestas plantadas no Brasil, 2002-2012



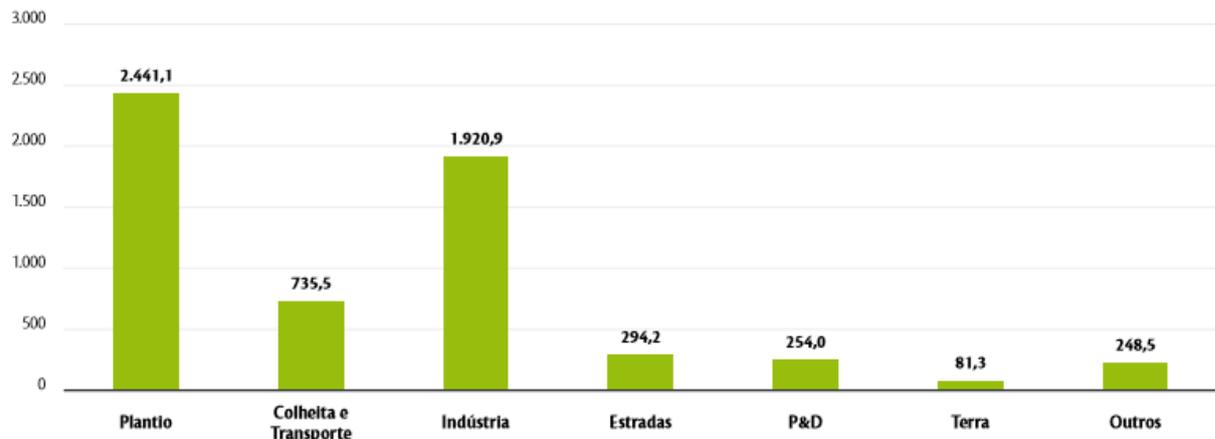
Fonte: ABRAF, 2013.

Nota: O gráfico apresenta valores em dólar americano. Cotação em dezembro de 2012 – R\$ 2,0840.

Segundo a Abraf (2013) os investimentos correntes realizados pelas empresas associadas individuais totalizaram R\$ 4,6 bilhões em 2012, valor 60,9% superior aos investimentos efetuados em 2011. Esse aumento significativo se deve ao processo de modernização ocorrido nos últimos anos, os quais visam a manutenção da competitividade no mercado nacional e internacional. As áreas mais beneficiadas pelos investimentos correntes foram o plantio, a colheita e o transporte, cujos valores investidos cresceram significativamente em relação a 2011.

A perspectiva do montante de investimentos a ser realizado nos próximos 5 anos (2013-2017) pode chegar a R\$ 6,0 bilhões (ABRAF, 2013). (Figura 9)

Figura 9 - Perspectiva de investimentos das empresas associadas individuais da ABRAF no período 2013-2017, por área.



Fonte: ABRAF, 2013.

Os impactos positivos identificados são os seguintes: geração de postos de trabalho no campo; dinamização do comércio, por meio da aquisição de fatores de produção; colaboração ao desenvolvimento regional, devido à criação de infraestrutura, como a implantação da rede rodoviária florestal; aumento da oferta trófica para os animais vertebrados e pássaros, em função do revolvimento do solo; e redução da emissão de gases do efeito estufa, em função da captura de CO₂ por meio do processo fotossintético feito pela floresta em crescimento.

2.4 QUESTÕES AMBIENTAIS LIGADAS AO EUCALIPTO

As florestas energéticas possuem grande potencial de contribuição para o combate à mudança climática, em especial, no que diz respeito à valorização econômica do carbono florestal. Estima-se que florestas de eucalipto, quando bem estabelecidas, podem capturar entre 100 e 400 t/ha de CO₂ durante a fase de crescimento (GATTO et al, 2010).

Do ponto de vista da mudança do clima, podem ocorrer emissões ou fluxos positivos de GEE, no que se refere às questões de componente industrial, que engloba as estruturas de beneficiamento da madeira (por exemplo, para a produção de celulose e papel, carvão vegetal renovável, ferro-gusa, ferro-ligas, aço, chapas e painéis compensados, madeira tratada para construção civil, madeira serrada, etc.). Diversos segmentos da base florestal já se aproximam da autossuficiência energética renovável, caracterizada por níveis mínimos de emissão. A componente florestal é baseada na formação de estoques de carbono, por meio das florestas de produção (áreas de florestas plantadas) e de áreas de preservação associadas de florestas nativas, o que resulta em remoções de GEE (emissões ou fluxos negativos), contribuindo para a redução da concentração de GEE na atmosfera, durante todo o tempo em que o estoque for mantido (ABRAF, 2013).

Atualmente, em âmbito nacional, a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC) possui cinco planos setoriais de mitigação da emissão de gases do efeito estufa, todos com alguma conexão com o setor de florestas plantadas (PPCDAM/Combate de Desmatamento na Amazônia, PPCerrado/Combate do Desmatamento no Cerrado, PDE/Plano de Desenvolvimento de Energia, Plano ABC/Agricultura de Baixo Carbono e Plano para a Siderurgia a Carvão Vegetal) (ABRAF, 2013).

Segundo Mora (2000), cálculos mostram que a cada tonelada de matéria seca produzida nas florestas plantadas retira-se 1,8t de CO₂ e devolve-se ao ambiente 1,3t de O₂ para a atmosfera. Outro destaque a ser considerado é que cada árvore de eucalipto pode sequestrar até 20 kg de gás carbônico por ano. Assim, um hectare de floresta jovem irá capturar, em média, 35t de CO₂ por ano.

Ainda enfatizando o contexto ambiental das florestas plantadas, é importante destacar o papel delas na preservação de florestas nativas, onde podemos citar o Polo Gessiteiro do Araripe, em Pernambuco, detentora de 18% das reservas nacionais de minério gipsita, responsável por 94% da produção nacional de gesso. A gipsita, extraída nessa área é considerada a de melhor qualidade no mundo (SILVA, 2009).

A principal fonte energética da indústria do gesso para o processo de calcinação é a lenha proveniente da Caatinga em função dos custos mais baixos quando comparados com outras fontes energéticas (óleo BPF, gás, eletricidade, etc.), o incremento na produção de gesso resulta no aumento da degradação dessa vegetação nativa (SILVA, 2009).

O processo de calcinação da gipsita, etapa de produção do gesso na qual o minério é submetido a temperaturas elevadas, exige o uso de muita energia, na maioria das vezes proveniente de madeira de espécies nativas retiradas da vegetação circunvizinha, onde

predominam as formações vegetais xerófilas, denominadas de Caatinga que não apresentam produtividade suficiente nos planos de manejo florestal sustentados, para atender o atual consumo só por parte da indústria do gesso, o que gera uma demanda por lenha e a retirada de vegetação nativa de forma ilegal ou ainda forçando as indústrias a comprar lenha nos estados vizinhos. Considerando todas as condições edafoclimáticas da região e a demanda por lenha para o processo de calcinação da gipsita, as florestas plantadas, especialmente com eucaliptos, constituem uma opção econômica e ambientalmente viável (SILVA, 2009).

Outro exemplo que merece destaque no cenário local é a indústria de cerâmica no estado de Alagoas. As mudanças recentes na legislação ambiental que restringem o uso de combustíveis não renováveis ou os derivados de fontes não legalizadas, tais como as de origem de desmatamento para seu uso em relação à geração de energia para o funcionamento de seus fornos, têm colocado a indústria em dificuldades. Neste sentido, resíduos da produção agrícola em Alagoas podem representar uma alternativa viável para os fornos de cerâmica local, garantindo o seu funcionamento, em conformidade com a legislação, gerando menor emissão de GEE's e manutenção de postos de trabalho (SOUZA et al, 2011).

Os plantios de eucalipto possuem um alto incremento de carbono, quando comparado a outras espécies, na captura de CO₂ da atmosfera e sua fixação na superfície terrestre. As florestas trocam CO₂ por processos fotossintéticos, respiração, decomposição e emissões associadas a distúrbios decorrentes das queimadas, desfolhamento por diversas causas e exploração vegetal (JACOVINE et al, 2008).

A quantificação da biomassa presente em uma floresta pode ser definida a partir da soma da biomassa da parte aérea de cada árvore (tronco, folhas, flores e frutos) à presente na matéria viva ou morta acima do solo (sub-bosque e manta orgânica) ou abaixo do solo (raízes). Para cada tonelada de matéria seca (biomassa), cerca de 0,5 tonelada é composta por carbono. (JACOVINE et al, 2008).

No estado do Espírito Santo, em áreas com plantios de eucalipto, foi determinado um sequestro de carbono na ordem de 10,32 t/ha/ano, onde 65% são provenientes da matéria seca do tronco, 13% da copa e 22% das raízes. (JACOVINE et al, 2008).

Segundo Almeida e Soares (2003) há uma controvérsia histórica sobre o desempenho do eucalipto com relação ao uso e à disponibilidade de água das bacias de drenagem onde são plantados. Duas questões frequentemente abordadas são a crença de que o eucalipto provoca rápido rebaixamento do nível do lençol freático do solo e as perdas de biodiversidade ecológica em relação ao ecossistema original.

Nos resultados obtidos em uma Microbacia Experimental da Aracruz Celulose S.A localizada no município de Aracruz-ES, com área de 286 ha, sendo 190 hectares de plantações de eucalipto e 86 hectares de Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) e os 10 hectares restantes de estradas demonstram que o eucalipto exerce controle estomático eficiente em condições de suprimento limitado de água. Tanto os dados de campo, quanto aqueles das estimativas dos modelos adotados no estudo revelaram que as plantações de eucalipto se comparam à Mata Atlântica quanto à evapotranspiração e ao uso de água do solo. Considerando o ciclo de crescimento como um todo (aproximadamente 7 anos), o eucalipto pode consumir menos água que a floresta original na região estudada. Em anos de precipitação em torno dos valores médios das normais climatológicas, ocorre equilíbrio entre oferta (precipitação) e demanda (evapotranspiração) para os dois ecossistemas. Em anos de menor pluviosidade, as reservas hídricas do solo são utilizadas tanto para o eucalipto quanto para a Mata Atlântica. (ALMEIDA e SOARES, 2003).

Há alguns que questionam a implantação de florestas energéticas alegando os impactos ambientais decorrentes dessa atividade. Calle et al (2005) afirma que as atividades florestais podem produzir tanto impactos negativos quanto impactos positivos. Ressalta ainda que a fase em que se apresenta maior capacidade modificadora do meio ambiente é a de implantação de uma floresta.

2.5 DESAFIOS E IMPLICAÇÕES DA EUCALIPTOCULTURA EM ALAGOAS

A implantação de florestas energéticas apresenta enorme potencial no estado de Alagoas, sobretudo, em razão da baixa diversidade de atividades agropecuárias com alta produtividade, além disso, a introdução desta atividade atenderia a inúmeras questões atualmente em evidência sobre mudanças climáticas e a geração de energia limpa e renovável, a preservação das vegetações nativas e de sua biodiversidade e fomentar o emprego, o crescimento econômico e o desenvolvimento da região.

Em um estudo sobre a qualidade de vida, tomando por base os indicadores que constituem o IDH, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Biodiversidade e Florestas, comprovou-se a melhora significativa da qualidade de vida da população em municípios onde os maiores plantios florestais foram introduzidos (COUTO e MÜLLER, 2008).

No segundo semestre de 2008, um grupo de empresários alagoanos viajaram a São Paulo e Minas Gerais, para verificarem “in loco”, o sucesso da eucaliptocultura. O eucalipto

aguçou a atenção tanto para o reflorestamento com fins energéticos quanto por responder a necessidade de reflorestamento em áreas de topografia acidentada onde a cana-de-açúcar deveria ser substituída para atender a exigência de abandono do método despalhador de pré-colheita a partir da queima de cana (razão ambiental) e pela possibilidade de uso da floresta plantada para fins energéticos (razão socioeconômica) (BEAL, 2014).

Em Alagoas, o início da implantação de florestas energéticas, com ênfase na eucaliptocultura é recente. Em apenas dois anos, foram plantados 7.997 hectares com eucalipto, abrangendo 24 municípios alagoanos, com grande receptividade entre os produtores de cana-de-açúcar, especialmente os que possuem seus plantios em terras de topografia acidentada, principalmente em regiões com declividade acentuada nas encostas (acima de 12%), pois possuem alto custo de implantação e de difícil moagem. Dois grandes projetos estão sendo implantados no estado, baseados nessa biomassa: o da empresa Energias Renováveis do Brasil – ERB, que vai fornecer energia a Braskem e outro do Grupo Carlos Lyra em parceria com a Duratex, resultando na fundação da CAETEX, que produzirá laminados de madeira. Estima-se que para o funcionamento dos projetos da ERB e da CAETEX, será necessário o plantio de 25 mil hectares de eucalipto (BEAL, 2014).

Em 2013 o estado de Alagoas contava com cerca de 3.700 hectares plantados e em 2014 foram plantados 4.300 hectares. Conforme previsões foram implantados viveiro e sementeira para o atendimento à demanda de mudas. Um total de 5 milhões de mudas foram produzidas para atender a essa nova demanda, sendo que 2 milhões em Alagoas e 3 milhões vindas de outros estados. Áreas de reconversão (substituição da cana-de-açúcar), também seriam beneficiadas com essa nova dinâmica econômica mesmo em regiões planas de usinas que diversificam suas atividades e avançam no sentido da possibilidade de uso de outras biomassas. (BEAL, 2014)

Sob esse aspecto, a implantação de florestas plantadas para os seus mais diversos fins, pode beneficiar e estimular o crescimento dos diversos setores da economia, tais como a indústria de papel e celulose, aglomerados, chapas de fibra e MDF, que no ano de 2000 respondia por 75% do carvão produzido no Brasil, utilizado em vários processos da indústria como a calcinação (OLIVEIRA et al, 2009).

Outro dado local sobre a silvicultura mostra a quantidade produzida de madeira em tora para outras finalidades (Quadro 3).

Quadro 3 - Silvicultura - Quantidade produzida e valor da produção, por tipo, segundo Estado e municípios de Alagoas - 2012

Estados e Municípios	Madeira em tora para outras finalidades	
	Quantidade produzida (m ³)	Valor da produção (mil reais)
Alagoas	4948	263
Maceió	4	1
Marechal Deodoro	8	3
Messias	11	4
Murici	4	0
Pilar	6	2
Rio Largo	24	8
São José da Laje	4891	245

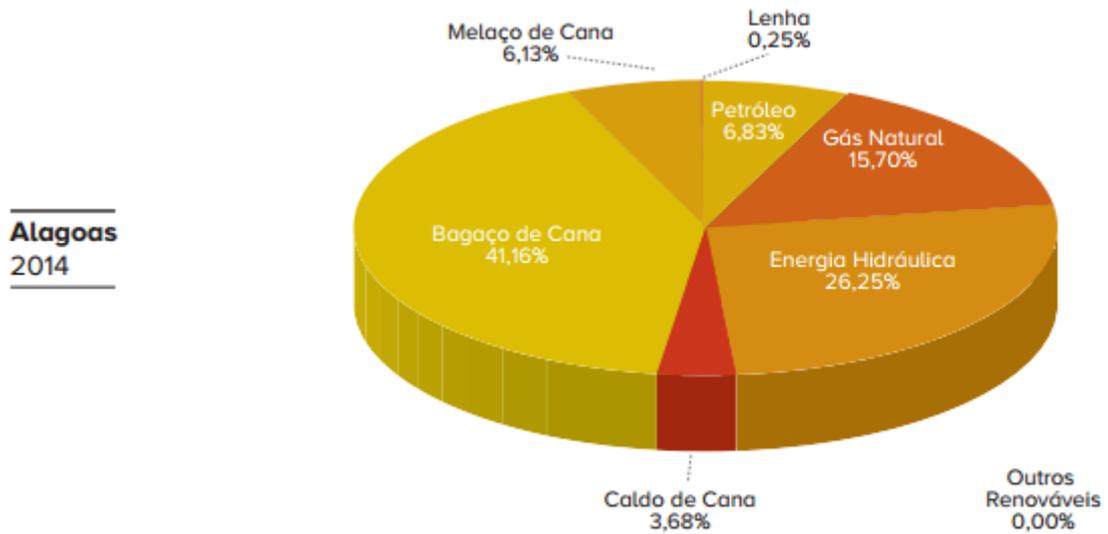
Nota: Os municípios na tabela são os únicos que apresentam dados
 Fonte: Anuário Estatístico do Estado de Alagoas – 2013.

Observa-se que o valor da produção é pequeno se comparado a outras atividades agropecuárias, mesmo sabendo da relevância ambiental e socioeconômica desta atividade.

Associada a produção agropecuária, a implantação de florestas plantadas pode contribuir significativamente com o crescimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis, como por exemplo, o agrossilvipastoril. A combinação floresta-pastagem-gado pode agregar bastante valor à produção na propriedade. (OLIVEIRA et al, 2009)

Uma das alternativas para o plantio do eucalipto é a geração de energia limpa e renovável. Grande parte da geração de energia primária por fonte em Alagoas, no ano de 2014, tinha participação do setor sucroenergético de 50,97% do total (Figura 10).

Figura 10 - Matriz energética de Alagoas



Fonte: BEAL 2015

Os dados demonstram que a matriz de geração de energia primária no estado é essencialmente renovável, pouco dependente de combustíveis fósseis, já que o petróleo representou apenas 6,83% do total. No entanto, a fluidez dos preços do açúcar e do etanol no mercado interno e externo possa interferir na tomada de decisão quanto à área plantada e as condições de clima, como o volume pluviométrico acarretarem menor produtividade da lavoura em algum período.

Entre os anos de 2005 a 2014, houve uma acentuada redução na produção estadual de energia elétrica, de 18.426 GWh para 10.949 GWh, ou seja, menos 40,58%. Esse fato deve-se a diminuição da produção energia elétrica por parte da CHESF devido a fatores climáticos, como os baixos volumes pluviométricos registrados nos últimos anos para recomposição das represas e barragens (Quadro 4).

Quadro 4 - Produção e Consumo de Eletricidade – Valores em GWh

Setor	Alagoas		Brasil	
	2005	2014	2005	2014
Produção	18.426	10.949	403.031	590.479
Importação			39.202	33.778
Exportação	-13.428	-4.537	-160	-3
Var. Est Perdas e Ajuste	-842	-1.173	-66.880	-93.174
Oferta Interna Bruta	4.156	5.238	375.193	531.081
Consumo Total	4.156	5.238	375.193	531.081
Consumo Final	4.156	5.238	375.193	531.081
Consumo Final Energético	4.156	5.238	375.193	531.081
Setor Energético	25	142	13.534	31.157
Setor Residencial	686	1.305	83.193	132.049
Setor Comercial	395	732	53.492	90.619
Setor Público	384	537	32731	42.648
Setor Agropecuário	293	179	15.685	26.735
Setor de Transporte			1.188	1.941
Setor Industrial	2.373	2.343	175.370	205.932

Fonte: BEAL 2015

Outra condição é a participação do setor residencial no consumo de energia elétrica que obteve um incremento de quase 10% no período de 2005 a 2014, passou de 16,23% para 26,53%, uma constatação de que houve uma melhoria na qualidade de vida da população alagoana que passou a usufruir mais do conforto que a energia elétrica proporciona. (BEAL, 2015).

Dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) mostram que Alagoas ocupa a oitava posição no Brasil em produção de energia por usinas de biomassa com uma média no primeiro semestre de 2015 de geração de 30,5 MW – o que faz do Estado o terceiro maior produtor do Nordeste, atrás apenas dos Estados de Maranhão (60,66 MW) e Bahia (60,80 MW). Em todo o Brasil, São Paulo lidera a produção de energia de biomassa com 840,93 MW, seguido por Mato Grosso do Sul (271,56 MW), Goiás (207, 69 MW), Minas Gerais (181, 57 MW) e Paraná (85,76 MW). Ainda de acordo com a CCEE, as usinas movidas à biomassa em todo país produziram 15% a mais de energia no primeiro semestre de 2015 em relação ao mesmo período do ano passado, totalizando em 2015 1.860 MW médios

contra 1.621 MW médios em 2014, o que revela o grande potencial de geração de energia limpa no Brasil e em Alagoas. (Quadro 5).

Quadro 5 - Ranking dos dez maiores estados produtores de biomassa

Ranking – Os 10 maiores estados produtores de Biomassa		
Posição	Estado	MW médios
1º	São Paulo	840,93
2º	Mato Grosso do Sul	271,56
3º	Goiás	207,69
4º	Minas Gerais	181,57
5º	Paraná	85,76
6º	Bahia	60,80
7º	Maranhão	60,66
8º	Alagoas	30,58
9º	Pernambuco	28,79
10º	Mato Grosso	22,14

Fonte: Agendaatnh1

O estado de Alagoas é um gerador de energia limpa, no entanto, nos últimos anos o bagaço da cana está sendo utilizado para produção de etanol de segunda geração - como no caso da empresa GranBio - ,que nos permite avaliar e propor uma alternativa energética, a viabilidade socioeconômica e ambiental do uso de eucalipto como matéria-prima. O Brasil possui excelentes condições geográficas, climáticas e biológicas para impulsionar a silvicultura e tornar o país um dos mais independentes dos combustíveis fósseis.

O Brasil já é líder mundial na produção de energia da biomassa a partir do bagaço da cana-de-açúcar. O bagaço, pontas e palhas são usados como combustível para abastecer turbinas a vapor para gerar energia elétrica, mas como dito anteriormente, esses subprodutos da cana estão sendo direcionados a produção de etanol de segunda geração. A Bioflex 1, unidade industrial da GranBio instalada em São Miguel dos Campos/AL, entrou em operação em setembro de 2014. Possui capacidade para gerar 82 milhões de litros do etanol celulósico por ano, sendo a primeira do país (GOMES, 2014).

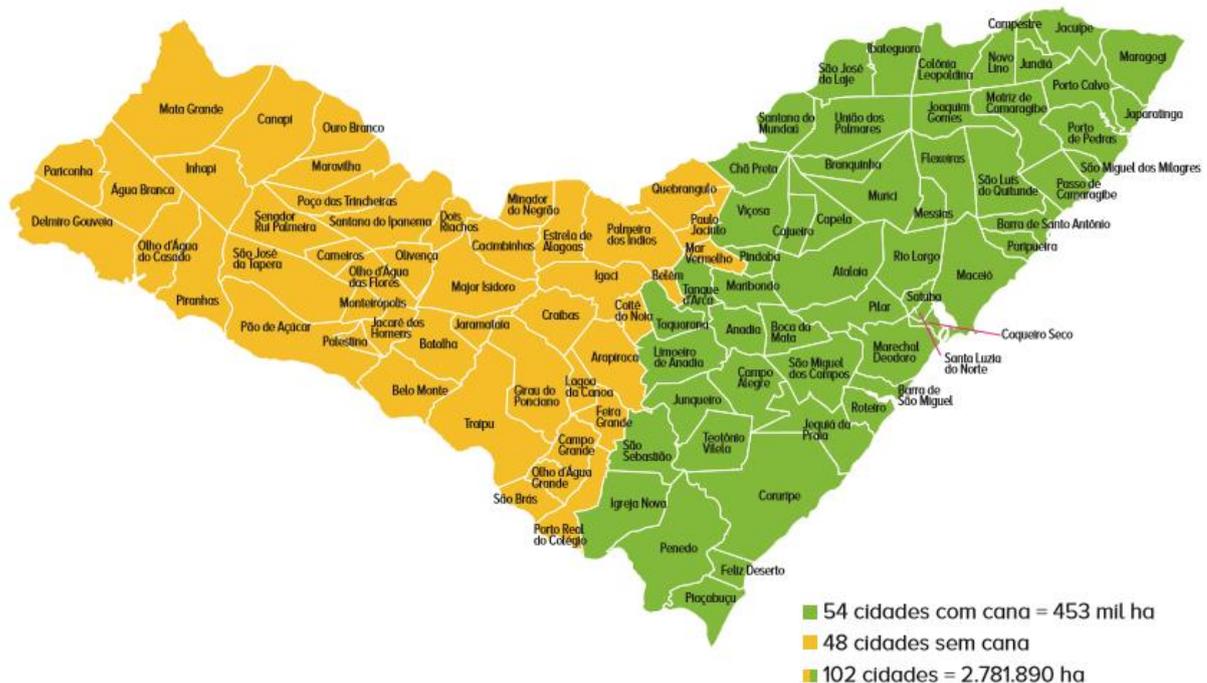
No que se refere à madeira enquanto biomassa, a lenha tem grande destaque na Matriz Energética, especialmente o eucalipto. Todavia, a produção de energia por meio de sua combustão ainda é uma fatia ínfima em relação à produção de biomassa nacional. Sua capacidade de utilização atende desde a indústria de móveis, passando pela fabricação de papel com a extração da celulose, até fins energéticos, por meio da combustão. O eucalipto apresenta outras vantagens competitivas além da questão ambiental (GOMES, 2014):

- Uma grande diversidade de espécies que se adaptam aos mais variados tipos de solos;

- Possui uma quantidade significativamente maior de açúcares fermentáveis que a cana-de-açúcar, representando maior poder de combustão;
- Cultivo mais adequado às áreas abandonadas pela cana-de-açúcar, principalmente as de encosta;
- Absorção de mão-de-obra em áreas com forte recessão ou depressão econômica;
- Possibilidade da implantação de sistemas agroflorestais, otimizando áreas e gerando maior rentabilidade ao produtor;
- Ampliação e qualidade no fornecimento de energia elétrica.

Alagoas é o segundo menor estado do Brasil, abrangendo somente 0,33% do território nacional. Porém, é o sexto de maior extensão de terras destinadas ao plantio da cana-de-açúcar (CONAB, 2014), sendo o maior produtor de cana-de-açúcar do Nordeste, com destaque no ranking nacional (Figura 11).

Figura 11 - Área canvieira do Estado de Alagoas



Fonte: BEAL, 2014.

Nos últimos anos, o setor canvieiro teve que enfrentar algumas mudanças para se adequar a nova realidade ambiental e produtiva. Uma das mais impactantes foi a redução das queimadas como método despalhador e a mecanização para ganhos competitivos e cumprimento gradual da legislação ambiental. Essa realidade atingiu, diretamente, e de forma impactante o mercado de trabalho. Uma colheitadeira moderna substitui até 100 trabalhadores

no corte de cana. Vale ressaltar ainda que, foi limitada a área para mecanização, pois ela só pode ser realizada em terrenos com declividade de até 12%.

Essa transformação da agroindústria do açúcar e do álcool apresenta dois pontos que devem ser analisados com muita atenção: i) há uma extensão positiva sobre os aspectos ambientais e econômicos, visto que a redução das queimadas reduz a emissão de GEE na atmosfera e a mecanização melhora os índices de produtividade e rentabilidade do agricultor; ii) porém, como aspecto negativo existe o fator social. As áreas de encostas antes ocupadas pela cana estão sendo abandonadas e já apresentam séria depressão econômica, visto que, em muitas áreas essa era a única atividade econômica de grande impacto financeiro. Por conseguinte, a redução dos postos de trabalho é inevitável, já que o trabalhador desta área tem como perfil o baixo nível de escolaridade e ausência de qualificação, o que dificulta sua reinserção no mercado de trabalho (GOMES, 2014).

Em virtude das recentes mudanças propostas por estados produtores de cana-de-açúcar nas duas últimas décadas, inicialmente com o estado de São Paulo, no que diz respeito ao uso de queimadas para a colheita e corte da cana, ressaltando a questão da poluição atmosférica com a emissão de CO₂ e, conseqüentemente, a substituição do corte manual pelo mecanizado, fica evidente e claro que se deve tomar outra medida em Alagoas para a ocupação dos Tabuleiros Costeiros com o plantio de cana-de-açúcar e seus respectivos métodos de corte.

No estado de São Paulo, a lei estadual nº 11.241 de 19 de setembro de 2002, dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá outras providências. Nos dois primeiros artigos da lei está posto que os plantadores de cana-de-açúcar devam eliminar de forma gradativa até a plena redução, o uso do fogo como método de pré-colheita em duas situações distintas (Quadro 6 e 7).

Quadro 6 - Redução do uso de queimadas como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no prazo de 20 anos – Área Mecanizável

Ano	Área Mecanizável Onde Não Se Pode Efetuar A Queima	Percentagem De Eliminação da Queima
1º ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5º ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10º ano (2011)	50% da área cortada	30% da queima eliminada
15º ano (2016)	80% da área cortada	50% da queima eliminada
20º ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima

Fonte: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>

Quadro 7 - Redução do uso de queimadas como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo no prazo de 20 anos – Área Não Mecanizável

Ano	Área Mecanizável Onde Não Se Pode Efetuar A Queima	Percentagem De Eliminação da Queima
10º ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15º ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20º ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25º ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30º ano (2031)	100% da área cortada	100% de queima Eliminada

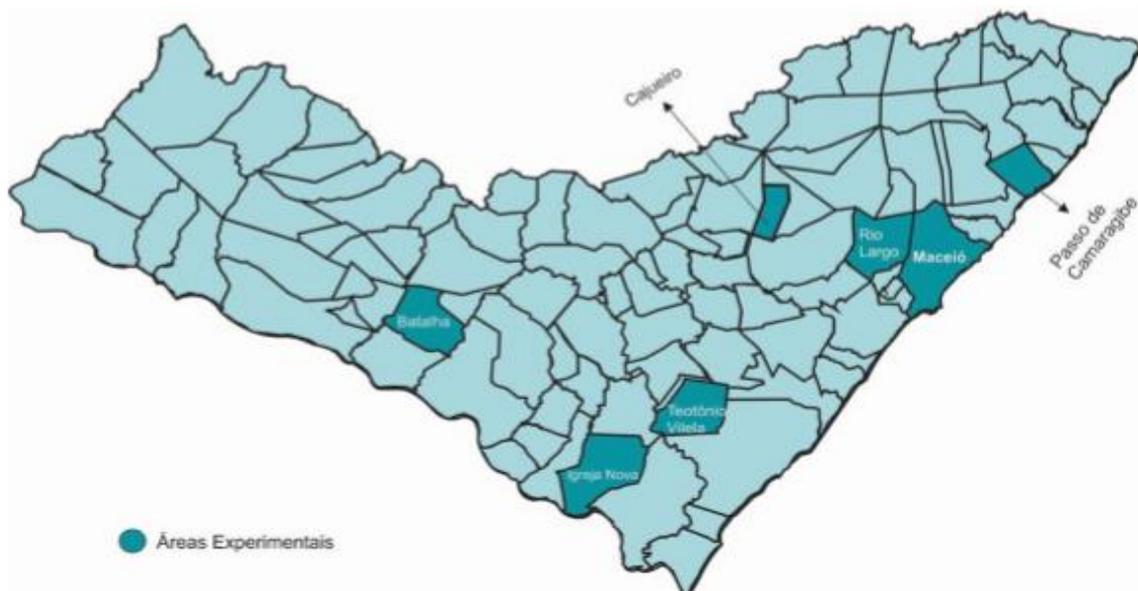
Fonte: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>

Sobre a real necessidade de rever o uso do fogo como método de pré-colheita nas áreas de plantio de cana-de-açúcar, o estado de Alagoas sanciona lei estadual nº 7.454, publicada no diário oficial do estado em 19 de março de 2013, em que se definem procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais, e dá outras providências correlatas.

O artigo 17º do capítulo IV, que trata da redução gradativa do emprego do fogo como método despalhador do corte de cana-de-açúcar estabelece que: a cada 5 (cinco) anos, contados da data de entrada em vigor desta lei, deverá ser realizada, pelos órgãos estaduais competentes, avaliação das consequências socioeconômicas decorrentes da aplicação das determinações para promover os ajustes que se fizerem necessários nas medidas impostas, portanto, diante das adversidades impostas aos produtores de cana nos últimos anos, o eucalipto surge como alternativa socioambiental e economicamente viável.

A Federação das Indústrias do Estado de Alagoas (FIEA) contratou a empresa CLONAR (Resistência Doenças Florestais LTDA), da Universidade Federal de Viçosa/MG, para desenvolver pesquisa genética de adaptação de espécies de eucalipto no estado a fim de orientar produtores e investidores sobre as melhores técnicas de plantio desta espécie florestal. Os estudos foram realizados em sete áreas experimentais: Batalha, na Microrregião de Batalha, no Sertão Alagoano, Cajueiro, na Microrregião da Mata Alagoana, Igreja Nova, na Microrregião de Penedo, no Baixo São Francisco, Maceió e Rio Largo, na Microrregião de Maceió, Passo do Camaragibe, na Microrregião do Litoral Norte Alagoano, Rio Largo e Teotônio Vilela, na Microrregião de São Miguel dos Campos (Figura 12) (GOMES, 2014).

Figura 12 - Áreas de experimentos – Projeto FIEA

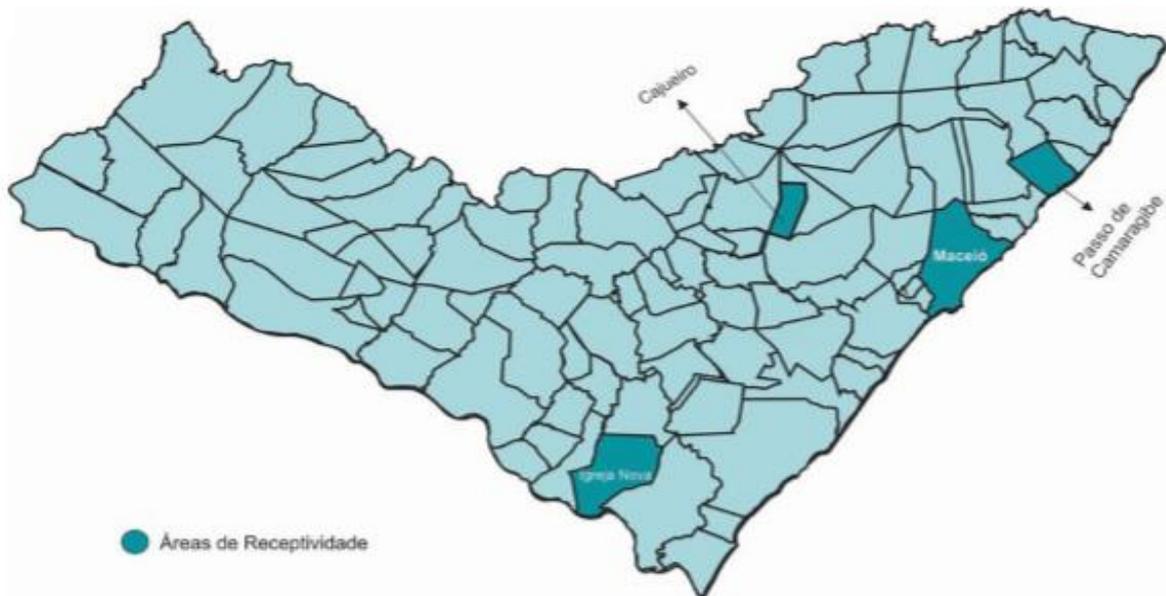


Fonte: GOMES, 2014.

Enquanto o Brasil produz, em média, 35m³/ha, os experimentos em Alagoas apresentaram uma capacidade produtiva acima de 45m³. A Mesorregião do Leste Alagoano apresenta melhor adaptabilidade, incluindo os municípios de Cajueiro, Maceió, Passo de

Camaragibe e Igreja Nova com produtividade atingindo até 87m³ em áreas experimentais. Esta constatação assegura que os municípios nesse entorno têm cenário favorável para desenvolver o cultivo do eucalipto (Figura 13).

Figura 13 - Áreas de maior receptividade: Projeto FIEA



Fonte: GOMES, 2014.

Esse cenário de IMA acima da média nacional, faz da floresta plantada de eucalipto uma alternativa bastante viável para o estado de Alagoas, em especial, para as áreas de encostas. Em razão disso, a *joint venture* Caetex Florestal – formada pela Duratex Florestal e a Usina Caeté, afirmou que fará até 2020, investimentos na ordem de R\$ 72 milhões de reais, incluindo a abertura da indústria, para fabricação de painéis de MDF, porém, ressalta o empresário da Usina Caeté, Fernando Farias, há também intenção de fornecer madeira para o setor de geração de energia no Nordeste, além de exportar madeira para o maior mercado consumidor do mundo, a Europa, Valor Mercado (2014). É importante salientar que o investimento realizado pelo empresário Fernando Farias, diretor da Usina Caeté, deu-se a partir da necessidade de otimizar as terras antes ocupadas pelo plantio de cana-de-açúcar na Usina Cachoeira, em Maceió/AL.

De acordo com Mora e Garcia (2000), Motta et al (2010), Abraf (2013), Gomes (2014), o cultivo de eucalipto torna-se viável por várias questões, entre elas, podemos citar:

- a) Utilização de terras, principalmente em encostas, onde a cana não tem mais viabilidade por causa da declividade, já que as máquinas só operam com declividade de até 12%;
- b) O eucalipto pode ser explorado para atender as demandas de diversos mercados, como siderúrgico, energético, móveis, construção civil e a indústria de papel e celulose;
- c) A estratégica localização geográfica do Estado em relação às regiões Norte, Centro-oeste e Sudeste. Outro ponto é a proximidade com três portos para o escoamento da produção, principalmente para o maior mercado consumidor de madeira, a Europa: o Porto de Maceió/AL, Suape, em Pernambuco e Aracajú/SE;
- d) No que diz respeito às questões ambientais, o eucalipto pode constituir até 50% de Áreas de Preservação Permanentes (APP's) em propriedades rurais através do Cadastro Ambiental Rural (CAR), além da possibilidade, com uma área expressiva de plantação, conseguir créditos de carbono para empresas que reduzam a emissão de GEE;
- e) A depender do grau de degradação, o eucalipto pode ser utilizado para recuperação de áreas degradadas por meio do reflorestamento e a grande captura de CO₂ da árvore. O eucalipto pode ser cortado e rebrotar por três ou quatro ciclos e apresentar custos semelhantes à cultura canavieira;
- f) O cultivo em pequenas propriedades através do sistema agrossilvipastoril, proporcionando renda e ganhos de produtividade para o agricultor familiar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consiste em uma revisão sistemática de literatura sobre a implantação de florestas energéticas em substituição a atividade canavieira, avaliando a viabilidade socioeconômica e ambiental do eucalipto que ainda se encontra em fase de implantação no estado de Alagoas.

O Estado de Alagoas está situado na região Nordeste do Brasil, abrangendo uma área aproximada de 27.848,003 km², representando 0,33% do território nacional (IBGE, 2014). Sua localização encontra-se entre os paralelos 8°48'12" e 10°29'12" de latitude Sul e entre os meridianos 35°09'36" e 38°13'54" de longitude a oeste de Greenwich. Faz limite ao norte e oeste com o Estado de Pernambuco, ao sul com os estados de Sergipe e Bahia e a leste com o oceano Atlântico. Possui 339 km na direção Leste-Oeste e 186 km na direção Norte-Sul.

As mesorregiões do Estado de Alagoas compreendem o Leste, o Agreste e o Sertão Alagoano. O Leste é a maior região em área territorial e abrange o Litoral e a Zona da Mata (Norte e Sul). O Agreste é um ecótono entre a zona úmida e seca, tem início ao Norte no município de Quebrangulo, e ao Sul em São Brás, na porção mais úmida, e se estende até o limite dos municípios de Cacimbinhas e Traipu, na porção mais seca. O Sertão corresponde às superfícies com características climáticas áridas e semiáridas (BARROS et al, 2012).

O estado não apresenta grandes oscilações com relação à média térmica do ar, variando, no litoral, entre 23°C e 28°C, e no sertão, entre 17°C e 33°C. De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do estado possui clima do tipo As', ou seja, tropical e quente, com precipitações pluviométricas concentradas no período outono/inverno, entre 1.000 mm a 1.500 mm. No entanto, parte do leste alagoano, próximo à divisa com o Estado de Pernambuco, possui clima Ams', tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.500 mm a 2.200 mm. A metade ocidental do estado, que corresponde ao agreste e sertão, apresenta condições semiáridas, com clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica média anual no sertão entre 400 mm a 600 mm e no agreste de 600 mm a 900 mm (BARROS et al, 2012).

Como nas áreas de encostas nas escarpas dos Tabuleiros Costeiros a colheita mecanizada é inviável, já que possui declividade acima de 12%, a atividade canavieira torna-se impraticável e as terras podem ficar ociosas, desta maneira, surge proposta de utilização do eucalipto como uma atividade substitutiva a cana de açúcar, que gere emprego e renda para o estado de Alagoas.

Dependendo da região de implantação de florestas energéticas de eucalipto os custos de produção podem apresentar bastante variação. Torna-se necessário o conhecimento para a implantação de projetos florestais, os fatores componentes dos custos de implantação, tais como, o preparo do solo, aplicação de herbicidas, combate a formigas, a densidade do plantio, replantio, adubação, transporte, a distância entre linhas de plantio que afetam na mecanização e o tipo de muda utilizada, se produzida a partir de sementes ou pomar clonal e ainda, a disponibilidade de mão-de-obra. Os valores podem variar devido a peculiaridades locais e particularidades de cada produtor (MARANGON, 2015; REZENDE, 2006).

Neste caso, os trabalhos apresentados abaixo no Quadro 8, com seus respectivos autores, apresentam dados de outras regiões do país, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul, destes cinco citados, quatro estão entre os maiores produtores de eucalipto do país segundo a Abraf (2013).

Quadro 8 - Relação dos trabalhos usados na elaboração da revisão sistemática

Autor:	Trabalho:
BENDLIN, Luciano et al. 2014	Custos de produção, expectativas de retorno e riscos associados ao plantio de eucalipto na região do Planalto Norte – Catarinense/ Brasil.
MARANGON, Gabriel Paes. 2015	Otimização bioeconômica do regime de manejo para <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill no Estado do Rio Grande do Sul.
MOTTA, Denilson; SILVA, Wanderson Fernandes da; DINIZ, Edílson Nascimento. 2010	Rentabilidade na plantação do eucalipto.
RODIGHERI, Honorino Roque; PINTO, Anauri Ferreira; DHLSON, Julio Cesar. 2001	Custo de Produção, Produtividade e Renda do Eucalipto Conduzido para uso Múltiplo no Norte Pioneiro do Estado do Paraná.
REZENDE, José Luiz Pereira et al. 2006	Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais.
SILVA, Márcio Lopes da; FONTES, Alessandro Albino. 2005	Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET).

Fonte: Próprio autor.

As avaliações econômicas foram realizadas dentro do conceito de projetos de investimentos florestais, entendido como a inversão de capital em determinado empreendimento, com a finalidade de obtenção de receitas (MARANGON, 2015).

Os autores levaram em consideração como instrumento de análise, dados obtidos através do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), indicadores utilizados com mais frequência para viabilização de investimentos.

O VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado, ou seja, é o resultado da diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (SILVA, 2005).

$$\text{VPL} = \text{VPR} - \text{VPC}$$

em que: VPL: Valor Presente Líquido

VPR: Valor Presente das Receitas

VPC: Valor Presente dos Custos

Por sua vez o VPC e o VPR são dados por:

$$\text{VPR} = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad \text{VPC} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

em que:

n - duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo

t - período de tempo (anos)

R_t - receita no período de tempo t

C_t - custo no período de tempo

t_i - taxa de juros ou de desconto

A TIR representa o valor do custo de capital que anula o VPL, em outras palavras, a Taxa Interna de Retorno torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos gastos realizados com o projeto, caracterizando assim a taxa de remuneração do capital investido (BRUNI et al, 1998; PEREIRA et al, 2008;). Algebricamente tem-se:

$$\sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+I)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+I)^t}$$

em que: I é a taxa interna de retorno (TIR).

Para fins de comparação de custos foi observada a realidade de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados da PECEGE (2014) sobre o acompanhamento da safra 2014/2015, na região Centro-Sul Tradicional e Expansão com a Região Nordeste do país (Quadro 9).

Quadro 9 - Custos de produção de cana-de-açúcar de usinas das regiões Centro-Sul Tradicional, Centro-Sul Expansão e Nordeste para o fechamento da safra 2013/2014.

Descrição	Regiões					
	Tradicional		Expansão		Nordeste	
	RS/t	RS/ha	RS/t	RS/ha	RS/t	RS/ha
Mecanização	25,62	2.080	30,08	2.386	16,33	1.046
Mão-de-obra	5,88	477	2,55	203	20,08	1.287
Insumos	5,79	470	5,92	470	9,06	581
Arrendamentos	10,23	83	8,51	675	2,87	184
Despesas administrativas	3,71	301	3,70	294	5,80	372
Custo Operacional Efetivo (COE)	51,23	4.159	50,77	4.028	54,14	3.470
Depreciações	18,86	1.531	20,49	1.625	21,54	1.381
Formação do Canavial	15,52	1.260	17,11	1.357	17,96	1.151
Máquinas	2,90	236	2,92	232	1,99	128
Benfeitorias	0,23	19	0,21	16	0,25	16
Irrigação	0,20	16	0,25	20	1,35	87
Custo Operacional Total (COT)	70,09	50.690	71,26	5.653	75.69	4.851
Remuneração da Terra	4,14	336	0,96	76	7,87	504
Remuneração do capital	7,01	569	7,51	596	7,87	505
Formação do Canavial	4,87	395	5,36	425	5,57	357
Máquinas e Implementos	1,74	141	1,75	139	1,19	77
Benfeitorias	0,28	23	0,25	20	0,30	19
Irrigação/fertirrigação	0,12	10	0,15	12	0,81	52
Custo Total (CT)	81,24	6.595	79,73	6.235	91,43	5.861

Fonte: PECEGE, 2014 (Modificada).

Outro aspecto abordado no trabalho é a substituição das áreas de plantio de cana-de-açúcar em regiões de encosta por eucalipto, em virtude da legislação ambiental que prevê a redução gradativa do uso de queimadas como método de pré-colheita, o que pode tornar estas áreas inviáveis ao cultivo da cana por causa das limitações técnicas das máquinas colheitadeiras, que operam em declividades abaixo de 12%, o que pode tornar estas áreas ociosas. Portanto, foi considerado o custo com colheita mecanizada em uma usina de cana-de-açúcar em Alagoas (Usina Caeté) com base na safra 2013/2104 (Quadro 10).

Quadro 10 - Custos - Colheita Mecanizada Usina Caeté – Safra 2013/2014

Colhedoras		
Itens	2012/2	2013/2014
Número de Equipamentos	6	11
Colheita Total (T)	454.428,57	769.091,16
Horas Trabalhadas (H)	13,248	25.921
Média de Horas Trabalhadas por Máquina	368,02	392,74
Eficiência Produtiva (%)	51,11	54,55
Tonelada por Máquina/dia	420,77	351,34
Custo Total de Manutenção (R\$)	989,022	1.288,126
Custo de Manutenção (R\$/t)	2,18	2,15
Consumo de Combustível (L)	507,763	969,290
Consumo de combustível (L/h por máquina)	38,33	37,39
Consumo de Combustível (L/t)	1,12	1,69
Custo Total de Locação de Máquinas (R\$)	370.812,33	244.136,93
Custo de Locação (R\$/t)	082	032

Fonte: BEAL, 2014.

Os custos dos fatores de produção do eucalipto são mostrados na Figura 14.

Figura 14 - Custos por hectare para implantação e manutenção de povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Rio Grande do Sul, para um espaçamento inicial de 3,0 x 2,0m

Tipos de custos:	Ano de ocorrência	Valor do custo (R\$.ha⁻¹)
I. Implantação		
1. Limpeza da área	0	105,00
2. Construção e manutenção de estradas e aceiros	0	28,75
3. Subsolação com fosfatagem (trator de pneus)	0	307,48
4. Gradagem leve na linha	0	49,20
5. Mudanças	0	748,00
6. Distribuição de calcário	0	90,75
7. Pulverização com herbicida	0	95,00
8. Mão de obra de plantio	0	600,00
9. Adubação de plantio	0	120,00
10. Adubação de cobertura	0	97,00
11. Combate a formiga	0	17,00
12. Serviços de topografia	0	80,00
13. Distribuição de mudas (carreta agr. 4t.)	0	100,00
14. Replante	0	84,00
Subtotal		2522,2
II. Manutenção		
1. Capina e roçada (manual)	1	220,00
2. Capina e roçada (manual)	1	100,00
3. Controle de formiga	1 a 4	14,00
4. Custo da terra	1-n	150,00
5. Custo de administração	1-n	70,00
6. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	1 a 14	30,00
7. Desbrota da cepa do desbaste	5, 7 e 10	82,80
8. Desrama 100% até 4 m	2	378,00

Fonte: MARANGON, 2015.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisarmos o custo de produção da cana-de-açúcar das usinas do Nordeste, das quais se inclui as do Estado de Alagoas, tem-se um valor total de R\$ 5.861,00/ha na safra 2013/2014. Esse custo representa todas as etapas de produção que vão desde a formação do canavial até as depreciações da terra, maquinário, benfeitorias, mão-de-obra, irrigação e despesas administrativas.

Os custos para implantação e manutenção plantio de eucalipto por hectare, ressaltando a flutuação dos valores de acordo com sua localização e circunstância econômica, estes somaram R\$ 7.691,00, distribuídos ao longo de 14 anos de ocorrência da floresta, no estado do Rio Grande do Sul. Vale salientar ainda que a floresta no estado do Rio Grande do Sul foi conduzida para desbastes por isto até os 14 anos. A realidade atual de Alagoas não é condução para desbastes e sim corte raso aos 5 anos. Os custos mostram-se mais elevados no ano 0 (zero) de ocorrência, onde são efetuadas a limpeza da área (R\$ 105,00), a construção e manutenção de estradas e aceiros (R\$ 28,75), subsolagem com fosfatagem (trator de pneus) (R\$ 307,48), gradagem leve na linha (R\$ 49,20), o plantio das mudas (R\$ 748,00), distribuição de calcário (R\$ 90,75), pulverização com herbicida (R\$ 95,00), mão de obra de plantio (R\$ 600,00), adubação de plantio (R\$ 120,00), adubação de cobertura (R\$ 97,00), combate a formiga (R\$ 17,00), serviços de topografia (R\$ 80,00), distribuição de mudas (carreta agr. 4t.) (R\$ 100,00) e o replantio (R\$ 84,00), totalizando R\$ 2.522,20, esse valor representa 32,8% do custo ao longo dos 14 anos de ocorrência da floresta.

Ao longo dos outros 14 anos de ocorrência da floresta o custo aproximado foi de R\$ 4.500,00 em que as operações envolvidas são consideradas de manutenção foram efetuadas a capina e roçada (manual) no ano 1 (R\$ 220,00), capina e roçada (manual) no ano 1 (R\$ 100,00), controle de formiga do ano 1 ao ano 4 (R\$ 14,00), custo da terra 1-n (R\$ 150,00), custo de administração 1-n (R\$ 70,00), manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal do ano 1 ao 14 (R\$ 30,00), desbrota da cepa do desbaste nos anos 5, 7 e 10 (R\$ 82,80) e a desrama 100% , até 4 m, no ano 2 (R\$ 378,00). Esses serviços de manutenção da floresta representam 67,2% do total de implantação desse investimento.

Em razão das mudanças recentes na legislação estadual em Alagoas, principalmente, no que concerne ao uso das queimadas como método despalhador da cana-de-açúcar para pré-colheita, observa-se na Figura 18, um aumento significativo do uso de colhedoras, passando de 6 na safra de 2012/2 para 11 equipamentos na safra 2013/2014, revelando que a queima da cana está com os dias contados. Apesar do aumento médio de produtividade, o problema é o

investimento e a estrutura necessária a essa modalidade de mecanização e o custo de manutenção, além disso, essas máquinas operam apenas em regiões de topografia plana.

Quando observamos o custo total de locação deste maquinário (Quadro 10), o valor ultrapassa os R\$ 244 mil. O consumo total em litros de combustível foi de 969,290. Outro aspecto que precisa ser considerado é o consumo de combustível L/h por máquina que totalizou 38,33 e 37,39 nas safras 2012 e 2013/2014, respectivamente, gerando um lançamento de GEE's na atmosfera.

O custo para o plantio de um hectare de cana-de-açúcar é de R\$ 5.861,00 para os estados do Nordeste, dos quais se incluem Alagoas, Pernambuco e Paraíba (PEGECE, 2014). Para implantação e manutenção do plantio de eucalipto em uma área de um hectare o valor foi de R\$ 7.691,40, valor referente ao estado do Rio Grande do Sul (MARANGON, 2015).

Como dito anteriormente, o custo com cana-de-açúcar apresenta-se por safra enquanto que os valores apresentados para o eucalipto mostram-se para um ciclo de vida da floresta de 14 anos. Desta forma, apesar dos valores reais de investimento para a eucaliptocultura serem em média 24% maior que o da cana-de-açúcar, os custos estão diluídos no período de rotação da floresta plantada.

A crise enfrentada pelo setor sucroenergético de Alagoas fez reduzir a receita bruta entre as safras 2004/2005 e 2013/2014 conforme Quadro 11.

Quadro 11: Setor Sucroenergético de Alagoas: Evolução da Receita Bruta Estimada (Julho/2014)

Safras	Cana Moída (Mil/t)	Faturamento Bruto Estimado – (R\$ Mil)		Faturamento Médio em R\$/t Cana		Taxa de Câmbio Média (R\$/US\$)
		Valor Corrente	Valor Corrigido	Valor Corrente	Valor Corrigido	
		2004/05	26.148	2.068.396	3.294,614	
2005/06	22.532	2.106,195	3.230690	93,48	143,38	2,2600
2006/07	24.686	2.224,083	3.274,720	90,09	132,65	2,1000
2007/08	29.837	2.065,221	2.864,216	69,22	96,00	1,7230
2008/09	24.270	2.529,918	3.361,979	104,24	138,52	1,7786
2009/10	27.309	2.511,131	3.193,749	91,95	116,95	2,1484
2010/11	28.958	4.544,689	5.390,619	156,94	186,15	1,6475
2011/12	27.205	4.221,850	4.758,320	152,39	171,75	1,8630
2012/13	23.798	3.470,350	3.686,785	145,83	154,92	2,0811
2013/14	21.975	2.560,622	2.560,22	116,52	116,52	2,2885

Fonte: BEAL, 2014

1 - Valores corrigidos pelo IPCA/IBGE para Julho/2014

Cabe salientar, que a taxa de câmbio no período oscilou bastante. Durante o período exposto na figura, o valor da moeda americana passou de R\$ 2,7200 (2004/05), caindo para 1,6475 (2010/11), e voltando a se valorizar em 2013/2014 com R\$ 2,2885, que faz com que os preços dos insumos para a produção dos produtos e subprodutos da cana-de-açúcar também acompanhem o mesmo comportamento do mercado financeiro.

Em relação à avaliação dos custos com a implantação do eucalipto em outras regiões do país levando em consideração o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), percebeu-se no trabalho de Rodigheri (2001) que todas as cinco alternativas de produção analisadas são economicamente viáveis para os produtores rurais da região estudada. No entanto, ressalta-se a rentabilidade do eucalipto solteiro em comparação aos outros tipos de manejo. Os valores apresentados foram de VPL (R\$/ha) 9.797,11 e de TIR de 27,23.

SILVA e FONTES (2005) também afirmam que o VPL descontado para um horizonte de sete anos indica que o investimento é economicamente viável, com valores de US\$ 506,66/ha ou R\$ 1.163,14/ha – cotação do dólar em 15 de dezembro de 2005 (R\$ 2,2957).

No trabalho de REZENDE et al (2006) para a análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais há uma constatação de que para nenhuma possibilidade levantada a venda de madeira em pé apresentou um retorno negativo. A pior TIR observada foi de 16% e a maior de 30%. O VPL variou de R\$ 848,52/ha a R\$ 3.350,58/ha, considerando diversos níveis de produtividade e preço de compra.

Os valores encontrados por MOTTA et al (2010) em um estudo no município de Queluz, no leste do estado de São Paulo, na microrregião de Guaratinguetá, com taxa de 12%/a.a. de juros indicou uma TIR de 11,83%/a.a. e um VPL de R\$ 18.579,52/ha. No segundo caso, a uma taxa de juros de 18%/a.a. uma TIR de 6,14%/a.a. e um VPL de R\$ 8076,00/ha.

BENDLIN et al (2014) afirma que tanto os plantios de eucalipto destinados à produção energética, bem como para indústria da madeira em toras constituem-se numa atividade rentável. A média para o VPL foi de R\$ 3.375,00 para *Eucalyptus benthammi*, para a produção de lenha para o ciclo de 7 anos de 420 m³/st/ha, com um valor mínimo de R\$ 712,00 e máximo de R\$ 6.166,00, enquanto que, para *Eucalyptus dunni*, para a produção de toras para um ciclo de 14 anos de 700 m³/st/ha é de R\$ 20.194,00, com um valor mínimo de R\$ 1.432,00 e máximo de R\$ 26.390,00. A média para a TIR é de 15,13%/a.a. para *Eucalyptus benthammi*, com um valor mínimo de 8,31% e máximo de 20,44%/a.a., enquanto que para *Eucalyptus dunni* - toras 700 m³/st/há é de 19,89%/a.a., com um valor mínimo foi de 17,49%/a.a. e máximo de 21,92%/a.a.

Para MARANGON (2015) a análise do VPL mostrou viabilidade econômica em todos os regimes de manejo simulados, mesmo com as consequências monetárias sendo medidas em pontos diferentes do tempo. O maior VPL encontrado para a mesma taxa de juros 5,65% a.a., ocorreu no regime 4 com três desbastes aos 52,8; 85,4; 121,8 e corte raso aos 158,9 meses com VPL de R\$ 12.372,35/ha. Para a TIR o regime de manejo que apresentou maior valor, ou seja, tornou-se mais atrativo foi de 25,31 %/a.a. Os outros regimes tiveram variação entre 6,48%/a.a. e 24,01%/a.a.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As florestas plantadas de eucalipto constituem-se em uma excelente alternativa para fins energéticos devido a seus altos índices de produtividade e características energéticas, como a densidade da madeira e poder calorífico. Além disso, o eucalipto é um vegetal que proporciona seu uso para mais diversos fins, atendendo a vários setores industriais, tais como, a indústria de papel e celulose, construção civil, móveis, etc.

No Brasil, grande parte das florestas plantadas de eucalipto se concentram nas regiões Sudeste e Sul e atendem a demanda das indústrias de papel e celulose como também à produção de carvão vegetal para as indústrias siderúrgicas e metalúrgicas, principalmente, na substituição de combustíveis fósseis como o óleo diesel, derivado do petróleo e que como já se sabe, é considerado um dos maiores contribuidores na emissão de GEE.

Em face das mudanças ocorridas nos últimos anos no setor sucroalcooleiro, em especial, às legislações que obrigam os produtores a reduzir gradativamente as queimadas como método despalhador e facilitador da colheita de cana-de-açúcar e a necessidade de adaptação aos novos índices de produtividade com substituição de mão-de-obra pela mecanização, algumas áreas antes ocupadas pelo plantio de cana ficarão ociosas, em virtude das limitações que as máquinas possuem para terrenos com declividade acima de 12%, gerando perdas econômicas significativas para tais regiões que dependiam exclusivamente dessa cultura.

Essa situação pode levar a duas constatações em Alagoas: em algumas regiões já há escassez de mão-de-obra e em outras um excedente, geralmente composta por trabalhadores analfabetos. Os antigos cortadores de cana migram para as cidades. A mão-de-obra mais qualificada e em condição de ser capacitada, migra para outros postos de trabalhos que estão sendo gerados pela própria colheita mecanizada (operadores de máquinas, tombador, bombeiros, mecânicos etc.) e outra parte para as indústrias que estão se instalando no estado.

O surgimento de uma nova cadeia produtiva é uma necessidade iminente, visto que o setor sucroalcooleiro já enfrenta sérios problemas financeiros, inclusive, com o fechamento de algumas unidades, além disso, o estado de Alagoas apresenta um atraso socioeconômico histórico, resultado em parte da ausência de outras atividades que dinamizem os mais diversos setores da economia.

A cadeia produtiva da eucaliptocultura compreende uma série de etapas que vai desde a construção de viveiros permanentes ou temporários, a venda e transporte da madeira, a associação floresta-cultura-gado, com a atividade agrossilvipastoril, que permite aumentos

nos ganhos de produtividade agrícola e animal para o produtor, o alívio da pressão sobre as florestas nativas no que diz respeito ao desmatamento para o fornecimento de madeira para as atividades industriais e ao estímulo para pesquisas científicas com o intuito de aprimorar o desenvolvimento da produção de bioetanol de primeira e segunda geração a partir da casca do eucalipto, que no caso da segunda geração, ainda apresenta resultados incipientes.

Como o eucalipto tem capacidade para produzir inúmeros produtos finais além da energia (predominantemente móveis e construção civil), a eucaliptocultura implantada em Alagoas pode fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para diversificar a cadeia de produção e inserir o fornecedor de cana e pequenos produtores no processo produtivo. Algumas usinas e novas empresas estão investindo também em autoprodução de energia e avançam no consumo próprio escapando dos altos custos da tarifa (preços da energia elétrica) reduzindo custos de produção. Elas investem em termelétricas e ampliam o leque de possibilidades também para o fornecimento de eletricidade (energia renovável). Esse conjunto de novas modalidades de investimentos proporciona a geração de emprego e renda e contribui para a superação do atraso histórico decorrente de modos tradicionais de produção causadores de grande desigualdade social, para tal, essa nova composição de interação contando com a participação da iniciativa privada é imprescindível.

Diante desse quadro de vantagens competitivas do eucalipto podemos afirmar que a implantação de florestas plantadas para fins energéticos se constitui numa alternativa viável tanto do ponto de vista econômico quanto socioambiental para o estado de Alagoas, visto que os investimentos financeiros no setor serão impulsionados em razão da demanda da indústria de MDF, em consequência das remodelações do campo às legislações vigentes e a necessidade de criação de uma nova cadeia produtiva que leve o estado de Alagoas a abandonar ou ainda, em menor projeção, de se distanciar da incômoda situação de atraso socioeconômico enraizado e latente nos espaços geográficos caracterizados pela reprodução de sistemas socioeconômicos e ambientais insustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 Ano base 2012 / ABRAF. Brasília: 2013.

ALAGOAS. Anuário Estatístico do Estado de Alagoas - 2013. Maceió-AL, 2014.

Alagoas já está entre os 10 maiores produtores de energia de biomassa do país. Tnh1. Alagoas, Setembro de 2015.

<http://agenda.tnh1.com.br/negocios/economia/4291/2015/09/09/alagoas-ja-esta-entre-os-10-maiores-produtores-de-energia-de-biomassa-do-pais-veja-ranking>, acessado em 13 de janeiro de 2016.

ALMEIDA, Auro Campi de; SOARES, João Vianei. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. In: R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.159-170, 2003.

BARROS, Alexandre Hugo Cezar et al. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 211. Embrapa, Dezembro - 2012.

BEAL. Balanço Energético de Alagoas/2013. LUCENA FILHO, José Mateus de (coord.). Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. Imprensa Oficial Graciliano Ramos, Maceió-AL, 2014.

BENDLIN, Luciano et al. Custos de produção, expectativas de retorno e riscos associados ao plantio de eucalipto na região do Planalto Norte – Catarinense/ Brasil. In: XXI Congresso Brasileiro de Custos – Natal, RN, Brasil, 17 a 19 de novembro de 2014.

BRASIL. Banco Central do Brasil: Dólar Americano, cotação do dia. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/batch/taxas.asp?id=txdolar>, acessado em 04 de janeiro de 2016.

BRASIL. Banco Central do Brasil: Consulta à Taxa Selic diária. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdia.asp>, acessado em 04 de janeiro de 2016.

BRASIL, LEI nº 11.241, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. São Paulo, 2002.

BRASIL. Lei n. 3.529, de 2012. Estabelece incentivo à produção de energia a partir da biomassa; institui a política nacional de cogeração de energia elétrica a partir da biomassa; estabelece a obrigatoriedade de contratação dessa energia; altera as Leis nºs 10.312, de 27 de novembro de 2001, 11.488, de 15 de junho de 2007; e dá outras providências. COMISSÃO DE MINAS E ENEGIA. Congresso Nacional. Brasília, 2012.

BRAGATTO, Juliano. Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus spp.* para produção de bioetanol. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP. Piracicaba, 2010.

- CALLE, Frank Rosillo (Org.), BAJAY, Sergio V. (Org.), ROTHMAN, Harry (Org.). Uso da Biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Campinas, SP. Editora da UNICAMP, 2008.
- CASTRO, Rainfran Abidimar de; CASTRO, Edna Maria Ramos de. As Monoculturas e a Sustentabilidade: Análises de Três Regiões do Brasil. *Sustentabilidade em Debate - Brasília*, v. 6, n. 2, p. 228-248, mai/ago 2015.
- CHAUL, Thiago Name; TIBIRIÇÁ, Luciana Gonçalves. Viabilidade Econômica de Florestas de Eucalipto no Estado de Goiás. Goiânia/GO, 2006.
- CONCEIÇÃO, Ana. Mercado eleva projeção de Juros e inflação em 2016. *Valor Econômico*, dezembro-2105.
- CORTEZ, Luiz Augusto Barbosa (Org.), LORA, Electo Eduardo Silva (Org.), GÓMEZ, Edgardo Olivares (Org.). Biomassa para energia. Campinas, SP. Editora da UNICAMP, 2008.
- COUTO, Laércio; MÜLLER, Marcelo Dias. Florestas Energéticas no Brasil. (Org.), CORTEZ, Luís Augusto Barbosa et al. Biomassa para energia. Campinas, SP. Editora da UNICAMP, 2008.
- DUBEUX-TORRES et al. Balanço Energético do Estado de Alagoas. BEAL 2015. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Alagoas. Disponível em: www.sedetur.gov.al
- DUBEUX-TORRES V.L (Org). Seminário Internacional Energias Renováveis e Transição Energética, Edufal, ISBN 978-85-7177-86304, 258 p, 2014. Disponível em: www.renovenergia.2100.org.
- DURATEX. Duratex e Caeté se unem e anunciam investimento de R\$72 milhões no Estado de Alagoas. *Valor Mercado*. Alagoas. Dezembro-2014. Disponível em: <http://valormercado.com.br/destaque/2014/12/duratex-e-caete-se-unem-e-anunciam-investimentos-de-r-72-milhoes-no-estado-de-alagoas/>), acessado em 21 de janeiro de 2016.
- EPE. Biomassa totaliza 12.417 MW de de potência instalada. *Ambiente Energia*. Junho – 2014. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/06/biomassa-totaliza-12-417-mw-de-de-potencia-instalada/26413>, acessado em 16/12/2015.
- FARIAS, Leonel Marques; SELLITO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.
- FILHO et al. EUCALIPTO: RENTABILIDADE DA PRODUÇÃO NO BRASIL In: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/41046/39808>, acessado em 05 de Janeiro de 2016.
- FILHO, Altino Ventura. O Brasil no contexto energético mundial. NAIPE/USP, 2009.
- FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-florestas-plantadas03.pdf>.

GATTO, Alcides et al. ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO E NA BIOMASSA EM PLANTACÕES DE EUCALIPTO. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Agosto, 2010.

GOMES, Luiz Otávio. Eucalipto Final. Logestrategia. Maceió-AL. 2014. Disponível em: http://www.logestrategia.com.br/cms/assets/uploads/_PUBLICACOES/_PDF/f405e06001c8252b3108fbe5773d33d5_EUCALIPTO%20FINAL.pdf, acessado em 21 de janeiro de 2016.

HALL, David O.; HOUSE, Jo I. e SCRASE, Ivan. Visão Geral de Energia da Biomassa In: CALLE, Frank Rosillo; BAJAY, Sérgio V. e ROTHMAN, Harry. Uso da Biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Campinas/SP: Editora da Unicamp, 2008.

IBGE. Produção da extração vegetal e silvicultura. Volume 29. Rio de Janeiro, 2014.

IEA. *World Energy Outlook (WEO-2015)*: Os preços baixos devem dar nenhum motivo pra complacência sobre segurança energética. IEA Londres, 2015.

JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves et al. Sequestro de carbono em povoamentos florestais de eucalipto e a geração de créditos de carbono. In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.29, n.242, p., jan./fev. 2008.

KUDLAVICZ, Mieceslau. Os impactos do monocultivo de eucalipto na microrregião de Três Lagoas/MS. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS – nº 14 – Ano 8, Novembro 2011.

LAGOS, Adriano Rodrigues; MULLER, Beatriz de Lima Alessio. Universidade do Grande Rio. Hotspot brasileiro: Mata Atlântica. Saúde & Ambiente em Revista, Duque de Caxias/RJ. v.2, n.2, p. 35-45, jul-dez 2007.

MARANGON, Gabriel Paes. Otimização bioeconômica do regime de manejo para *Eucalyptus grandis* W. Hill no Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS, Brasil 2015.

MILANEZ, Artur Yabe e NYKO, Diego. O futuro do setor sucroenergético e o papel do BNDES. In: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro60anos_perspectivas_setoriais/Setorial60anos_VOL2Biocombustiveis.pdf, acessado em 09 de março de 2016.

MORA, Admir Lopes e GARCIA, Carlos Henrique. A cultura do eucalipto no Brasil. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo/SP, 2000.

MOTA, Ricardo. Duratex confirma construção de unidade em Alagoas em 2017. TNH1. Alagoas. Abril-2016, periodicidade semanal.

MOTTA, Denilson; DINIZ, Edilson do Nascimento; FERNANDES, Wanderson da. Rentabilidade na plantação de eucalipto. In: Seminário de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010, Resende. VII SEGET, 2010.

MÜLLER, Marcelo Dias. Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG. Viçosa/MG, 2005.

OLIVEIRA, Tadário Kamel de et al. Desempenho Silvicultural e Produtivo de Eucalipto sob diferentes Arranjos Espaciais em Sistema Agrossilvipastoril. In: Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n.60, p. 01-09, dez. 2009. Edição Especial
<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewArticle/40>.

PEREIRA, José Carlos Duarte et al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo/PR. Embrapa, 2000.

RAPASSI, Rosalina Maria Alves et al. Cultura do eucalipto na região de Suzanápolis, estado de São Paulo: análise econômica. Informações Econômicas, SP, v.38, n.4, abr. 2008.

REZENDE, José Luiz Pereira et al. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais. Cerne, Lavras, v. 12, n. 3, p. 221-231, jul./set. 2006

RODIGHERI, Honorino Roque; PINTO, Amauri Ferreira; DHLSON, Julio Cesar. Custo de Produção, Produtividade e Renda do Eucalipto Conduzido para uso Múltiplo no Norte Pioneiro do Estado do Paraná. Colombo/PR. Outubro, 2001.

_____, Honorino Roque. EMBRAPA FLORESTAS. Indicadores de custos (R\$/ha), produtividade (m³/ha), valor da produção (R\$/ha) do eucalipto em propriedades familiares, 2004.

RUY, Osmar Francisco; FERREIRA, Mário; TOMAZELLO FILHO, Mário. Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. *Scientia Forestalis*, nº 60, 2001, pp. 21-27.

SILVA, José Antônio Aleixo da. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe – Pernambuco, Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 5 e 6, p.301-319, 2008-2009.

SILVA, Kátia Regina et al. Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado. Acessado em 01/03/2016, <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n3/21602.pdf>

SILVA, Márcio Lopes da; FONTES, Alessandro Albino. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.931-936, 2005.

SOARES, Thelma Shirlen et al. Uso da biomassa florestal na geração de energia. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Ano IV, Número, 08, Agosto de 2006.

SOS, Mata Atlântica. Florestas. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/nossa-cao/a-mata-atlantica/>, acessado em 21 de janeiro de 2016.

TAVARES. E.D. Recursos produtivos e potencialidade agroindustrial dos tabuleiros costeiros sergipanos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2000. 46p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 14).

UFAL. Pesquisa da Ufal aponta cultura de Eucaliptos favorável para semiárido. Alagoas 24horas. Alagoas. Abril – 2013. Disponível em:

<http://www.alagoas24horas.com.br/463247/pesquisa-da-ufal-aponta-cultura-de-eucaliptos-favoravel-para-semiarido/>, acessado em 10 de fevereiro de 2016.

UFAL. Pesquisa da Ufal aponta cultura de Eucaliptos favorável para semiárido. Alagoas 24horas. Alagoas. Abril-2013. Disponível em:
<http://www.alagoas24horas.com.br/463247/pesquisa-da-ufal-aponta-cultura-de-eucaliptos-favoravel-para-semiarido/>, acessado em 10 de fevereiro de 2016.

VALVERDE, Sebastião Renato. ESCLARECIMENTOS SOBRE AS PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO NO BRASIL, Disponível em:
<http://www.madeiratotal.com.br/noticia.php?id=6298>, acessado em 07 de Janeiro de 2016.

VIDAL, André Carvalho Foster; HORA, André Barros da. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. BNDES Setorial 33, p.261-314, 2011.

WALTER, Arnaldo & LEAL, Manoel Regis Lima Verde. Parte 2 Sustentabilidade da Produção e do consumo de biocombustíveis. In: CORTEZ, Luiz, Augusto Barbosa (org.). Bioetanol de Cana-de-Açúcar P&D para Produtividade e Sustentabilidade. Editora Blucher, FAPESP, SÃO PAULO, 2010.

WILCKEN, Carlos Frederico et al. Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto. UNESP, FEPAF. Botucatu/SP, 2008.

XXI Congresso Brasileiro de Custos – Natal, RN, Brasil, 17 a 19 de novembro de 2014. Custos de produção, expectativas de retorno e riscos associados ao plantio de eucalipto na região do Planalto Norte – Catarinense/ Brasil.

ZANETTI, Ronald. Manejo integrado de formigas cortadeiras. Notas de aula de ENT 115 – Manejo integrado de pragas florestais.