

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
Instituto de Energia e Ambiente - IEE
GBio – Grupo de Pesquisa em Bioenergia

O aproveitamento dos resíduos sólidos vegetais para geração de energia - Oportunidades e desafios.

Palestrante: Javier Farago Escobar

Pesquisador do GBio/IEE/USP

Doutorando em Energia

escobar@usp.br

**XIV SIMPÓSIO DE BIOSSEGURANÇA E DESCARTES DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS
E ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs)
EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA**

O que é Biomassa?

- Toda a matéria de origem vegetal, existente na natureza ou gerada pelo homem e/ou animais: resíduos urbanos, rurais (agrícolas e de pecuária), agro-industriais, óleos vegetais, combustíveis produzidos a partir de produtos agrícolas, são vários exemplos de biomassa.
- Inclui: o álcool combustível, produzido a partir de cana de açúcar, e usado como combustível nos automóveis; os resíduos do processamento da cana e de outros produtos agrícolas que são usados para geração de energia nas indústrias, o carvão vegetal produzido a partir de madeira de reflorestamento que é usado como matéria prima na indústria siderúrgica brasileira, entre outros.

Biomassa sólida vegetal

Toda a matéria de origem vegetal, com estrutura lignocelulósica.

Biomassa Moderna vs Biomassa Tradicional

- Tecnologias tradicionais de uso da biomassa (“biomassa tradicional”):
 - Combustão direta (ineficiente) de madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos.
 - Usos: cocção, aquecimento, secagem e produção de carvão.
 - Principalmente Africa, Asia, AL/C
- Tecnologias “aperfeiçoadas” de uso da biomassa (“biomassa aperfeiçoada”):
 - Tecnologias mais eficientes de combustão direta de biomassa (fogões e fornos).



Global Bioenergy Partnership
May 2014, Maputo, Mozambique

GLOBAL ALLIANCE FOR
CLEAN COOKSTOVES



THE GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP SUSTAINABILITY INDICATORS FOR BIOENERGY

FIRST EDITION



PILLARS		
GBEP's work on sustainability indicators was developed under the following three pillars, noting interlinkages between them:		
Environmental	Social	Economic
THEMES		
GBEP considers the following themes relevant, and these guided the development of Indicators under these pillars:		
Greenhouse gas emissions, Productive capacity of the land and ecosystems, Air quality, Water availability, use efficiency and quality, Biological diversity, Land-use change, including indirect effects.	Price and supply of a national food basket, Access to land, water and other natural resources, Labour conditions, Rural and social development, Access to energy, Human health and safety.	Resource availability and use efficiencies in bioenergy production, conversion, distribution and end use, Economic development, Economic viability and competitiveness of bioenergy, Access to technology and technological capabilities, Energy security/Diversification of sources and supply, Energy security/infrastructure and logistics for distribution and use.
INDICATORS		
1. Lifecycle GHG emissions	9. Allocation and tenure of land for new bioenergy production	17. Productivity
2. Soil quality	10. Price and supply of a national food basket	18. Net energy balance
3. Harvest levels of wood resources	11. Change in income	19. Gross value added
4. Emissions of non-GHG air pollutants, including air toxics	12. Jobs in the bioenergy sector	20. Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass
5. Water use and efficiency	13. Change in unpaid time spent by women and children collecting biomass	21. Training and requalification of the workforce
6. Water quality	14. Bioenergy used to expand access to modern energy services	22. Energy diversity
7. Biological diversity in the landscape	15. Change in mortality and burden of disease attributable to indoor smoke	23. Infrastructure and logistics for distribution of bioenergy
8. Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production	16. Incidence of occupational injury, illness and fatalities	24. Capacity and flexibility of use of bioenergy

- **Renovabilidade:** característica associada à possibilidade física de reposição, mediante processos naturais e em escalas de tempo humanas, das reservas associadas a uma determinada fonte energética.
- **Sustentabilidade:** possibilidade dos sistemas energéticos se manterem saudáveis, estáveis e produtivos sem impactar em suas reservas naturais, dentro de um marco de viabilidade econômica e aceitabilidade social.
- **Bioenergia:** casos mais complexos na determinação da sustentabilidade.
 - Exemplos positivos: etanol de cana de açúcar em SP.
 - Exemplos negativos: óleo de palma na Ásia (desmatamento)

Consumo Energético Global

[Fração de Energia Renovável no Consumo Final de Energia Global]

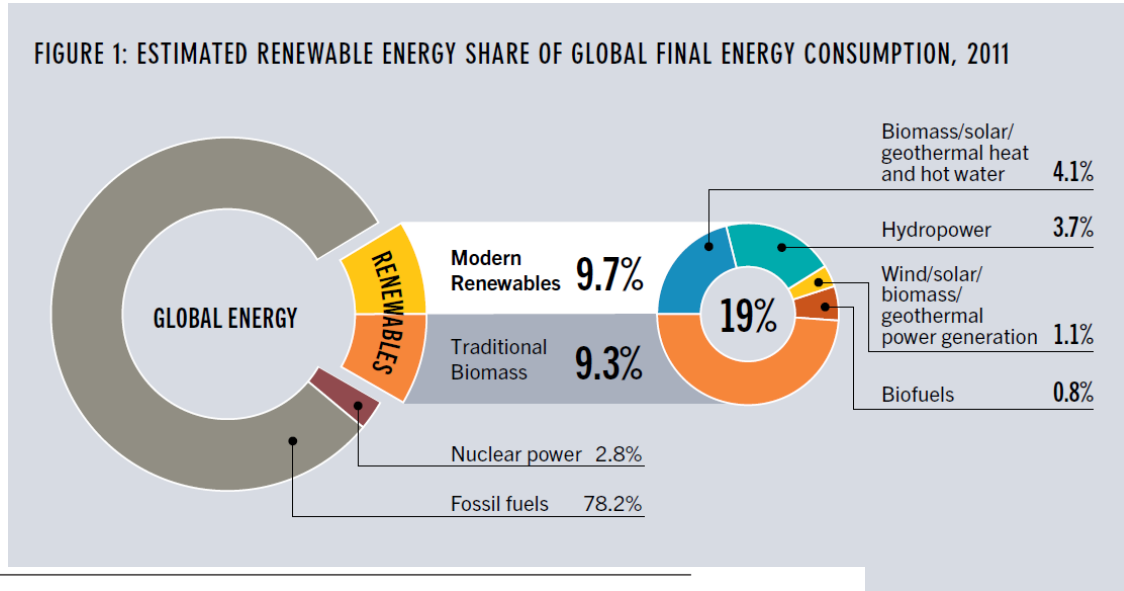
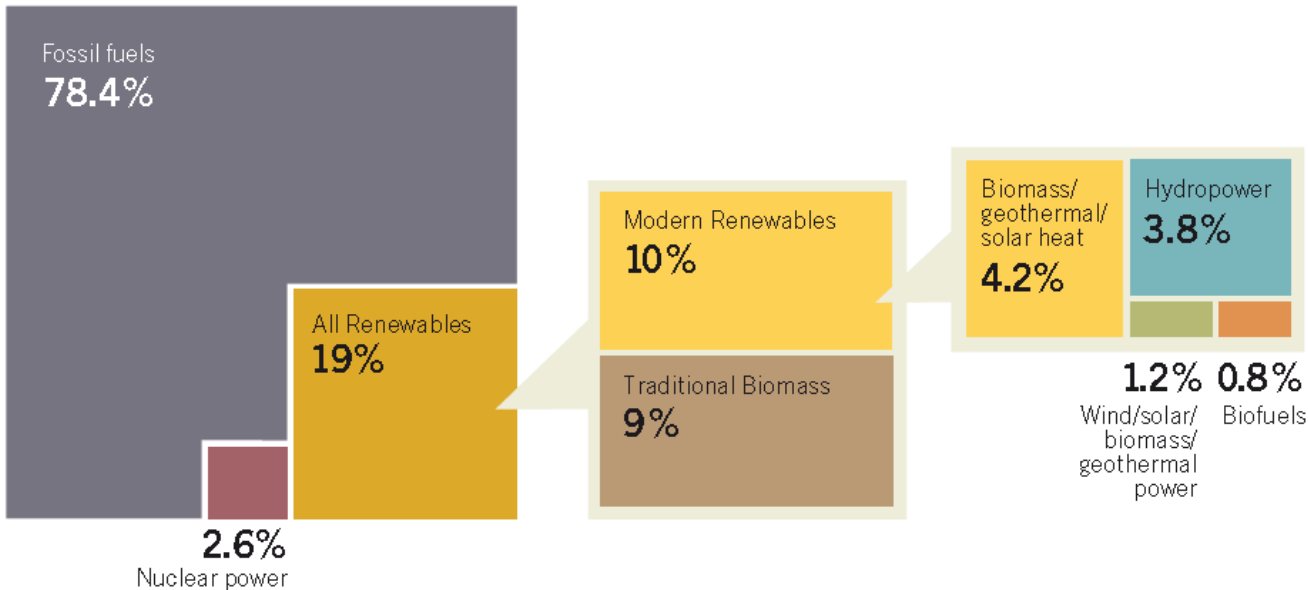
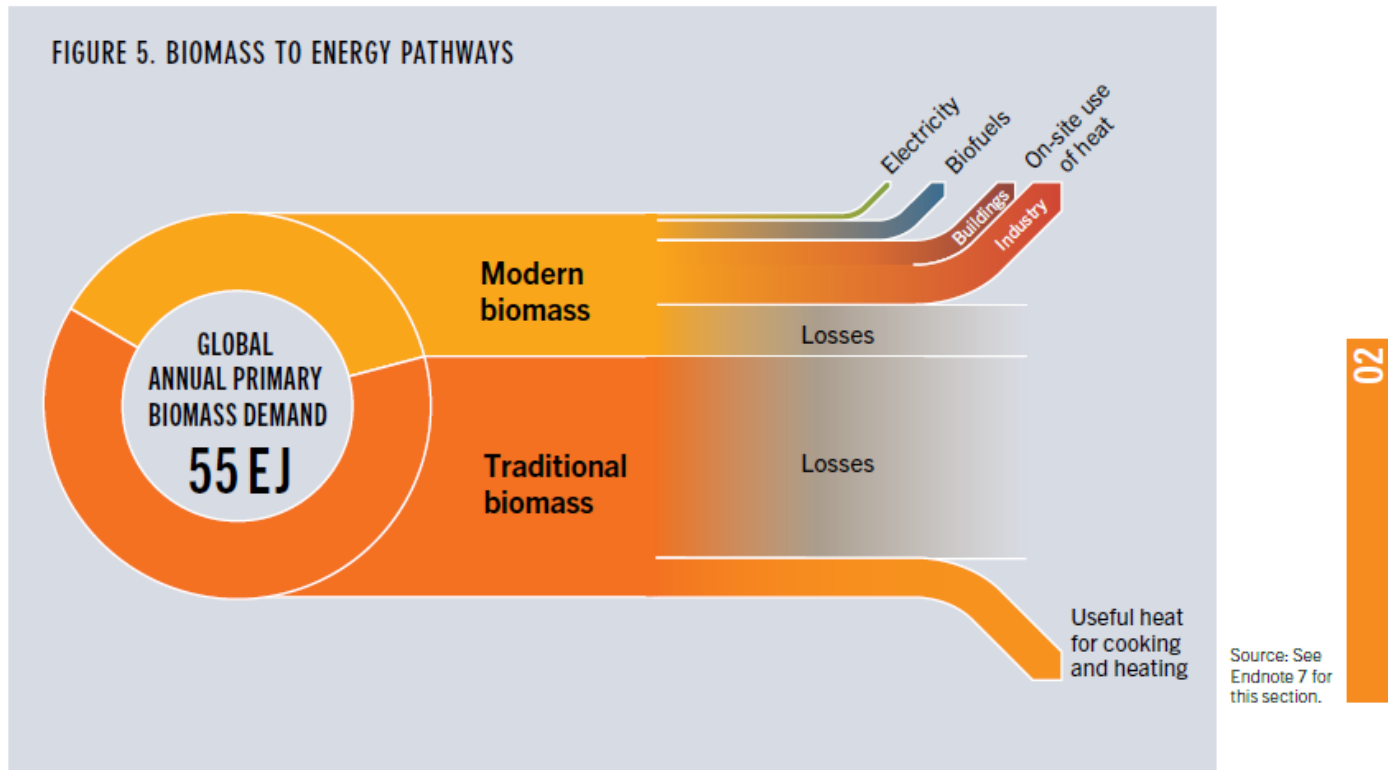


Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2012

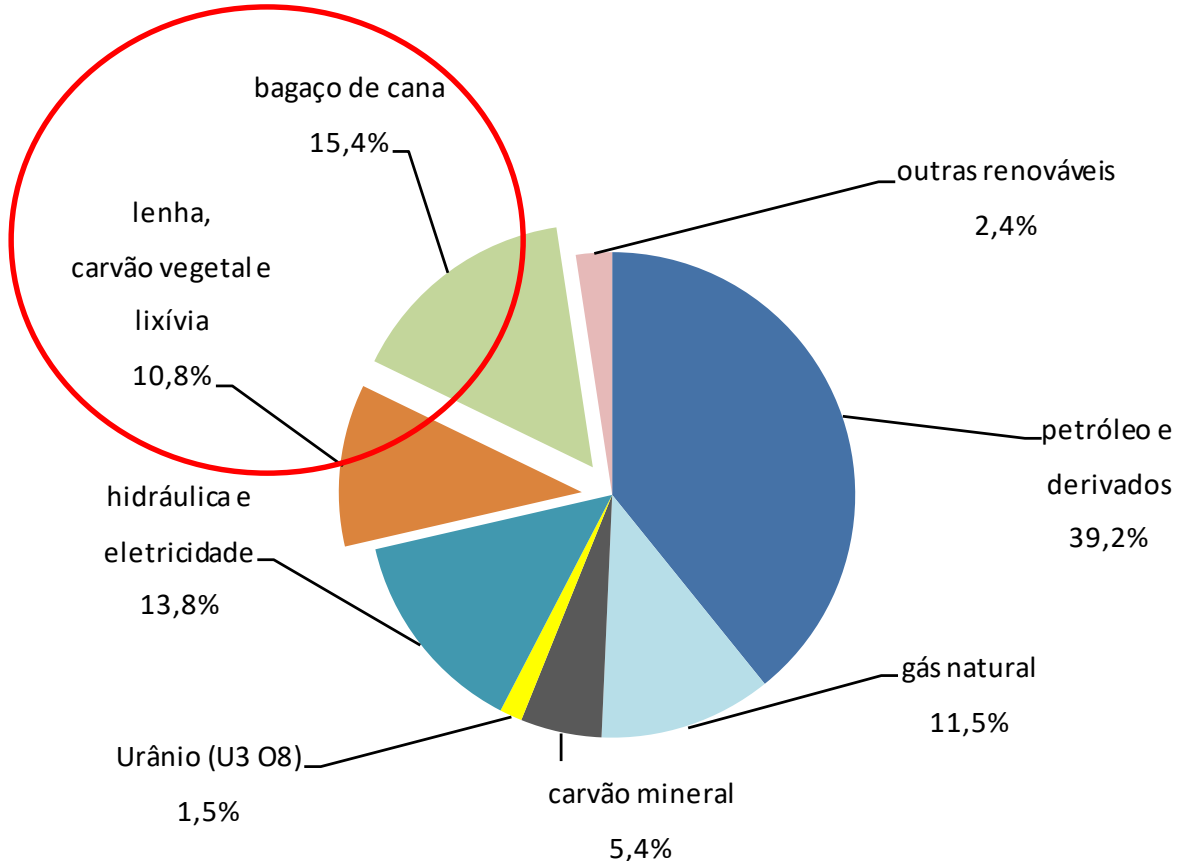


Source:
See Endnote 4
for this section.

RENEWABLES 21



Matriz energética nacional



-A biomassa hoje representa 27% da oferta interna de energia primaria utilizada no país, a cana de açúcar com o etanol e o bagaço de cana representa 15,4%, a madeira e seus derivados (carvão vegetal e lixívia) 10,8% e, as demais biomassas, 0,8%.

fonte: Adaptado de BEN (2012)

Oferta interna de energia primária – Brasil

Fonte	Mtep 2012
RENOVÁVEIS	120,2
Energia hidráulica e eletricidade	39,2
Biomassa de cana	43,6
Lenha, Carvão Vegetal e Lixívia	30,4
Outras renováveis	7,1
NÃO RENOVÁVEIS	163,4
Petróleo	111,2
Gás natural	32,6
Carvão mineral	15,3
Urânio (U ₃ O ₈)	4,3

fonte: Adaptado de BEN (2012)

- Lixívia papel e celulose.

- Lenha setor industrial de alimentos, cerâmica vermelha e gesseira, residencial e rural.

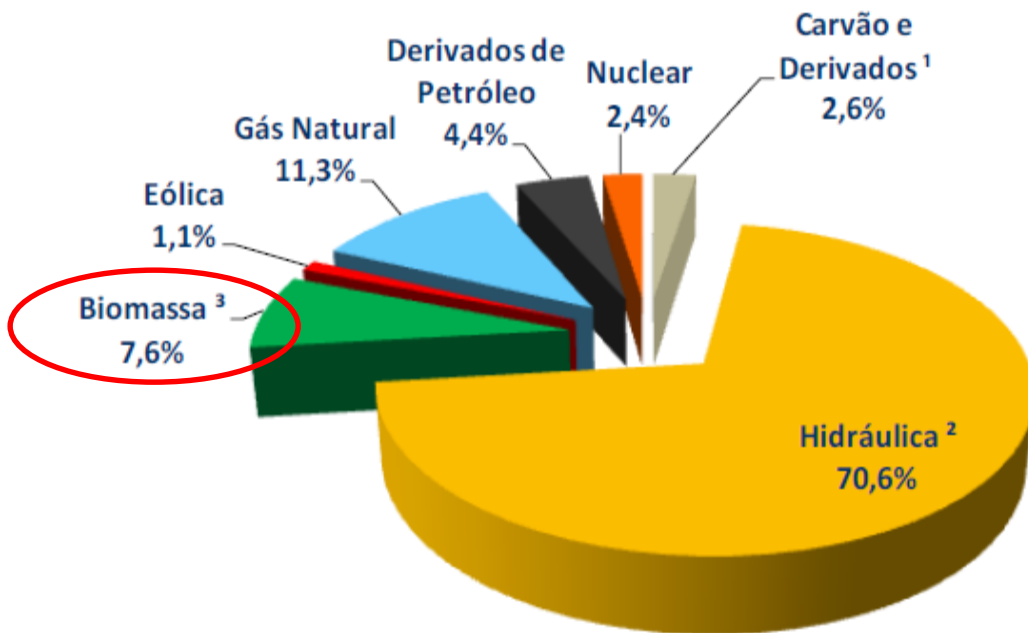
- carvão vegetal indústria siderúrgica.

- Cana bagaço e etanol

- Outras renováveis capim elefante, casca de arroz, biodiesel, biogas.

Matriz Elétrica Brasileira

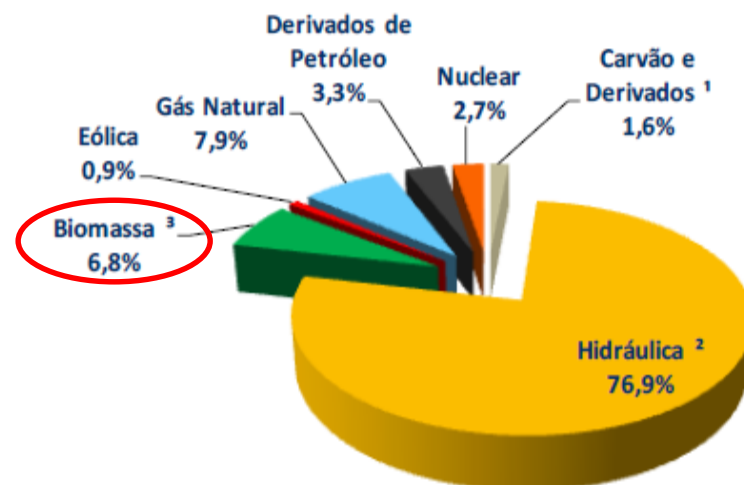
BRASIL (2013)



geração hidráulica² em **2013: 430,9 TWh**

geração total² em **2013: 609,9 TWh**

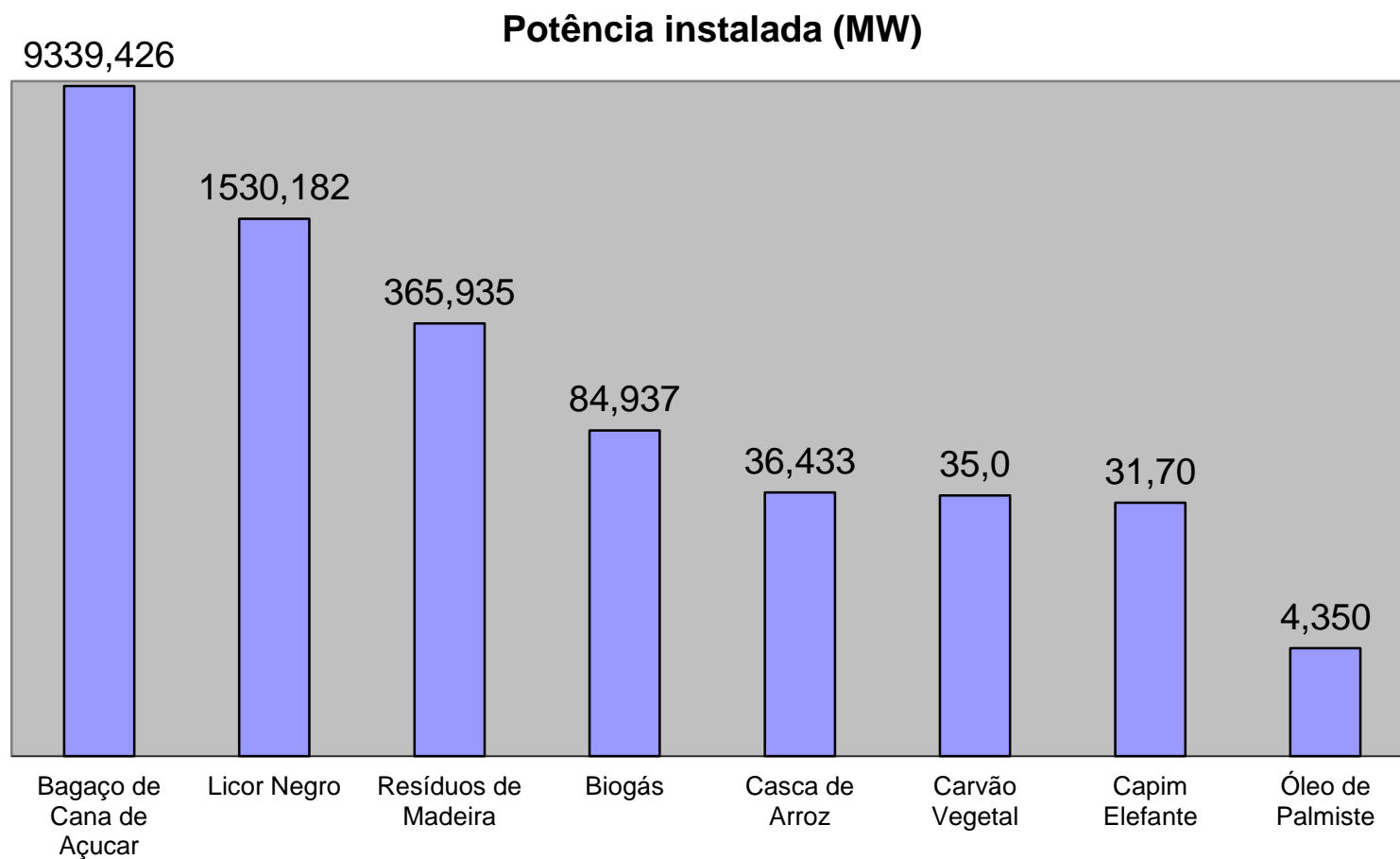
BRASIL (2012)



geração hidráulica² em **2012: 455,6 TWh**

geração total² em **2012: 592,8 TWh**

Potência Instalada no Brasil a partir de Biomassa- 2014



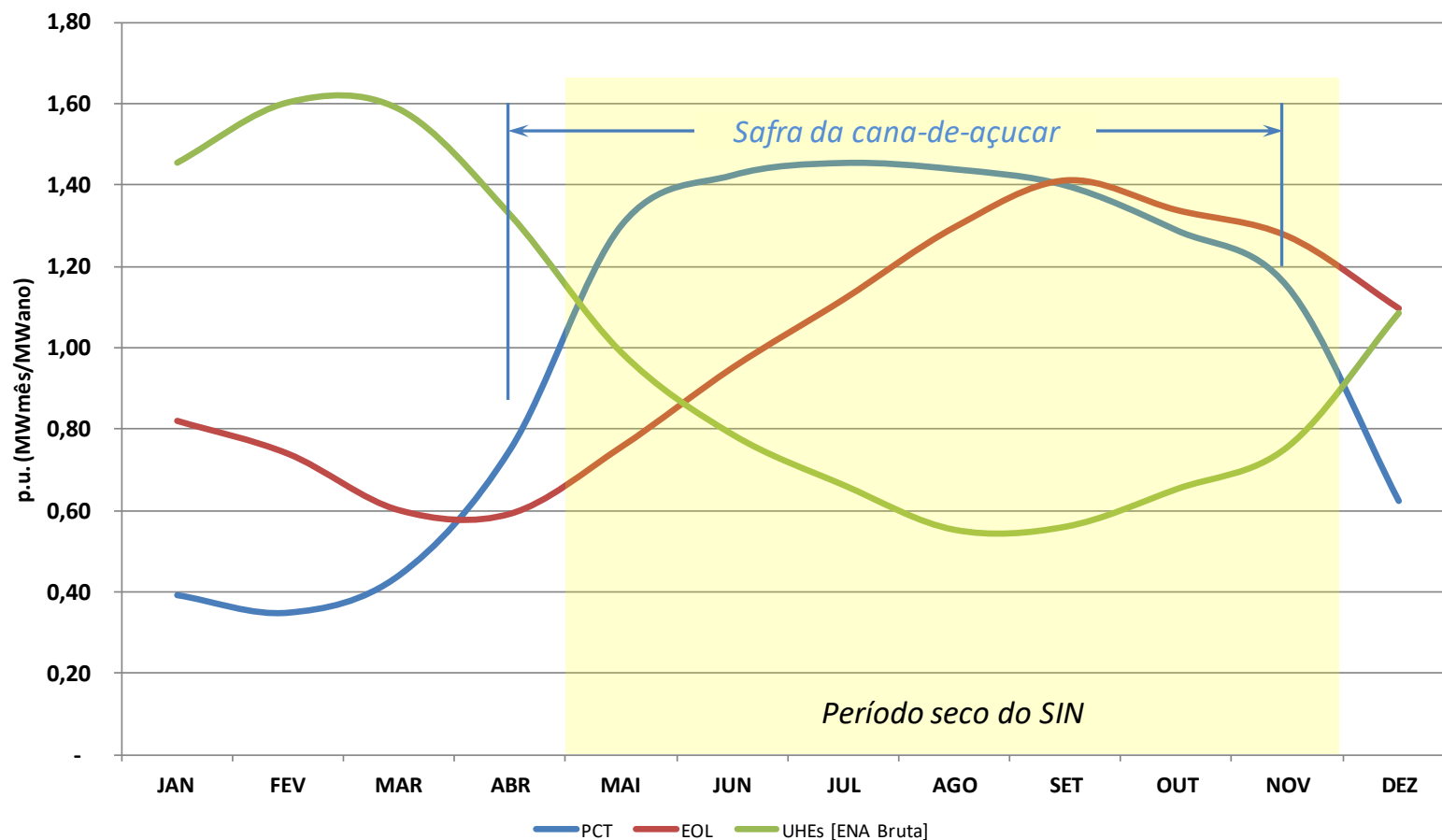
Biomassa - 7% da eletricidade gerada por usinas termelétricas (registro de 217 termelétricas a biomassa)

O bagaço de cana - 80% do total.

Biomassa florestal - 15,8%

Outros tipos - 1,8%.

Complementaridade Anual das Diversas Fontes de Geração



Complementaridade entre as fontes pode ser explorada para reduzir o risco de exposição individual durante os meses.

[Combustíveis de biomassa sólida vegetal]

Diretos

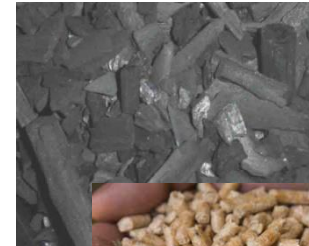


Flora Simpatia/Arquitiva &E

Recuperados



Transformado - biomassa moderna



Resíduos de madeira gerado no Brasil

Setor	resíduos de madeira	
	10^3 ton/ano	%
Indústria madeireira	27.750	90,7
Construção civil	923	3,0
Áreas urbanas	1.930	6,3

Fonte: Elaboração própria com base em (MMA, 2009); (STC, 2011); (SAE, 2011).

Operação (%)	Floresta Natural		Floresta Plantada	
	Produto	Resíduo	Produto	Resíduo
Corte	30-40	60-70	80-90	10-20
Processamento primário e secundário	10-20	10-20	30-40	40-50
Total	10-20	80-90	30-40	60-70

Fonte: Elaboração própria com base em (FAO, 2007).

- Estima-se que os resíduos de madeira correspondam a 30 milhões de toneladas
- Viabilidade nos setores que dispõem da matéria prima sem necessidade de transportar
- O setor de celulose (licor negro) tem a capacidade instalada de 1,500 MW, porém a capacidade instalada de madeira não atinge 302 MW em todo o país.
- Os estados do Paraná e de São Paulo tem e apresentam o maior potencial de uso de madeira residual com 27,5 a 82,9 MW.

Resíduos de poda urbana

- Estima-se O custo médio para a disposição em aterros sanitários no Estado é de R\$ 80,00/t
- Estado de SP – Gera entorno 70.000 t/ano
- Somente São Bernardo 1.500 t/ano



Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305/10


Institui a responsabilidade gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.



Biomassa florestal no Brasil

Floresta plantada

- O Brasil é o **maior produtor** de madeira proveniente de **florestas plantadas** de **eucalipto**, atualmente, o reflorestamento tem-se tornado uma alternativa viável, com as florestas plantadas cuja finalidade é a **produção da matéria** prima para diversos setores.

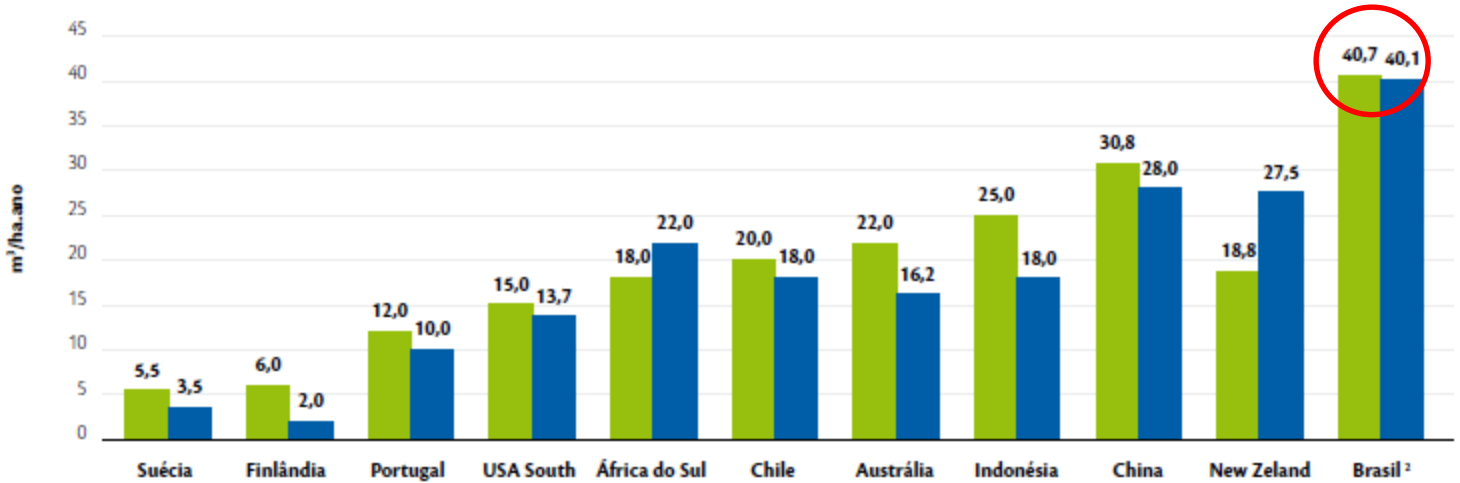
Espécie	Área de Plantios Florestais (ha)		
	2011	2012	%
Eucalyptus	4.873.952	5.102.030	70,8 
Pinus	1.641.892	1.562.782	22,0
Outros	489.281	521.131	7,2
Total	7.005.125	7.185.943	100

Fonte: Elaboração própria com base em (ABRAF, 2013).

- **Florestas plantadas com eucaliptos** : 1,23% do total das áreas agricultáveis
- O eucalipto estão sendo estudadas no Brasil desde a década de 50 com incentivos fiscais visando suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro, na região Sudeste, que ao longo do tempo passou a ser usado como matéria prima no abastecimento das fábricas de papel e celulose.

Oferta de madeira em tora De reflorestamento

- As **condições edafoclimáticas** e de **sítio**, aliadas a investimento em pesquisa e **desenvolvimento do setor** privado, proporcionou maior produtividade por hectare e, conseqüentemente, menor ciclo de colheita para os plantios florestais estabelecidos no Brasil, que **possuem IMAs entre 30 % e 50% superiores** comparados ao resto do mundo (ABRAF, 2013).



Espécie	Área Plantada (ha)	IMA	Produção (m³/ano)	%
Eucalyptus	5.102.030	40,1	204.591.403	76,2
Pinus	1.562.782	35,9	56.103.874	20,9
Outros	521.131	14,7	7.660.626	2,9
Total	7.185.943	-	268.355.903	100

Consumo de madeira em tora de reflorestamento

Segmento	Consumo de Madeira (ton)				Total (%)
	Eucalyptus	Pinus	Outros	Total	
1. Celulose e Papel	24.764.927	4.371.854	2.900	29.139.682	35
2. Lenha	16.680.204	1.838.093	2.195.940	20.714.237	24
3. Indústria Madeireira	3.165.442	13.163.661	167.040	16.496.143	19
4. Carvão	10.414.890			10.414.890	13
5. Painéis de Madeira Industrial	2.511.111	3.481.265	91.974	6.084.350	7
6. Madeira Tratada	742.644			742.644	1
7. Outros	477.728	14.945		492.672	1
Total	58.756.946	22.869.818	2.457.854	84.084.618	100

Fonte: Elaboração própria com base em ABIPA (2011), AMS (2011), BRACELPA (2011)

- **Substituindo 100% dos setores**
- **Exceto lenha/carvão vegetal (consome 37% do total produzido) totalizando 31 milhões de toneladas.**

Consumo de madeira para energia por setor e por fonte

Lenha para Energia	(10 ³ ton.)	Floresta Nativa		Floresta Plantada	
		(10 ³ ton.)	%	(10 ³ ton.)	%
Produção de carvão vegetal	30,086	11,132	37	18,954	63
Industrial	24,158				
Residencial	20,421	40,544	77	12,175	23
Rural	8,140				
Total	82,805	51,676	62	31,129	38

Lenha para Energia

Setor Industrial	(10 ³ ton.)
cerâmica	8,100
bebida e alimentos	7,508
celulose	5,050
outros	3,500
Total	24,158

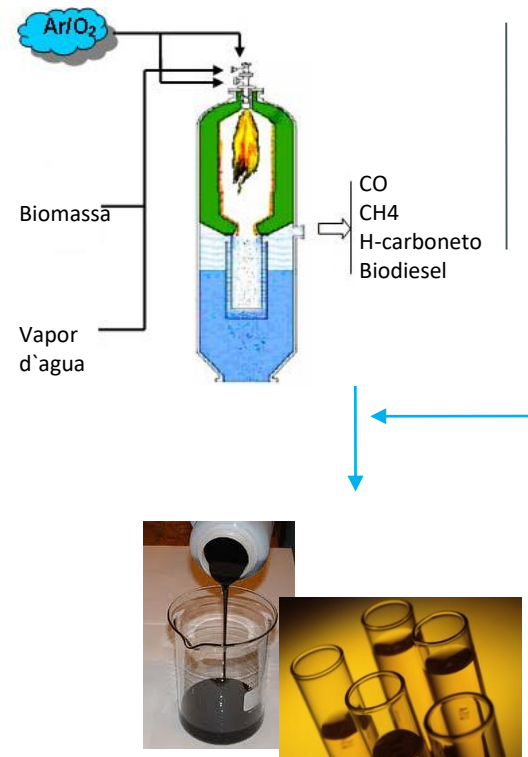
- A maior demanda de madeira hoje no Brasil é do setor industrial que depende da mesma para atender a demanda de energia térmica no processo.

Fonte: Elaboração própria com base em (BEN, 2013; ABRAF, 2012).

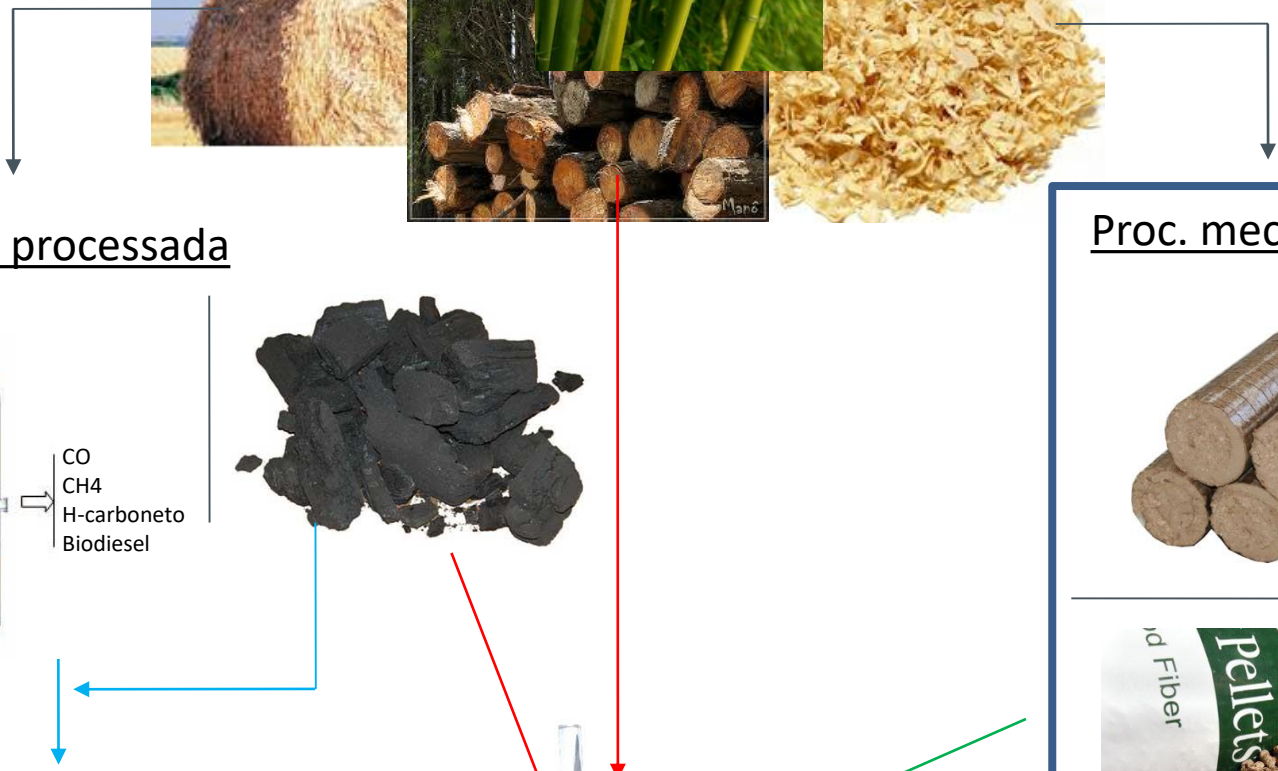
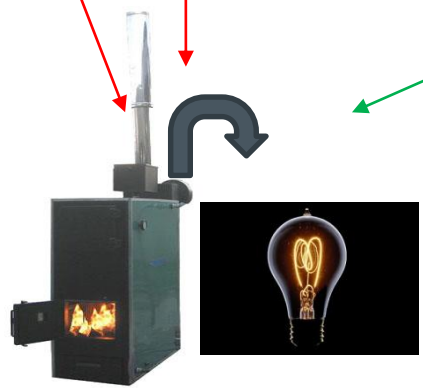
Origem Primária



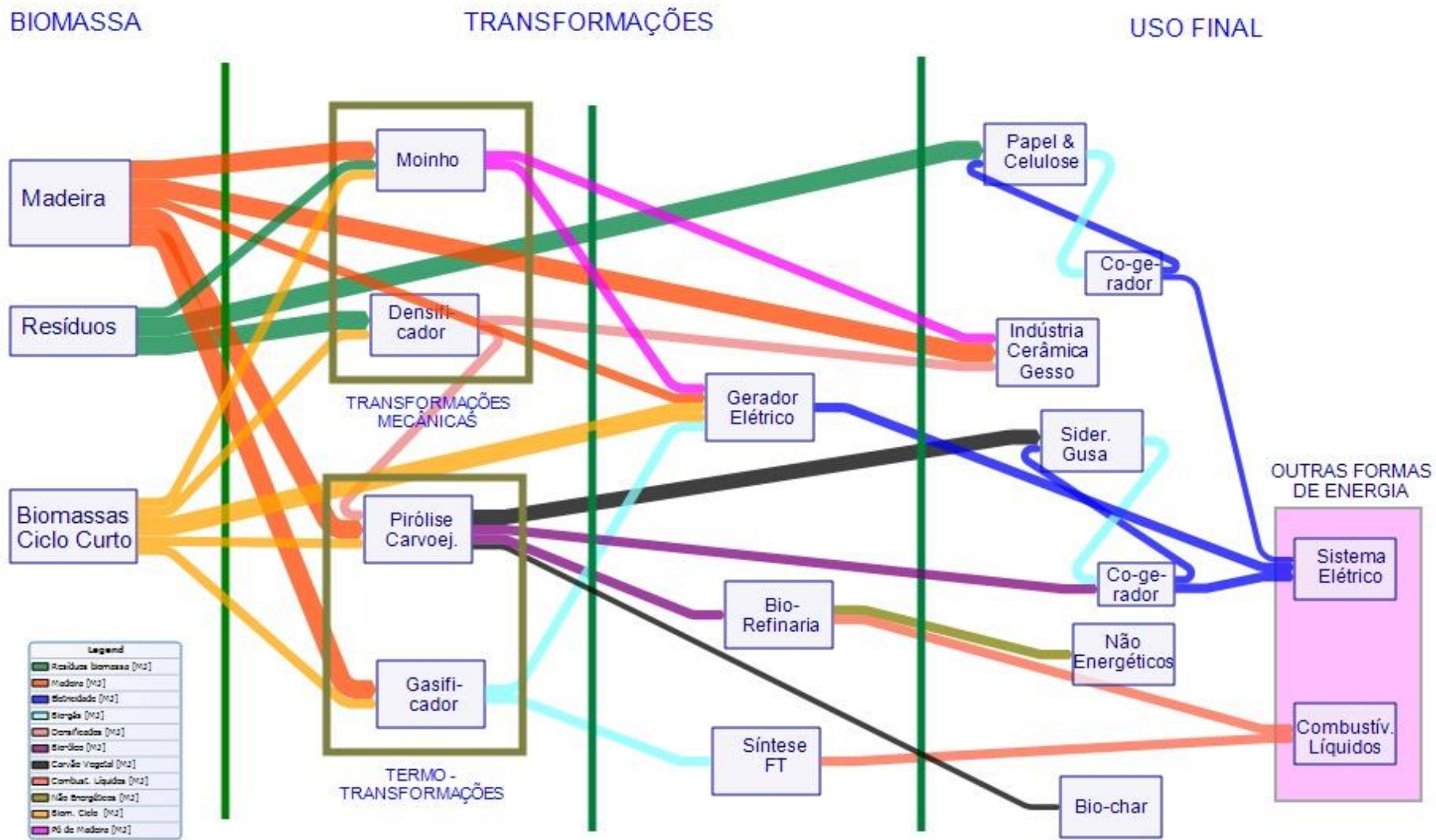
Termo - processada



Proc. mecânico



Cadeia energética



Matéria-prima lignocelulósica

- **Culturas energéticas**

tipos: (1) florestas plantadas, especialmente composta por espécies de rápido crescimento como o eucalipto e (2) gramíneas semi-perenes, como a cana-de-açúcar (bagaço) e o capim-elefante.

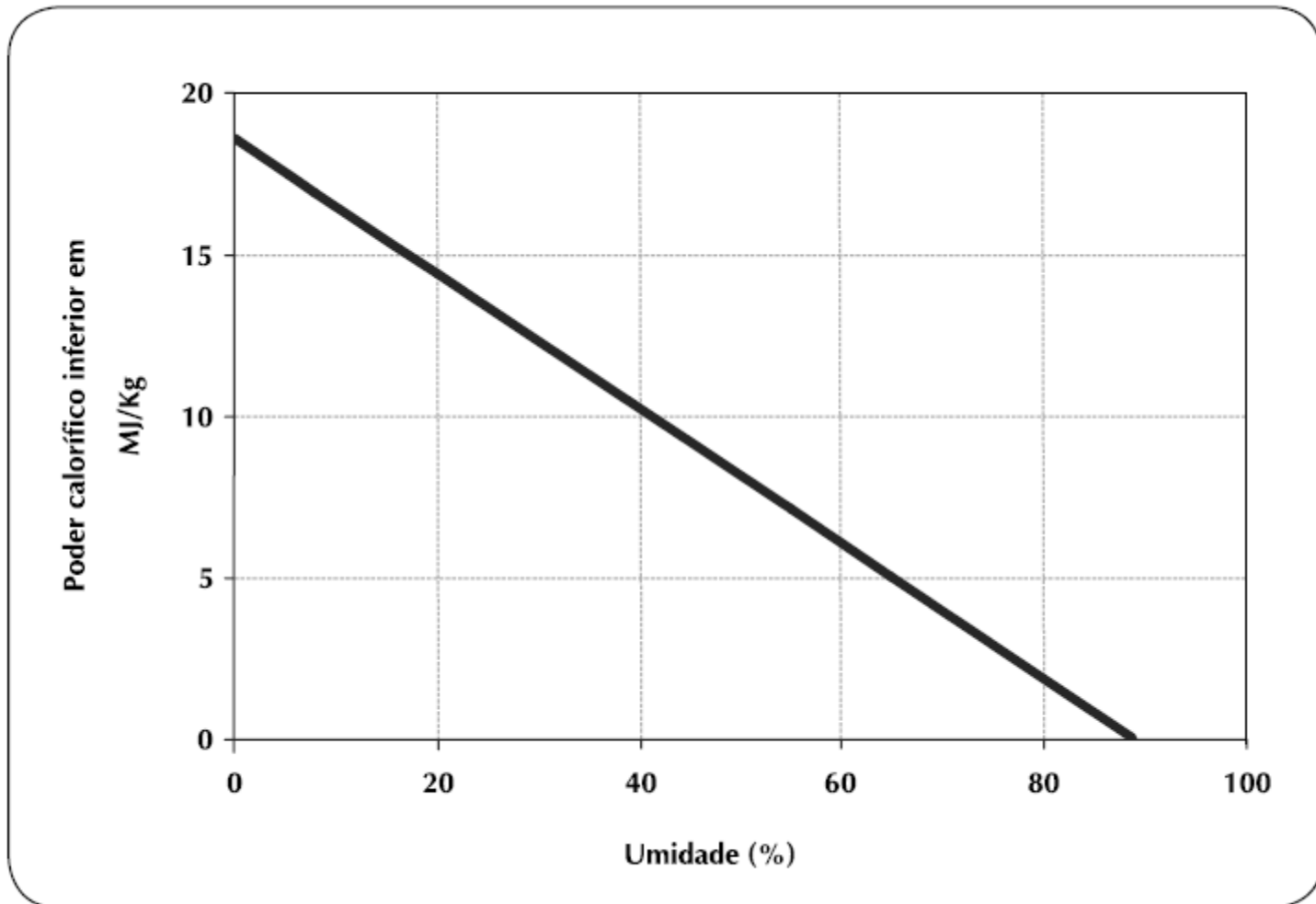


- **Resíduos**



Relação água / Biomassa

Poder calorífico da biomassa em função da umidade.



Fonte: Elaboração BNDES, com base em FAO (2004).

Pellets e/ou Briquetes

- Resíduos de madeira de biomassa vegetal , ou produção agrícola/florestal, podem ser convertidos em pellets de madeira por esmagamento e compressão.
- Uniforme com teor de umidade constante 10%. Alta densidade, energia até 18 MJ/kg ou 4800 kcal, fáceis de manusear, transportar e armazenar.
- A utilização como energia renovável para geração de energia térmica e/ou elétrica



Pellets



1

Pellets de madeira / resíduos

2

Pellets de bagaço de cana

3

Pellets de capim elefante

4

Pellets de licor negro – Cel. e Papel

5

Pellets de casca de pinus/
eucalipto/coco/amendoim

6

Pellets de sorgo sacarino

7

Pellets de lixo urbano + podas

8

Pellets de palha de milho,
arroz / cana

B
I
O
M
A
S
S
A

Volume e Transporte de Quantidades Equivalentes de Energia



10 m³
Bagaço



4 m³
Lenha



3 m³
Cavaco



2 m³
Carvão



1.2 m³
Brique

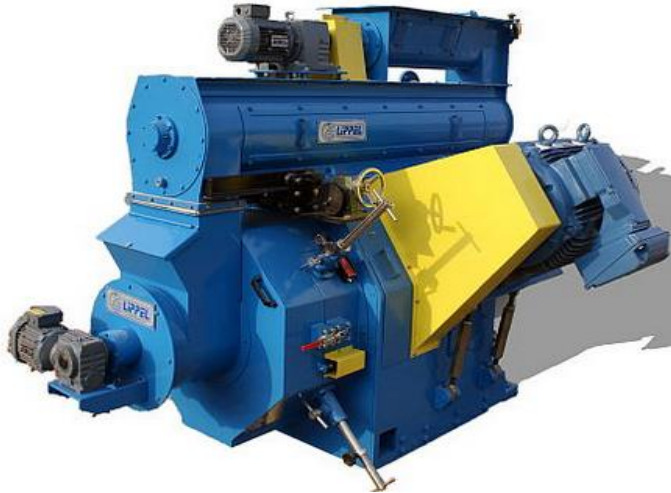


1 m³
Pellet



Tecnologia de transformação

- No Brasil já existem várias fábricas de briquetes e paletes instalados e do uso deste combustível.
- É encontrado em vários segmentos .



Tecnologia de pequena escala, *briquetadeira e pelletizadora*

- A estrutura dos custos de produção é dividida da seguinte forma: matéria-prima : 26% ; eletricidade : 5% ; funcionários: 15% ; As despesas administrativas : 5% ; peças de reposição : 5% ; comercialização: 24% ; custo e financiamento: 20%.
- O custo total do processo de pelletização amortizado entre 15-30 anos têm valores em torno de 20-40 dólares por tonelada

Os pellets de madeira

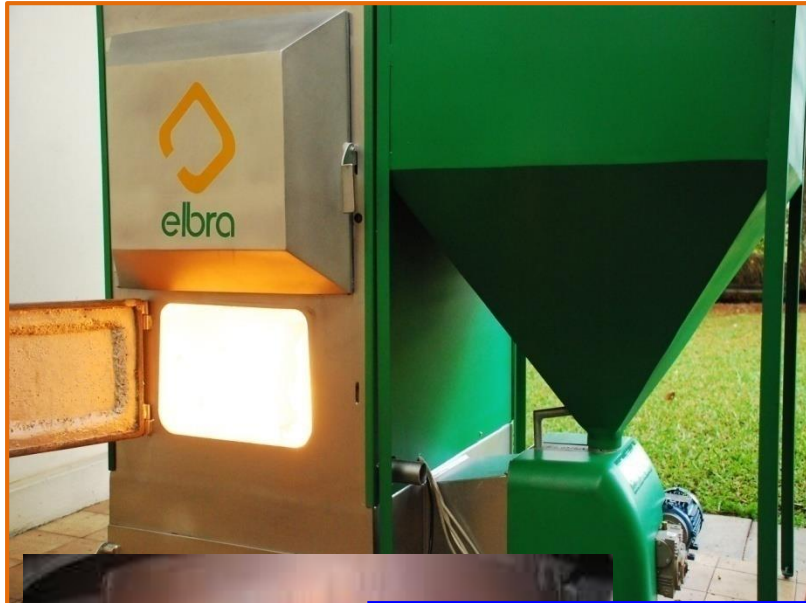
- Os pellets é um biocombustível sólido resultado do tratamento industrial e da compactação – peletização da biomassa lignocelulósica.
- Devido a suas características de alta densidade, maior rendimento energético (>4600 Kcal/kg), baixa umidade (7 a 10%), diâmetro de 6 a 16 mm, fáceis de manusear, transportar e armazenar.
- Resulta em um biocombustível com alto valor energético de aproximadamente 18 MJ/kg.
- Menos poluente que os resíduos lignocelulósicos ou de lenha natural.



<i>Combustível</i>	Poder Calorífico Inferior - PCI	
	(MJ)	(Kcal)
cavaco de madeira (kg)	13	3100
pellets de madeira (kg)	18	4800
gás natural (m ³)	35	8447
etanol (l)	22	5100
óleo diesel (l)	38	9160

<i>Fuel</i>	Calorific Power		Fuel Price
	(MJ)	(Kcal)	(R\$)
wood chip (kg)	13	3100	0,35
briquetts or wood pellets (kg)	18	4800	0,50
natural gas (m ³)	35	8447	1,20
oil (l)	38	9160	2,50

Aplicações dos pellets no Brasil



Queimadores e Aquecedores

- Hotel
- Motel
- Lavanderia
- Pizzaria
- Academia
- Aquecimento de piscinas
- Aquecimentos de Parques
- Secadores Industriais



No inverno, as águas são aquecidas por pellets de madeira



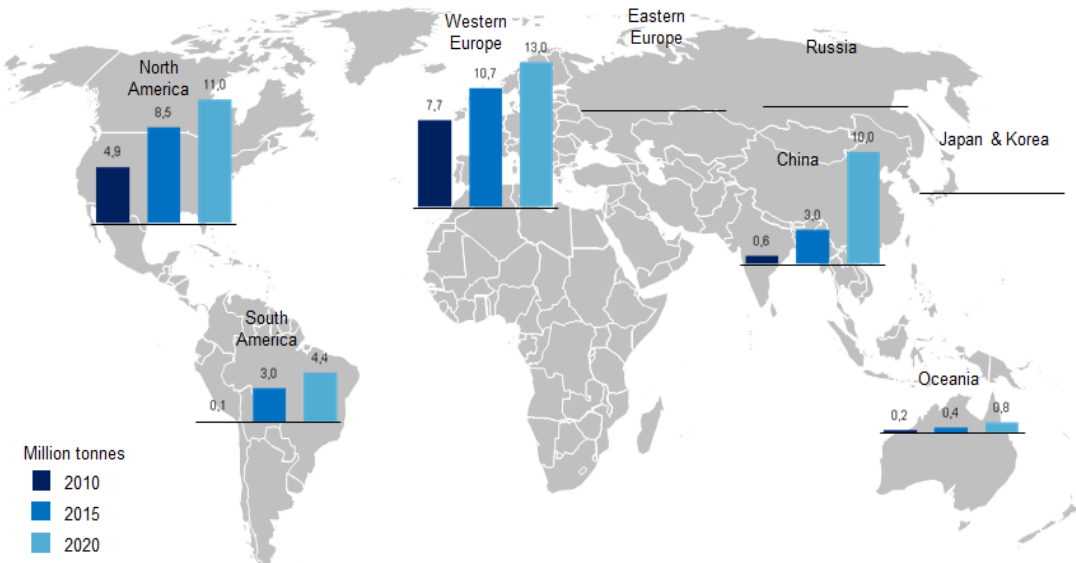
Granulado higiênico de madeira, produto desenvolvido para gatos para ser utilizado no lugar da areia higiênica.

PRODUTORES DE PELLETS NO BRASIL 2014

- A produção não atinge 15% da capacidade instalada.

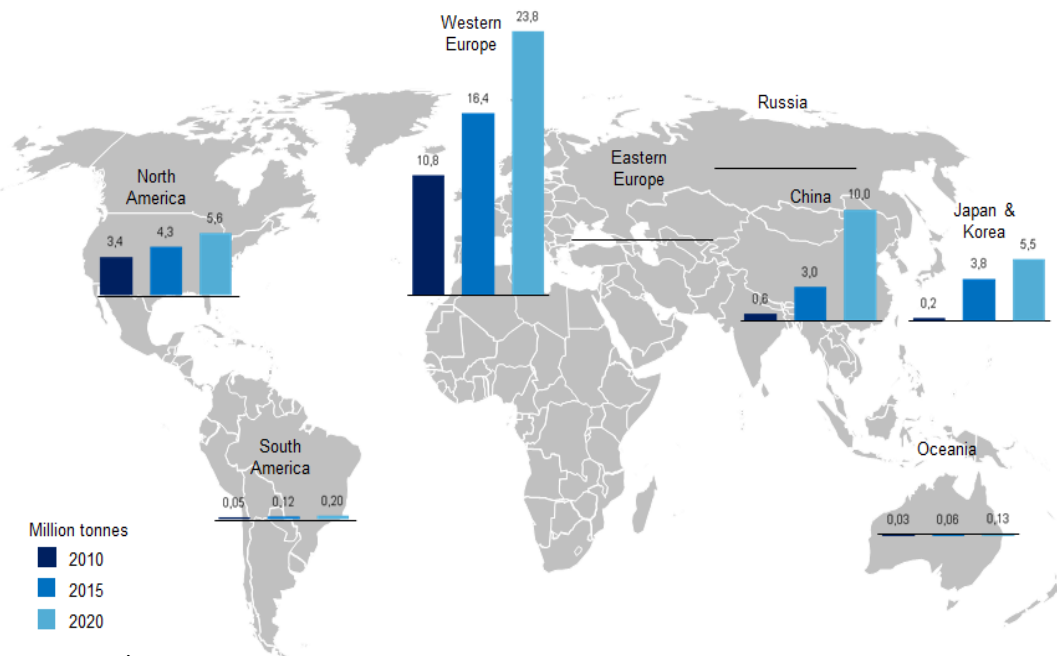
Qtde.	NOME DA INDÚSTRIA DE PELLETS	CAPACIDADE t / ano	PRODUÇÃO t / ano	SITE
1	Madersul	18.750	4.800	http://www.madersul.com.br/
2	Piomade	3.750	2.880	http://www.piomade.com.br/
3	Koala Energy	22.500	1.000	http://www.koalaenergy.com.br/
4	Briquepar	30.000	12.000	http://www.briquepar.com.br
5	Energia Futura	18.750	4.800	http://www.energiafutura.com.br/
6	BR Biomassa	22.500	8.000	http://www.brbiomassa.com.br/
7	Elbra	7.500	3.000	www.elbra.ind.br
8	Ecopell	22.500	5.000	http://www.ecopell.com.br
9	Ecoxpellets	37.500	5.600	http://www.ecoxpellets.com.br
10	Eco-Pellets	1.125	0	http://www.ecopellets.com.br
11	Línea Paraná	30.000	1.000	http://www.linea.com.br
12	Copellets	7.500	1.000	http://www.copellets.com.br
13	Timber S.A.	90.000	4.000	http://www.timbercreek.com
14	Wood Tradeland	24.000	2.500	http://www.woodtradeland.com/
15	Green Energy	40.000	0	http://www.greenenergygroup.com.br
16	Pellets Nordeste	30.000	0	http://www.pelletsnordeste.com/
17	ERB Brasil	30.000	0	http://www.erbrasil.com.br
		436.375	55.580	
Empresa ainda em fase de projeto e construção.				

Os pellets de madeira no mundo



- O setor **residencial**, os pellets competem diretamente com o óleo combustível, o gás natural e a energia elétrica, em usos finais que são o aquecimento de água e a calefação.

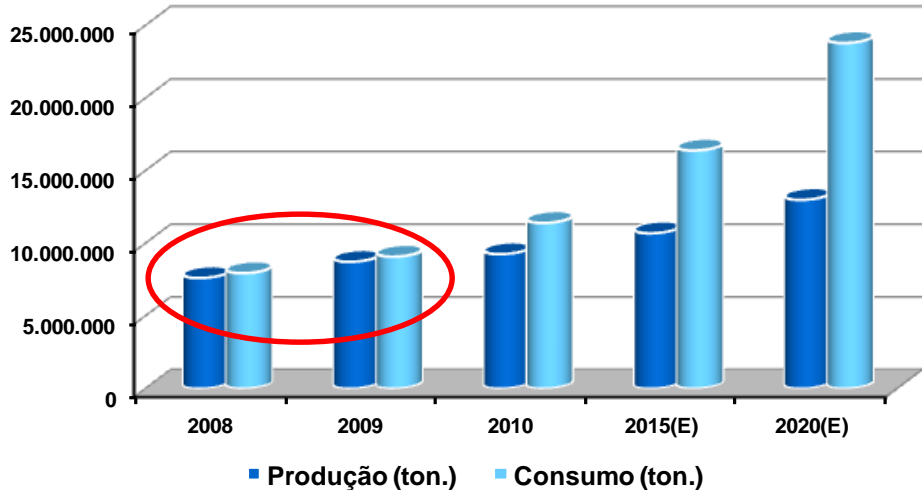
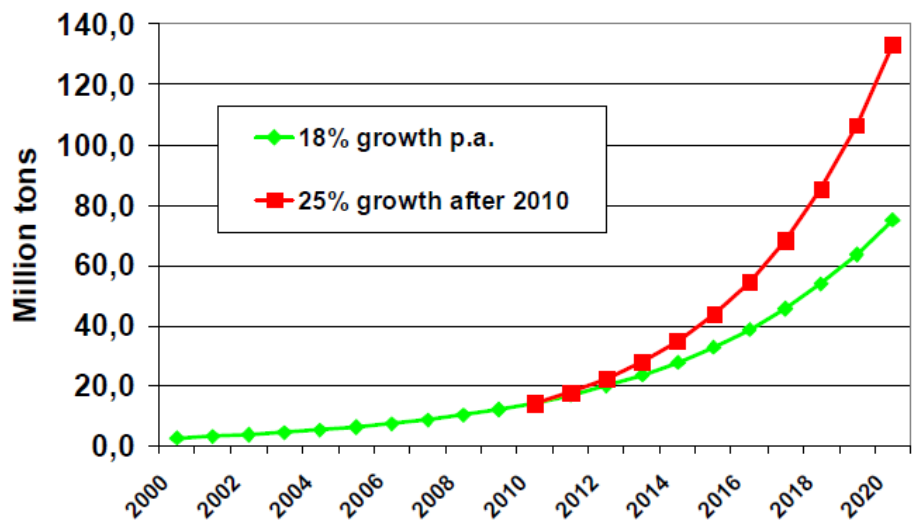
-O segmento de geração **termoelétrica** é o maior demandante de pellets combustível na Europa, pois muitas companhias de geração estão **reduzindo suas emissões** de dióxido de carbono a partir de substituições parciais com pellets em sua matriz energética. (*co-firing*)



fonte: (PÖYRY, 2010)

Potencial de exportação, crescimento mundial dos pellets

- Cenário de produção mundial de pellets 2000-2020
- A taxa de crescimento a partir de 2010 saiu de 18% a 25%



- Relação entre produção e consumo na Europa 2008-2020
- 2008 a 2010 oferta e demanda exponencial (estável)
- 2010 a 2020 Aponta uma expressiva demanda por importação neste continente

fonte: Adaptado de (IEA, 2011) e (RAKOS, 2007)

O caso da Alemanha e do Reino Unido

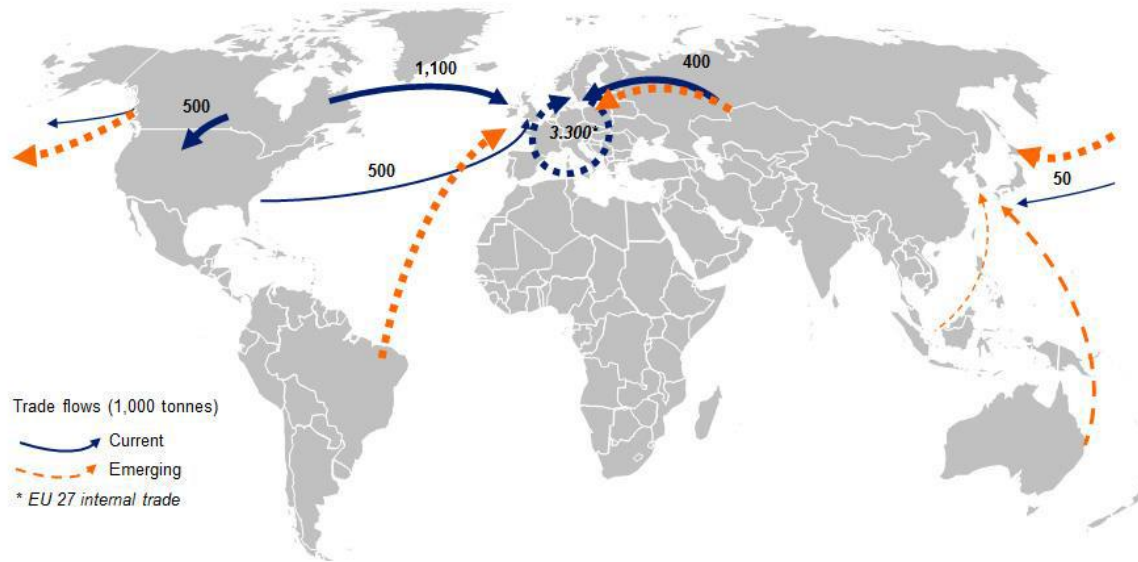


- **Alemanha** está apostando na biomassa florestal como fonte de energia de base renovável com plantações de *Eucalyptus* em Madagascar e no Norte da África desde 2009 para atender a demanda de energia renovável. (GTZ, 2009); (GTZ, 2010). **30.000 ha**

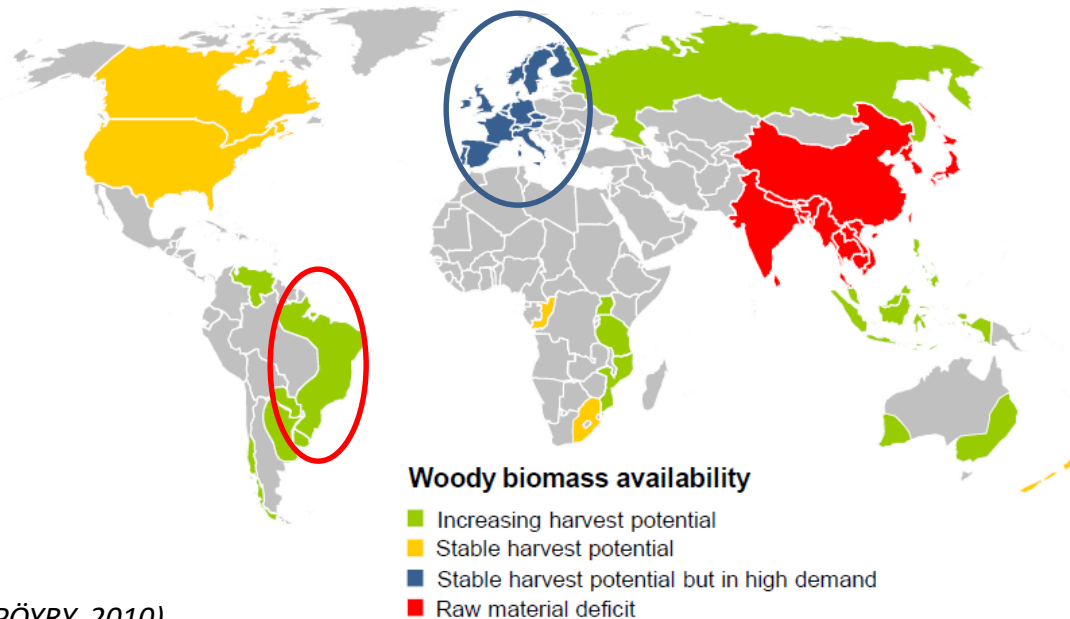
- Drax a maior termoelétrica a carvão do **Reino Unido** 4000 MW.
- Em Abril de 2013 a primeira unidade com pellets de madeira já foi concluída, com expectativas de ampliação das demais usinas até 2020.
- será necessário **2.3 milhões** de toneladas de pellets ao ano.
- Redução de até 70% do CO₂ gerado até o momento.



Fluxo do mercado global de pellets (provedores atuais e emergentes)



- Os Fluxos de pellets atuais Canadá e os Estados Unidos que já exportam para a Europa.
- A necessidade de novos mercados é cada vez maior.
- Alguns países africanos e o Brasil situam-se como potenciais exportadores da demanda de pellets para a Europa.
- Podendo a médio prazo incentivar a produção de pellets em países do sudeste asiático.
- E a expansão de novos mercados como a ex: chinês



Normas e Padrões de qualidade



Áustria norma M M 7135

Suécia norma SS 187120

Alemanha norma DIN 51731



Não existem normas brasileiras para pellets

Normas e padrão de qualidade dos pellets por países

Especificação	Áustria ONORM M7135	Suécia SS 18 71 20	Alemanha DIN 51731/DIN plus	Itália CTI- R04/5	Reino Unido British Biogen
	Holzpresslinge	Grupo 1	HP5	A	Pellets combustível prêmio
Tamanho	Pellets 4-20 mm Ø max. 100 mm	max. 4mm Ø**	0,4-1cm Ø	6-8mm	< 4mm-20mm
Densidade granel		≥ 600 kg/m ³ **		620 - 720 kg/m ³	> 600 kg/m ³ **
Finos em % < 3 mm		≤ 0,8			< 0,5%
Umidade	≤ 12%	≤ 10%	< 12%	≤ 10%	≤ 10%
Conteúdo de cinzas	≤ 0,5%*	≤ 0,7%	< 1,5%	≤ 0,7%	< 1%, < 3% ou 6 %
Poder calorífico	≥ 18,0 MJ/kg*	≥ 16,9MJ/kg	17,5-19,5 MJ/kg ***	≥ 16,9 MJ/kg	> 4,7kWh/kg
Nitrogênio	≤ 0,3%*		< 0,3%	≤ 0,3%	
Aditivos	max.2% apenas natural	a ser definido		não há	

Normas e padrão de qualidade dos pellets (ENplus)

EN 14961-2 (Pellets para uso não industrial)			
Especificação	ENplus - A1	ENplus - A2	EN - B
Origem	1.1.3 (Stemwood) e 1.2.1 (Chemically untreated wood residues)	1.1.1 (Whole trees without roots), 1.1.3 (Stemwood), 1.1.4 (Logging residues), 1.1.6 (Bark) e 1.2.1 (Chemically untreated wood residues)	1.1 (Forest, plantation and other virgin wood), 1.2 (By-products and residues from wood processing industry) e 1.3 (Used wood)
Dimensões (D, L)	D06, D08 (± 1 mm)	D06, D08 (± 1 mm)	D06, D08 (± 1 mm)
	3,15 mm ≤ L ≤ 40 mm	3,15 mm ≤ L ≤ 40 mm	3,15 mm ≤ L ≤ 40 mm
	Máx. 45 mm (1 w-%)	Máx. 45 mm (1 w-%)	Máx. 45 mm (1 w-%)
Densidade a granel (BD)	BD ≥ 600 kg/m ³	BD ≥ 600 kg/m ³	BD ≥ 600 kg/m ³
Durabilidade mecânica (DU)	DU ≥ 97,5 w-%	DU ≥ 97,5 w-%	DU ≥ 96,5 w-%
Teor de umidade (M) - base úmida	M ≤ 10 w-%	M ≤ 10 w-%	M ≤ 10 w-%
Teor de cinzas (A) - base seca	A ≤ 0,7 w-%	A ≤ 1,5 w-%	A ≤ 3,0 w-%
Poder Calorífico Inferior (Q) - na entrega	16,5 ≤ Q ≤ 19,0 MJ/kg	16,3 ≤ Q ≤ 19,0 MJ/kg	16,0 ≤ Q ≤ 19,0 MJ/kg
	(4,6 ≤ Q ≤ 5,3 kWh/kg)	(4,5 ≤ Q ≤ 5,3 kWh/kg)	(4,4 ≤ Q ≤ 5,3 kWh/kg)
Finos (F) - (< 3,15mm) (*)	F ≤ 1%	F ≤ 1%	F ≤ 1%
Enxofre (S)	(S) ≤ 0,03%	(S) ≤ 0,03%	(S) ≤ 0,04%
Nitrogênio (N)	(N) ≤ 0,3%	(N) ≤ 0,5%	(N) ≤ 1,0%
Cloro (Cl)	(Cl) ≤ 0,02%	(Cl) ≤ 0,02%	(Cl) ≤ 0,03%
Arsênico (As) - base seca (**)	(As) < 1 mg/kg	(As) < 1 mg/kg	(As) < 1 mg/kg
Cádmio (Cd) - base seca (**)	(Cd) < 0,5 mg/kg	(Cd) < 0,5 mg/kg	(Cd) < 0,5 mg/kg
Cromo (Cr) - base seca (**)	(Cr) < 10 mg/kg	(Cr) < 10 mg/kg	(Cr) < 10 mg/kg
Cobre (Cu) - base seca (**)	(Cu) < 10 mg/kg	(Cu) < 10 mg/kg	(Cu) < 10 mg/kg
Chumbo (Pb) - base seca (**)	(Pb) < 10 mg/kg	(Pb) < 10 mg/kg	(Pb) < 10 mg/kg
Mercúrio (Hg) - base seca (**)	(Hg) < 0,1 mg/kg	(Hg) < 0,1 mg/kg	(Hg) < 0,1 mg/kg
Níquel (Ni) - base seca (**)	(Ni) < 10 mg/kg	(Ni) < 10 mg/kg	(Ni) < 10 mg/kg
Zinco (Zn) - base seca (**)	(Zn) < 100 mg/kg	(Zn) < 100 mg/kg	(Zn) < 100 mg/kg
Aditivos (***)	≤ 2 w-%	≤ 2 w-%	≤ 2 w-%
Temperatura de fusão das cinzas (DT) (****)	DT ≤ 1.200 °C	DT ≤ 1.100 °C	DT ≤ 1.100 °C

(*) quantidade de finos no portão da fábrica para transporte a granel (no momento do carregamento), e em pequenos (até 20 kg) e grandes sacos (no momento do empacotamento ou da entrega ao consumidor final);

(**) 1.000 mg/kg = 1.00 ppm = 0,1%, "Analysis EN15297" - Micro elementos;

(***) quantidade de aditivos em relação à massa prensada em base seca, sendo que o tipo (por exemplo, amido, farinha de milho, farinha de batata, óleo vegetal, etc.) e a quantidade de cada aditivo, devem ser indicados na embalagem do produto;

(****) Cinzas para determinar a temperatura de fusão são criadas a partir de 815°C .

Toda Biomassa pode se transformar em pellets!?

MATERIAL	UMIDADE [%]	TEOR DE CINZAS [%]	PCI EM [MJ/kg]	DENSIDADE A GRANEL [kg/m ³]
Pellets Madeira Pinus	8,6	0,28	17,7	590,0
Pellets Pé de algodoeiro	7,5	5,50	15,7	670,0
Pellets Bambu <i>Bambusa Vulgaris</i>	6,9	1,93	17,3	658,0
Pellets Casca de Arroz	12,6	16,60	14,8	560,0
Pellets Casca de Pinus	9,5	2,50	17,9	580,0
Pellets Madeira eucalipto	8,3	0,50	17,3	641,0
Pellets de palha de milho	7,2	5,97	17,4	600,0
Pellets de Casca de amendoim	12,0	5,89	17,9	590,0
Pellets de palha cana de açúcar	14,6	5,15	16,9	620,0
Pellets de Fibra de coco	9,2	2,42	16,8	586,0

PREÇO DOS PELLETS

EUROPA

Preço da tonelada a granel : varia em função da demanda:

- em 2012 variou entre 140 a 180 €/ton (granel - termoelétricas)
- 400 €/t em sacos de 15 kg (uso residencial)

** Influência em função do inverno.

BRASIL

- R\$ 500,00 A R\$ 600,00 ton / FOB

Potencial - Produção

- Na atualidade as plantações tradicionais de eucalipto apresentam um incremento médio anual (IMA) entorno de 20 toneladas de massa seca por hectare

Florestas energéticas de Eucalipto de curta rotação

- (2 a 3 anos) com finalidade exclusiva de produção de biomassa destinada à geração de energia chegam a atingir rendimentos de 45 toneladas de massa seca por hectare ano.

- Estudos piloto os espaçamentos de:

3 x 0,5m

3 x 1,0m

3 x 1,5m.

- favoráveis se conduzido dois ciclos de rebrota após o primeiro corte



Trabalhos publicados

Projeto IINAS/GIZ “Possibilities of sustainable wood production, increase in sustainably produced wood energy and the impact on developing and emerging countries”.

Autores: Uwe R. Fritsche, Suani Coelho, Javier Escobar

Elaboração: The International Institute for Sustainability Analysis and Strategy (IINAS): Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ); Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE/USP).

Período: 2013

Situação da biomassa lignocelulósica no Brasil: Perspectivas para o uso dos pellets de madeira nos setores industriais.

Autores: Javier Farago Escobar, Suani Teixeira Coelho

Publicação Revista: *The Bioenergy International*, nº18, p.38-39.

Período: 2013

O uso dos pellets de madeira para a substituição do coque de petróleo na indústria de cimento no Brasil.

Autores: Javier Escobar, José Goldemberg, Suani Coelho.

Publicação: Congresso Brasileiro de P&D de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Financiador/Bolsa: Petrobras

Período: 2013

Perspectives for Sustainable Wood Pellets Production in Brazil

Autores: Javier Escobar, Uwe R. Fritsche, Suani Coelho

Publicação: 22nd European Biomass Conference and Exhibition

Período: 2014

Prêmio Brasileiro de Inovação e Tecnologia em Biomassa 2015, promovido pela FRG mídia com apoio da World Bioenergy Association - WBA.

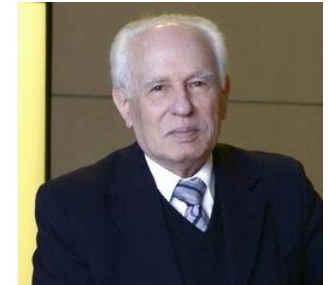
Prêmios

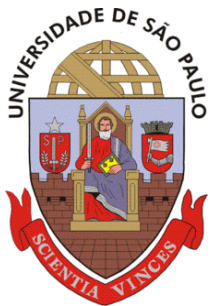


Projeto escolhido pela Câmara europeia de energia renovável (O.Ö. Energiesparverband) para representar o Brasil em 2015 na World Sustainable Energy Days em Viena, Áustria.



- Special contribution:
Prof. José Goldemberg
- Coordination: prof Suani Coelho
- 12 PPGE' Students in 2015
 - 1 pos doc – Alessandro S. Pereira
 - 1 PhD – Vanessa Pecora
 - 4 PhD Candidates – Javier Escobar; Adriano Violante; Manuel Moreno; Luis G. Tudeschini
 - 4 MSc candidates – Fernando Oliveira; Naraisa Coluna; Dafne P. Silva; Thaisa Waiss
 - 2 undergraduate students – Pedro Germani; Brunno Boyadjian





Obrigado.

escobar@usp.br