

**PERSPECTIVAS DE USO DA PALHADA RESIDUAL DA PRODUÇÃO DE
SEMENTES DE CAPIM NA PRODUÇÃO DE ENERGIA**

**J. D. Rocha ^{a,c}, J. M. Mesa Pérez ^{b,c}, L. A. B. Cortez ^b, O. de Brito ^d, H. Marin
Mesa ^c, R. Pelaez ^c**

**^aNúcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, Nipe-Unicamp, Campinas,
SP**

^bFaculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, SP

**^cBioware Tecnologia, www.bioware.com.br, bioware@bioware.com.br,
Campinas, SP**

^dINEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética, Rio de Janeiro, RJ

1. Introdução

A biomassa sempre foi e continuará sendo fonte importante de energia para a humanidade. Ela é a forma natural de armazenar uma fração da energia solar que incide no planeta. Até mesmo os combustíveis fósseis são originários da biomassa. O desafio da humanidade é buscar soluções para usar de forma cada vez mais eficiente esse recurso natural. Essa busca é compensadora, em razão dos grandes benefícios ocasionados pelo uso energético da biomassa, principalmente na realidade brasileira. Segundo o Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia, de 2004 (BEN 2004), no Brasil, 44.1% da oferta interna de energia (OIE) teve origem em fontes renováveis, enquanto no mundo essa taxa é de 13.6% e nos países desenvolvidos, de apenas 6%. Dos 44.1% de energia renovável, 14.5 pontos percentuais correspondem à geração hidráulica e 29.6, à biomassa. Os 55.9% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não-renováveis. Essa característica, bastante particular do Brasil, resulta do grande desenvolvimento do parque gerador de energia hidrelétrica desde a década de 1950 e de políticas públicas adotadas após a segunda crise do petróleo (ocorrida em 1979) com vistas à redução do consumo de combustíveis oriundos dessa fonte e dos custos correspondentes à sua importação, na época, responsáveis por quase 50% das importações totais do País (Figuras 1.1 e 1.2).

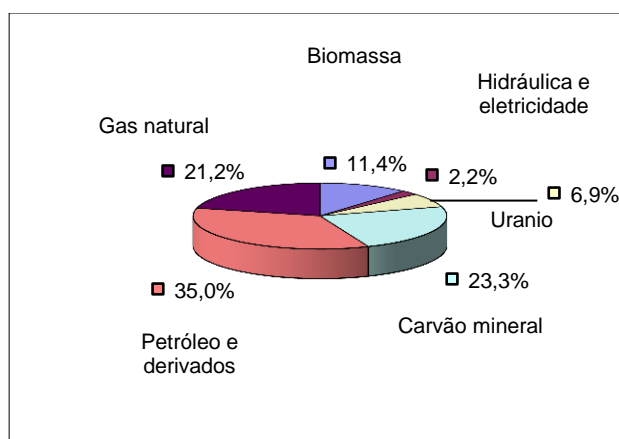


FIGURA 1.1- OFERTA DE ENERGIA NO MUNDO (2001)

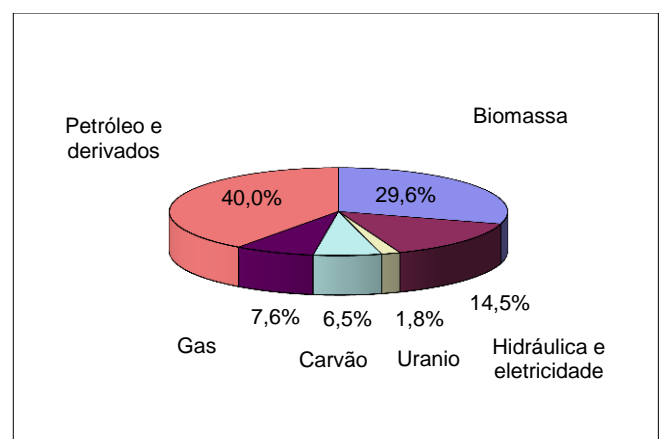


FIGURA 1.2- OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL (2003)

A produção de biomassa para fins energéticos é renovável, gera mais empregos e requer menor investimento por posto de trabalho criado do que os combustíveis fósseis. Além disso, descentraliza a produção regionalmente, tem o ciclo de carbono fechado (o que significa diminuição das emissões de poluentes) e economiza as fontes não-renováveis; essas são apenas algumas das suas vantagens. Sua prática, entretanto, deve se dar de forma sustentável, de acordo com técnicas apropriadas de manejo e cultivo e de forma a não concorrer com a agricultura alimentícia. Juntamente com o aspecto agrícola, o desenvolvimento das tecnologias de processamento da biomassa é igualmente importante e fundamental.

Dentre os diversos tipos de biomassa existentes no Brasil, destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), do qual se dispõem de inúmeras cultivares. Trata-se de uma gramínea tropical originária da África, desde a muito utilizada na alimentação de gado na maioria dos Estados do Brasil. Porém, seu uso como matéria-prima para produção de insumos químicos e energia é uma alternativa ambientalmente correta que visa diminuir o uso de lenha.

O Brasil é o primeiro produtor mundial de carvão vegetal (ROCHA, 2002) obtido fundamentalmente de eucalipto. Segundo o Balanço Energético Nacional, no Brasil, em 2003 produziu-se mais de 8,6 milhões de toneladas de carvão vegetal, dos quais, aproximadamente, 72% foi empregado na produção de ferro-gusa e aço (BEN, 2004). A produtividade de um hectare das variedades de capim-elefante existentes no Brasil pode alcançar até 60 t/ha/ano (Folha de São Paulo, 2001), que é muito superior ao rendimento do eucalipto, que é de no máximo 15 t/ha/ano (Folha de São Paulo, 2003). A grande disponibilidade do capim-elefante, a facilidade de seu cultivo e o alto rendimento por hectare cultivado permitem sua aplicação na produção de carvão vegetal e bioóleo.

Atualmente, a produção de carvão vegetal a partir da madeira de eucalipto consiste em métodos tradicionais que se baseiam no emprego de fornos, onde a recuperação do carvão atinge em média valores de 30% e onde os líquidos obtidos do processo são recuperados em quantidade muito pequena (ROCHA, 2002). Por essa razão, grande parte dos gases e dos vapores produzidos são lançados na atmosfera, provocando poluição. Esse problema pode ser resolvido com o emprego

de tecnologias que possibilitem a recuperação dos vapores e seu posterior uso como energético e insumos químicos, como é, por exemplo, o bio-óleo (fumaça condensada do processo de pirólise da biomassa).

Neste capítulo são apresentadas algumas das tecnologias desenvolvidas pela empresa *Bioware* para a produção de carvão e bio-óleo, que usam capim-elefante e outras biomassas de pequeno tamanho de partículas. As tecnologias descritas são baseadas no processo de pirólise, em operação contínua, e na existência de separadores de líquidos da fumaça, assim como no reaproveitamento dos gases no próprio processo.

2. Tecnologias Bioware para produção de carvão e bio-óleo com capim-elefante

As tecnologias Bioware transformam a biomassa vegetal em insumos químicos e energia mediante o processo de pirólise. Esse processo tem sido usado por milhares de anos, porém com baixa eficiência de transformação e sem responsabilidade ambiental. Um exemplo disso é a produção de carvão vegetal em fornos convencionais, os quais têm rendimento de aproximadamente 25% a 30%, e todos os compostos constituintes da fumaça são lançados no ambiente. As tecnologias Bioware, além de produzir carvão de forma contínua a partir de resíduos, recuperam os líquidos da pirólise, agregando valor e diminuindo a poluição ambiental pelas emissões de compostos químicos, produtos da pirólise.

2.1 Tecnologia de leito fluidizado

Na Figura 2.1, se mostra o esquema da planta de pirólise rápida modelo PPR-200, operada pela tecnologia Bioware, Brasil. A instalação experimental em escala-piloto está baseada na tecnologia de leito fluidizado e utiliza ar como agente de fluidização. As principais partes que formam a planta são: sistema de alimentação de biomassa, composto por esteira transportadora (1), silo (2), dosador de biomassa (3) e rosca alimentadora (4); reator de leito fluidizado (5) com placa distribuidora de ar (6); dois ciclones em série para separar os finos de carvão (7); válvula amostradora de carvão (8) com tambores para armazenar o carvão (9); sistema de recuperação de finos de carvão via úmida (10); sistema de recuperação de bioóleo (11); e chaminé (12).

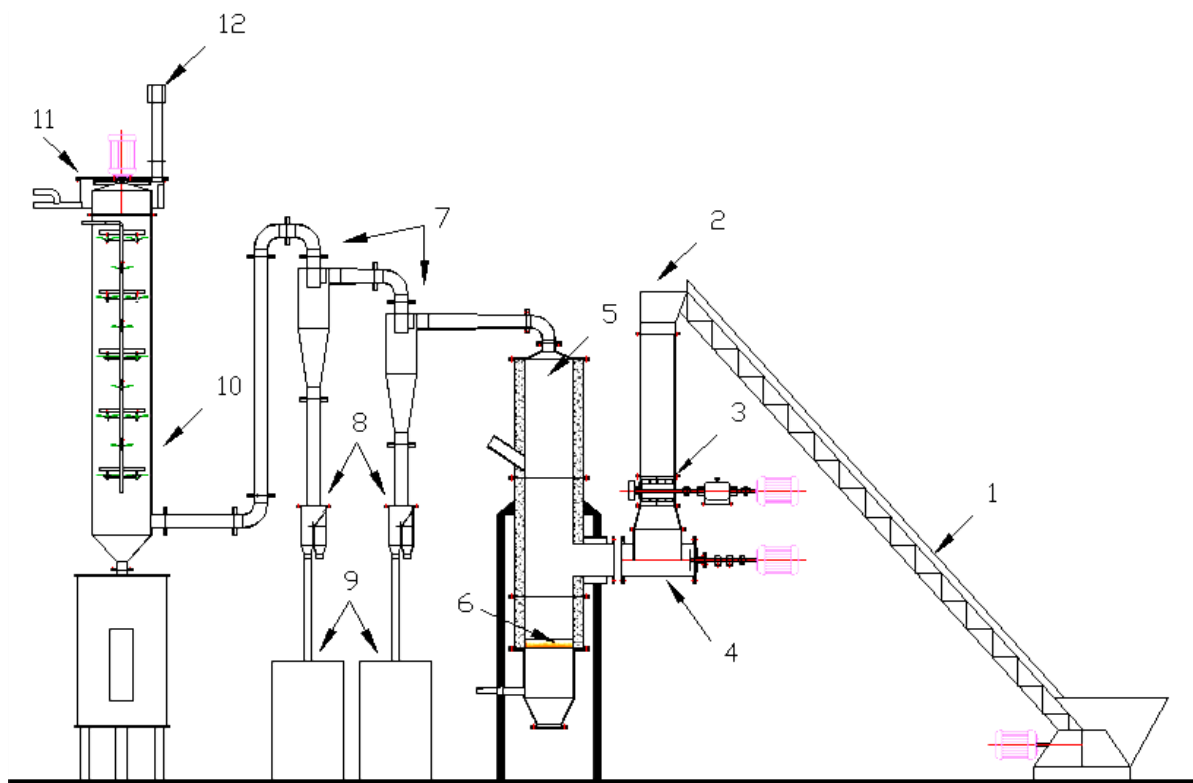


FIGURA 2.1 - ESQUEMA DA PLANTA DE PIRÓLISE RÁPIDA DA UNICAMP.

O reator é cilíndrico, construído em aço carbono, com diâmetro interno de 417 mm, revestido internamente com isolamento térmico refratário. Sua capacidade de alimentação é de 200 kg.h^{-1} de biomassa polidispersa seca e utiliza leite de material inerte durante a sua operação. O sistema de aquisição de dados registra e armazena a temperatura por meio de termopares (14 pontos), ao longo da altura do reator e na saída dos sistemas de recuperação. O monitoramento dos dados inclui a retirada de amostras de finos de carvão na seção abaixo do ciclone, por meio de válvulas amostradoras, e de bioóleo no sistema de recuperação centrífugo.

2.1.1 Biomassa

A biomassa usada é de capim-elefante, cujas principais características são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1- Características físico-químicas do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

Descrição	Elemento	Porcentagem na matéria seca
Composição química elementar	Carbono (C)	41,16±0,51
	Hidrogênio (H)	5,55±0,08
	Nitrogênio (N)	1,78±0,15
	Oxigênio (O)*	45,91±0,50
Análise imediata	Componente	Porcentagem na matéria úmida
	Umidade	12,20±0,37
	Compostos voláteis	67,34±1,26
	Cinzas	4,92±1,23
	Carbono fixo	15,54±0,90
	Poder calorífico superior, MJ/kg	14,7±0,5
Outras propriedades	Densidade real das partículas, kg.m ⁻³	1468±7
	Densidade aparente das partículas, kg.m ⁻³	763 ± 14
	Porosidade das partículas	0,48 ± 0,01
	Distribuição de tamanho das partículas, mm	1,68<d _{pb} <2,38

* determinado por diferença

2.1.2 Procedimento de operação

O reator é inicialmente aquecido com finos de carvão vegetal oriundos do processo de carbonização de lenha de eucalipto, processo que continua até que o leito de areia sílica atinja temperatura entre 550°C e 600°C. Nessas condições e encontrando-se a vazão mássica de ar no valor estabelecido, alimenta-se a biomassa. Para realizar a coleta das amostras de carvão, espera-se que a distribuição de temperaturas ao longo da altura do reator seja aquela correspondente

às condições de regime estacionário.

As amostras de carvão são colhidas na válvula amostradora situada na saída dos ciclones. Paralelamente, mede-se o tempo entre o início e o fim da amostragem, com vistas à estimar a vazão em massa de carvão vegetal. O bio-óleo é recuperado depois de os vapores serem resfriados em sistema centrífugo (Mesa Pérez, 2004).

2.2 Tecnologias carcaça-parafuso

A empresa Bioware desenvolveu tecnologia para a carbonização de capim-elefante (reator carcaça-parafuso) e sua posterior compactação (briquetagem). Esse reator trabalha de forma contínua e foi projetado para ser usado por comunidades que possuam resíduos, sem necessidade de mão-de-obra altamente qualificada.

A planta está composta basicamente por um forno contínuo (1) (tipo carcaça-parafuso desenvolvido pela Bioware), uma câmara de combustão (2), um sistema de recuperação de bio-óleo (3) (tecnologia Bioware) e uma briquetadeira (4). Outros equipamentos usados são: um ciclone (5), para evitar que finos de carvão com tamanho de partículas grandes entrem no sistema de recuperação de bio-óleo, reservatório dos líquidos da pirólise (6), reservatório de carvão (7) e silo de alimentação (8) (Figura 4). O reator pode ser construído com diferentes capacidades de processamento (60 a 300 kg/h) de biomassa com 12% de umidade.

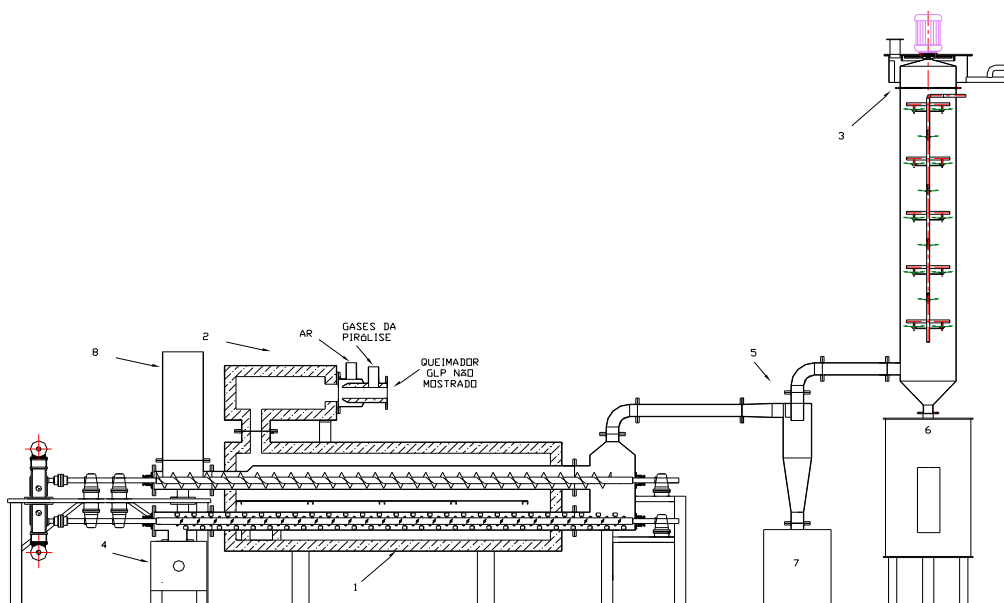


Figura 2.2 - Planta de produção de briquetes de carvão e bio-óleo a partir de capim-elefante com tecnologia Bioware de carcaça-parafuso.

2.2.1 Procedimento para operação

O capim-elefante cortado é colocado no silo de alimentação, de onde passa para o reator (forno); na saída do forno os finos de carvão são transportados até a briquetadeira. Os gases gerados no forno passam pelo sistema de recuperação, que separa ácido pirolenhoso na primeira fase e em seguida o bio-óleo no sistema centrífugo. Os gases na saída do sistema de recuperação centrífugo são queimados e injetados novamente no forno.

3. Características dos produtos

Na Figura 3.1 (a) e 3.2 (b), mostram-se os produtos obtidos (bioóleo e finos de carvão) a partir do processo de pirólise com as tecnologias da Bioware.



a) Bio-óleo



b) Finos de carvão

Figura 3.1 e 3.2 - Produtos obtidos durante o processo de pirólise com tecnologias da Bioware.

3.1 Finos de carvão

Na Tabela 2, mostram-se algumas características dos finos de carvão de capim-elefante, obtidos na planta modelo PPR-200. Constata-se que a porcentagem de cinzas no carvão é alta, situação que compromete o poder calórico do material e conseqüentemente as suas características combustíveis. Isso pode ser melhorado, mediante a produção de capim-elefante com baixo teor de cinzas (Mesa Pérez, 2004).

Tabela 2- Características dos finos de carvão de capim-elefante obtidos na planta de pirólise rápida PPR-200, com tecnologia Bioware de leito fluidizado.

V (%)	Cz (%)	CF (%)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	PCS (Mj/kg)	PFE (%)	TML (°C)	dp (mm)
9	42,2	49,7	92,4	2,39	2,39	2,85	17,3	14,7	650	0,1

Na Tabela 2, V corresponde a voláteis; Cz, cinzas; CF, carbono fixo; PCS, poder calorífico superior; PFE, porcentagem de finos elutriados do reator e TML temperatura média do leito.

Na Tabela 3, mostram-se os valores de densidade real e aparente, assim como o volume e a área total de poros do carvão de capim-elefante. Verifica-se que os valores do carvão de capim se encontram na mesma ordem de grandeza dos relatados por Zanzi et al. (2002), em palha de trigo, resíduo de produção de azeite de oliva e madeira de bétula. Porém, a densidade real dos finos de carvão de capim resultou maior do que a dos restantes materiais, supostamente em razão do seu alto teor de cinzas.

Tabela 3.- Algumas propriedades de carvão obtido com diferentes materiais e tecnologias.

Variáveis	Capim-elefante	Palha de trigo	Resíduo de produção de azeite (0,8-1 mm)	Madeira de bétula (0,8 - 0,1 mm)
	Densidade aparente da partícula, kg/m^3	989 ± 45	-	-
Densidade real do material, kg/m^3	1741 ± 34	1100	1000	600
Densidade em bulho do material, kg/m^3	125 ± 12	50	400	100
Área total de poros, m^2/g	5,89 ± 1,44	7,3	3,5	3,1
Faixa de diâmetro de poros, A^0	35,6 – 83961	-	-	-
Faixa de pressão intrusão, psi	25 – 59790	-	-	-
Volume total de poros, g/cm^3	2,16 ± 0,32	9,9	3,6	2,9

Na Tabela 4, apresentam-se algumas das características físico-químicas de carvão obtido por vários autores com diferentes tipos de materiais, processos e tecnologias. Pode-se constatar que em todos os casos a porcentagem de carbono elementar é alta, enquanto o teor de oxigênio é menor quando comparado com a composição elementar da biomassa *in natura*. Esse comportamento também foi constatado por Schenkel. (2002).

Tabela 4- Características de carvões vegetais encontradas na literatura.

Autor	Processo	Reator	Material carbonizado	Análise elementar (base seca, %)					Análise imediata (base seca, %)				Poder calórico superior (MJ/kg)
				C	H	O	N	S	CF	V	Cz	U	
[9]	Pirólise lenta	Leito fixo	Capim–elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	-	-	-	-	-	47	33	20	8	18,9
			Bagaço de cana-de-açúcar	-	-	-	-	-	61,9	33	6,1	6	24,2
[10](O material indicado não existe nessa referência)	Pirólise lenta	Leito fixo	Guatambu (<i>Aspidosperma australe</i>)	92,8	1,3	5,1	0,8	-	84,7	8,1	7,2		29,65
			Pópulo (<i>Populus deltoide</i>)	89,6	0,8	9,3	0,3	-	88,0	7,4	4,6		27,40
			Casca de amendoim (<i>Arachis hypogaea</i>)	84,6	0,8	13,7	0,9	-	57,0	38,8	4,2		25,80
			Oliva (<i>Olea L. europaea</i>)	94,4	0,5	4,3	0,8	-	76,3	22,1	1,6		27,67
[11]	Pirólise lenta	Leito fixo	<i>Eucalyptus</i>	87,38	1,22	10,9	0,52	-	-	-	-	-	-
	Pirólise rápida	Leito fluidizado	<i>Eucalyptus</i>	81,85	1,55	16,05	0,55	-	-	-	-	-	-

[12]	Pirólise lenta	Leito fixo	Bagaço de cana-de-açúcar	82,9	2,2	11,8	-	-	-	-	11,8	-	-
[7]	Pirólise rápida	Leito fluidizado	Resíduos de oliva	71,6	3,9	23,6	0,9	-	-	-	9,4	4,1	26,0
[13]	Pirólise rápida	Leito fluidizado	Resíduos de madeira	81	2	8	1	-	76	16	7	1	29,51
[14]	Pirólise a vácuo	Leito movente	Bagaço de cana-de-açúcar	85,6	2,9	3,5	1,3	-	74,4	18,9	6,7	3,2	36
[15]	Pirólise rápida	Leito fluidizado	<i>Arbutus unedo</i>	76	3	29	-	-	-	-	-	-	28,18

Onde: CF, carbono fixo; V, voláteis; Cz, cinzas e U, umidade.

3.2 Bio-óleo ou líquido pirolítico

O líquido pirolítico é referenciado na literatura técnica com vários nomes, tais como óleo de pirólise, bio-óleo bruto, biocombustível, líquidos de madeira, óleo de madeira, líquido condensado da fumaça, destilado da madeira, alcatrão pirolenhoso e ácido pirolenhoso. A composição e o rendimento dos líquidos condensados variam segundo a tecnologia utilizada, ou seja, os líquidos condensados a partir da fase gasosa do processo de carbonização apresentam composição e rendimento diferentes quando comparados com aqueles obtidos pelos processos de pirólise rápida ou a vácuo. O tipo de biomassa utilizada é outra variável que influencia as características e o rendimento dos líquidos condensados.

O bio-óleo é uma mistura complexa de compostos orgânicos, o qual, embora tenha natureza química diferente do petróleo, pode ser considerado como petróleo de origem vegetal obtido pelo processo de pirólise rápida de biomassa. O bio-óleo apresenta cor marrom e a sua composição elementar se aproxima à da biomassa.

Como fonte de materiais, provavelmente a mais promissora das aplicações do bio-óleo é como substituinte do fenol petroquímico em resinas fenólicas. A fração fenólica do alcatrão pode substituir o fenol petroquímico na formulação de resinas fenólicas em até 50% em massa. Também é possível produzir um aditivo, que, quando colocado no petróleo pesado, permite diminuir a sua viscosidade, o que facilita o transporte e a queima. Além disso, a fração de ácidos carboxílicos pode ser esterificada, para produção de um combustível similar ao biodiesel, batizado pela Bioware como bioflex.

Na Tabela 5, detalham-se algumas características representativas dos líquidos de pirólise rápida (Bridgwater, 2002).

Tabela 5- Composição química representativa de líquidos de pirólise rápida.

Componentes (%)	Massa (%)
Água	20 - 30
Fragmentos de lignina: Lignina pirolítica insolúvel	15 - 30
Aldeídos: formaldeídos, acetaldeído, hidroxiacetaldeído, glioxal, metilglioxal	10 - 20
Ácidos carboxílicos: fórmico, acético, propiônico, butírico, pentanóico, hexanóico, glicólico, hidroxiácidos.	10 - 15
Carboidratos: celobiose, α -D-levoglucose, oligossacarídeos, 1,6 anidroglicofuranose	5 - 10
Fenóis: fenol, cresol, guaiacol, siringil	2 - 5
Furfuróis	1 - 4
Álcoois: metanol, etanol	2 - 5
Cetonas: acetol (1-hidroxi-2-propanona), ciclopentanonas	1 - 5

No processo de carbonização atual, esses componentes da fumaça são jogados no ambiente, situação que provoca poluição e doenças nas pessoas expostas. As tecnologias Bioware de termoconversão de biomassa recuperam e usam essa fumaça, e agregam valor ao processo com responsabilidade social e ambiental.

4. Conclusões

As crises do petróleo da década de 1970 impuseram a reavaliação do papel da biomassa vegetal como fonte energética. Segundo esse novo enfoque, além da madeira, materiais lignocelulósicos de origem agrícola, industrial e urbana começaram a ser considerados, como é o caso do capim-elefante.

Tal mudança de ponto de vista foi provocada, entre outras causas, pelo fato de que estes materiais podem ser continuamente produzidos, não se justificando portanto nenhuma preocupação com seu possível esgotamento. Além disso, o emprego da biomassa vegetal como energético é reforçado pela redução de emissões nocivas e por sua contribuição na preservação do equilíbrio ecológico.

Embora a biomassa vegetal (sobre uma base energética) tenha um preço competitivo com relação ao do petróleo, a falta de tecnologias viáveis para a sua termoconversão faz com que os diferentes produtos obtidos a partir dela (produtos químicos de especialidade e combustíveis) apresentem custos de produção maiores do que os correspondentes alcançados pela via petroquímica.

A biomassa vegetal e especificamente o capim-elefante ocupará o lugar que lhe confere seu caráter renovável, seu baixo custo e sua grande disponibilidade, se forem resolvidos aspectos relacionados com:

1. Desenvolvimento de novas espécies e novas cultivares de capim específicos para uso como energia, e desenvolvimento de infra-estrutura necessária para colheita, acondicionamento, transporte, armazenamento e inserção no mercado;
2. Desenvolvimento de tecnologias economicamente viáveis na substituição direta de matérias-primas procedentes do petróleo por produtos de biomassa;
3. Disponibilidade de tecnologias de conversão termoquímica em escala comercial para os diferentes tipos de biomassa vegetal geradas pela agroindústria.

Torna-se evidente que a infra-estrutura adequada para o fornecimento da biomassa vegetal como matéria-prima e o desenvolvimento de tecnologias viáveis técnica, econômica e ambientalmente corretas são as questões centrais que viabilizarão o aproveitamento desse abundante recurso natural. As tecnologias Bioware são alternativas para o uso de resíduos e aproveitamento dos líquidos da pirólise de forma contínua e com responsabilidade social e ambiental.

5. Bibliografias consultadas e referenciadas

- [1] ANTONELLI, L. **Improvement of pyrolytic products bio-oil and bio-carbon/emulsion and slurries**. In: Grassi, G.; Pirrwitz, D.; Zibetta, H., editors. *Energy from Biomass –4--*, Proceedings of the Third E.C. Contractors meeting. London: Elsevier Applied Science, 1989, p. 531-5.
- [2] AZEVEDO, P. B. M. Aspectos econômicos da produção agrícola do capim-elefante. Encontro de Energia no Médio Rural, AGRENER, **An. 3. Enc. Energ. Meio Rural Sept. 2000**.
- [3] Balanço energético nacional – BEM 2004. Ministério de minas e energia – MME.http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=6071
- [4] BRIDGWATER, A.V. **Fast pyrolysis of biomass: a handbook**. [S.l.]: Aston University, Bio-energy research group, UK, 2002. v.2.
- [5] BONELLI, P.R.; DELLA ROCCA, P.A.; CERRELLA, G.E.; CUKIERMAN, A.L. **Comparative study on char properties and pyrolysis kinetics of different lignocellulosic wastes**. Pp. 1116-1128.
- [6] BROSSARD PEREZ, L.E.; CORTEZ, L.A.B.; MESA, J.; BEZZON, G.; OLIVARES GOMEZ, E. **The strategy of empirical research and optimization process**. Pesquisa Operacional, v. 21, n. 1, p. 89-105, jun. 2001.
- [7] CHAALA, A.; GARCIA, M.; ROY, C.. **Co-pyrolysis vacuum of bagasse and petroleum residue**. Pp. 1349-1363.
- [8] DERENZO, W. A. S. Estudo das condições operacionais da etapa de extração de proteína do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), utilizado como fonte energética. Agrupamento de Processos Químicos, IPT, Encontro de Energia no
- [9] Folha da São Paulo – Dinheiro- 14 de setembro de 2001. Disponível no site: www1.folha.uol.com.br/fsp/
- [10] Folha de São Paulo, 2003. Disponível no site : <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/>
- [11] GUERRERO, M.; RUIZ, M.P.; ALZUETA, M.U.; BILBAO, R.; MILLERA, A. **Pyrolysis of eucalyptus at different heating rates: studies of char**

- characterization and oxidative reactivity.** J. Anal. Appl. Pyrolysis 74 (2005) 307–314.
- [12] MESA PÉREZ, J. M.; CORTEZ, L. A. B.; ROCHA, J.D.; BROSSARD, L.E.; GOMEZ, E.O. **Unidimensional heat transfer analysis of elephant grass and sugar cane bagasse slow pyrolysis in a fixed bed reactor.** Fuel Processing Technology, v. 86, p. 565-575, 2005.
- [13] MESA PEREZ, J.M. **Teste em uma planta de pirólise rápida de biomassa em leito fluidizado: Critérios para sua otimização.** Tese (Doutorado), FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2004.
- [14] MESA PEREZ, J.M.; CORTEZ, L. A. B.; ROCHA, J.D.; OLIVARES-GÓMEZ, E. **Características dos finos de carvão vegetal obtido pelo processo de pirólise rápida de capim-elefante em leito fluidizado em diferentes condições de operação.** In: 5o Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER 2004, 2004, Campinas. **Anais do 5o Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER 2004**, 2004.
- [15] MINKOVA, V.; MARINOV, S.P.; ZANZI, R.; BJÖRNBOM, E.; BUDINOVA, T.; STEFANOVA, M.; LAKOV, L. Thermochemical treatment of biomass in a flow of steam or in a mixture of steam and carbon dioxide. Fuel Processing Technology, 62 (2000) pp. 45-52.
- [16] ROCHA, J. D.; OLIVARES-GÓMEZ, E; MESA PÉREZ, J. M. ; CORTEZ, L. A. B.; SEYE, O. ; GONZALEZ, L. E. B. The demonstration fast pyrolysis plant of biomass conversion in Brazil. Proceedings of the VII World Renewable Energy Congress, June/July de 2002, Colônia, Alemanha, CD-ROM, 5 pág. ISBN 008 0440 79 7.
- [17] SCHENKEL, Y. **Influence of temperature, residence time and heating rate on pyrolytic carbon deposition in beech wood chars,** 2002, pp 1633-1644.
- [18] TEPLITSKIY, Yu S. **Similarity of transport processes in fluidized beds.** International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 42, 1999, p.3887-3899.
- [19] ZABANIOTOU, A.A.; KARABELAS, A.J. The Evritania (Greece) demonstration plant of biomass pyrolysis. Biomass and Bioenergy 16 (1999). 431-445.

[20] ZANZI, R.; SJÖSTRÖM, K.; BJÖRNBOM, E. **Rapid pyrolysis of agricultural residues at high temperature**. Biomass and Bioenergy, v. 23, p. 357-366, 2002.

[21]http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agropecuario/index.html&conteudo=./agropecuario/artigos/capim_elefante.html

[22]<http://www.ipt.br/institucional/imprensa/noticias/?ID=36>