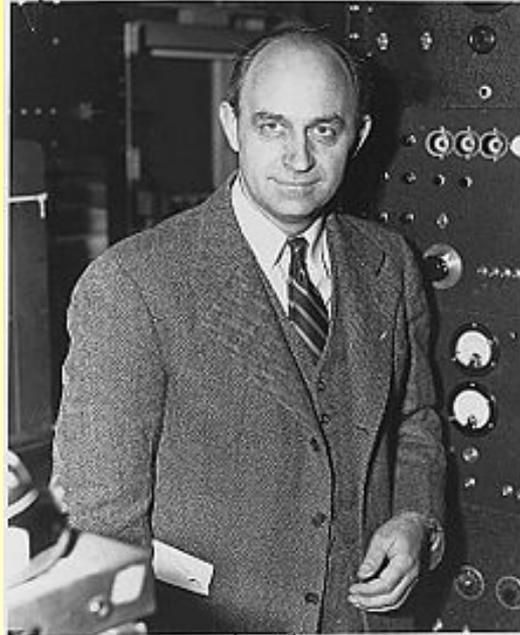


Fermi, petróleo e etanol

*Roberto Vicençotto Ribas
Instituto de Física – USP
Departamento de Física Nuclear*

UEL, 29 de Outubro de 2010

Enrico Fermi



- *Enrico Fermi (29 de setembro de 1901 - 28 de novembro de 1954), foi um físico italiano, mais conhecido por seu trabalho sobre o desenvolvimento do primeiro reator nuclear, e por suas contribuições para o desenvolvimento da teoria quântica, física nuclear e de partículas, e mecânica estatística . Fermi recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1938 por seu trabalho sobre a radioatividade induzida e é hoje considerado um dos maiores cientistas do século 20. Férmium, um elemento sintético criado em 1952 foi nomeado em homenagem a ele.*

Física Básica x Aplicada

- [U.S. Patent 2,206,634](#) — *Process for the Production of Radioactive Substances*, filed October, 1935, issued July, 1940
- U.S. Patent 2,524,379 — *Neutron Velocity Selector*, filed September, 1945, issued October, 1950
- U.S. Patent 2,708,656 — *Neutronic reactor*, with [Leo Szilard](#), filed December, 1944, issued May, 1955
- U.S. Patent 2,768,134 — *Testing Material in a Neutronic Reactor*, filed August, 1945, issued October, 1956
- U.S. Patent 2,780,595 — *Test Exponential Pile*, filed May, 1944, issued February 1957
- U.S. Patent 2,798,847 — *Method of Operating a Neutronic Reactor*, filed December 1944, issued July, 1957
- U.S. Patent 2,807,581 — *Neutronic Reactor*, filed October 1945, issued September, 1957
- U.S. Patent 2,807,727 — *Neutronic Reactor Shield*, filed January 1946, issued September, 1957
- U.S. Patent 2,813,070 — *Method of Sustaining a Neutronic Chain Reacting System*, filed November, 1945, issued November, 1957
- U.S. Patent 2,836,554 — *Air Cooled Neutronic Reactor*
- U.S. Patent 2,837,477 — *Chain Reacting System*
- U.S. Patent 2,852,461 — *Neutronic Reactor*
- U.S. Patent 2,931,762 — *Neutronic Reactor*
- U.S. Patent 2,969,307 — *Method of Testing Thermal Neutron Fissionable Material for Purity*, filed November 1945, issued January 1961

O Vestibular

- Fermi recebeu seu diploma de graduação e de doutorado da *Scuola Normale Superiore* em Pisa. Havia um exame de admissão que os candidatos tiveram que prestar, a fim de entrar no prestigiado instituto, e que incluía um trabalho escrito. Para seu ensaio sobre o tema dado *Características do Som*, o jovem Fermi, com 17 anos, optou por derivar e resolver, com base na análise de Fourier, a equação diferencial parcial de ondas em uma corda. O examinador entrevistando Fermi, concluiu que seu ensaio teria sido louvável, mesmo para uma tese de doutorado.
- H. Fleming: www.hfleming.com: *Enrico Fermi, gênio e simplicidade*.

Genética?

- *A mãe de Enrico Fermi construiu sua própria panela de pressão ("Enrico Fermi, físico", Segre, University of Chicago Press, 1970) e talvez isso tenha inspirado Enrico para construir o primeiro reator nuclear em 1942.*

Problemas de Fermi

- *Em física, em especial no ensino de física, um problema de Fermi, pergunta de Fermi, ou estimativa de Fermi é um problema de estimação projetado para ensinar análise dimensional, aproximações e a importância de identificar claramente as suposições feitas. Com o nome devido o físico Enrico Fermi, esses problemas envolvem fazer suposições justificadas sobre as quantidades que parecem impossíveis de calcular dada informação limitada disponível. Fermi era conhecido por sua capacidade de fazer bons cálculos aproximados, com pouco ou nenhum dado real, daí o nome. Um exemplo bem documentado é a sua estimativa da potência da bomba atômica detonada no teste de Trinity, com base na distância percorrida pelos pedaços de papel caindo de sua mão durante a explosão. [My Observations During the Explosion at Trinity on July 16, 1945. E. Fermi . E. Fermi - http://www2.vo.lu/homepages/geko/atom/report.htm](http://www2.vo.lu/homepages/geko/atom/report.htm)*

Problemas de Fermi & Etanol

- *Quantos afinadores de piano há em Chicago?*
- *Quantas toneladas de arroz o Imperador da China teria de pagar ao inventor do xadrez?*
- Sabendo-se que o Sol se comporta como um corpo negro à temperatura de 5700K e que a eficiência para transformação de energia solar em etanol pela cana de açúcar é de 0.5%, que fração da área atualmente desmatada no Brasil, seria necessária para produzirmos o equivalente a toda energia que usamos atualmente na forma de petróleo?

Origens da proposta

- ***Soja desmata a Amazônia, comprovado de satélite.***
- ***Lula evita culpar soja e gado pelo desmatamento na Amazônia.***
- ***Competição entre bio-combustíveis e alimentos (Ziegler-ONU).***

Como usamos esse espaço

- **Total: 250 milhões de hectares**
- **Área agriculturável: 150 milhões de ha.**
- **IBGE, safra 2008: 60 milhões de ha, 145 milhões de toneladas de grãos)**
 - Soja: 20 milhões de ha.
 - Milho: 14 milhões de ha.
 - Arroz, Feijão, Trigo: 9 milhões de ha.
 - **Cana de açúcar**: 7 milhões de ha. (~ 3 milhões para açúcar)
 - Café, mandioca, algodão: 5 milhões de ha.
 - Laranja: 0,8 milhões de ha.
- **Gado bovino: 150 milhões de ha.**

Substituição de todo o petróleo

- $2,2\text{M b/d} \times 160\text{l/b} \times 365\text{d/a} = 130 \times 10^9 \text{ l/a}$
- Etanol: 200 bi de litros/anos (8x a atual)
- 20% da área agriculturável atual (30 Mha).
- Ainda sobram 60 Mha para alimentos (suficientes para dobrar a área atualmente usada)
- Sem contar aproveitamento do bagaço da cana, para queima na produção de energia elétrica, para a alimentação de gado ou em processos de produção de etanol à partir de celulose. *(O bagaço da produção atual é suficiente, pela queima, para produzir energia elétrica equivalente a uma Itaipu)*

Então, quem é o culpado pelo desmatamento da Amazônia ou aumento no preço do trigo?

- ?

Hidrelétricas x Alimentos

- Itaipu: 1350 km² de área inundada.
- Potência máxima = 14 GW
- 90M MWh = 2,3x10¹² J/ha



Porto Primavera

O projeto foi iniciado pela CESP durante o governo de Paulo Maluf no ano de 1980, ainda durante a ditadura militar. Inicialmente previsto para ser concluído em 1988, por razão de desvio de verbas foi adiado,..

O lago de Porto Primavera inundou uma área de 2.250 Km², ou 225 mil hectares, aumentando em nove vezes o leito do rio Paraná para produzir, em sua potência máxima, 1.800 megawatts, com média de 900 megawatts. Tem 25 mil hectares a mais que o lago de Itaipu, mas gera sete vezes menos energia que esta última usina. Sendo assim, Porto Primavera é considerada a terceira mais ineficiente usina hidrelétrica do mundo. Trata-se do maior lago artificial do Brasil.

- 2250 km² de área inundada
- 1GW de potência média = $1,3 \cdot 10^{11}$ J/ha



Presidente Epitácio

Presidente Epitácio

Image © 2008 TerraMetrics
Image © 2008 GeoEye
Image © 2008 DigitalGlobe
© 2008 MapLink/Tele Atlas

Google

°57'30.60" S 52°30'59.12" O

elev 347 m

Altitude do ponto de visão 150.95 km

Outras Hidroelétricas

- Balbina (Amazonas, a mais ineficiente de todas):
 - 250 MW, 2360 km² de área inundada.
- Santo Antônio (Rondônia, rio Madeira):
 - 3.1GW, 270 km² de área inundada.

Etanol x hidrelétricas

- 6000 l/ha, $2,7 \times 10^7$ J/l = $1,6 \times 10^{11}$ J/ha. (Porto Primavera = $1,3 \times 10^{11}$ J/ha !)
- Rendimento pode aumentar significativamente (etanol de segunda geração).
- Hidrelétricas inundam **definitivamente** áreas de várzea, seguramente as melhores para produção de alimentos (Nilo).

Milho x Cana de Açúcar

- EUA são os maiores produtores mundiais de etanol, que o fazem do milho.
- Produção Mundial (2010): 83 BI
 - EUA: 45 BI
 - Brasil: 27 BI
- EUA produzem milho com irrigação, sendo muito mais produtivos que o Brasil (10 t/ha, contra pouco mais de 3 t/ha)
- Etanol de milho tem rendimento energético muito menor que o produzido com a cana de açúcar:
 - Milho: 4000 l/ha, 1,3 J produzido por J usado na produção.
 - Cana: 6000 l/ha, 8 J produzidos por J usado na produção.

Milho x Cana de Açúcar

- Usam, para irrigação, águas subterrâneas do Aquífero Ogallala.
 - *“The Ogallala aquifer irrigates some of the most important cropland for food and fuel. For years, it’s been steadily depleting leaving some to wonder about the sustainability of tapping into it for increased corn irrigation and ethanol production.”*
- Vocês conhecem o Aquífero Guarani?
 - *Nomeado em homenagem à tribo Guarani, possui um volume de aproximadamente 55 mil km³ e profundidade máxima por volta de 1800 metros, com uma capacidade de recarregamento de aproximadamente 166 km³ ao ano por precipitação. É dito que esta vasta reserva subterrânea pode fornecer água potável ao mundo por duzentos anos.*

Milho x Cana de açúcar

- **EUA:** Para produzir 20 bilhões de litros de etanol usam 50 milhões de toneladas de milho (\approx à produção anual de milho no Brasil)
- 4000 l/ha x 6000 l/ha da cana de açúcar
- Rendimento energético - 1,3:1 (cana de açúcar: 8:1)
- O custo de produção desse milho, no Brasil, é equivalente a nosso custo para produção da mesma quantidade de etanol.
- **Escambo:** eles nos dão o milho e nós a eles o etanol que produziriam.
- Nos 14 milhões de hectares que usamos para produzir essa quantidade de milho, poderíamos plantar cana, e produzir, com a tecnologia atual, cerca de 90 bilhões de litros de álcool...

Produção Agrícola

- **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**
- **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**
 - **Confronto das Safras de 2007 e 2008 - Brasil - Abril 2008**

Conclusões

- ***A produção de alimentos no Brasil vem aumentando em ritmo maior que o crescimento de nossa população ou da população mundial. Não é culpa do etanol o aumento de custo do trigo ou arroz.***
- ***O desmatamento na Amazônia é devido mais a problemas sociais e econômicos, (preço da terra, reforma agrária) do que da nossa necessidade de mais espaço para agricultura ou produção de bio-energia.***
- ***Não há, no presente, uma fonte uma fonte “limpa e renovável” de energia. O etanol de cana de açúcar, como hidrelétricas são opções viáveis, mas ambas trazem conseqüências para o meio ambiente. Energia tem custo alto.***
- ***Energia nuclear ocupa cerca de 1km² para produzir 2 GW de potência. Há também aqui muitos problemas, mas não podemos descartar essa importante fonte de energia. Lixo petrolífero (CO₂) também é um grande problema.***
- ***ADS – Accelerator Driven Systems, se for mostrado realmente viável, poderia contornar esses problemas, usando o lixo atômico como combustível.***
- ***O controle da fusão nuclear evitaria esses problemas com lixo atômico, mas acredito que não seja obtido, para a produção de energia, tão cedo.***
- ***Novas alternativas do uso (quase) direto da energia solar, podem se tornar uma grande alternativa no futuro próximo.***
- ***Pratiquem “Fermi Problems”***

Obrigado pela atenção.

UEL, 29 de Outubro de 2010

My Observations During the Explosion at Trinity on July 16, 1945

E. Fermi

- *On the morning of the 16th of July, I was stationed at the Base Camp at Trinity in a position about ten miles from the site of the explosion. The explosion took place at about 5:30 A.M. **I had my face protected by a large board in which a piece of dark welding glass had been inserted.** My first impression of the explosion was the very intense flash of light, and a sensation of heat on the parts of my body that were exposed. Although I did not look directly towards the object, I had the impression that **suddenly the countryside became brighter than in full daylight.** I subsequently looked in the direction of the explosion through the dark glass and could see something that looked like a conglomeration of flames that promptly started rising. After a few seconds the rising flames lost their brightness and appeared as a **huge pillar of smoke with an expanded head like a gigantic mushroom** that rose rapidly beyond the clouds probably to a height of the order of 30,000 feet. After reaching its full height, the smoke stayed stationary for a while before the wind started dispersing it.*
- ***About 40 seconds after the explosion the air blast reached me. I tried to estimate its strength by dropping from about six feet small pieces of paper before, during and after the passage of the blast wave. Since at the time, there was no wind I could observe very distinctly and actually measure the displacement of the pieces of paper that were in the process of falling while the blast was passing. The shift was about 2 1/2 meters, which, at the time, I estimated to correspond to the blast that would be produced by ten thousand tons of T.N.T.***

My Observations During the Explosion at Trinity on July 16, 1945

E. Fermi

- Na manhã do dia 16 julho, eu estava alojado no Acampamento Base em Trinity, cerca de dez quilômetros do local da explosão. A explosão ocorreu por volta de 5:30 da manhã. Eu tinha meu rosto o protegido por uma grande placa na qual um pedaço de vidro escuro de soldagem havia sido inserido. Minha primeira impressão da explosão foi o flash de luz muito intenso, e uma sensação de calor nas partes do meu corpo que foram expostas. Embora eu não olhasse diretamente para o objeto, eu tinha a impressão de que de repente o campo se tornou mais brilhante do que em plena luz do dia. Depois, eu olhei na direção da explosão através do vidro escuro e pude ver algo que parecia um conglomerado de chamas que rapidamente começou a subir. Após alguns segundos, as chamas subindo perderam seu brilho e apareceu como um enorme pilar de fumaça com uma cabeça expandida como um cogumelo gigante que se levantou rapidamente para além das nuvens, provavelmente, a uma altura da ordem de 30.000 pés. Depois de atingir sua altura máxima, a fumaça ficou parada por um tempo antes que o vento começasse a dispersá-la. Cerca de 40 segundos após a explosão o deslocamento de ar chegou a mim. Eu tentei estimar a sua força pela queda de cerca de 1,8m, de pequenos pedaços de papel, antes, durante e depois da passagem da onda de choque. Nesse momento, não havia vento, e pude observar com bastante clareza e efetivamente medir o deslocamento dos pedaços de papel que estavam em processo de queda, enquanto que a explosão foi passando. A mudança foi de cerca de 2 1/2 metros, o que, no momento, eu estimei corresponder à explosão que seria produzida por dez mil toneladas de TNT

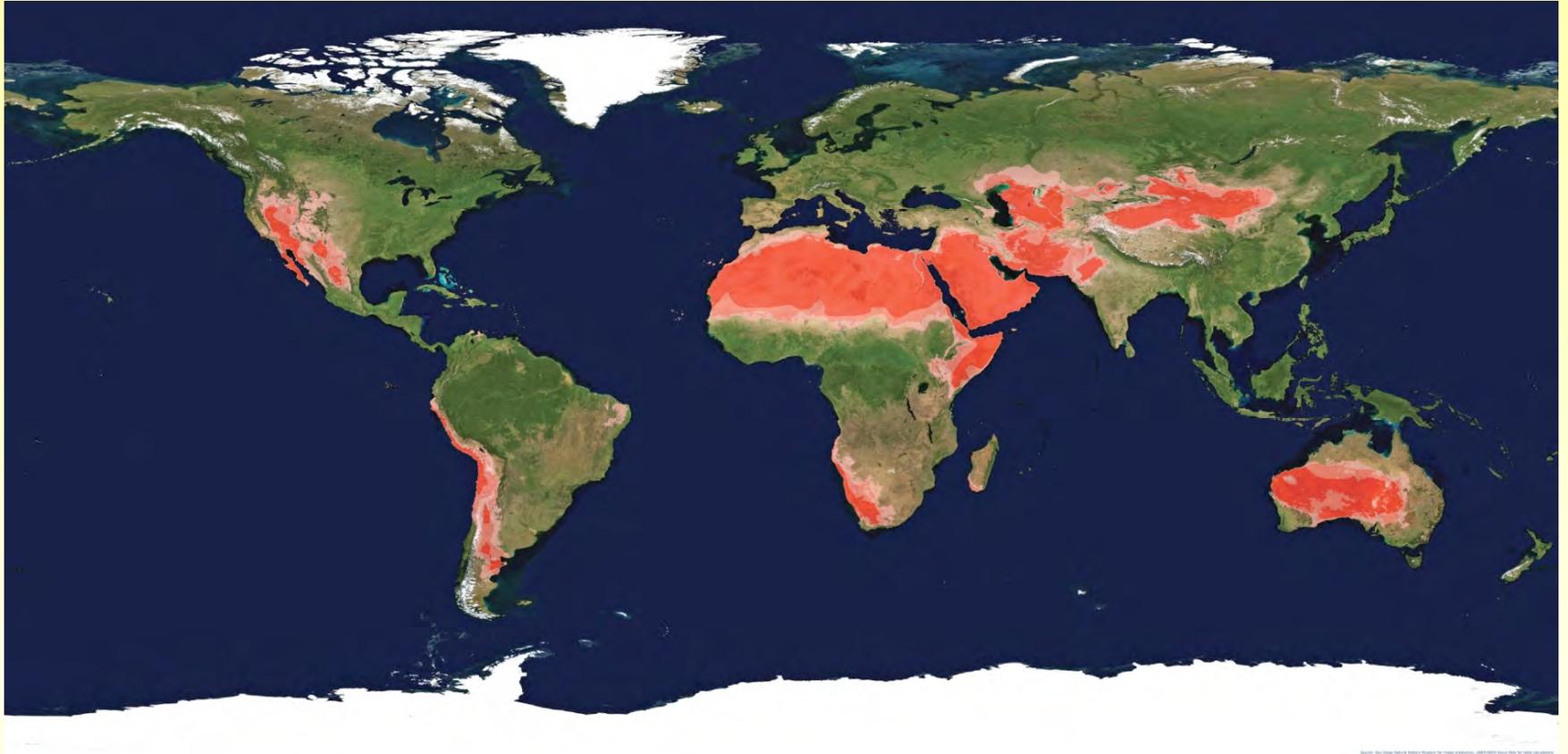
Fermi, Fleming & Giorgio

- *Algum tempo atrás, eu e meu amigo professor Giorgio Moscati, estávamos experimentando nossas moderníssimas máquinas de calcular programáveis e com capacidade gráfica, imaginando coisas interessantes para fazer com elas, quando Giorgio comentou, com suprema maldade: “Imagine o Fermi com uma dessas...”. Confesso que, por alguns dias, fiquei com vergonha da minha máquina. Mas não era justo, como se verá a seguir... (H. Fleming - [Enrico Fermi, gênio e simplicidade](#)).*

OIE- Oferta Interna de Energia

IDENTIFICAÇÃO	mil tep		06/05 %	Estrutura %	
	2005	2006		2005	2006
NÃO RENOVÁVEL	121.350	124.207	2,4	55,5	54,9
PETRÓLEO E DERIVADOS	84.553	85.287	0,9	38,7	37,7
GÁS NATURAL	20.526	21.716	5,8	9,4	9,6
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	13.721	13.537	-1,3	6,3	6,0
URÂNIO (U308) E DERIVADOS	2.549	3.667	43,8	1,2	1,6
RENOVÁVEL	97.314	101.880	4,7	44,5	45,1
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE (*)	32.379	33.537	3,6	14,8	14,8
LENHA E CARVÃO VEGETAL	28.468	28.589	0,4	13,0	12,6
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	30.147	32.999	9,5	13,8	14,6
OUTRAS RENOVÁVEIS	6.320	6.754	6,9	2,9	3,0
TOTAL	218.663	226.086	3,4	100,0	100,0

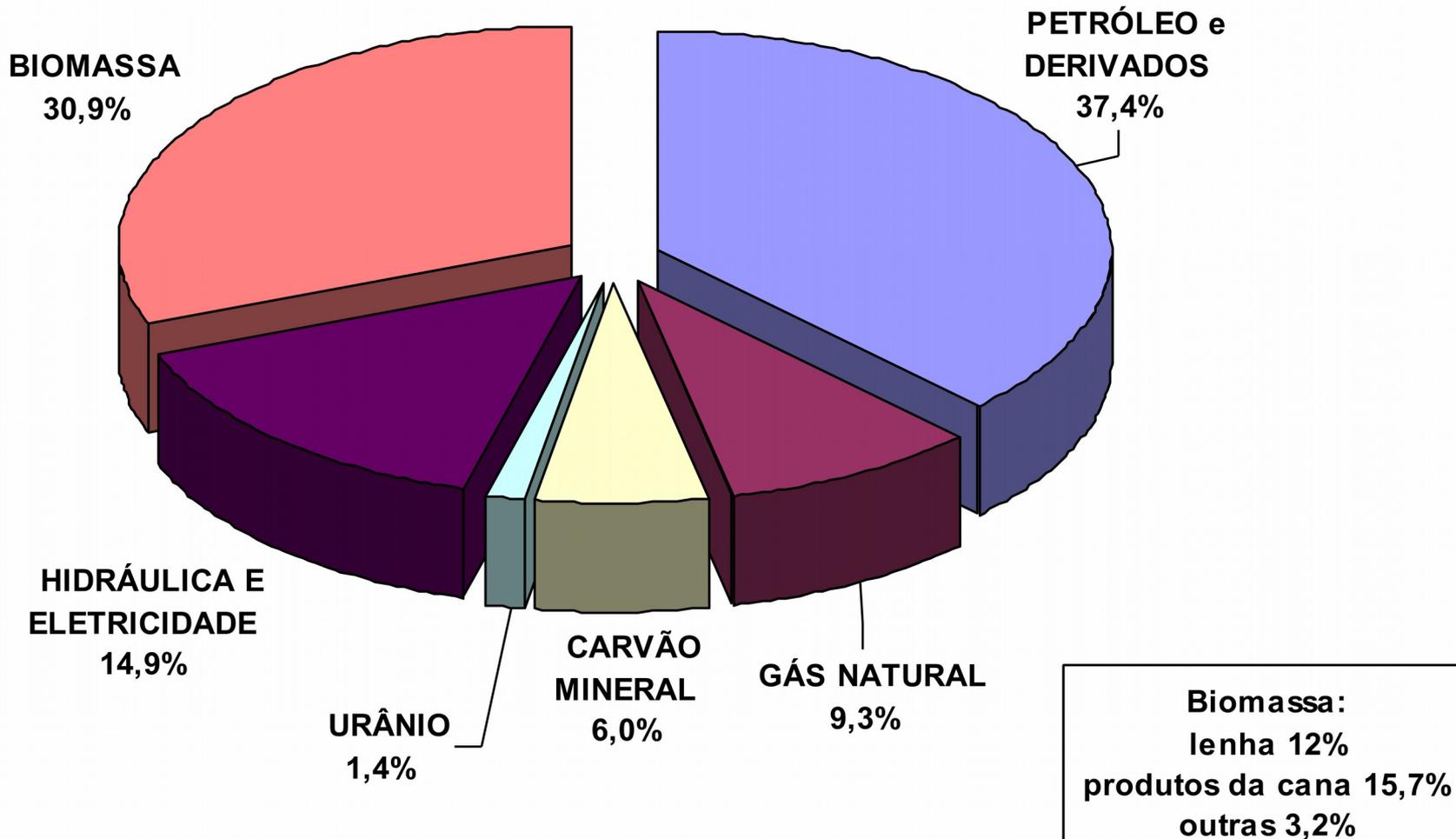
Energia Solar



UEL, 29 de Outubro de 2010

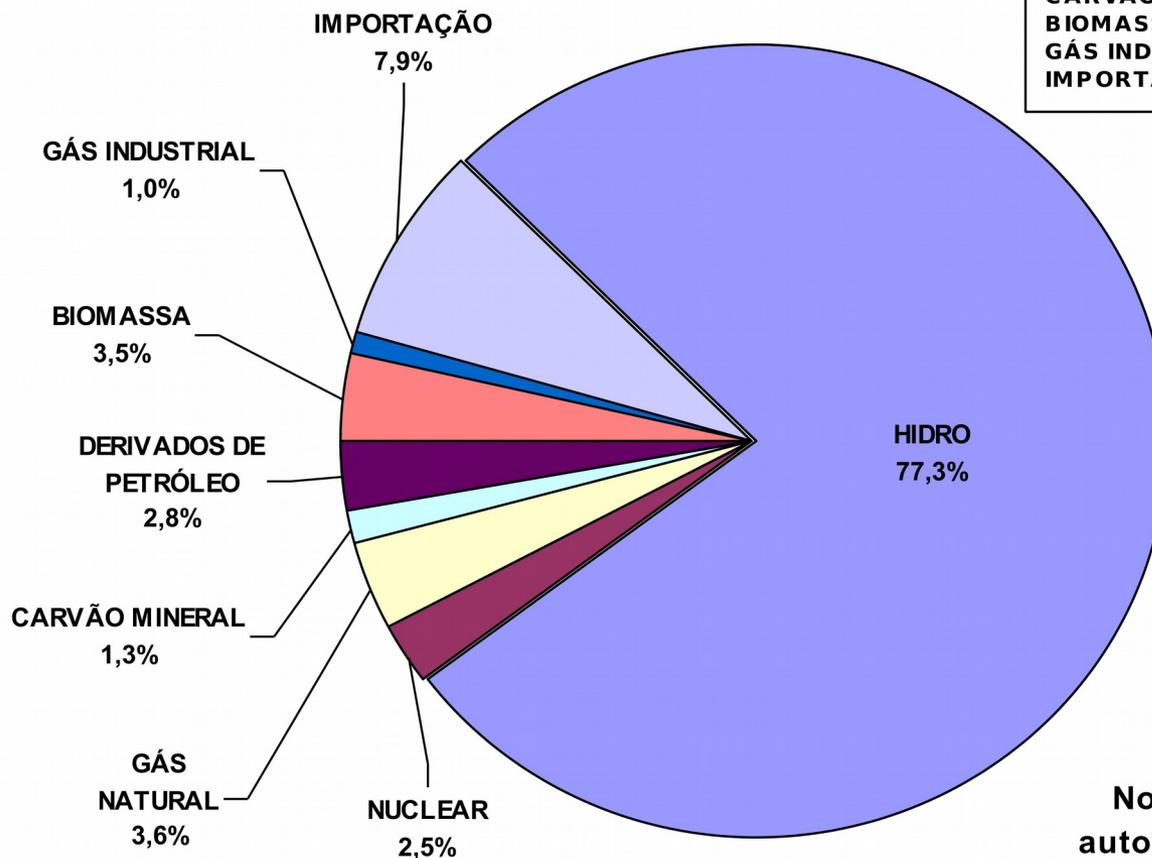
OFERTA INTERNA DE ENERGIA - BRASIL 2007 (%)

238,3 milhões tep



MATRIZ DE OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA 2007 (% e TWh)

	TWh
TOTAL	484,5
HIDRO	374,4
GÁS NATURAL	17,6
DER. PETRÓLEO	13,7
NUCLEAR	12,3
CARVÃO	6,5
BIOMASSA	16,8
GÁS INDUST.	4,8
IMPORTAÇÃO	38,5



Nota: inclui
autoprodutores
(45,2 TWh)

Energy Numbers (Joules)

- gallon of gasoline 1.3×10^8
- AA battery 10^3
- standard cubic foot of natural gas (SCF) 1.1×10^6
- candy bar 10^6
- barrel of crude oil (contains 42 gallons) 6.1×10^9
- ton of coal 3.2×10^{10}
- ton of Uranium-235 7.4×10^{16}

Outros Grandes: Richard Feynman

(grande físico, educador e “curtidor” da vida)

- *Entre 1951 e 1952 ele passou uma temporada no Brasil, lecionando no Rio de Janeiro. Consta que um dia foi chamado às pressas no consulado estadunidense para arrombar um cofre, mas há controvérsias. Feynman parece que se divertiu muito por aqui, tendo dedicado um capítulo inteiro de seu livro ““O senhor está brincando, Sr. Feynman!” à sua estada em nossa terra, onde chegou inclusive a participar de uma escola de samba. Mas ele também sabia falar sério quando preciso, e criticou os métodos de ensino brasileiros, que valorizavam a memorização mecânica de fórmulas e conceitos e não o seu entendimento.*

Outros Grandes: Michael Faraday

(autodidata, teve pouca educação formal)

- *Quando tinha 20 anos, em 1810, Faraday foi convidado para assistir a quatro conferências de sir Humphry Davy, um importante químico inglês e presidente da Royal Society entre 1820 e 1827. Faraday tomou notas dessas conferências e, mais tarde, redigiu-as em formato mais completo. Então, em 1812, ele escreveu para Humphry Davy (a quem admirava muito desde que assistiu as aulas de química), mandando cópias dessas notas. Davy respondeu para Faraday quase imediatamente, e muito favoravelmente, além de arranjar um encontro. Em março de 1813, foi nomeado ajudante de laboratório da Royal Institution por recomendação de Humphry Davy. Foi eleito membro da Royal Society em 1824.*