

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

BIOMASSA FLORESTAL: ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA
NO ESTADO DE PERNAMBUCO

RECIFE
2017

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

BIOMASSA FLORESTAL: ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA
NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciência Florestal- UFRPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Leite Braz

RECIFE
2017

JENIFFER MICHELE PEZZOTI

BIOMASSA FLORESTAL: ALTERNATIVAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA
NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Aprovado em: 25 de agosto de 2017

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Leite Braz
(Departamento de Ciência Florestal- UFRPE)

Me. José Wesley Lima Silva
(Mestre em Biometria e Estatística Aplicada)

Engenheiro Florestal Thiago Cardoso da Silva
(Engenheiro Florestal-Mestrando em Ciências Florestais- DCFL-UFRPE)

RECIFE-PE
Agosto/ 2017

AGRADECIMENTOS

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

A meu orientador Prof. Dr. Rafael Leite Braz, pelas orientações valiosas desse trabalho.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais por seus ensinamentos e experiências e a Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RESUMO

A madeira sempre fez parte da matriz energética ao longo da evolução da história. Usada dos primórdios até os dias atuais, porém com o avanço tecnológico, outras fontes de energia foram aparecendo e a lenha foi sendo substituída por outros materiais, geralmente extraídos de combustíveis fósseis com maior poder calorífico. Atualmente com a crise no abastecimento de energia e a busca por outras matrizes energéticas menos poluentes e mais sustentáveis, novos olhares surgiram para a lenha, biomassa e outras fontes de energia. A biomassa florestal, por ter uma reposição mais rápida pela natureza do que os combustíveis a base de petróleo e derivados, apresenta grande potencial para suprir parte da demanda energética, principalmente em região onde o abastecimento de energia é precário, sua reposição pela natureza é rápida, sendo uma alternativa sustentável e reduzindo a emissão dos gases do efeito estufa, grande preocupação nos dias atuais. O Brasil tem grande potencial no desenvolvimento da bioenergia, levando em conta suas condições edafoclimáticas, grande extensão territorial, rápido crescimento de plantios florestais, biodiversidade e o crescente número dos planos de manejo. Com objetivo de analisar as perspectivas ambientais na geração e cogeração de energia usando a biomassa floresta através de estudos e dados pesquisados, confirma-se que é uma alternativa viável para obtenção de uma matriz energética de fonte limpa e sustentável, que associada a outras fontes de energia podem contribuir consideravelmente para a diminuição do uso de combustíveis fósseis, visando o desenvolvimento social, econômico e ambiental.

Palavras chaves: Matriz Energética; Sustentável; Biodiversidade; Semiárido.

ABSTRACT

Wood has always been part of the energy matrix throughout the evolution of history, utilized from the earliest days to these days. With the technological advance, other sources of energy were created and the wood was replaced by other materials, usually extracted from fossil fuels with greater calorific value. Nowadays, with the crisis in energy supply and the search for other less pollutant and more sustainable energy matrices, new researches for firewood, biomass and other sources are emerging. Forest biomass is a good alternative to supply part of the energy demand, sustainable, fast replenishment by nature, and still reduces the emission of greenhouse gases, which cause concern today. Brazil has potential in the development of bioenergy, taking into account its edaphoclimatic conditions, large territorial extension, rapid growth of forest plantations, biodiversity and the growing number of management plans. With the objective of analyzing the environmental perspectives in the generation and cogeneration of energy using forest biomass through studies and data, it is confirmed that it is a viable alternative to obtain a clean and sustainable source energy matrix, which is associated to other sources of energy. Can contribute significantly to reducing the use of fossil fuels, aiming at social, economic and environmental development.

Keywords: Energy matrix; Sustainable; Biodiversity; Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Brasileira (2015).....	14
Figura 2 - Diferentes fontes de energia usadas nas lavanderias em Toritama e no Pólo Gesseiro em Araripina.....	18
Figura 3- Produtos de extração vegetal: madeira e carvão vegetal (tonelada).....	19
Figura 4-Cadeia de produtos Florestais.....	23
Figura 5 - Resíduos de madeira encontrados e gerados na zona urbana.....	31
Figura 6–Principais processamentos tecnológicos de conversão energética da biomassa.....	34
Figura 7-Manejo Florestal na Caatinga.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais fontes de energias renováveis e não renováveis utilizadas nos anos 2014 e 2015, e seu consumo em TEP (Tonelada equivalente ao petróleo).....	15
Tabela 2 - Rendimento energético da conversão da biomassa.....	34

LISTA DE SIGLAS

AIE- Agência Internacional De Energia

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

ATECEL- Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira

BEN- Balanço Energético Nacional

CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CNP- Conselho Nacional do Petróleo

GEE- Gases do Efeito Estufa

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAMTEC- Laboratório de Ambiente Marinho e Tecnologia

MMA- Ministério do Meio Ambiente

PCI- Poder Calorífico Inferior

PCS- Poder Calorífico Superior

PMVA- Produto de Maior Valor Agregado

PNMC- Política Nacional de Mudanças do Clima

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PROINFA- Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SIN- Sistema Interligado Nacional

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVO.....	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	13
1.1.2. Objetivos Específicos.....	13
2. METODOLOGIA.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. Matriz Energética Brasileira.....	15
3.2. Cenário energético no Estado de Pernambuco.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES - BIOMASSA FLORESTAL E SUAS FINALIDADES.....	22
4.1. Biomassa Primária e Secundária.....	24
4.2. Florestas Energéticas.....	24
4.3. Qualidade da Biomassa Florestal.....	27
4.3.1. Umidade.....	28
4.3.2. Poder Calorífico.....	28
4.3.3. Densidade.....	29
4.3.4. Granulometria.....	30
4.3.5. Teor de Cinzas.....	30
4.4. Resíduos Florestais.....	30
4.5. Energia gerada pela biomassa florestal.....	34
4.5.1. Combustão.....	36
4.5.2. Carbonização.....	37
4.5.3. Gaseificação.....	37
4.5.4. Hidrólise.....	38
4.5.5. Fermentação.....	38

4.5.6.	Energia Elétrica e Térmica	38
4.6.	Geração de energia limpa	40
4.7.	Desenvolvimento e Oportunidades no Estado de Pernambuco	41
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
5.1.	Considerações da biomassa no estado de Pernambuco	44
	REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a demanda de energia mundial é grande; a evolução tecnológica, o número crescente de equipamentos e máquinas aliado ao poder de consumo faz com que a necessidade de geração de energia aumente; os combustíveis fósseis estão cada vez mais escassos; e a necessidade de novas fontes de energias tende a crescer a cada dia. O Brasil tem como principal matriz energética as hidroelétricas, porém, nem todas as regiões conseguem alcançar os índices desejados de fornecimento de energia e a busca para diversificar a matriz energética utilizando os recursos disponíveis de cada região, está em ascensão.

O potencial de geração de energia renovável nos países tem aumentado, destacando a energia solar, eólica e biomassa.

A floresta sempre acompanhou a evolução dos povos. De forma direta ou indireta, a madeira tem estado presente em diferentes setores, em construções, movelaria, utensílios variados, fabricação de papel. E seus derivados na geração de energia. Inicialmente era usada como fonte de calor, no preparo dos alimentos e luminosidade, portanto teve papel fundamental para o desenvolvimento humano (BRITO, 2007). A mesma sempre esteve presente como fonte de energia na história da civilização, inicialmente na forma de lenha ou carvão e, a partir de meados do século XX, outras formas de utilização da biomassa ganharam ênfase sendo usada na combustão em fornos e caldeiras (CARDOSO, 2012).

A princípio a geração de energia através da biomassa florestal estava predestinada a lugares com pouca ou nenhuma tecnologia, sendo vista de maneira ultrapassada por fazer uso das florestas nativas, ocasionando o desmatamento e produzindo baixa eficiência energética, porém, a procura por matrizes energéticas menos poluentes associada a novas alternativas florestais, gerou novos olhares e ascende a cada dia.

Atualmente a energia mundial é extraída de combustíveis fósseis, com destaque para o petróleo utilizado principalmente nos países desenvolvidos, porém como esta é uma fonte finita e poluidora, alternativas ecológicas e limpas estão cada vez mais sendo pesquisadas e incentivadas por muitos países e instituições, pois estes assumiram um compromisso de minimizar os gases do efeito estufa (GEE), um dos principais responsáveis pelas alterações climáticas, consolidado na Convenção das Alterações Climáticas e nos acordos do Protocolo de Quioto em 1997.

Com o crescimento industrial e econômico, a produção em grande escala de equipamentos eletrônicos e o aumento do uso da eletricidade, a demanda de energia é alta e

crecente, e ao contrário do que se pensava no século passado, que a energia seria um bem barato, distribuído a todos, esse recurso está se tornando mais escasso e com isso tendo um valor de custo demasiadamente elevado, se fazendo urgente a busca por fontes limpas e alternativas inovadoras para suprir a demanda energética atual e futura.

Segundo Brito (2007), a condução da matriz energética baseada nos combustíveis fósseis não renováveis, sendo negativo do ponto de vista ambiental, tem levado muitos países considerados desenvolvidos a avaliar a necessidade de aproveitamento de fontes alternativas e renováveis, entre elas a biomassa florestal.

A utilização da biomassa florestal para geração de energia elétrica e térmica necessita de um alto investimento inicial (BRAND, 2010), e a oferta de outras fontes no país, como as hidroelétricas e termoelétricas, faz essa alternativa caminhar em ritmo moderado.

A matriz energética brasileira sempre utilizou a biomassa florestal para suprir parte das demandas, tendo como principal uso o carvão vegetal e a lenha. O uso dessas fontes contribui positivamente, uma vez que é uma fonte limpa e renovável, permitindo assim a diminuição do consumo de combustíveis fósseis (MIRANDA, 2015).

Essa intensificação por fontes renováveis de energia se dá também pela capacidade de reposição natural, enquanto as fontes não renováveis poderão, com o uso intensivo, sofrer esgotamento (REGUEIRA, 2010).

Em todos os setores de produção em que a madeira é utilizada, há em sua grande maioria o acúmulo de resíduos. Empresas de grande porte como as de celulose e papel e de chapas e painéis de madeira usam esse resíduo na geração de energia para a própria empresa, porém as que descartam de maneira inadequada esses resíduos acabam trazendo impactos ambientais e desperdiçando a oportunidade de gerar energia.

Assim, este trabalho demonstra como a biomassa florestal pode contribuir para geração ou cogeração de energia de forma limpa e renovável, utilizando fontes diversificadas oriundas de florestas energéticas, do manejo de florestas nativas, do aproveitamento dos resíduos produzidos, levando em consideração seus pontos positivos e negativos.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar as perspectivas ambientais na geração e cogeração de energia de biomassa florestal.

1.1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analisar a biomassa florestal como alternativa de energia limpa de fontes renováveis;
- ✓ Avaliar o desenvolvimento social e econômico associado à geração de energia;
- ✓ Compreender o processo e mecanismo da geração de energia da biomassa florestal;
- ✓ Estudo da matriz energética em escala estadual.

2. METODOLOGIA

A elaboração desse trabalho de conclusão de curso foi realizada através de uma revisão bibliográfica da literatura sobre o tema: biomassa florestal como fonte de energia, visto que esta revisão possibilita resumir as pesquisas já concluídas e obter uma conclusão a partir de um tema de grande interesse na atualidade.

A pesquisa bibliográfica procura explicar e discutir um tema com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos, artigos, teses e dissertações. Buscando conhecer e analisar conteúdos científicos sobre o tema.

Nesse contexto foi feita uma revisão de literatura, analisando as perspectivas ambientais, seus aspectos econômicos e sociais da energia gerada no Brasil e no estado de Pernambuco.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Matriz Energética Brasileira

A geração de energia é inerente ao desenvolvimento de cada região ou país e quanto maior for o desenvolvimento humano e tecnológico, tende a influenciar na alta demanda de energia utilizada. As fontes de energia são variadas, e geralmente estão diretamente associadas às condições edafoclimáticas de cada região, as reservas primárias de petróleo e carvão e ao nível de aproveitamento desses e outros recursos, além de fazerem ligação direta com diferentes áreas do conhecimento e desenvolvimento, no contexto econômico e social.

Atualmente no Brasil as principais fontes de energia são as hidroelétricas pela grande quantidade de rios existentes no território nacional, seguida do petróleo utilizado principalmente em termoeletricas e motores diversos, carvão mineral e bicomustível. Outras fontes de energia como nuclear, gás natural, energia solar, eólica, biomassa e biogás estão sendo usadas em menor escala, entretanto com a convenção de gerar energias de fontes sustentáveis, essa escala tende a ser crescente.

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002), a eletricidade está diretamente ligada ao bem estar social e crescimento econômico, pois mesmo não sendo um bom indicador do grau de desenvolvimento de uma região ou país, as atividades socioeconômicas de maneira geral são dependentes desse recurso.

No Brasil, o consumo se mantém crescente ao longo dos anos conforme apresentado pelo Balanço Energético Nacional, porém em 2015 houve uma redução de oferta total de energia disponibilizada no país de 2,1% (BEN, 2015/2016). Entre os fatores que ocasionaram essa queda estão o comportamento da oferta interna de petróleo e derivados e as condições hidrológicas desfavoráveis. Contudo, mesmo com redução desses recursos, as fontes renováveis na matriz elétrica tiveram um aumento de 0,9%, em decorrência da queda de geração térmica a base de derivados do petróleo e ao crescimento da geração a base de biomassa e energia eólica (BEN, 2015/2016).

A Figura 1 mostra a dinâmica da matriz energética nacional, segundo BEN (2015/2016).

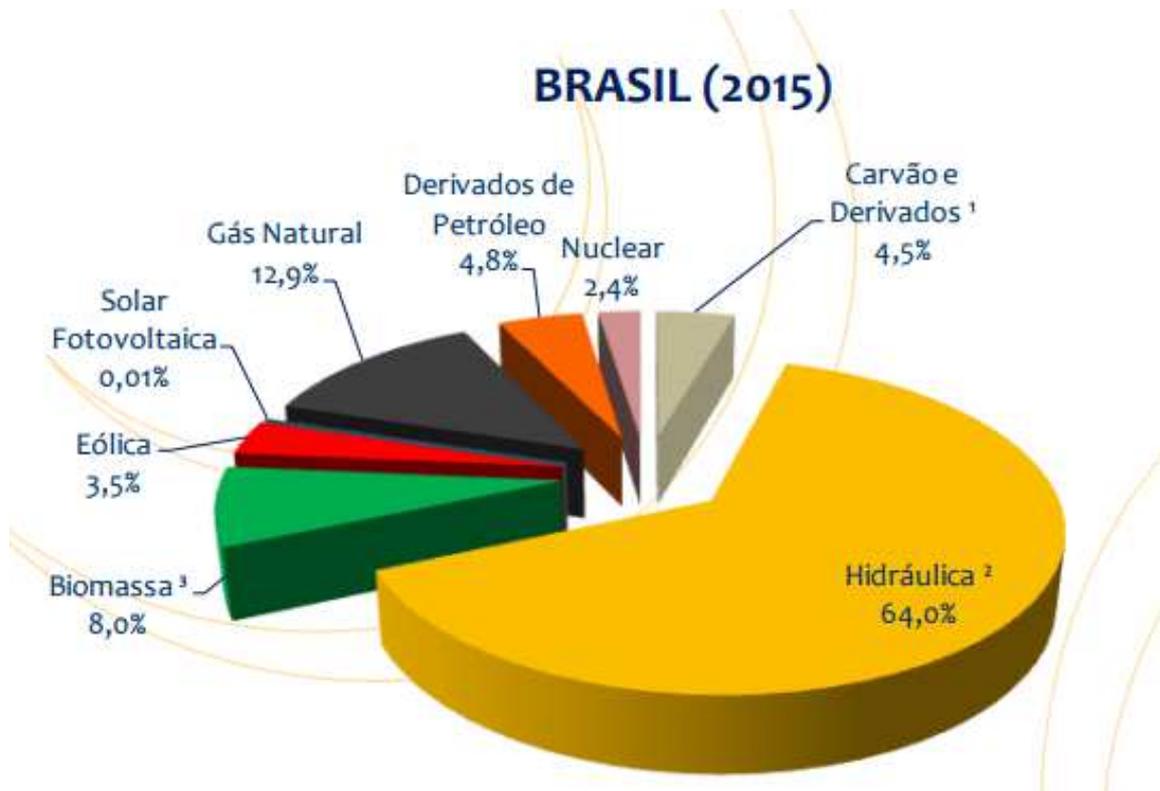


Figura 1: Matriz Energética Brasileira (2015)
Fonte: BEN, (2015/2016)

A energia gerada pelas hidroelétricas é a produzida em maior quantidade no Brasil, porém a crise hídrica fez com que outras matrizes energéticas começassem a se sobressair no mercado. O gráfico acima mostra a dinâmica do uso de energias renováveis tendo como destaque a de biomassa, eólica, carvão e derivados.

Entre os maiores consumidores de energia no Brasil estão a produção industrial, transportes de carga e mobilidades de pessoas que consomem 65% da energia gerada no país, seguidos pelas residências, setor energético, agropecuária e serviços. (BEN, 2015/2016).

Observa-se na Tabela 1 uma desaceleração na oferta interna de energia de fontes não renováveis no ano de 2015, isso ocorreu devido à crise econômica e as reduções de fontes primárias, porém houve um aumento na demanda de energia de fontes renováveis como biomassa de cana, licor negro e outras fontes.

Tabela 1- Principais fontes de energias renováveis e não renováveis utilizadas nos anos de 2014 e 2015, e seu consumo em TEP (tonelada equivalente ao petróleo).

FONTE (Tep)	2014	2015
RENOVÁVEIS	120,5	123,2
Energia Hidráulica	35,0	33,9
Biomassa de cana	48,2	50,6
Lenha e carvão vegetal	24,9	24,5
Licor negro e outras renováveis	12,4	14,2
NÃO RENOVÁVEIS	185,1	176,0
Petróleo e seus derivados	120,3	111,6
Gás natural	41,4	41,0
Carvão mineral	17,5	17,7
Urânio	4,0	3,9
Outras não renováveis	1,8	1,8

Fonte: Adaptação de Balanço Energético Nacional (2015/2016).

O incremento de energias de fontes menos poluidoras é a grande premissa para o futuro. A diversificação da matriz energética pode contribuir para o abastecimento em regiões de difícil acesso, levando em conta o cenário local e trazendo desenvolvimento ambiental, social e econômico, além de amenizar o efeito poluidor dos gases e aperfeiçoar o uso dos recursos naturais.

3.2. Cenário energético no Estado de Pernambuco

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

A principal fonte de energia utilizada é proveniente das hidroelétricas. O estado é abastecido pela usina de Paulo Afonso (BA), e faz uso dos derivados do petróleo, gás natural e da lenha, que sempre fez parte da matriz energética do estado, acompanhando seu crescimento econômico e social.

Com a crise do petróleo em 1974, o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), incentivou a redução do uso de óleo BPF e diesel, fazendo a substituição do petróleo e seus derivados por produtos nacionais. Este incentivo aliado ao crescimento da urbanização aumentou o consumo de lenha e carvão. (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010)

No Estado de Pernambuco a lenha é usada em diversas atividades, desde o consumo em residências até o abastecimento de empresas, como é o caso do Pólo Gesseiro em Araripina, do segmento de confecções e lavagem do jeans na região do Agreste, na confecção do artesanato em Tracunhaém, entre outros (SILVA et al., 2008). A lenha representa uma das principais fontes de energia do Nordeste, seu uso doméstico está concentrado nas classes de menor poder aquisitivo, com menor acesso a outras fontes energéticas principalmente em zonas rurais (ACHÃO, 2003).

A exploração das florestas nativas ocorre desde os primórdios da ocupação européia, ocasionando redução da Mata Atlântica a níveis mínimos e desta maneira a vegetação da Caatinga passou a representar um importante componente energético para o estado (BARBOSA, 2011). O uso da lenha está associado a muitos setores produtivos no estado, gerando empregos e renda.

A biodiversidade da Caatinga gera grande parte da matéria prima usada no Nordeste, por meio do fornecimento de madeira e outros produtos utilizados em menor escala como frutos, fibras, sementes e cascas de árvores, usadas no artesanato. Segundo Campello (2011), a exploração de madeira tem destaque na matriz energética da região sendo que 33% da lenha provêm da exploração não sustentável e 70% das famílias da região utilizam a lenha para suprir demandas domésticas.

A indústria do gesso em Araripina (PE) e região têm como matriz energética fontes diversificadas, contudo o uso da lenha é amplo e chega a 77% (ATECEL, 2006), e pequenas indústrias optam pela exploração e utilização exclusiva de madeira.

A produção de gesso no Pólo Gesseiro em Araripina cresceu aproximadamente 4,5% no ano de 2013, e o estado de Pernambuco é responsável por 97% do gesso nacional (SINDUGESSO, 2016).

A gipsita é um mineral abundante na natureza e apresenta diferentes utilizações econômicas na fabricação do gesso, o material lenhoso é utilizado no aquecimento das caldeiras, onde a gipsita sofre a desidratação térmica do sulfato de cálcio di-hidratado (SILVA; COSTA, 2013).

A intensa atividade do Pólo Gesseiro com perspectivas de crescimentos futuros aumenta a pressão sobre a vegetação nativa.

A indústria do gesso cresce entre 20% e 25% ao ano, portanto a oferta de lenha autorizada não se faz suficiente pra suprir a demanda do Pólo Gesseiro (SILVA, 2008-2009). Segundo o mesmo autor, por se tratar de uma fonte energética de baixo custo, o consumo de lenha ilegal tende a aumentar, caso não sejam oferecidas fontes alternativas sustentáveis de produtos florestais

Estimativas para o consumo de biomassa florestal pelas indústrias calcificadoras do Araripe para o ano de 2019, são da ordem de 1,91 milhões de m³ de lenha, sendo necessária, para isso, a exploração de uma área de vegetação nativa em torno de 25.488,80 ha/ano (GADELHA et al., 2013). Considerando o crescimento da Caatinga e o número de Planos de Manejo Florestais Sustentáveis, torna-se praticamente impossível para a vegetação nativa suprir essa demanda energética.

A preocupação com o desmatamento ilegal da Caatinga é uma realidade severa. A menor parte da demanda por lenha é oriunda de áreas onde existem planos de manejo florestal, sendo o restante da demanda energética obtido de maneira deliberada sem planejamento nem licenciamento ambiental, provocando o aumento dos desmatamentos, comprometendo o futuro das áreas remanescentes de vegetação nativa. Realidade encontrada no Pólo Gesseiro, onde o consumo de lenha é elevado, e utilizada no processo de calcinação, a lenha reduz os custos com combustíveis em até 80,4% (SILVA, 2008-2009).

Em Pernambuco o uso da lenha também é fortemente empregado no artesanato em cidades como Tracunhaém, situada na Zona da Mata, sendo esta a principal atividade econômica da cidade. A maior parte da população trabalha de maneira direta e indiretamente com a cerâmica artesanal, que utiliza barro como matéria prima e a lenha como fonte de calor, para confecção e secagem das peças.

A utilização dessa fonte como matriz energética para suprimento dos fornos é tradição entre os artesões, porém como a demanda é grande essa prática se torna muitas vezes agressiva ao meio ambiente. A procura por lenha para este e outros segmentos gera necessidade de implantação de medidas alternativas que minimizem os impactos ao meio ambiente (SILVA et al., 2008).

A madeira também é utilizada para a lavagem do jeans em Toritama, entre outras fontes de energias ela é a mais escolhida, e também abastece padarias, olarias, produção de carvão vegetal e muitas residências, sendo explorada de maneira agressiva e na maioria das vezes desordenada.

A Caatinga tem sido a principal fonte de madeira para combustível, mas sem condições de garantir este recurso em longo prazo no futuro (BRITO, 1986). Estimativas do

consumo de energéticos florestais no Nordeste para os setores industriais, comerciais e residenciais (lenha e carvão), ficaram em torno de 34,5 milhões de ésteres de lenha por ano, indicando um consumo elevado (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010).

Diante disso, a matriz energética do estado de Pernambuco se divide em dois importantes setores: Lavanderias e Pólo Gesseiro (Figura 2).

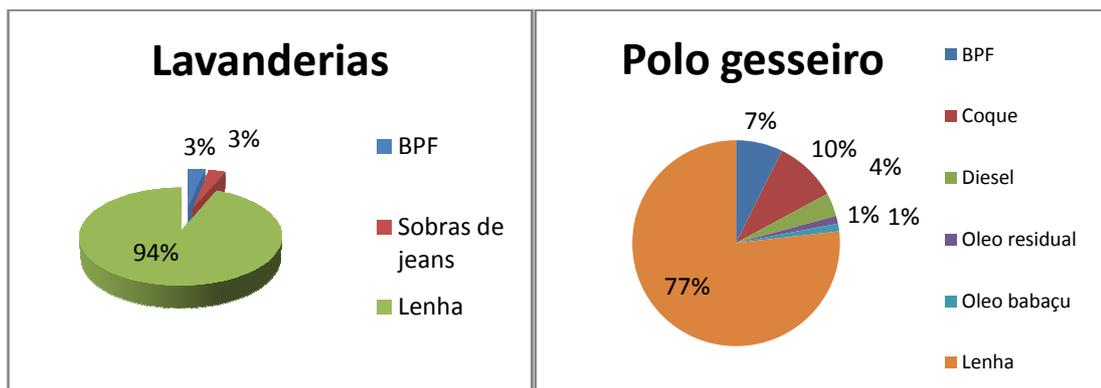


Figura 2: Diferentes fontes de energia usadas nas lavanderias em Toritama e no Polo Gesseiro em Araripina (2006).

Fonte: ATECEL (2006), adaptado.

Observa-se que em Toritama as lavanderias usam como principal fonte energética a lenha, tendo o óleo BPF e as sobras de jeans um valor de menor escala na geração de energia. No Pólo Gesseiro, apesar da diversificação nas fontes energéticas a base do petróleo e babaçu, a lenha também tem um papel predominante entre as outras fontes.

A exploração da madeira para esses e outros setores de maneira geral é proveniente da Caatinga. Segundo Pareyn (2010), a exploração da Caatinga ocorre basicamente sob três formas:

(I) desmatamento legal, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de uso alternativo do solo (agricultura, pastagem);

(II) manejo florestal sustentável, autorizado pelos órgãos competentes, para fins de produção madeireira;

(III) desmatamento ilegal, para fins de uso alternativo do solo e produção madeireira.

Além do uso da lenha ter como vantagens o baixo custo de aquisição, como já foi dito anteriormente, seu caráter renovável lhe confere a possibilidade de que, se bem manejado, seu uso seja sustentável ou tenha menos impacto ambiental. Como desvantagem tem-se um menor

poder calorífico, uma maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera e as dificuldades no estoque e armazenamento (GRAUER; KAWANO, 2001).

Desta maneira, estudos apontam que as medidas de mitigação para essa problemática estão voltadas para os plantios florestais, utilizando espécies adaptadas ao clima que tenham crescimento rápido, que vão além de fornecer o material, contribuir com o seqüestro de carbono e preservar o bioma (SILVA, 2008-2009).

A Figura 3 mostra os principais pontos de extração de madeira e carvão no estado.

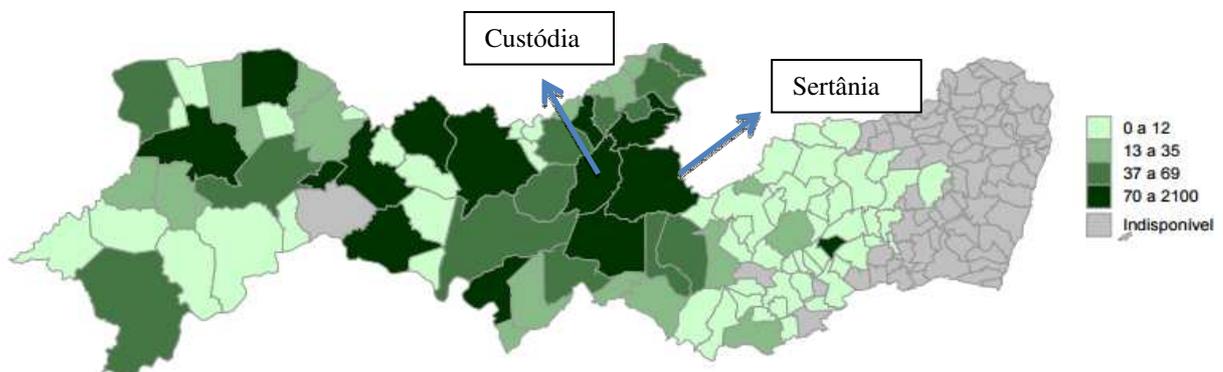


Figura 3: Produtos de extração vegetal: madeira e carvão vegetal (tonelada).
Fonte: IBGE, 2016

Como pode-se observar no mapa do estado, a maior extração de madeira e carvão ocorre no sertão. Na região litorânea, representada pela Mata Atlântica, a exploração foi elevada desde o início da colonização, e atualmente não há extração de madeira nessa área. O Agreste também obteve altos índices de exploração, sendo que para conseguir lenha é preciso buscar em lugares mais distantes ou em outros estados. As cidades que apresentam maior índice de extração são: Sertânia (2.100 t/a), e Custódia com (1.300 t/a) (IBGE, 2016).

O estado de Pernambuco tem a madeira como fonte de grande suporte para suprir a demanda energética, seja ela industrial ou doméstica. A grande problemática está na degradação de um bioma importante e único. Medidas de mitigação, programas e projetos são de fundamental importância para manter a biodiversidade, e respeitar o ciclo sustentável de corte das espécies.

As principais motivações pra a lenha continuar sendo usada na matriz energética, estão associadas ao preço de aquisição, a falta de substitutos viáveis e a necessidade de adaptação dos equipamentos como motores e geradores (BARBOSA, 2011). Apesar de a madeira ser um

combustível de mecanismo limpo, sua aquisição deve vir de fontes diversificadas, não gerando pressão aos biomas locais.

Assim, mecanismos para o desenvolvimento local devem estar ligados à viabilidade do fornecimento da lenha na região, respeitando a renovação da Caatinga; usando diferentes alternativas para gerar energia, como o plantio de florestas energéticas; utilização de resíduos florestais e agrícolas; fortalecimento das políticas públicas; e associações de diferentes fontes de energia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES - BIOMASSA FLORESTAL E SUAS FINALIDADES

A biomassa florestal tem sido apontada por diversos estudos como uma importante fonte de energia renovável, sendo avaliada como uma das alternativas, que aliada a outras fontes, pode suprir a demanda energética (NOGUEIRA et al., 2000).

Constitui-se de uma fonte renovável de matriz, que pode ser convertida em eletricidade, calor ou combustível, sendo muito variado o leque de produtos empregados para este fim. É originária das diversas atividades de campo ou industrial, incluindo diversos tipos de resíduos (NUNES, 2015).

Segundo Brand (2010), a biomassa florestal é todo material orgânico produzido pelos sistemas florestais nativos ou implantados, que derive da manufatura de produtos florestais, de resíduos urbanos, oriundos da utilização dos produtos manufaturados, ou mesmo do manejo de florestas urbanas. Segundo a mesma autora a gama de materiais que constituem a biomassa florestal é grande e incluem folhas, galhos, cascas, raízes, frutos, serrapilheira, extrativos e resíduos de diferentes setores com variação de forma e tamanho, que podem ser sólidos ou líquidos.

A biomassa é uma forma indireta de energia solar, a qual é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos (ANEEL, 2002). A capacidade de renovação da biomassa quando conduzida sustentavelmente ao longo do tempo, acaba gerando energia inesgotável e com um balanço de emissões de CO₂ nulo (CHOHFI et al., 2004).

De acordo com Soares et al. (2006), a biomassa florestal pode ser utilizada como fonte de energia em diferentes formas como queima direta, carvão vegetal, aproveitamento de resíduos da exploração, óleos essenciais, ácido pirolenhoso, alcatrão, dentre outros.

A biomassa ainda pode ser apresentada nas formas sólida, líquida e gasosa. A biomassa sólida tem como fontes os produtos e resíduos sólidos provenientes da fileira agroflorestal e das indústrias relacionadas, assim como a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos. O seu aproveitamento é geralmente feito através de combustão direta, para produção de energia térmica e eletricidade. A biomassa líquida, chamados de biocombustíveis, tem origem em culturas agrícolas denominadas de “energéticas”. Os principais biocombustíveis são o biodiesel (produzido a partir de culturas como: soja, girassol, mamona), e o bietanol (produzido a partir do milho, cana-de-açúcar, beterraba), podendo ser utilizados na substituição total ou parcial dos combustíveis fósseis usados em veículos automotivos. A biomassa gasosa, ou biogás, tem origem nos efluentes agropecuários, agroindustriais e urbanos, que são transformados em gás, sendo que o seu aproveitamento consiste na combustão para obtenção de energia térmica ou elétrica (COLLARES, 1998).

A biomassa é uma das fontes de energia com melhores perspectivas para o futuro, por se tratar de uma fonte renovável (BITTENCOURT, 2005). As usinas de biomassa cadastradas na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) produziram 17,5% mais eletricidade entre janeiro e maio de 2015 do que no mesmo período no ano de 2014. Estimativa da Agência Internacional de Energia (AIE) mostra que a biomassa deve representar 11% da matriz mundial até 2020 (EXAME, 2015).

A biomassa junto com a geração eólica e solar deve ser um dos tipos de energia que mais vai se desenvolver nos próximos anos, o setor deve receber 26 bilhões de dólares em investimentos no Brasil até 2040 (ENERGY OUTLOOK, 2017).

A energia gerada pela biomassa está relacionada a dois conceitos importantes na atualidade: renovação das fontes energéticas e sustentabilidade. A renovação é uma característica da fonte de energia, enquanto a sustentabilidade é a forma como ocorre o manejo dessa fonte (UHLIG, 2008).

Segundo o mesmo autor, a sustentabilidade acontece quando a reposição pela natureza é mais rápida do que a taxa de sua utilização, ocorrendo em áreas onde o manejo é feito de forma compatível com a capacidade de reposição, dessa maneira a sustentabilidade de algumas fontes renováveis como a biomassa, depende do manejo efetuado.

Atualmente, a biomassa representa cerca de 10% da produção de energia mundial (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2017).

4.1. Biomassa Primária e Secundária

A biomassa primária é a fração biodegradável produzida ou gerada na floresta, e trata-se basicamente de lenha e resíduos naturais (cascas, frutos e sementes), provenientes das operações do manejo florestal e/ou produzidas por fenômenos naturais (LEAL, 2005).

A lenha, principal fonte primária da biomassa florestal, é empregada em grande escala para cocção e calefação.

O estado de Pernambuco utiliza a biomassa primária como umas das principais fontes de energia. Como citado anteriormente, a lenha é bastante utilizada em residências, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, e em pólos industriais abastecendo caldeiras e fornos pra produzir diferentes tipos de produtos.

A biomassa secundária é proveniente da industrialização da madeira, sendo considerada em alguns casos como resíduo (serragem, cavacos, aparas, restos de movelarias, caixotes, pellets, dentre outros subprodutos), pode ser utilizada na combustão direta ou passar por processos de aperfeiçoamento para gerar combustíveis mais eficientes (ABREU et al, 2010).

4.2. Florestas Energéticas

As florestas plantadas surgiram no Brasil no século XIX, com a introdução de espécies de crescimento rápido para suprir necessidades específicas da época, tendo como destaque o pinus e o eucalipto. A data de introdução dos eucaliptos no Brasil está associada provavelmente os primeiros plantios feitos pelo Sr. Frederico de Albuquerque em 1868, no Rio Grande do Sul, e no mesmo ano o tenente Pereira da Cunha plantou alguns exemplares na Quinta da Boa Vista no Rio de Janeiro (SAMPAIO, 1975; SILVA, 2008-2009).

Inicialmente, o eucalipto foi introduzido como cultura destinada a suprir a demanda de lenha para combustíveis das locomotivas e dormentes para trilhos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MORA; GARCIA, 2000; CUNHA, 2012). O conceito de floresta energética foi introduzido na década de 1980, para definir as plantações florestais com grande número de árvores por hectare e, conseqüentemente, de curta rotação, que tinham como finalidade a produção do maior volume de biomassa por área em menor espaço de tempo (MAGALHÃES, 1982; COUTO; MULLER, 2008; ELOY, 2013).

As florestas energéticas são oriundas das florestas plantadas, contudo, na produção madeireira para fins energéticos normalmente recomenda-se espaçamentos mais adensados, tendo em vista que o objetivo final é a produção do maior volume de biomassa por unidade de área em menor espaço de tempo possível (COUTO; MÜLLER, 2008; ORELLANA, 2014).

¹Segundo Seixas et al (2006), citado por Puentes (2010) estas florestas têm um regime de manejo de acordo com o conceito de cultivo de gramíneas, em talhões adensados, colhidos em intervalos de 6 a 7 anos, com condução de rebrota por mais cinco rotações.

A implantação das florestas energéticas tem o objetivo de formar matéria prima para produção de bioenergia, unindo tecnologia a uma perspectiva ambiental sustentável, contemplando o aproveitamento da madeira e o retorno dos resíduos (casca, galhos e folhas) para o solo, restituindo assim fontes de nitrogênio e carbono (ROCHA, 2011). Sendo assim, a matéria prima gerada pelas florestas plantadas apresenta diferentes finalidades (Figura 4).

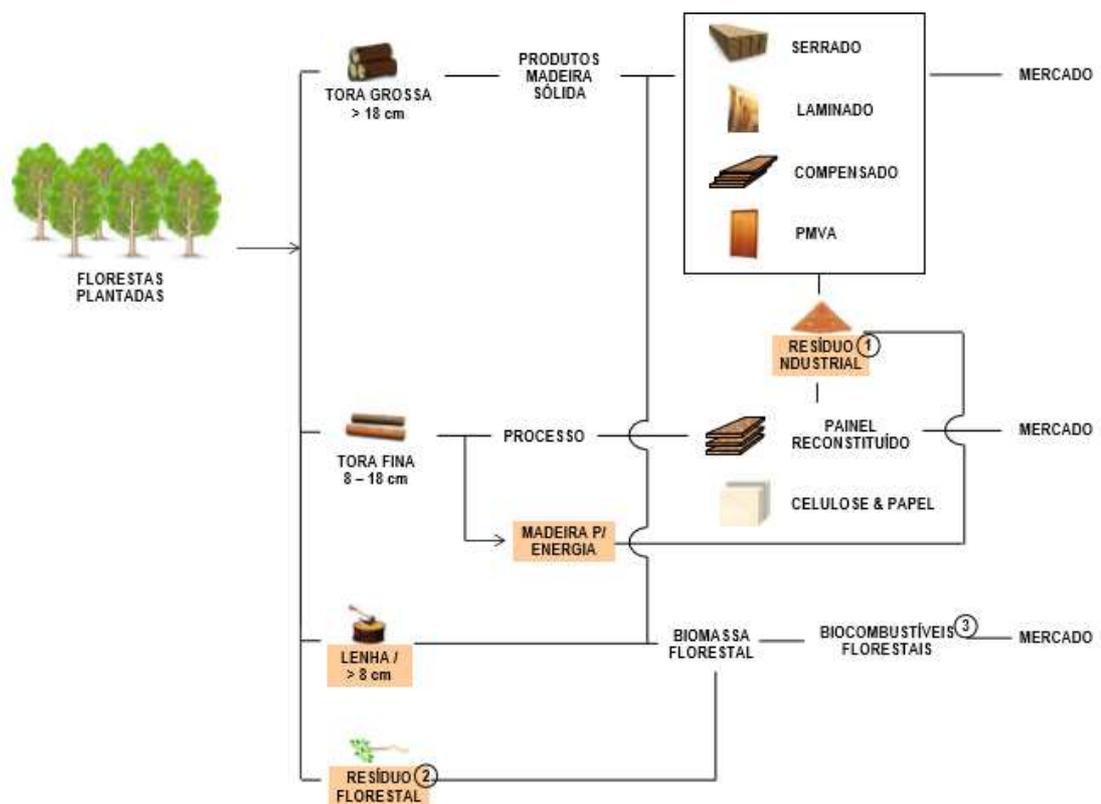


Figura 4: Cadeia de produtos Florestais.
Fonte: AGROICONE (2015).

¹ SEIXAS, F. et al. 2006. **Harvesting Short-Rotation Woody Crops (Srw) For Energy**. RENABIO. Biomassa & Energia, v.3, n.1, pág. 1-16.

A partir das florestas plantadas e seu segmento de consumidores, os produtos que geram a biomassa florestal podem ser provenientes do resíduo industrial, do resíduo florestal ou dos bicomcombustíveis.

Um dos principais benefícios associados a estas florestas é seqüestrar o gás carbônico atmosférico e armazenar em forma de carbono orgânico durante seu crescimento (FOELKEL, 2016). A queima da matéria orgânica, oriunda de plantios florestais, diferentemente da combustão do petróleo, é menos agressiva ao meio ambiente e os gases gerados são posteriormente absorvidos por um novo plantio, iniciando um novo ciclo.

As principais espécies cultivadas no Brasil são dos gêneros *Pinus* e o *Eucalyptus*, pois todas as demais espécies (*Acacia mangium*, *Schizolobium amazonicum*, *Araucaria angustifolia*, *Hevea brasiliensis*), representam menos de 10% do cultivo (AGROICONE, 2015).

Segundo Sartório (2014), o *Eucalyptus* é o gênero mais utilizado para a implantação de florestas para fins energéticos, por apresentar grande plasticidade ambiental, altos índices de produtividade e características energéticas (densidade da madeira e poder calorífico). O gênero tem sido apontado como uma das melhores opções para a produção de energia devido ao grande número de espécies, o que possibilita uma ampla distribuição ecológica, favorecendo sua introdução em várias regiões com diferentes condições edafoclimáticas (COUTO; MÜLLER, 2008; ROMÃO, 2011).

As florestas energéticas têm produtividade crescente no Brasil. Técnicas silviculturais mais intensivas (preparo do solo, fertilização adequada, combate a pragas e doenças), aliadas à reintrodução de novos materiais genéticos e propagação clonal, mantendo características favoráveis, resultaram num aumento considerável na produção (HIGASHI et al., 2000; BRAGA, 2008).

As florestas plantadas oriundas de florestamentos ou reflorestamentos são indispensáveis para fornecer matéria prima e seus derivados ao setor madeireiro e energético, diminuindo assim a pressão sobre as florestas nativas (PUENTES, 2010).

O Brasil tem grande potencial em implantação de florestas, tendo como destaque o rápido crescimento e alta produtividade, fazendo com que plantações florestais, para fins energéticos, sejam destaque na atualidade. O Brasil tem grande produtividade nos plantios florestais em comparação à outros países, às condições edafoclimáticas favorecem o desenvolvimento das espécies, resultando em rápido crescimento e em menor área plantada para a obtenção de um mesmo volume de madeira (AGROICONE, 2015).

Segundo o Senar (2016), o Brasil é um dos maiores produtores mundiais no setor florestal sendo um dos maiores produtores de floresta plantada no mundo, ficando em 4º lugar no ranking mundial dos produtores de celulose. Pólos estratégicos da economia brasileira, como a siderurgia, a indústria de papéis, embalagens e a construção civil, são altamente dependentes do setor florestal (FILHO, 2008).

A implantação de plantios florestais para matéria prima energética é uma alternativa viável para suprir a demanda do estado de Pernambuco.

4.3. Qualidade da Biomassa Florestal

Algumas características são de grande importância (ou fundamental) para que os combustíveis se tornem aptos para a geração de energia. Segundo Brand (2010), as características da biomassa florestal atuam diretamente na viabilidade do material usado como combustível, pois as propriedades do material podem qualificar a biomassa de forma positiva ou negativa, e podem ser modificados de maneira que seu desempenho seja atrativo para gerar energia, concorrendo assim com outros combustíveis com maior qualidade energética.

As principais características analisadas na biomassa florestal para geração de energia são as químicas e térmicas.

Segundo Cortez e Lora (2006), as características químicas e térmicas de um combustível devem ser reconhecidas para determinação da potencialidade do combustível na geração de energia. Ainda segundo estes autores, as características fundamentais dos combustíveis são a composição elementar, composição imediata e poder calorífico.

A composição química elementar corresponde ao conteúdo percentual em massa dos principais elementos que constituem a biomassa: carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S), oxigênio (O), nitrogênio (N) e cinzas (Z ou CZ). A biomassa que é rica em carbono e hidrogênio terá um maior poder calorífico, pois esses elementos são responsáveis pela produção de calor (BRAND, 2010).

Segundo Júnior (2015) a composição química imediata quantifica o percentual de carbono fixo, materiais voláteis, cinzas e umidade. Ela fornece a percentagem do material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo) podendo estimar o grau de combustão da biomassa.

Outras propriedades importantes que também influenciam a qualidade do material são: teor de umidade, poder calorífico, granulometria, teor de cinzas e nível de biodegradação.

Cada um destes componentes possui características que lhes confere propriedades energéticas diferentes.

4.3.1. Umidade

Refere-se à quantidade de água presente na biomassa florestal, interferindo diretamente no aproveitamento energético. O teor de umidade da madeira está diretamente ligado a sua resistência (propriedades mecânicas), trabalhabilidade, poder calorífico e na sensibilidade a fungos e doenças (MORESCHI, 2005). Altos teores de umidade reduzem o poder calorífico, dificultando a queima do combustível.

Estima-se que a eficiência do processo de combustão da madeira seca é de 80% (teor de umidade é 0%), e para a madeira verde (50% em base úmida), a eficiência é reduzida para 67% (BRITO; BARRICHELO, 1982; FONTES, 1994).

Segundo Brand (2010), o teor de umidade varia de uma parte para outra da planta. Nas raízes e copa o teor de umidade é maior, já nos troncos e galhos há diminuição do teor. Levando em consideração os diferentes níveis de umidades, faz-se necessário eliminar e uniformizar a quantidade de água da biomassa para melhor aproveitamento do material.

Esta característica tem importante relevância para o aproveitamento energético da biomassa, pois a presença de água na madeira ocasiona a redução do poder calorífico, uma vez que, parte do calor gerado é consumida na evaporação da água (SANTOS et al., 2013).

4.3.2. Poder Calorífico

Segundo Miranda (2015), o poder calorífico de um combustível pode ser definido como a quantidade de energia térmica liberada durante a combustão completa de uma unidade de massa ou volume deste combustível. É expresso nas unidades kcal/kg ou kcal/m³.

O poder calorífico é dividido em poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI). No PCS a água formada durante a combustão é condensada e seu calor latente é recuperado e então somado à energia mensurada, mostrando o máximo potencial de fornecimento energético. No PCI o calor de condensação da água não é considerado, pois ele é perdido na forma de vapor. Em termos de pesquisa e comparação de combustíveis, o poder calorífico superior é mais usual (CINTRA, 2009).

De acordo com Santos et al. (2013), quanto maior for o poder calorífico da madeira, melhor sua utilização na queima direta, relacionando diretamente a quantidade de energia liberada na combustão com o rendimento energético.

A madeira possui poder calorífico variável para cada espécie. Madeiras de coníferas possuem poder calorífico mais elevado do que a madeira das folhosas, isso ocorre porque a composição química (teores de lignina, cinzas e extrativos) varia entre as espécies (TRUGILHO, 2009).

Algumas espécies nativas da Caatinga apresentam poder calorífico elevado, entre elas: a *Myracrodruon urundeuva*, a *Mimosa tenuiflora*, a *Poincianella pyramidalis* e a *Handroanthus impertiginosus* ambas da região semiárida, e a *Leucaena leucocephala* que é uma espécie exótica, muito utilizada (SILVA et al., 2017).

4.3.3. Densidade

A densidade exprime qualidade do que é denso, compacto, e determina a quantidade de matéria que está presente em uma unidade de volume. Para a madeira que é um sólido, a densidade tem grande importância na geração de energia, expressando a massa da madeira ou biomassa sem influência da umidade, aumentando o rendimento do sistema. O teor de umidade é inversamente proporcional à densidade da madeira, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros elementos químicos da madeira como: celulose, hemicelulose e lignina (FOELKEL et al., 1971;).

Segundo o mesmo autor, a densidade básica é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da madeira, pois resulta da combinação de diversos fatores químicos e anatômicos como: dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno. Por ser influenciada por diversos fatores inerentes a cada gênero e espécie, não é aconselhável sua utilização isolada como parâmetro de qualidade (LELIS, SILVA, 1993; QUEIROZ 2002).

Existem ainda outros tipos de densidades. A densidade aparente que se baseia no peso absolutamente seco por unidade de volume, importante para as movimentações, manuseios e estocagem do material combustível, e a densidade energética, definida como a quantidade de energia efetiva ou útil disponível por unidade de volume desse combustível. Quanto maior for a quantidade de água no material combustível, menor será o poder calorífico e sua densidade energética (FOELKEL, 2016).

4.3.4. Granulometria

A granulometria de um material está relacionada com suas dimensões, e é um termo que está associado a materiais com dimensões variadas, sendo difícil a determinação do volume por meio de medições simples (BRAND, 2010). Na geração de energia por biomassa, a granulometria é fundamental para adequar os equipamentos e sistemas. Esta característica influencia diretamente na densidade aparente do material, no tipo de caldeiras, na velocidade da queima quando direta, nas operações de armazenamento e manuseio (BRAND, 2010).

As partículas não devem ser pequenas demais, pois a queima será muito rápida, e nem grande demais, pois a eficiência energética diminui; o ideal é que as partículas de biomassa tenham o tamanho maior que 3 mm e menor que 30mm (GARSTANG et al, 2002).

4.3.5. Teor de Cinzas

As cinzas são compostas por todo material que não queima. É o resíduo no processo da combustão, podendo ser provenientes de substâncias inorgânicas do vegetal, ou podem ser incorporados a biomassa (terra, areia, pedras) nas operações florestais como colheita, transporte e armazenamento. (BRAND, 2010). Quando a biomassa tem um alto nível de cinzas seu poder calorífico reduz e por conseqüência seu rendimento energético também reduz.

O conhecimento do teor de cinzas do combustível é importante no planejamento dos sistemas para seu recolhimento, sendo elas o resíduo do processo, portanto necessitam de um descarte adequado, evitando assim desgastes nos equipamentos (BRAND, 2010). As cinzas podem ser usadas com fertilizantes em solo florestais, influenciando diretamente no pH e macronutrientes do solo (NASCIMENTO, 2013).

4.4. Resíduos Florestais

Resíduo é matéria-prima ou insumo que sobra em um processo como desperdício ou ineficiência do mesmo (STEPHANOU, 2013), sendo que os principais tipos de resíduos que podem ser usados como biomassa são os vegetais, urbanos, industriais, animais e florestais.

Os resíduos vegetais são oriundos dos plantios agrícolas, constituído de cascas, palhas, caules, folhas, bagaço entre outros. O resíduo urbano é recolhido de residências e comércios. O resíduo industrial é proveniente do beneficiamento da matéria prima para transformação em produtos de maior valor agregado. O resíduo animal vem da produção de excrementos gerado pela atividade biológica dos animais. Os resíduos florestais são constituídos de todo material deixado desde a colheita no campo até sua transformação em diferentes produtos. Esses resíduos florestais estão presentes em todos os setores onde a madeira é utilizada, desde as operações no campo, corte, desbaste, colheita e transporte, como também na sua industrialização (FOELKEL, 2016).

O destino dado ao resíduo florestal depende do seguimento e porte de cada empresa. O constante planejamento dos processos é fundamental para aperfeiçoar a produção e reduzir custos, reutilizar insumos e reciclar materiais. O resíduo pode ser usado de maneira geral na adubação do plantio de mudas, na cogeração e geração de energia, produção de chapas e painéis, entre outros fins.

Segundo Foelkel (2016), uma das mais importantes utilidades designadas ao resíduo florestal está na geração de calor, vapor e eletricidade.

Nas indústrias de papel e celulose, existe um trabalho intenso para minimizar sobras e gerar o menor impacto ambiental possível. Empresas como a Suzano Papel e Celulose[®] e Aracruz Celulose S/A, deixam os resíduos da colheita no campo fornecendo adubação ao solo, e queimam o resíduo da industrialização em caldeiras gerando vapor, que é canalizado para uma turbina acionando um gerador elétrico, que produz energia limpa e renovável sem a necessidade de combustível fóssil (IBÁ, 2016). Na indústria de papel e celulose, a matéria prima vem das florestas plantadas. Como esse ramo necessita de muita energia no processo industrial, os resíduos da biomassa são utilizados no processo de cogeração de energia, que é produção simultânea de energia térmica e energia mecânica, a partir de um único combustível.

O Balanço Energético Nacional (2015/2016) destaca o licor negro, resíduo do processo de separação da pasta celulósica, como um importante substituto do óleo combustível na geração e cogeração de energia.

Entre outros resíduos industriais da madeira destacam-se: cavacos, cascas, serragens, cepilhos, aparas, refilos, produtos desclassificados, caixotes e embalagens. Nas atividades de silvicultura os resíduos são: galhos, folhas, cascas, tocos, raízes, toras finas e outros.

A prática de deixar os resíduos no campo após colheita apresenta vantagens à manutenção do solo, protege do impacto da chuva; conserva a umidade na superfície do solo;

preserva a micro e mesofauna; melhora a fertilidade e as propriedades físicas do solo (SANCHES et al., 1995; PAES et al., 2013).

Indústrias como marcenarias, serrarias, movelaria, ramos de construções, entre outras, muitas vezes, descartam seus resíduos em aterros industriais, causando impactos negativos ao ecossistema. A geração excessiva de resíduos de madeira associada ao seu baixo aproveitamento resulta em danos ambientais, além de perda significativa de oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade em geral, de obter uma fonte de energia, especialmente em regiões remotas, dependentes de fontes energéticas externas (WIECHETECK, 2009; PAIXÃO et al., 2014).

Na Figura 5 é apresentado os tipos de resíduos de madeira que são encontrados na zona urbana.



Figura 5: Tipos de resíduos da madeira em centros urbanos.
Fonte: Adaptado de Ministério da Meio Ambiente (2009).

Os resíduos da indústria madeireira podem ter diferentes destinos. Uma parte se transforma em Produto de Maior Valor Agregado (PMVA), outros são queimados em caldeiras e fornos artesanais, parte do material é descartada e acaba em aterros, ou viram subprodutos como briquete e pellets (MMA, 2009).

Os briquetes são cilindros de madeira compactados que possuem diâmetro superior a 50 mm, podem ser produzidos por mais de um tipo de resíduo, e pellets são pequenos cilindros de madeira compactados variando entre 6 e 16 mm, ambos são substitutos diretos da

lenha, resultam da compactação de resíduos lignocelulósicos utilizados na geração de energia na forma de calor ou eletricidade (EMBRAPA, 2012).

Eles são produzidos com baixo teor de umidade e de alto poder calorífico. Seu formato permite uso diversificado, em residenciais e comércios, e também abastecem caldeiras no setor industrial e usinas termoeletricas, as quais têm a finalidade de gerar energia elétrica. A geração de energia via briquetes e pellets é um processo econômico de qualidade e uma das formas de bioenergia com maior crescimento nos países desenvolvidos (AGROICONE, 2015).

No segmento de painéis de madeira o resíduo é parte da matéria prima utilizado para fabricação de produtos de fibra de madeira como MDF (*Medium Density Fiberboard*), MDP (*Medium Density Particleboard*), OSB (*Oriented Strand Board*), e chapas duras (*Hardboard*) (JUNIOR et al., 2004).

Nos grandes centros urbanos há uma quantidade expressiva de resíduos de madeira, que merecem tratamento diferenciado no descarte, podendo ser reciclado, usado no abastecimento energético ou virar adubo. Na construção civil geralmente não é feita a segregação entre a madeira e os demais resíduos, tendo todos, um único destino que é o aterro sanitário, de outro modo a madeira é vendida para outros usos.

Também nas atividades realizadas a serviço dos órgãos públicos, os resíduos de podas, remoção de árvores e manutenção de parques, muitas vezes acabam indo para aterros e lixões clandestinos. Porém, algumas cidades já conseguem oferecer um destino mais nobre ao material. Na cidade de Recife os resíduos gerados pelas podas urbanas são triturados, viram adubo e são distribuídos para as áreas verdes da cidade como: o Sítio Trindade, onde funciona o viveiro municipal, Jardim Botânico, Praça da Jaqueira, Praça do Derby e Escola Centro Mangue (PREFEITURA DO RECIFE, 2012).

As caixas e caixotes de madeira, utilizados no transporte de produtos orgânicos e alimentos perecíveis em geral têm destino mais nobre, podem ser processadas em cavaco para fins energéticos, usadas em artesanatos, ou são destinadas às cooperativas de reciclagem (PNUD, 2009)

A gestão de resíduos apresenta algumas dificuldades e desafios nos campos administrativo, logístico, legal e social. Os grandes empreendedores precisam ver os resíduos como parte do faturamento. Entretanto, para se comercializar qualquer resíduo industrial, é necessário obter uma autorização ou licença ambiental junto aos órgãos de licenciamento e controle estadual. Sobre o uso doméstico ou agrícola, outros registros podem ser necessários

junto às entidades municipais e federais, como pode ser o caso do Ministério da Agricultura (FOELKEL, 2016).

Empresas como a Fibria[®](ES) e CMPC Celulose Riograndense (RS) de celulose e papel adotam essas medidas como parte do sistema integrado, utilizando seus resíduos na cogeração de energia.

Para obter-se um bom desempenho na aplicabilidade do sistema de biomassa florestal proveniente dos resíduos industriais, assim como para todos os tipos de biomassa florestal, devem cumprir alguns requisitos: homogeneidade, densidade energética, poder calorífico útil, teor de umidade, densidade a granel e teor de cinzas contaminante (que são materiais agregados à biomassa, como pedras e areia) (BRAND, 2010).

Os resíduos madeiros são de grande importância para a geração de energia de diferentes setores. Em conjunto com outras fontes, podem contribuir para a diminuição do uso de fontes não renováveis tão utilizadas nos dias atuais.

4.5. Energia gerada pela biomassa florestal

Uma substância para ser usada como combustível deve ser abundante na natureza, desprender suficiente quantidade de calor na queima e apresentar custo relativamente baixo (IMA, 2010). Energia de biomassa é toda energia proveniente das plantas, algumas de alta produtividade nos países tropicais, que podem se transformar em energia líquida, sólida, gasosa ou elétrica, de forma competitiva e adequada à preservação do meio ambiente quando comparado com fontes não renováveis (MELLO, 2007).

A Figura 6 apresenta os principais processamentos tecnológicos de conversão energética da biomassa.

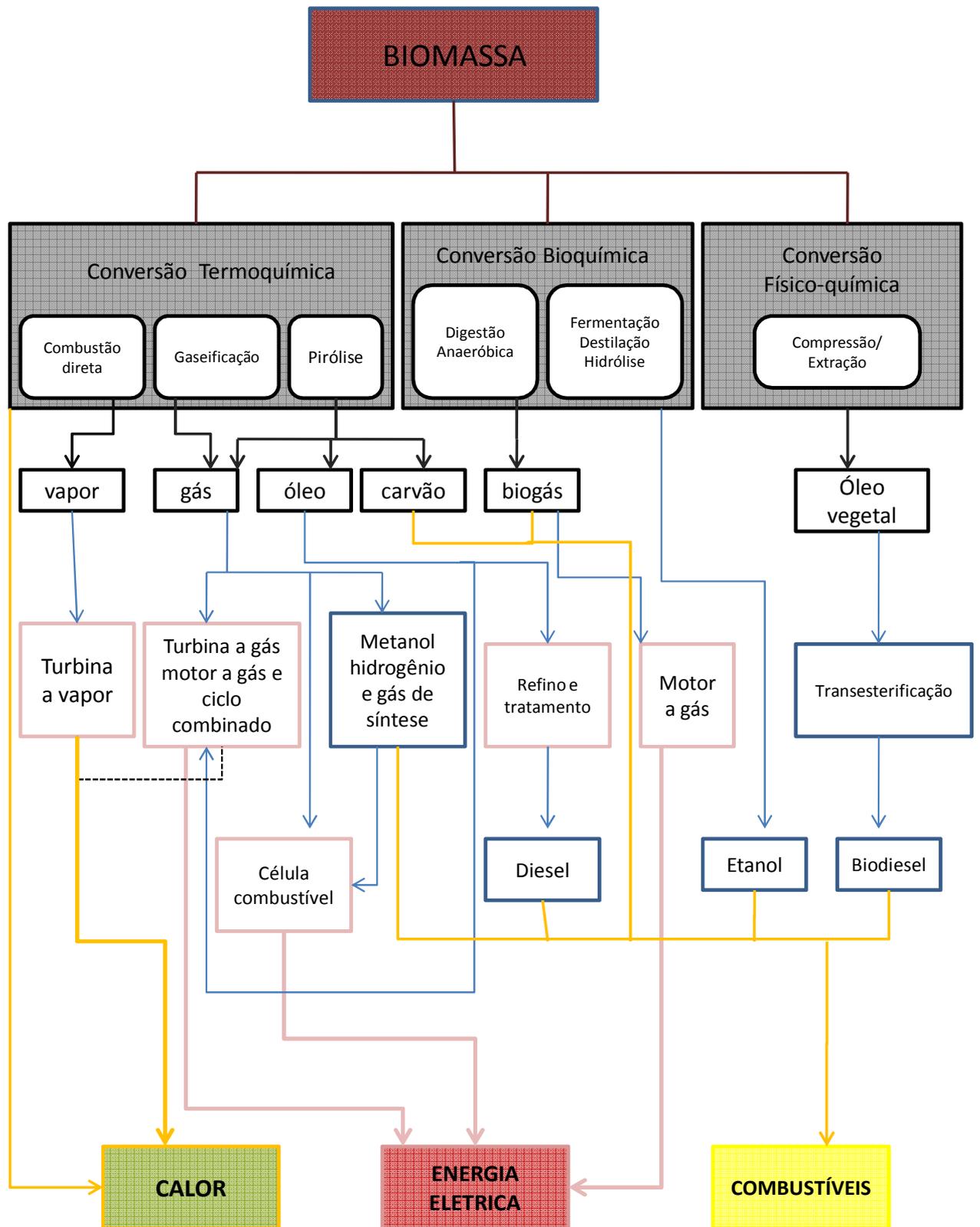


Figura 6: Processos de conversão energética da biomassa
 Fonte: MME- Plano Nacional de Energia 2030.

Os processos transformadores da biomassa florestal para geração de energia são classificados em conversão termoquímicas, bioquímicas, e físico-químicas, que resultam em energia térmica, elétrica e mecânica.

A conversão termoquímica ocorre quando a energia armazenada na biomassa é convertida em calor por meio da combustão, carbonização e gaseificação; a conversão bioquímica é aquela que utiliza processos biológicos e químicos, que incluem a digestão anaeróbica nos processos da hidrólise e fermentação, e conversão físico-química é aquela que utiliza técnicas de compressão e esmagamento de vegetais diversos para a extração dos óleos, que podem ser usados em motores ou serem transformados em biodiesel (MME, 2006-2007).

4.5.1. Combustão

A combustão é a forma mais simples utilizada para obter energia e também uma das mais antigas. A biomassa florestal como a lenha entre outros tipos, tem preços acessíveis e é facilmente processável, tem queima rápida e efetiva e pode ser encontrada em diferentes regiões o ano todo. A queima é feita de forma direta em fogões, caldeiras ou fornos e, de maneira geral, quanto maior for a quantidade de água do material menor será sua eficiência.

Os resíduos gerados (cinzas) podem ser usados na agricultura e silvicultura como fertilizantes e corretivos do solo. Os minerais absorvidos pela biomassa durante o crescimento (potássio e fósforo), encontrados nas cinzas, podem ser utilizados como fertilizantes nas operações de manejos florestais sustentáveis (GONZALEZ, 2014).

Segundo o mesmo autor, as cinzas de partículas maiores melhoram a química do solo elevando os níveis de pH, Ca, K e Mg. As cinzas menores podem conter metais pesados e não devem ser usadas.

No processo de combustão, o calor resultante pode ser utilizado para aquecimento ou para produção de vapor em caldeiras, e sua eficiência dependerá do nível de tratamento dado à biomassa, que envolve atividades de classificação, densificação, secagem, limpeza (BRAND, 2010).

Muitos setores usam as caldeiras para produção de vapor e fazem sua utilização direta. Outros utilizam para produzir energia elétrica, e alguns produzem simultaneamente vapor e eletricidade, fazendo um processo de cogeração.

4.5.2. Carbonização

A carbonização é um processo químico de combustão incompleta de determinados sólidos quando submetidos ao calor elevado, no qual uma substância é transformada em carvão (DICIONÁRIO INFORMAL, 2013). É um processo que necessita de uma fonte externa de calor para seu desenvolvimento, convertendo um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético. Esse processo transforma a biomassa em três partes: sólida, líquida e gasosa.

O carvão é a parte sólida rica em cinzas e carbono; o gás é rico em hidrocarbonetos e usado como combustível; e a parte líquida conhecida como bio-óleo é usada em câmaras de combustão, motores, turbinas e outros (MEDEIROS, 2016).

O carvão vegetal é uma das fontes de energia mais utilizadas, podendo ser empregado em inúmeras atividades na indústria (siderúrgicas e metalúrgicas), e também em usos domésticos em lareiras, fogões e churrasqueiras. É menos poluente que o carvão mineral e renovável, muitas vezes sendo produzidos por florestas energéticas, orientadas para essa finalidade. (FOELKEL, 2016).

É aplicado em muitos processos como a fabricação de cerâmica, gesso, cimento, nas caldeiras de vapor, siderúrgicas, é substituto do óleo combustível.

4.5.3. Gaseificação

A gaseificação é um processo de decomposição térmica da matéria orgânica originando um gás (TRUGILHO, 2009). A conversão da biomassa ou outro combustível sólido em gás é obtido em reatores, em um processo que necessita de maior tecnologia do que a queima direta do material. O combustível mais utilizado neste tipo de processo é a biomassa em estado sólido, porém também podem ser utilizados resíduos no estado líquido, como é o caso do licor negro.

O vapor pode ser aproveitado individualmente em processos industriais termodinâmicos, gerando aquecimento e trabalho mecânico, ou em processos de geração termoelétrica. Todavia, o melhor rendimento e eficiência são alcançados com a combinação destas duas aplicações, através do processo de cogeração (CARDOSO, 2012).

O gás produzido nos sistemas de gaseificação pode ser utilizado diretamente como combustível ou servir de matéria-prima para síntese de produtos químicos. Assim, a aplicação

da gaseificação pode ser feita na geração de calor e eletricidade e a produção de gás na síntese para produção de metanol e hidrogênio (BRAND, 2010).

4.5.4. Hidrólise

A hidrólise é uma reação química que quebra as moléculas por solvente (DICIONARIO INFORMAL, 2017). A tecnologia empregada no processo da hidrólise pode ser ácida (processo químico) ou enzimática (processo biotecnológico). O processo de hidrólise objetiva quebrar as macromoléculas de celulose ou hemicelulose para chegar aos açúcares, e depois seguir para o processo de fermentação (BARROS, JARDINE, 2015).

A hidrólise de materiais lignocelulósicos, como madeira e resíduos agrícolas, é obtida pela fermentação dos açúcares produzindo etanol (LEAL, 2005).

4.5.5. Fermentação

É um processo de liberação de energia que ocorre sem a presença de oxigênio através de reações enzimáticas controladas, que degradam uma molécula orgânica em compostos mais simples, liberando energia (QUE CONCEITO, 2017). É o processo utilizado na fabricação dos biocombustíveis.

O bioetanol é obtido através da fermentação da biomassa de plantas com altos teores de açúcar, amido ou celulose, convertendo essas substâncias em álcool (LAMTEC, 2017).

A produção de biogás é feita no biodigestor (câmara de fermentação), utilizando resíduos orgânicos variados; que na ausência de oxigênio produzem um subproduto chamado de biogás. Na mistura de gases do biogás, o metano tem o maior índice, por essa razão, é excelente matéria prima para geração de energia térmica que pode ser convertida em energia elétrica (OLIVEIRA, 2009).

4.5.6. Energia Elétrica e Térmica

A geração de energia elétrica pela biomassa usa, de maneira geral, tecnologias simples. Um dos processos mais comuns é a combustão direta, que gera vapor superaquecido, alimentando turbinas e gerando eletricidade por meio de processo termoquímico (CARDOSO, 2012).

As tecnologias empregadas para geração de eletricidade através da biomassa estão divididas em dois grupos: ciclos a vapor e gaseificação da biomassa. O primeiro grupo se baseia na combustão direta da biomassa e o segundo grupo se baseia na queima de combustíveis líquidos ou gasosos derivados da biomassa (BRAND, 2010).

Na Tabela 2 observa-se que a combustão e gaseificação são os processos de conversão que apresentam maior rendimento energético.

Tabela 2: Rendimento energético da conversão da biomassa.

Processo Tecnológico	% de rendimento energético
Combustão	65-95
Pirólise	30-90
Gaseificação	65-75
Digestão anaeróbica	20-35

Fonte: Brand, 2010, adaptado.

Os processos que apresentam o maior rendimento energético são a combustão e a gaseificação.

A energia elétrica gerada em um processo de produção simultâneo de dois tipos de energia térmica e elétrica, a partir de um mesmo insumo, é mais eficiente do que gerada isoladamente (FOELKEL, 2016).

As indústrias de celulose e papel geram eletricidade e vapor a partir do licor negro, ao invés de usar combustível a base de petróleo, em um sistema de cogeração de energia. Nesse ciclo de cogeração a eficiência energética tem rendimentos elevados, e tem como principal vantagem a autossuficiência energética da empresa. Além das fabricas de celulose, usinas de álcool e açúcar e empresas armazenadoras de grãos, produzem energia a partir da biomassa, utilizando a madeira, as cascas dos grãos e o cavaco do eucalipto para gerar calor e energia (CELULOSE ON LINE, 2015).

No estado de Pernambuco, a Usina Petribu S/A gera energia através da biomassa da cana-de-açúcar, e atualmente introduziu a implantação de florestas energéticas para gerar bioenergia o ano inteiro.

4.6. Geração de energia limpa

A mudança da matriz energética mundial para fontes renováveis é a premissa para as próximas décadas. O crescimento econômico e social depende da oferta de obtenção de energia, que deve ser produzida e adquirida de forma sustentável.

O Brasil tem inúmeras vantagens para consolidar uma produção de energia a base de biomassa florestal e outras culturas agrícolas, levando-se em conta a grande quantidade de terras, radiação solar intensa, possibilidade de múltiplos cultivos, biodiversidade e desenvolvimento científico e tecnológico.

A geração de energia pela biomassa pode ser uma alternativa para regiões distantes dos grandes centros urbanos que sofrem com a seca, e não tem um abastecimento de energia efetivo, pois pequenas usinas termoelétricas podem ser implantadas nessas regiões.

O Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), regulamentado pelo Decreto 4.541, de 23 de dezembro de 2002, promove o uso da biomassa para a geração de energia, sinalizando um novo quadro para o setor (BRASIL, 2002). Os principais mecanismos previstos pelo PROINFA são a garantia de compra da energia gerada, por um prazo de até 15 anos, e o estabelecimento de um valor de referência compatível com as características técnico-econômicas do empreendimento, destacando a redução nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2002).

O projeto de lei n.º 3.529 de 2012, institui a política nacional de geração de energia elétrica a partir da biomassa e estabelece obrigatoriedade da contratação de energia pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), (BRASIL, 2012). Esse projeto tem como justificativa as alterações climáticas provenientes dos gases do efeito estufa (GEE) e implantar uma matriz de baixo carbono é um dos caminhos propostos para diminuir os impactos ambientais e trazer benefícios sociais. Um ponto fundamental para a redução do custo da energia gerada pela biomassa é estimular a competitividade através da realização de leilões, chamadas públicas e a concessão de benefícios fiscais.

O Decreto Nº 7.390 de 2010, que regulamenta a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC), tem com principal intenção a redução das emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020 (BRASIL, 2010).

O objetivo desta legislação é aliar o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico, estabelecendo mudanças para a consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem estimulado entrada de novos empreendedores, particularmente autoprodutores e produtores independentes, levando em consideração as peculiaridades e custos desse tipo de geração em sistemas elétricos, seja ele isolado ou interligado (SILVA et al., 2005).

Segundo Hoffet al. (2008), estudos realizados demonstraram que a implantação de um sistema de geração de energia em determinada região contribui para a formação de um ecossistema industrial baseado na unidade de geração de energia, e que isso altera todo o setor produtivo da região.

Esse novo cenário construído para a obtenção de energia de maneira menos poluente, com a introdução de programas, projetos de lei, unidades de pesquisas, além de ambientalmente mais favorável, promove o aproveitamento energético e racional da biomassa, desenvolvendo regiões menos favorecidas economicamente, aumentando as oportunidades sociais, gerando empregos diretos e indiretos, promovendo a geração de receita, aumentando a qualidade de vida, fortalecendo a indústria local, o desenvolvimento regional e reduzindo o êxodo rural (ANEEL, 2002).

4.7. Desenvolvimento e Oportunidades no Estado de Pernambuco

O Estado de Pernambuco tem a lenha como uma das principais fontes de energia. A demanda é crescente por ser um recurso bastante requisitado e disputado em diversas atividades (PAREYN, 2010).

A lenha utilizada no Estado vem do bioma Caatinga, uma área que sofre uma forte pressão extrativista sobre a vegetação. A ação antrópica se processa com grande intensidade, exigindo estratégias para conter a devastação florestal que incluam a aplicação de técnicas de plantio, planos de manejo florestal, bem como medidas para evitar o processo de savanização, propiciada pela prática inadequada de exploração florestal (SILVA, 2008-2009).

O desenvolvimento local de qualquer região está diretamente associado à oferta de energia.

A Figura 7 a seguir mostra como é feito o corte através de um plano de manejo, onde muitas vezes a madeira é separada por diâmetro e empilhada para comercialização.



Figura 7: Manejo Florestal da Caatinga

Fonte: Manejo Florestal para Técnicos. Associação de Plantas do Nordeste, APNE, Brasil (2014).

Autor: João Vieira

O manejo florestal garante o corte legalizado da lenha e seu ciclo de crescimento, também gera trabalho e renda as famílias locais. Todavia, não são suficientes para comportar a demanda. Os planos de manejo no Nordeste utilizam o corte raso, porém o ciclo de corte determinado por normativas não consideram a capacidade de regeneração da vegetação, tornando a atividade, muitas vezes não sustentável (LIMA, 2016). Os Planos de Manejo Florestal estabelecem o ciclo de corte mínimo de 15 anos, podendo, diminuir o tempo, desde que haja a comprovação científica, de que a vegetação consegue se regenerar em menor tempo (CPRH, 2006).

Experimentos realizados em áreas de Caatinga, onde a precipitação é baixa, já comprovaram que esse tempo não é suficiente para que a vegetação consiga se regenerar (BARRETO, 2013; FERRAZ et al., 2014).

As atividades econômicas ligadas aos recursos energéticos provenientes da madeira mostram que a introdução das florestas plantadas constitui uma alternativa viável como fonte de energia, além de preservar a vegetação nativa, traz benefícios como o aumento da produtividade, o seqüestro de carbono, geração de empregos e melhoria na qualidade de vida.

No território pernambucano alguns plantios de Eucaliptos já estão sendo testados para abastecer a demanda energética, no Pólo Gesseiro em Araripina, a estação experimental traz

resultados positivos, obtendo madeira com rotação de 5 anos, tempo de rotação menor que o da Caatinga, além de estar construindo uma base científica fundamentada em pesquisas desenvolvidas na região (SILVA, 2008-2009).

A Usina Petribu S/A, situada na Zona da Mata em Pernambuco tem tradição no plantio de cana de açúcar e usa a biomassa do resíduo para a cogeração de energia. Em 2015 iniciou um plantio de mudas de eucaliptos em áreas de declive acentuado onde o plantio de cana não era tão atrativo pelos custos elevados. O plantio é destinado para produção de energia o ano inteiro, já que no sistema antigo a geração era feita somente na época de colheita da cana (JORNAL DO COMMERCIO/ECONOMIA, 2015).

A utilização de resíduos urbanos pode ser um ótimo recurso energético, uma vez que o estado gera grande quantidade do mesmo, dando um destino mais nobre a esse material.

A geração de energia é uma questão fortemente discutida nos dias atuais. O desenvolvimento tecnológico e industrial faz com que a demanda aumente a cada dia. A crise energética é uma realidade mundial. Como as reservas de combustíveis fósseis são finitas e poluidoras, com custos demasiadamente elevado, novas alternativas estão sendo buscadas para enfrentar essa realidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biomassa florestal é uma alternativa de geração de energia limpa e sustentável, sendo uma aliada ao desenvolvimento no setor.

A energia gerada pela biomassa florestal seja ela oriunda dos plantios de florestas energéticas ou resíduos de sua industrialização, demonstra ter viabilidade para abastecer parte significativa da demanda de mercado.

A lenha, o carvão vegetal e a biomassa florestal produzem hoje energia para diferentes setores, gerando emprego e renda. Os problemas enfrentados estão associados ao desmatamento ilegal, baixo poder calorífico e custos elevados com sistemas mais eficientes, porém, possivelmente contornáveis, além do que, geram oportunidades em diferentes áreas do conhecimento e suas práticas.

A sustentabilidade desses recursos energéticos está diretamente ligada à sua capacidade de reposição.

A biomassa florestal é uma alternativa viável no Brasil, com previsões de expansão uma vez que a procura pelo recurso tem aumentado. É uma área que vem empregando cada vez mais.

O sistema que apresenta maior desempenho energético a partir da biomassa florestal é a geração e cogeração que produz simultaneamente energia térmica e elétrica.

5.1. Considerações da biomassa no estado de Pernambuco

O estado de Pernambuco adota a lenha em diversos setores, seu uso vem da exploração da Caatinga, vegetação que apresenta um processo lento de regeneração, e à longo prazo não vai suprir a demanda energética. Alternativas para o uso dessa fonte energética, que é renovável e sustentável, estão na implantação de florestas plantadas e energéticas, na utilização de resíduos florestais, agrícolas e urbanos, na diversificação das matrizes, utilizando também outras energias de fontes limpas, contribuindo positivamente para a preservação do meio ambiente, gerando empregos e renda.

REFERÊNCIAS

- ABC no SENAR. **O Brasil é um dos Maiores Produtores de Florestas Plantadas do Mundo**. ABC no SENAR, Goiás, 2016. Disponível em: <<http://www.senar.org.br/abcsenar/>> Acesso em 12/09/2017.
- ABREU, V.; OLIVIRA, G.; GUERRA, M. G. **Energia, Economia, Rotas Tecnológicas**. 2010. Disponível em:<<http://www.www.eumed.net/libros/2010/827/>>. Acesso em: 10/12/2016.
- ACHÃO, C. C. L. **Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- AGROICONE – Oportunidades para Florestas Energéticas na Geração de Bioenergia. 2015. Curitiba- Paraná. Disponível em: <<http://www.agroicone.com.br/>> Acesso: 14/11/2016.
- ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília. 2002. Pg. 51 a 61. Disponível em:<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso: 10/08/2016.
- ANNUAL ENERGY OUTLOOK 2017. With projections to 2050. January 5, 2017. Disponível em: < [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2017).pdf)> Acesso em: 12/09/2017.
- APNE- ASSOCIAÇÃO DE PLANTAS DO NORDESTE. Manejo da Caatinga para alunos da UFRPE. Recife, 2014.
- ATECEL- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA CIENTÍFICA ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA. Diagnóstico energético do setor industrial do Pólo Gesseiro da meso região de Araripina-PE. Campina Grande, 2006, 126p.
- BACCHI, M. R. P. **Brasil - gerando energia de biomassa, limpa e renovável**. 2006. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro>>. Acesso em: 15/09/ 2016.
- BARBOSA, W. B. **Demanda de Biomassa Florestal e a Problemática Ambiental Associada à Extração Vegetal: Abordagem no Pólo de Confecções do Agreste Pernambucano**. 2011. 71 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.
- BARRETO, T. N. A. **Dinâmica de espécies lenhosas em áreas de caatinga, Floresta-PE**. 2013. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Disponível em: <http://200.17.137.108/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1857>. Acesso em: 20/09/2017.
- BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. Etanol-Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. 2015. Disponível em:<[https://www.google.de/search?q=embrapa+2015+O+processo+de+hidr%C3%](https://www.google.de/search?q=embrapa+2015+O+processo+de+hidr%C3%92)

B3lise+objetiva+quebrar+as+macromol%C3%A9culas+de+celulose+ou+hemicelulose+para+chegar+aos+a%C3%A7%C3%BAcares,+e+depois+seguir+para+o+processo+de+fermenta C3%A7%C3%A3o+(&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwilmbDspt_VAhUBvZAKHVS9B8gQBQgjKAA&biw=1517&bih=735>. Acesso em: 10/07/2016.

BEN- Balanço Energético Nacional. 2015/2016. Disponível em:<
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PSZmeFLgVYJ:https://ben.epe.gov.br/+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=dehttp>>. Acesso em: 10/12/2016.

BITTENCOURT, H. H. **A Matriz Energética no Desenvolvimento Sustentável de Pequenas Propriedades Rurais**. 2005.42 f. Tese (Graduando em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC.

BRAGA, J. L. P. **Estabilidade Fenotípica de Clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim- Aparecida-SP**. 2008. 27 f. Tese (Graduando em Ciências Agrárias) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas-Seropédica – RJ. Disponível em:<http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Jose_Lucio_Pereira_Braga.pdf>. Acesso em: 10/08/2017.

BRAND, M. A. **Energia de Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131f.

BRASIL Decreto Nº 4.541, de 23 de dezembro de 2002 (Revogado pelo Decreto nº 9.022, de 2017). Fixa normas, nos termos dos incisos IV e VI, do parágrafo único do art. 84 da Constituição Federal, e tendo em vista o disposto no art. 4º da Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, no art. 3º da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nos art. 13 e art. 14 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, no art. 13 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, no art. 23 da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no art. 3º da Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, e nos art. 21-A e art. 21-B da Lei nº 12.783, de 11 de janeiro 2013. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9022.htm#art41>. Acesso em: 15/08/17.

BRASIL Decreto Nº 7.390, de 09 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 15/08/17.

BRASIL Lei N.º 3.529, de 2012. Institui a política nacional de geração de energia elétrica a partir da biomassa, estabelece a obrigatoriedade de contratação dessa energia e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/980948.pdf>>. Acesso em: 15/08/17.

BRITO, J. O. **Madeira para energia: a verdadeira realidade do uso de recursos florestais**. Silvicultura. Ano XI. Edição especial. p. 188-193, 1986.

BRITO, J. O. **O uso energético da madeira**. 2007. Estudos Avançados. São Paulo, vol.21, n. 59. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a14v2159.pdf>>. Acesso em: 11/10/2016.

BRITO, J. O. ; BARRICHELO, L. E. G. **Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustível.** In: 2- Seminário de abastecimento energético industrial com recursos florestais. São Paulo, SP. 101-137 p. 1982. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28882/D%20%20PAULO%20JOSE%20PRUDENTE%20DE%20FONTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15/08/17

CAMPELLO, F. C. B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras- A questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da região do Araripe-PE.** 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. Disponível em: <http://200.17.137.108/tde_arquivos/8/TDE-2002-01-02T150305Z764/Publico/Francisco%Carneiro%Barreto%Campello.pdf>. Acesso em: 17/11/2016

CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética.** 2012. 112 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro- RJ.

CELULOSE ON LINE– Mato Grosso do Sul ganha destaque na geração de energia a partir da queima da madeira. 2015. Disponível em: <<http://celuloseonline.com.br/ms-ganha-destaque-na-geracao-de-energia-a-partir-da-queima-da-madeira/>> Acesso em: 10/08/2017

CHOHFI, F. M.; DUPAS, F. A.; LORA, E. E. S. **Balanço, análise de emissão e sequestro de CO₂ na geração de eletricidade excedente no setor sucro-alcooleiro.** 2004. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá- MG. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100031&script=sci_arttext> Acesso em: 17/01/2017

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema. SP.** 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba- SP.

COLLARES, P, M. **Energias Renováveis, a Opção Inadiável.** 1998. Disponível em: <http://energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?IDconteúdo=64&Id_area=2&Id_sub_area=2>. Acesso em: 12 de novembro de 2016.

CORTEZ, L. A. B., LORA, E. S. **Biomassa para Energia. Campinas.** 2006. 817p.

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

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Instrução Normativa CPRH n° 007/2006.** Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/IN%20007%2006.doc>>. Acesso em: 10/06/ 2017.

CUNHA, C, R. **Avaliação de impactos imediatos da retira de eucalipto em sub-bosque avançado, na APTA- Polo Regional Alta Mogiana, município de Colina/SP.** 2012.134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade de São Paulo. Escola Superior de

Agricultura Luiz e Queiroz. Piracicaba, SP. Disponível em:
<<http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT10-296-28320120628145128.pdf>>. Acesso em: 15/08/2017.

DICIONARIO INFORMAL. Disponível em:
<<http://www.dicionarioinformal.com.br/carboniza%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 10/07/2017.

DICIONARIO INFORMAL. Disponível em:
<<http://www.dicionarioinformal.com.br/hidrolise/>>. Acesso em: 15/08/1017.

EMBRAPA. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. 2012. Embrapa Agroenergia. Brasília, DF. Disponível em:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/952626/1/DOC13.pdf>> Acesso em: 20/05/2017.

ELOY, E. **Quantificação e Caracterização da Biomassa Florestal em Plantios de Curta Rotação**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, RS.

EXAME, Energia de Biomassa tem Espaço para Crescer, estúdio abc, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/energia-de-biomassa-tem-espaco-para-crescer/>> Acesso em: 24/09/2017.

FERRAZ, J. S. F. et al. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de caatinga, no município de Floresta, Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1055-1064, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000600010>>. Acesso em: 15/10/2016.

FILHO, M. C. Q. B. **Caracterização dos centros de influência do Setor Florestal Brasileiro**. 2008. 41 f. Tese (Graduando em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Seropédica - RJ Disponível em: <http://www.if.ufrjr.br/inst/monografia/2008II/Monografia_Mauro.pdf>. Acesso em: 15/08/2017.

FOELKEL C. **Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade**. EUCALYPTUS ONLINE BOOK. 2016. Disponível em: <www.eucalyptus.com.br> Acesso em: 17/01/2017.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 1971. Disponível em: <<http://ipef.br/publicacoes/scientia/nr02-03/cap04.pdf>> Acesso em: 05/02/2017.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência Energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos Resíduos**. 1994. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28882/D%20%20PAULO%20JOSE%20PRUDENTE%20DE%20FONTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15/08/2017.

GADELHA, F. H. L. et al. Produtividade De Clones De Eucaliptos Em Diferentes Sistemas De Manejo Para Fins Energéticos. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v. 35, p. 263-270, 2015. . Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/283666146_produtividade_de_clones_de_eucaliptos_em_diferentes_sistemas_de_manejo_para_fins_energeticos> Acesso em:20/08/17.

GARSTANG, J. et al. **Identification and characterisation of factors affecting losses in the large-scale, nonventilated bulk storage of wood chips and development of best storage practices.** 2002. 116f. FES B/W2/00716/RESP.DTI/Pub urn 02/1535, Relatório técnico.

GRAUER, A.; KAWANO, M. **Uso de biomassa para produção de energia.** Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem, v.1, n. 5, 2001.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de Eucalyptus: princípios básicos e a sua evolução no Brasil.** Circular Técnica, IPEFn. 192. 2000. Disponível em:<<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>>. Acesso em: 15/12/2016.

HOFF, D. N. et al. **O Setor De Base Florestal Da Serra Catarinense E A Emergência De Um Ecossistema Industrial.** RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental Jan. - Abr. 2008, V. 2, Nº1, p. 54-7. Disponível em:
<file:///C:/User/Downloads/Hoff_Brand_Rathmann_Pedrozo_2008_O-setor-de-base-florestal-da-s_1255.pdf>. Acesso em: 16/08/2017.

IBÁ- INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria de Árvores Plantadas na Geração de Energia.** 2016. Disponível em:
<<http://iba.org/pt/9-conteudo-pt/666-aproveitamento-de-residuos-da-industria-de-arvores-plantadas-na-geracao-de-energia>>. Acesso em: 05/03/2017.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/webcart/tabelas.php>>. Acesso em: 05/03/2017.

IMA, I. M. **Aproveitamento Energético do Lodo de Etei de Indústria de Papel no Município de Correia Pinto- SC.** 2010. 39 f. Tese (Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina- Centro Tecnológico. Florianópolis- SC. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/124491/204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15/08/2017.

JUNIOR, E. F. C. et al. Indústria Moveleira E Resíduos Sólidos: Considerações Para O Equilíbrio Ambiental. **Revista Educação & Tecnologia.** Curitiba, PR. Editora do CEFET-PR, v.8, p. 209 - 228, 2004.

JUNIOR, H. J. E. **Caracterização físico-química da biomassa produzida em sistemas florestais de curta rotação para geração de energia.** 2015. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu-SP. Disponível em:
<<file:///C:/Users/Jeniffer/Desktop/composi%C3%A7%C3%A3o%20quimica%20imediata.pdf>> Acesso em: 15/08/2017.

LAMTEC- LABORATÓRIO DE AMBIENTE MARINHO E TECNOLOGIA. Energias Renováveis e Biocombustíveis. 2017. Disponível em: <<http://www.lamtec-id.com/energias/biocombustiveis.php>> Acesso em: 10/08/2017.

LEAL M. R. L. V. **O potencial de aproveitamento da energia da biomassa.** Inovação Uniemp v.1 n.3 Campinas. 2005. Disponível em: <<http://inovacao.scielo.br/scielo>> Acesso em: 10/02/2017.

LELIS, A; SILVA, D. J. **Análise comparativa entre três métodos de determinação de densidade básica da madeira: medição direta de volume, medição indireta de volume-balança hidrostática e máximo teor de umidade.** 1993. 20f. Relatório técnico. Disciplina ENF 353-Tecnologia da madeira. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIMA, T. L. **Reconstituição Da Composição, Estrutura E Biomassa Arbustiva-Arbórea A Partir De Cepas Em Caatinga Sob Manejo Florestal.** 2016.75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

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

MEDEIROS, C. M. **Caracterização Físico-Química De Resíduos Sólidos Da Indústria De Celulose E Papel Para Fins Energéticos.** 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis). Universidade Federal Da Paraíba- Centro De Energias Alternativas E Renováveis Programa De Pós-Graduação Em Energias Renováveis. João Pessoa-PB. Disponível em:<http://www.cear.ufpb.br/arquivos/ppger/documentos/Cintia_Maria_de_Medeiros_-_VERSAO_FINAL.pdf> Acesso em: 10/08/2017.

MELLO, M. G. **Energia Renovável E Desenvolvimento- Um Projeto Soberano De Autodesenvolvimento.** 2007. Disponível em:<<http://escoladabiomassa.blogspot.com.br/2007/>> Acesso em: 14/08/2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2009. **Contribuições Brasileiras para a mitigação das mudanças climáticas.** Governo do Brasil. 24 f. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf> Acesso em: 10/02/2017.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA-SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO. 2006-2007. **Energético Plano Nacional de Energia 2030.** 42f. Disponível em:<<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>> Acesso em: 20/04/2017.

MIRANDA, M. A. S. **Potencial da Biomassa Florestal para Produção de Energia Térmica Industrial.** 2015. 61 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo, 2000.

- MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira**. 1ª. Edição: 2005. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal- UFPR. Disponível em:<<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>>. Acesso em: 15/02/2017.
- NASCIMENTO, B. B. **Efeito da cinza de Biomassa Florestal na fertilidade e na sorção de imazetapir em solos ácidos**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade de São Paulo, Piracicaba- SP.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S.; TROSSERO, M. A.; FRISK, T. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000.
- NUNES, L. J. R. **A Utilização de Biomassa como Alternativa Energética para a Sustentabilidade e Competitividade da Indústria Portuguesa**. 2015. 24 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão Industrial). Covilhã: UBi – Engenharia.
- OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono**. 2009. 98f. Tese (Graduação em Engenharia Elétrica)- Universidade de São Paulo- SP. Disponível em:< file:///C:/Users/Jeniffer/Downloads/Oliveira_Rafael_Deleo_e.pdf>. Acesso em: 15/08/2017.
- ORELLANA, B. B. M. A. **Quantificação da biomassa e Potencial Energético de *Tachigalivulgarisem* áreas plantadas no estado do Amapá**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília- DF. Disponível em:<http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18303/1/2015_BrunaBarbaraMacielAmorasOrellana.pdf>. Acesso em: 15/08/2017.
- PAES, F. A. S. V. et al., **Impacto do Manejo dos Resíduos da Colheita, do Preparo do Solo e da Adubação na Produtividade de Eucalipto**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, p.1081-1090. 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n4/25.pdf>>. Acesso em: 15/08/2017.
- PAIXÃO, C. P. S.; FERREIRA, E.; STACIHW, R. **Produção e destinação dos resíduos gerados em serrarias no município de Rolim de Moura – RO**. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia v. 3, n. 1, p. 47-56, 2014.
- PAREYN, F. G. C. **Os Recursos Florestais Nativos e sua Gestão no Estado de Pernambuco – O Papel do Manejo Florestal Sustentável**. 2ª. Edição: 2010. 99 a 113 pg. Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília-DF.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. **Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas ao uso de Resíduos Florestais para Fins Energéticos** - Sumário Executivo - 2009 Curitiba-PR
- PREFEITURA DO RECIFE. **Prefeitura Investe na Utilização de Adubo Sustentável**. Recife: Cultura, 2012.

PUENTES, R. S. E. S.; **Expansão das Florestas Plantadas com fins Energéticos no Brasil e sua Influência nas Emissões dos Gases de Efeito Estufa- GEE: Análise de dois Cenários Futuros**. 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro- RJ.

QUE CONCEITO DICIONARIO ONLINE. Disponível em:
<queconceito.com.br/fermentacao>. Acesso em: 26/01/2016.

QUEIROZ, S. C. S. **Efeito das características anatômicas e químicas na densidade básica da madeira e na qualidade da polpa de clones híbridos de Eucalyptus grandis x Urophylla**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Disponível em:
<<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6668/texto%20completo.pdf?sequence=1>> .Acesso em: 15/08/2017

REGUEIRA T. M. **Comparação entre a eficiência de dois modelos de fogão à lenha e seus impactos sobre o desmatamento da Caatinga**. 2010. 38f. Tese de Conclusão de Curso (Ciências biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Recife-PE.

REMADE-REVISTA DA MADEIRA - EDIÇÃO Nº59 - SETEMBRO DE 2001. **O Eucalipto e Suas Origens**. Disponível em:
<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=20> Acesso em: 15/08/17.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. **Os Recursos Florestais Nativos e sua Gestão no Estado de Pernambuco – O Papel do Manejo Florestal Sustentável**. 2ª. Edição: 2010. p. 99 -113. Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília-DF.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus camaldulensis para energia**. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

ROMÃO, E. L. **Tratamento para redução de metais alcalinos, enxofre e cloreto em celulignina destinada á obtenção de gás de síntese como substituto do gás natural para geração de energia termoelétrica em turbinas a gás**. 2011. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena-SP. Disponível em: <file:///C:/Users/Jeniffer/Downloads/EMT11002.pdf> Acesso em: 15/08/17

SAMPAIO, A. N. **Os Eucaliptos no Brasil**. 1975. Disponível em:<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2002_Os%20Eucaliptos%20no%20Brasil.pdf> Acesso em: 15/08/2017.

SANCHES, O. A.; YONEZAWA, J. T.; ZEN, S. **Evolução do cultivo mínimo em reflorestamentos na Cia. Suzano de papel e celulose**. In: Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas. 1. Curitiba, 1995. Anais. Curitiba, CNP Floresta, IPEF, UNESP, SIF, FUPEF, 1995.140-147pg.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria, Cana-de-Açúcar e Espécies Florestais**. 2013. Viçosa- MG.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e Modelagem do Crescimento de Florestas Energéticas de Eucalipto Plantadas em Diferentes Densidades**. 2007. 137 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR.

SEIXAS, F. et al., **Harvesting Short-Rotation Woody Crops (Srwc) For Energy**. 2006. RENABIO. Biomassa & Energia, v.3, n.1, pág. 1-16.

SILVA, A. N. M. et al., **A Biomassa Florestal (lenha) como Insumo Energético**, Custos e @gronegocio on line, Recife, v. 4, n. 3 - Set/Dez - 2008. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v4/biomassa%20florestal.pdf>> Acesso em: 24/09/2017.

SILVA, C. A. S; COSTA, J. A. R. **Materiais de Construção Civil-PA** 2013. Semana de Engenharia da Faculdade Ideal.

SILVA C. R. A. et. al. **A Biomassa Como Alternativa Energética Para O Brasil**. 2005. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. N.2. Disponível em:<http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/02-09_artigo_4_artigos83.pdf> Acesso em: 15/08/2017

SILVA, E.R; PEDROSA, I. V. **A exploração da lenha da caatinga como fonte de energia para as lavanderias de jeans em Toritama – Pernambuco**. 2010

SILVA, J. A. A. **Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucaliptos no Pólo Gesseiro do Araripe Pernambucano**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, UFRPE/PE vols. 5 e 6, p.301-319, 2008-2009.

SILVA, L. L. H. et al **Características Dendrométricas, Físicas e Químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala***. 2017, v. 24. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Patos/PB, Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2179-80872017000100134> Acesso em: 20/09/2017

SINDUSGESSO. **Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco**. Disponível em:<<http://www.sindusgesso.org.br/crescimento-economico-do-polo-gesseiro-nos-ultimos-seis-anos>>Acesso em: 20/09/2017

SOARES, T. S. et al **Uso da biomassa florestal na geração de energia**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal- FAEF, Garça, v. 8, n. 8, ago. 2006.

STEPHANOU, J. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um Modelo Integrado que gera Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais. Sustentabilidade: Resultados de Pesquisas do PPGA/UFRGS**. Porto alegre, 2013. Disponível em:<<http://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?cat=15>> Acesso em: 25/05/2017.

TRUGILHO, P. F. **Energia da Biomassa Florestal**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais- MG. 2009. Disponível em:<

<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Palestras/Palestra-05.pdf>> Acesso em: 20/02/2017.

WIECHETECK, M. Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas ao uso de Resíduos Florestais para fins Energéticos. 2009. Sumário Executivo- Curitiba- PR.

UHLIG, A. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 2008. 156 f. Tese (Doutorado em Energia)-Universidade de São Paulo-SP. Disponível em:<http://www.acendebrasil.com.br/media/academicas/UHLIG_Tese1.pdf>Acesso em: 20/02/2017.