

DENDROENERGIA: UMA REVISÃO

SANTOS, Fernando Almeida¹

TELLES, Priscila²

INDA, Adryanne Valery Carvalho²

GEREMIA, Arthur da Rocha³

Recebido em: 2016.02.01

Aprovado em: 2016.04.19

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1658

RESUMO: A dendroenergia é definida como a energia obtida a partir da biomassa da madeira, que corresponde por 87% da bioenergia consumida mundialmente. O emprego da madeira como matéria-prima para obtenção de energia tem grande potencial devido sua abundância e ampla utilização. A partir dos resíduos florestais, industriais, urbanos, e plantações, podem-se obter diferentes produtos, como carvão vegetal, licor negro e metanol, aos quais aplicados técnicas de processamento e transformação, podem ser utilizados para geração de energia elétrica e biocombustíveis. Portanto, a utilização da biomassa da madeira também apresenta-se como alternativa para reduzir a dependência de fontes de energia não-renováveis e reduzir a emissão de gases agravadores do efeito estufa. Com isso, o objetivo deste artigo é apresentar um panorama geral sobre a biomassa da madeira para geração de energia, abordando as principais características, aplicações, aspectos ambientais e socioeconômicos.

Palavras-chave: Dendroenergia. Biomassa. Bioenergia.

SUMMARY: Dendroenergy is, per definition, the energy obtained by the wood biomass, it corresponds to 87% of the world's consumption of bioenergy. The utilization of wood as a raw material for the production of energy has a high potential due to its abundance, and extensive usage. It is possible to obtain different products by the waste of forests, industries, urban centers, and plantations, such as vegetable charcoal, black liquor, and methanol, when applied certain techniques of processing and transformation, they can be used in the production of electric energy and biofuels. Therefore, the usage of wood biomass also represents an alternative to reduce the need of nonrenewable energy, witch impacts on the greenhouse gas reduction. Furthermore the objective of this paper is to present an overview about the wood biomass used to generate to energy, discussing main characteristics, application, environmental and socioeconomic aspects.

Keywords: Dendroenergy. Biomass. Bioenergy.

INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial é constituída majoritariamente por fontes de energia não renováveis, como carvão, derivados do petróleo e gás natural, sendo estes os maiores agravadores do efeito estufa, devido à emissão de dióxido de carbono. Com a crescente demanda energética mundial, devido ao crescimento populacional e econômico, os recursos energéticos derivados do petróleo tendem a escassez, acendendo cada vez mais a busca fontes de energia alternativas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009; VIEIRA, 2014).

Como fontes de energia alternativas destacam-se as fontes renováveis, como energia eólica, solar, hídrica, e biomassa, totalizando cerca de 14% da energia gerada no mundo. Em países em desenvolvimento, o consumo de energia proveniente da biomassa pode chegar em 34%, com destaque à África com cerca de 60%, a qual é utilizada basicamente para cocção de alimentos. No Brasil, as fontes de energia renováveis representam o total de 41% da energia consumida, sendo que cerca de 25% representa

¹ Pós doutor; Prof. Adjunto pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul -

² Engenheira de Energia: priscilatelles3@gmail.com - adryanne.valery.c.ind@gmail.com

³ Engenheiro de Energia - arthurgeremia@gmail.com

a energia proveniente da biomassa, como a utilização da cana-de-açúcar, biocombustíveis e madeira (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

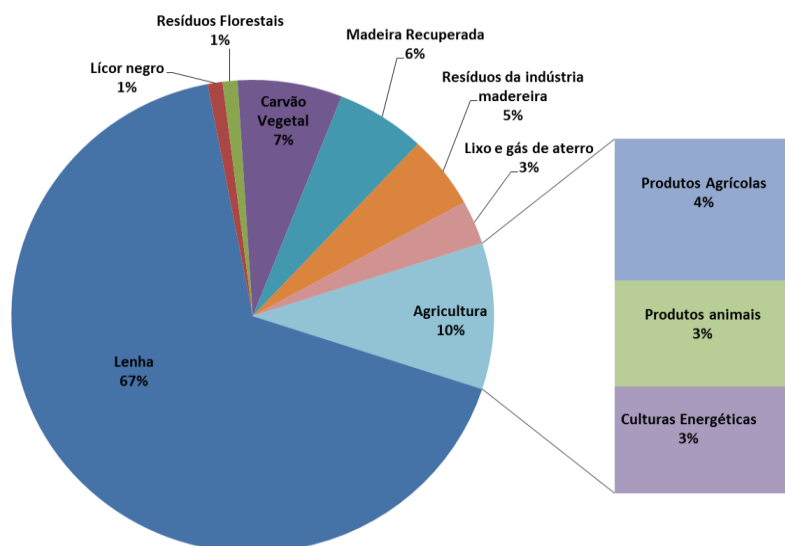
De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2014), os principais setores consumidores de biomassa são o industrial, com 51,1%, setor energético, com 18,1% o residencial, com 9,1%, e de transportes, com 17,5% do consumo final. Em relação ao decênio 2004-2013, houve um acréscimo de 4,1% na utilização da biomassa no setor energético, já no setor residencial, o consumo decaiu, devido a maior utilização de gás liquefeito do petróleo para cocção de alimentos, e no setor de transportes, houve um aumento no consumo igual 5,2%, devido a maior utilização do álcool.

Como fonte de energia renovável, a biomassa se destaca pelo emprego de diversas matérias-primas, com diferentes tecnologias para processamento e transformação de energia, desempenhando um papel fundamental no contexto ambiental, energético e socioeconômico (VIEIRA, 2014, CORTEZ, 2008).

A biomassa pode ser definida como qualquer matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, propensa a ser transformada em energia. Pode ser obtida a partir de materiais não-lenhosos, materiais lenhosos, como a madeira, resíduos orgânicos, e biofluidos, como é o caso dos óleos vegetais obtidos a partir da soja e da mamona (CORTEZ, 2008).

Em relação às matérias-primas empregadas como fontes para suprimento da biomassa, observa-se na Figura 1 a predominância da lenha como fonte de energia, seguida dos derivados da madeira, como carvão vegetal, resíduos florestais, no âmbito mundial (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009).

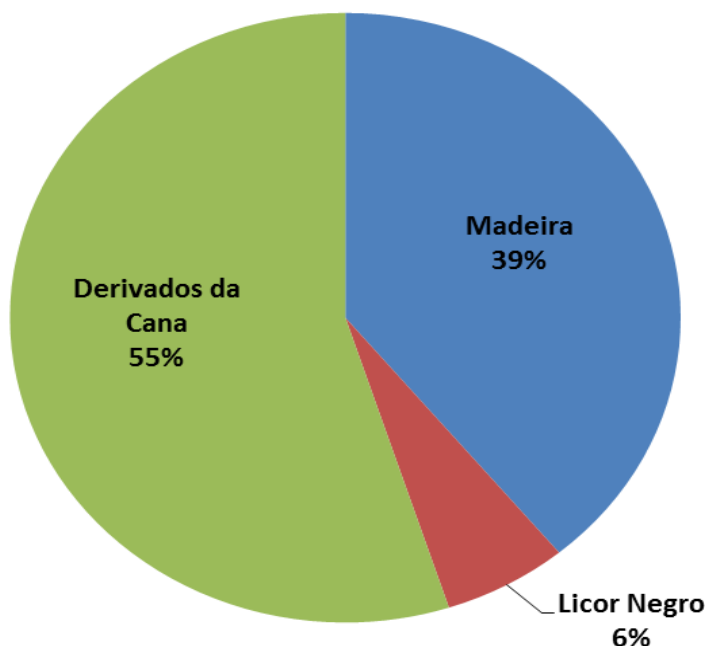
Figura 1 – Matérias-primas utilizadas como base para biomassa no mundo.



Fonte: Adaptado de International Energy Agency (2009).

Na Figura 2 consta a composição das fontes de energia com base na biomassa no Brasil. Destaca-se o uso dos derivados da cana-de-açúcar (55%), como por exemplo, o álcool anidro e o hidratado, e seguido pelo uso da madeira (39%), empregada em indústrias de papel e celulose (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2009).

Figura 2 – Matérias-primas utilizadas como base para biomassa no Brasil.



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2009 *apud* VIDAL, 2011).

A diferença das matérias-primas empregadas na biomassa entre o perfil nacional e o perfil mundial, se deve pelo fato de que o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, enquanto que a madeira é amplamente utilizada em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, para cocção e aquecimento. Também destaca-se a participação do licor negro em âmbito nacional, visto que o Brasil é o uns dos maiores produtores de celulose no mundo (CORTEZ, 2008).

De acordo com Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008), os maiores produtores de madeira são a Índia, com 306 milhões de m³, a China, com 191 milhões de m³ e o Brasil, com 138 milhões de m³. Sendo estes os países com maior potencial para explorar a energia proveniente da madeira. Já os países da África, América Latina e Caribe, com 27% e 13%, respectivamente, são os que mais utilizam a biomassa da madeira no mundo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014).

Em relação ao Brasil, este possui cerca de cinco milhões de quilômetros quadrados de floresta nativa, equivalente a 64% do território total do país, além de vinte nove mil quilômetros quadrados de reflorestamento de eucalipto, tornando-se o segundo maior produtor mundial de madeira. Em 2003, o país consumiu cerca de quatro milhões de metros cúbicos de madeira para gerar energia em indústrias (CORTEZ, 2008).

A energia obtida a partir da biomassa de materiais lenhosos, como no caso a madeira, denomina-se dendroenergia. A biomassa da madeira inclui todo o material da árvore, como folhas, tronco, ramos, casca, raízes e até mesmo os resíduos da serragem. Esta pode ser classificada em energia primária, como a madeira e os resíduos florestais, industriais e urbanos, e em energia secundária, como por exemplo, carvão vegetal e eletricidade. É possível obter energia da biomassa da madeira por meio da combustão direta dos materiais lenhosos para cocção, secagem e produção de carvão vegetal, e também por meio de tecnologias avançadas de conversão e processamento, como na geração de energia elétrica e na produção de biocombustíveis (CORTEZ, 2008).

Assim, o presente artigo tem como objetivo principal apresentar um panorama geral sobre a dendroenergia, abordando as principais características, técnicas de obtenção, processamento da biomassa,

aplicações e aspectos ambientais e socioeconômicos.

1 DENDROENERGIA

A seguir serão abordadas as definições, características, principais espécies de madeiras, técnicas de obtenção e processamento, subprodutos, aplicações e aspectos ambientais e socioeconômicos da biomassa da madeira.

1.1 Aspectos ambientais e socioeconômicos

Em relação aos aspectos socioeconômicos, a utilização da biomassa da madeira para geração de energia pode proporcionar um amplo desenvolvimento econômico em regiões de plantios florestais. O PIB florestal representa 4% do nacional, isto equivale a U\$ 22 bilhões, dos quais U\$ 4,2 bilhões são obtidos através de indústrias como siderurgia a carvão vegetal. Além disso, a qualidade de vida nestas regiões apresentou melhoras significativas, devido à geração de empregos, renda e arrecadação de impostos. Cerca de 2 milhões de empregos diretos e indiretos são gerados, sendo uma grande parcela empregada na área de reflorestamento e plantações (CORTEZ, 2008).

Em relação aos aspectos ambientais, a dendroenergia mostra-se como uma forte aliada aos programas ambientais que buscam a diminuição de emissões de dióxido de carbono na atmosfera, tendo em vista a biomassa como fonte de energia renovável sendo alternativa aos combustíveis fósseis. Como estratégias mais eficientes no uso das florestas, destacam-se o uso dos plantios com baixa produtividade e grande reserva de biomassa contribuindo para o sequestro de carbono, e as terras degradadas poderiam ser reabilitadas, reflorestadas e manejadas para a geração de energia, tornando um sistema integrado de sequestro de carbono. Alguns estudos científicos indicam que para cada tonelada de matéria seca produzida em florestas plantadas, será retirada do ar 1,8 tonelada de dióxido de carbono e liberada 1,3 tonelada de oxigênio para a atmosfera (GUT, 1998 *apud* CORTEZ, 2008; ROSILO-CALLE, 2008).

A dendroenergia apresenta-se como uma importante alternativa econômica, social e ambiental, já que é ambientalmente sustentável, proporciona geração de trabalho e renda no campo, melhoria da qualidade do solo, e ocupação de áreas improdutivas. A utilização da biomassa de madeira torna-se sustentável quando o insumo é obtido por meio de manejo florestal adequado ou a partir de resíduos florestais, industriais ou urbanos. No entanto, em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, a madeira ainda é obtida a partir de desmatamentos. A contabilização adequada de todas as emissões de gases agravadores do efeito estufa, incluindo as rotas de conversão empregadas, é outro fator levado em consideração para a sustentabilidade do uso da biomassa para geração de energia (CORTEZ, 2008; VIDAL, 2011).

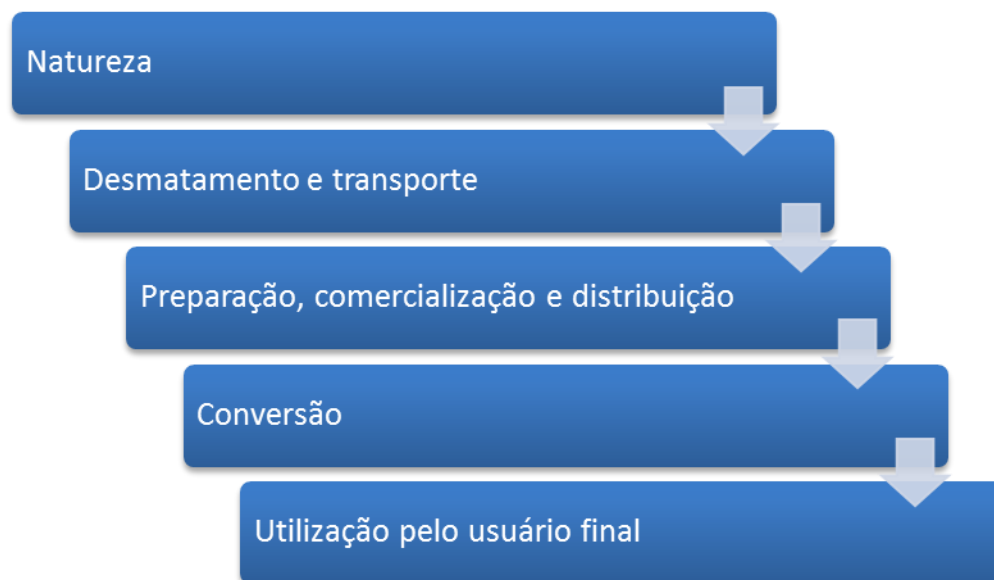
1.2 Definição e Características

Dendroenergia é a forma mais antiga de utilização de energia pelo homem, depois da energia fornecida pelo aquecimento solar. A definição de dendroenergia é, todo o tipo de energia vinda da combustão de fibras de madeira, não importando sua finalidade, seja ela para produção de energia elétrica, cozimento de alimentos, locomoção, dentre outras formas de uso da energia OY (1986).

Na Figura 3 podemos observar esquematicamente todas as etapas do processo por onde passa a madeira até o usuário final. Preferencialmente deve-se utilizar madeiras oriundas de áreas de reflorestamento. Primeiramente a madeira esta na floresta, de onde ela é retirada por desmatamento, corte

parcial, ou corte total. As toras são transportadas até o local onde ocorre o tratamento, que varia de acordo com a finalidade dendroenergética, este assunto será abordado mais profundamente no tópico 2.5 deste artigo. A madeira tratada é comercializada e distribuída, e convertida para alguma forma de energia.

Figura 3 – Processos da Utilização da Madeira



Fonte: Adaptado de Vimal (1989).

Segundo Robusti (2014), a dendroenergia pode ser considerada uma atrativa para países que visam aumentar seus créditos de carbono, pois ela estimula a produção de florestas, e sua aplicação está na área de energias renováveis, sem falarmos nos resíduos florestais, que agregam ainda mais valor econômico as florestas, o que incentiva o uso completo de seus recursos.

Na Tabela 1 podemos observar que desde o ano 2000 o Brasil vem crescendo sua produção de lenha, e uma pequena parcela desta lenha é utilizada para geração de energia elétrica, pois a maioria das termelétricas a carvão no Brasil utilizam carvão mineral. Nesta tabela também está evidenciado que desde 2005 até 2009 não houveram grandes alterações na produção de carvão vegetal, o que pode ser a razão para o pequeno crescimento do consumo final da madeira para o aproveitamento energético.

Tabela 1 – Utilização de lenha no Brasil de 2001 até 2008 em 10³ t.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	72407	76274	83758	90927	91676	91922	92371	94279
Geração Elétrica	363	420	391	412	411	666	550	1002
Produção de C. vegetal	27836	29155	34277	39702	39267	38303	39153	38892
Consumo Final Energético	44207	46699	49090	50814	51998	52949	52614	54385

Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2009)

1.3 Principais tipos de madeira utilizada

Para compreender o tipo de madeira empregada para a produção de energia precisa entender os cultivos energéticos. Esses cultivos revelam sobre o tipo de planta será usada para a produção de energia.

Nos cultivos energéticos tem-se a silvicultura que visa à utilização de técnicas de plantio e manejo de espécies florestais que possuem alta produtividade. Para esta prática cultiva-se eucalipto e pinheiro que são mais adaptadas, entretanto, dependendo do tipo de solo e clima pode-se também plantar acácias, mimosas e leguminosas (SALOMOM, 2007).

No Brasil, as espécies que melhor se desenvolveram foram o *Eucalyptus* e o *Pinus*, a primeira foi introduzida no cerrado paulista e a segunda espécie no sul do Brasil. Inicialmente essas espécies foram inseridas no Brasil como uma solução para regenerar áreas desmatadas, todavia, a silvicultura moderna possui fins industriais. A tabela a seguir demonstra a composição das florestas plantadas no Brasil segundo Associação Brasileira de Florestas Plantadas (2011).

Tabela 2 - Composição das florestas plantadas no Brasil.

Espécie	Principais Usos	Principais Estados	Área (ha)	(%)
<i>Eucalyptus</i> (<i>Eucalyptus</i> spp ²)	Energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, dormentes, postes, construção civil, óleos essenciais	MG,SP,BA, ES,MS,RS,PR,SC,PA e MA	4515730	66,6
<i>Pinus</i> spp ²	Madeira; energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, forros, ripas, móveis, resina, tintas, vernizes, solventes	PR, SC, RS,SP E MG	1794.720	26,5
Acácia (<i>Acacia mearsii</i> e <i>Acacia mangium</i>)	Madeira: energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira. Tanino: curtumes, adesivos, petrolífero, borrachas.	Rs E RR	174150	2,57
Seringueira (<i>Hevea brasiliense</i>)	Madeira: energia, celulose. Seiva: borracha.	AM	128460	1,89
Paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i>)	Lâmina e compensado, forros, palito, papel, móveis, acabamento e molduras.	PA e MA	85320	1,26
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	Construção civil (portas, janelas, lambril, painéis, fono) assoalhos e decks, móveis, embarcações e lâminas.	MT, AM, AC	65240	0,96
<i>Araucária angustifolia</i>	Serrados, L=lâminas, forros, molduras, ripas, caixotaria, estruturas de moveis, fósforos, lápis e carretéis.	PR e SC	12,110	0,18
<i>Populus</i> spp.	Fósforos partes de móveis, portas, marcenaria interior, brinquedos utensílios de cozinha.	PR e SC	4030	0,06
Outras			2740	0,04
Total			6782500	100

Fonte: Associação Brasileira de Florestas Plantadas (2011).

A Tabela 2 demonstra as espécies plantadas na silvicultura no Brasil. Analisando a tabela vê-se que *Eucalyptus* é a espécie mais plantada no Brasil conseqüentemente a mais adaptada ao clima brasileiro. O último relatório da Associação Brasileira de Florestas Plantadas (2013) demonstra que essa tendência continua com a espécie *Eucalyptus* a mais plantada com 70,8%.

As principais espécies de dendrocombustíveis utilizados no Brasil são as madeiras acácia e eucalipto. A acácia é produzida, em sua maioria, na região sul do Brasil, possui madeira densa, de 0,7 a 0,85 g/cm³ e seu poder calorífico varia de 4.800 a 4.900 kcal/kg. O Carvão oriundo da acácia possui densidade em torno de 0,3-0,5 g/cm³ e seu poder calorífico gira em torno de 6.600 kcal/kg. Devido ao grande número de espécies de eucalipto, ele é apontado como uma das melhores opções para produção de energia. Minas Gerais é o estado brasileiro com o maior número de hectares com eucaliptos plantados, cuja produtividade varia em torno de 30 a 40 m³/ha.ano. A madeira de eucalipto do tipo Grandis, possui um poder calorífico na ordem de 4.641kcal/kg e densidade de 0,479 g/cm³, já o poder calorífico do carvão está na faixa de 8.146 kcal/kg (CORTEZ, 2008).

Tabela 3 – Composição elementar da biomassa em base seca.

Biomassa	C	H	O	N	S
Pinus	49,25	5,99	44,36	0,06	0,03
Eucalipto	49,00	5,87	43,97	0,30	0,01

Fonte: Adaptado de Cortez (2008, apud GOMES, 2010).

Na Tabela 3 está expressa a composição elementar dos tipos de madeira pinus e eucalipto. Todos os componentes químicos foram expressos em porcentagem.

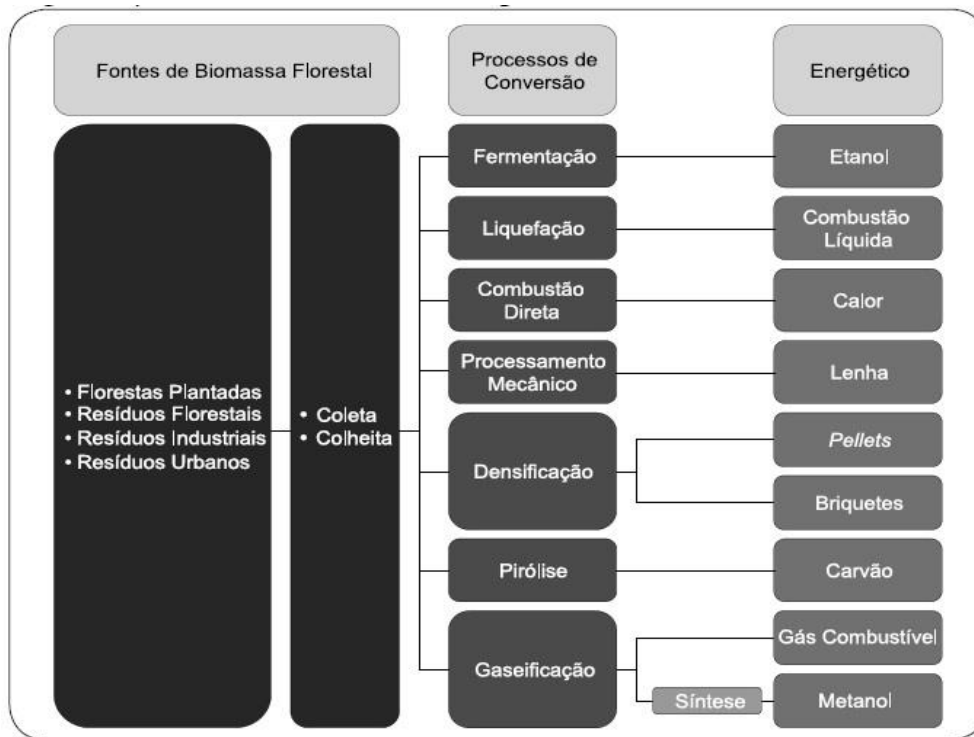
1.4 Técnicas de obtenção/Processos

Para se entender o emprego da madeira para produzir energia que o *Eucalyptus* pode ser de maneira direta, ou seja, a produção da lenha e carvão vegetal ou de maneira indireta como a utilização de subprodutos florestais para a produção de energia. Para isso, desenvolveram-se diversas técnicas mecanizadas como Feller-buncher e harvester. Em geral, as florestas plantadas tem como seu maior objetivo a produção da madeira, sendo assim, as operações básicas é de corte. Dentro destas operações compreende diversos sistemas que processam a madeira na fase da extração: sistemas de toras curtas, compridas e árvores inteiras (BANTEL, 2006).

Outra forma de aplicação interessante para a biomassa florestal é o uso dos resíduos provenientes da extração ou dos subprodutos. Entretanto, para a produção de energia a partir destes produtos é necessário desenvolvimento de tecnologia para que se torne rentável o uso. Em geral, busca-se agregar valor a estes resíduos que seriam jogados fora sem aproveitamento.

1.5 Subprodutos

Os subprodutos da madeira podem ser considerados aqueles que passam por um processo mecânico ou químico para gerar energia. A figura a seguir demonstra alguns subprodutos que possuem valor energético e podem agregar valor a resíduos que antes eram desprezados. Os processos de conversão exemplificam de que formas a madeira pode ser aplicada para a geração de energia. Dentre esses processos é importante ressaltar o resultado que pode ser um combustível intermediário ou a própria energia para o uso final.

Figura 4 - Processo de conversão energética da biomassa florestal.

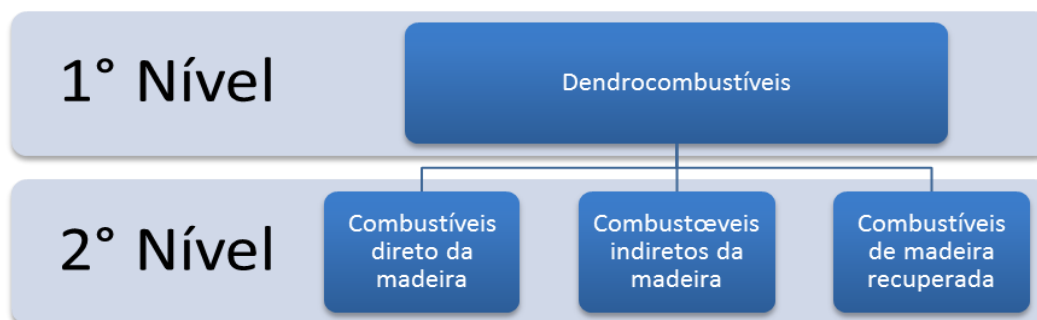
Fonte: Vidal (2011).

Resíduos de processos mecânicos da madeira podem ser utilizados para a geração de energia térmica direta ou para secagem da madeira. Entretanto, o problema consiste no subproduto dos processos industriais como o processo para a produção de papel. Pesquisas tecnológicas demonstram possíveis soluções como a gaseificação do licor negro subproduto da produção do papel (SANTOS, 2007).

1.6 Aplicações

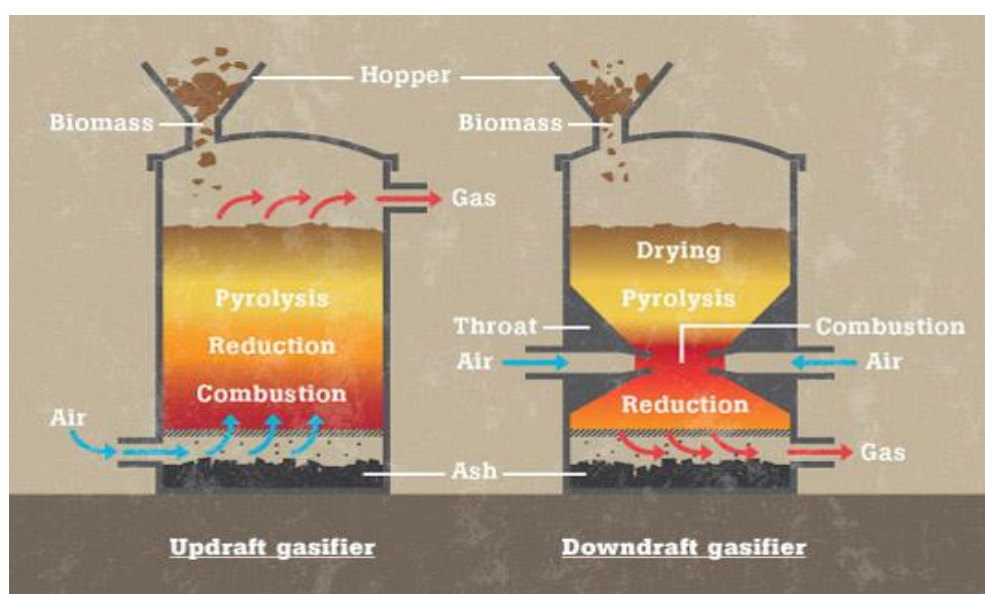
Existem diversas formas de utilização da dendroenergia, podemos ressaltar que ela é mais consumida na forma de lenha e carvão vegetal. O carvão vegetal é produzido dependendo do uso final. Segundo Rosillo-Calle (2008), a utilização do carvão vegetal para a produção de ferro-gusa, deve ter um teor de carbono fixo superior a 75%, já para uso doméstico, na calefação, por exemplo, pode chegar a ter um teor de carbono fixo menor que 40%.

O Biocombustível da madeira, também denominado dendrocombustível, pode ser subdividido em dois níveis, o primeiro que engloba todos os tipos de dendrocombustíveis, e o segundo que seria subdividido em três níveis, combustíveis direto da madeira, combustíveis indireto da madeira, e combustíveis de madeira recuperada, como podemos observar na Figura 5 combustíveis diretos da madeira é toda madeira utilizada direta ou indiretamente como combustível. Combustíveis indiretos da madeira são subprodutos da exploração florestal, resultante de diversos processamentos da madeira, podendo eles serem sólidos, líquidos ou gasosos. Combustíveis de madeira recuperada são combustíveis de atividades sócioeconômicas que utilizam combustíveis de origem florestal.

Figura 5 - Classificação dos dendrocombustíveis.

Fonte: Salomom (2007).

De acordo com Rosa (2013), a utilização de gaseificadores de madeira, representado na Figura 6, foi motivada pela segunda guerra mundial, como combustível de automóveis e tratores. Gaseificadores operavam por destilação destrutiva, de um combustível sólido, no caso madeira, utilizando parte deste combustível para gerar o aquecimento necessário para a produção dos gases. Hoje em dia, gaseificadores possuem tecnologias avançadas, e tem como produto uma mistura de hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, e nitrogênio, este último componente está presente no ar usado no processo de combustão parcial. Um bom gaseificador pode fornecer até 85% da energia presente na madeira.

Figura 6 - Esquema de um gaseificador de madeira.

Fonte: BIOFUELS ACADEMY (2015).

O Bioóleo é um líquido viscoso, parcialmente solúvel em água, e apresenta uma cor marrom-escuro, esta substância pode ser extraída da madeira através de um processo chamado pirólise rápida da biomassa. Este óleo pode ser considerado um petróleo de origem vegetal embora tenha uma natureza química diferente da do petróleo. O fenol petroquímico presente no petróleo pode ser substituído em até 50% em massa por resinas fenólicas presentes no bioóleo. Devido aos custos de implantação a tecnologia que utiliza reator de leito fluidizado é a mais interessante dentre as tecnologias de pirólise rápida (CORTEZ, 2008).

Segundo Sims (2007), o licor negro é o material residual do processo de fabricação do papel, sendo um subproduto da madeira, este licor é rico em lignina, e geralmente é utilizado como fonte de calor nas fábricas de celulose. Como o licor negro já se encontra no local onde ele vai ser utilizado seu valor de mercado se torna ainda mais alto, pois não existe tem gasto com o transporte do combustível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biomassa florestal pode ser considerada uma das primeiras fontes utilizadas para a geração de energia, considerando a lenha e o carvão vegetal. Entretanto, com o avanço da tecnologia de uso dos resíduos da madeira para a geração de energia, os produtos florestais vêm ganhando cada vez mais valor agregado. O aproveitamento energético da biomassa pode se dar pelo uso na combustão direta, gaseificação, briquetagem e pirólise.

O processo da combustão direta e pirólise são considerados simples e é amplamente empregado pela indústria madeireira para secagem da madeira ou em sistemas de cogeração e pela indústria siderúrgica. De maneira diferente, a gaseificação e a briquetagem são processos com menor exploração isso se deve ao processo ser mais complexo e com baixos rendimentos. Essa tecnologia pode vir a substituir o uso de combustíveis fósseis e reduzir os problemas ambientais gerados por esses resíduos no meio ambiente.

A dendroenergia é uma tecnologia promissora para a geração de energia térmica, elétrica e de cogeração. Entretanto, é necessário um elevado investimento para que seja aplicada no sistema interligado a rede ou em sistemas isolados. Esses custos ainda são pontos negativos a dendroenergia, é necessário investimento em pesquisa para a redução de custo para viabilizar essa tecnologia.

REFERÊNCIAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2011 - Ano base 2010**. Brasília, 2011.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS, **Anuário estatístico ABRAF 2013 - Ano base 2012**. Brasília, 2013.

BANTEL, C. A. **Análise de extração de madeira de eucalipto com Forwarder em floresta de primeira e segunda rotação**. 2006. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BIOFUELS ACADEMY. **Gasification of Wood Pellets**. 2015. Disponível em: <<http://biofuelsacademy.org/web-modules/process/gasification/436-2/>> Acesso em: 31 mar. 2015.

CORTEZ, L. A. B., LORA, E. E. S., GÓMEZ, E. O. **Biomassa para Energia**. São Paulo: UNICAMP, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2009**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2009.pdf> Acesso em: 1 abr. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2014**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf> Acesso em: 1 abr. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Forest and Energy**. 2008. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/010/i0139e/i0139e00.htm>> Acesso em: 1 abr. 2015.

GOMES, M. S. **Produção de bio-óleo através do processo termoquímico da Pirólise**. Trabalho de conclusão de Curso (graduação) – Faculdade de Araçatuba, Araçatuba, 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Bionergy** – A sustainable and reliable energy source. 2009. Disponível em:< http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0908_IEA_Bioenergy_-_Bioenergy_%E2%80%93_A_sustainable_and_reliable_energy_source_ExSum.pdf> Acesso em: 1 abr. 2015.

OY, E. **Rural dendro-energy projects**, FAO: Rome, 1986.

ROBUSTI, E. A.; ZAPPAROLI, I. D. **Dados comparativos do Brasil e estado do Paraná para a prática de silvicultura e aspectos dendroenergéticos**, 2014.

ROSA, A. V. **Renewable Energy Process**. 3. ed. Massachusetts: Elsevier, 2013.

ROSILLO-CALLE, F., BAJAY, S. V., ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. São Paulo: Unicamp, 2008.

SALOMOM, K. R.; FILHO, G. L. T. **Séries Energias Renováveis: Dendroenergia**. Itajubá, FAPEPE, 2007.

SANTOS, P. R. **Análise termodinâmica de um sistema de cogeração com gaseificação de licor negro**. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 2007.

SIMS, R. E. H. **Bioenergy Project Development & Biomass supply**. Paris: Oecd, 2007.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. da. **Perspectiva do setor de biomassa de madeira para a geração de energia**. BNDES Setorial 33, Rio de Janeiro, 2011, p. 261-314, mar. 2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bns_et/set3308.pdf> Acesso em: 1 abr. 2015.

VIEIRA, G. E. G. et al. Biomassa: uma revisão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**,

VIMAL, O.P., BHATT, M.S. **Wood Energy Systems**, K. L. Publications, Delhi, 1989.

