

O Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE vem apresentar suas observações à consulta pública sobre o Plano Nacional de Energia 2050 - PNE2050.

## Introdução

Seguindo longa tradição de planejamento energético brasileiro, o PNE 2050 é realizado com a perspectiva da oferta da energia em que, partindo das demandas pelos serviços de energia, equaciona o desenvolvimento das diversas formas de energias primárias. A possibilidade de aumento da eficiência energética (pág. 58) como recurso para atendimento da demanda se restringe, no Plano, aos equipamentos instalados junto ao consumidor final.

Criado há 26 anos, o INEE, optou por analisar as perdas de energia em uma modelagem “do poço à roda” que mapeia os fluxos de energia na sociedade brasileira desde a obtenção da energia primária até a obtenção da energia útil demandada. Desta forma, considera as perdas evitáveis ao longo da cadeia de transformações e de transportes que a energia vai sofrer entre as fontes primárias e os usos finais. Além das perdas técnicas busca identificar aquelas que são consequência de outros fatores como decisões inadequadas, organização e gerenciamento dos setores energéticos, estruturas de preços e fiscais impróprias, etc.

A eficiência das tecnologias de transformação/transportes de energia tende a aumentar até os limites teóricos e a se tornarem irreversíveis. As perdas que decorrem da ineficiência induzida pelas organizações, no entanto, tendem a se manter, levando à escolha tanto de fontes primárias quanto de formas secundárias que acarretam perdas que poderiam ser reduzidas.

Percebe-se que o quadro energético afigura-se desafiadoramente complexo e parcial frente à necessidade de fazer face ao aquecimento global. Não apenas a drástica redução do uso de combustíveis fósseis, que levará a significativos “stranded assets”, incerteza quanto a seus custos, em vista da busca de métodos eficazes e econômicos de sequestro de carbono, além mesmo de mudança de hábitos alimentares.

A abordagem “top-down” do INEE pode enriquecer o planejamento convencional “bottom-up” reduzindo, em longo prazo, perdas evitáveis. Tem o mérito de ajudar a identificar perdas e reduzir incertezas, assim tratadas no prólogo do PNE 2050:

*“O futuro guarda eventos para os quais não há forma de preparação prévia. São os chamados cisnes negros, aqueles eventos nos quais não temos ciência de nossa ignorância (“unknown unknowns”) e, portanto, não podem ser previstos, mas quando revelados produzem grande impacto sobre as variáveis de interesse.*

É importante separar os dois conceitos. O “cisne negro” (Nassim Taleb; 2007) se refere um evento altamente improvável e a expressão “unknown unknowns” foi cunhada pelo antigo ministro da defesa norte americana Donald Rumsfeld em 2002 e é muito citada como um exemplo de “nonsense”.<sup>A</sup>

Exemplo de cisne negro energético foi, por exemplo, a quadruplicação do preço do petróleo no período 1970/1980. Um exemplo de “unknown unknowns” seria deixar de considerar a tendência de crescimento dos veículos híbrido-elétricos. Na verdade seria um “ignored unknowns”: o INEE desde o início da década passada já se envolvia com o tema dos veículos elétricos e a Eletrobrás era membro da Associação Brasileira do Veículo Elétrico.

Planos constituem uma visão momentânea de requisitos prováveis e soluções mais adequadas para atendê-los. Por isso é que são periodicamente revistos. Atualizando essa visão e incorporando, eventualmente, elementos anteriormente imprevistos.

O planejamento na abordagem do PNE 2050 tende a raciocinar “dentro da caixa”, reproduzindo soluções conhecidas e incorporando as importadas de países sem acesso às fontes aqui disponíveis. Planos de energia no passado feitos com esta abordagem, por exemplo, levaram muito tempo para reconhecer a energia o potencial energético da cana de açúcar.

Com sua abordagem, o INEE examina e avalia a oportunidade de possíveis soluções mais eficientes e de sua inserção no cenário de ameaças e oportunidades que se vislumbra. Dessa forma tem adiantado a análise de diversos temas. Assim, quando planos de governo previam a extinção do PROALCOOL, o INEE organizou diversos eventos defendendo o desenvolvimento da cogeração naquele setor.

A partir do exame do PNE 2050, o INEE toma a liberdade de apresentar alguns temas que deveriam ser incorporados nas discussões sobre o planejamento energético no futuro.

## **Veículo Elétrico e Rede<sup>B</sup>**

O VE é tratado como uma nova carga do setor elétrico. Na verdade, como os veículos leves ficam parados 90% do tempo, uma vocação dos plug-in (à bateria e/ou híbridos) será a de prestar serviços ancilares ao imóvel onde ele está estacionado bem como à rede elétrica (“no break”, correção do fator de potência, filtro de harmônicos, etc.) à qual estiver ligado.

Grupos de VEs articulados pela distribuidora podem se constituir, graças aos sistemas de baterias desses veículos, em reserva de potência “girante” da rede.

Considerando uma penetração de mercado (consistente com o PNE2050, pág.210) de 10% de “plug-in”, e admitindo conservadoramente que haverá 3 milhões híbridos, concluímos que haverá uma potência instalada distribuída da ordem de 150 GW, comparável à potência instalada central!<sup>C</sup>

Em 2010 o INEE realizou dois seminários sobre esse tema

O assunto está amadurecendo em outros países; já existe uma norma ISO<sup>D</sup> e vai ganhar maior dimensão por aqui.

## **Aumento de Eficiência Induzida**

A expressão “eficiência energética” é citada 144 vezes no PNE2050. A abordagem dada, no entanto se refere, na prática, ao crescimento vegetativo dos aparelhos consumidores de energia elétrica<sup>E</sup>.

Historicamente os investimentos em eficiência energética têm sido ridículos vis-à-vis os investimentos na oferta de energia. Um plano moderno deveria estudar oportunidades para investir mais pesadamente na troca de equipamentos ineficientes por equipamentos eficientes.

Esse tipo de atuação tem um custo bem definido, permitindo compara-lo diretamente com o custo para instalar uma potência equivalente. A experiência de substituição de geladeiras de consumidores de baixa renda indica a validade dessa abordagem. Privilegia uma população de baixa renda que tende a usar equipamentos antigos e ineficientes.

Esse esquema poderia ser estendido, por exemplo, para investir em caminhões modernos e eficientes para reduzir o consumo de diesel, (parcela mais problemática dos combustíveis, pág. 212). Publicação de 2019 revela que<sup>F</sup> a idade média indica baixíssimo índice de eficiência:

*“a idade média dos caminhões chega a 15,2 anos. Isso é 1,3 ano a mais do que o apurado na edição de 2016 da mesma pesquisa, quando a idade média dos veículos conduzidos pelos entrevistados alcançava 13,9 anos.*

*Esse envelhecimento foi observado tanto na frota de caminhoneiros autônomos (que passou de 16,9 anos, em 2016, para 18,4 anos, em 2019) quanto nos veículos conduzidos por empregados de frota (de 7,5 anos para 8,6 anos).*

*Os dados indicam que os transportadores enfrentam dificuldades para a aquisição de novos veículos, tanto que 27,4% dos caminhoneiros entrevistados destacam a necessidade de financiamentos oficiais a juros mais baixos para a compra de veículos entre suas principais reivindicações.”*

## **Biomassa Florestal/Pellet**

O uso energético da biomassa de origem florestal, que dedica quatro páginas para discutir “Tecnologias disruptivas”, trata os biocombustíveis de forma marginal como parte dos “Desafios e Recomendações para Indústria (pág 216)” apesar da importância relativa dessa fonte, de ser renovável, estocável e ter, no Brasil, a produtividade mais elevada do mundo..

Barreiras culturais são sutis (O Balanço Energético, por exemplo, chama essa fonte primária de “Lenha”), mas não menos importantes: o mimetismo cultural, que tende a descartar soluções que não foram desenvolvidas nas economias mais antigas e industrializadas. O PNE 2050 deveria ter deixado de lado o preconceito contra essa fonte observado no Brasil, devido à elevada correlação que a dependência desta fonte tem com o nível de sub-desenvolvimento<sup>G</sup>..

A associação da energia da madeira ao primitivismo moldou a ideia de que a energia da madeira fica à margem de qualquer regulamento ou norma como ocorre com as formas mais “nobres” como a gasolina, diesel, etanol, energia elétrica e as demais formas. Esta associação prejudicou a desenvolvimento de uma política

para esta importante fonte renovável e competitiva como analisado adiante. São restrições culturais bem expressas por José Otávio Brito, um dos principais estudiosos do tema:

*“A utilização das formas concentradas de energia (petróleo, grandes hidrelétricas, energia nuclear) exige economia de escala, a criação de complexos sistemas centralizados de produção, transporte e distribuição e a realização de pesados investimentos. Isso levou a maioria dos países, incluindo o Brasil, à forte intervenção estatal e ao desenvolvimento de uma rede complexa de interações com grandes corporações privadas: fabricantes de equipamentos, grandes empreiteiras, empresas de consultoria e engenharia de grande porte etc. Essas energias criam, em âmbito setorial, seu próprio quadro institucional e seus próprios instrumentos de planejamento e gerência. Por sua vez, as formas descentralizadas de energia, a exemplo do que ocorre com a madeira, são basicamente do campo de ação da iniciativa privada, principalmente por meio de empreendimentos de pequeno e médio portes mais ou menos isolados, geralmente com área de atuação restrita. Desse modo, essas energias não desenvolvem um quadro institucional próprio, no interior do qual se pudessem promover o planejamento e o desenvolvimento tecnológico”<sup>H</sup>.*

A produção, comercialização, logística e utilização das bioenergias dessa cadeia e de seus derivados não estão sujeitas a qualquer regulamentação de natureza energética. Na prática, têm tratamento assemelhado ao dado aos biocombustíveis de uso residencial e rural, cuja obtenção e uso ocorrem em grande parte à margem de uma cadeia formal da economia e sem intermediação comercial. A omissão das autoridades energéticas estimulou a informalidade e explica grande parte do uso florestal criminoso no país.

O INEE já organizou diversos seminários para discutir o tema<sup>I</sup> de onde resultou uma proposta para a ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e **Biocombustíveis** (nosso grifo) de regulamentação dos biocombustível<sup>I</sup>. Em todo o mundo, a definição é simples e direta (“Todos os combustíveis derivados de biomassa vegetal ou animal não fóssil”) mas foi assim definido pela ANP em:2011:

*“Substância derivada de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da ANP, que pode ser empregada diretamente ou mediante alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, podendo substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”*

Fiel ao logotipo (uma gota de petróleo) só prevê os biocombustíveis líquidos etanol e biodiesel pelas semelhanças com a gasolina e diesel. O texto é confuso e sem sentido e visa excluir uma grande variedade de biocombustíveis gasosos e sólidos, homogêneos, com densidade energética elevada, e que atendem as necessidades energéticas modernas.

Será preciso remover barreiras regulamentares, culturais, econômicas e a evolução tecnológica será uma consequência. Vale notar que a Finlândia<sup>K</sup> onde a produtividade de madeira é um oitavo da brasileira trata de forma muito séria essa fonte de energia, primária.

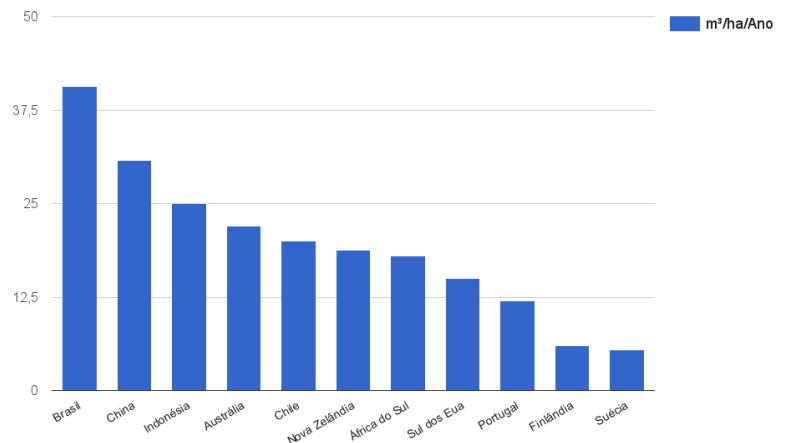
Os “pellets” de biomassa têm uma densidade energética cerca de metade do óleo combustível e

podem ser tratados quase que como um líquido dada sua pequena granulometria. Trata-se da energia secundária que mais cresce no mundo: a demanda na Europa aumentou a uma taxa média de 20% aa entre 2010 e 2020<sup>L</sup> sendo usado, sobretudo, para fazer co-firing com carvão mineral e redução de emissões de CO<sub>2</sub>/kWh.

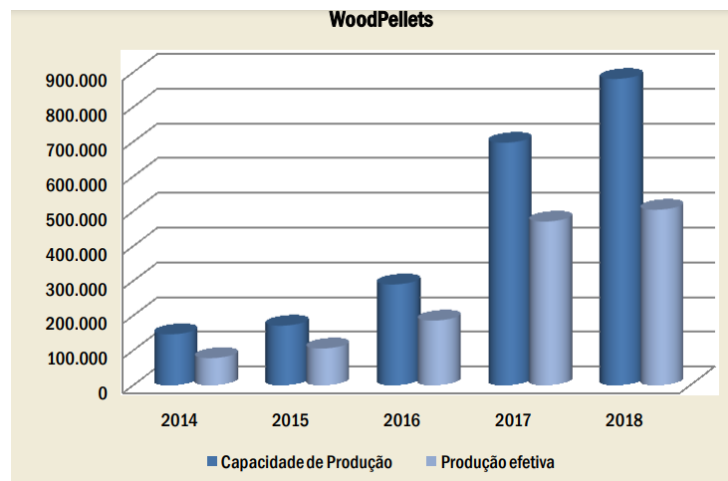
No Brasil, o mercado e a produção de pellets e briquetes começa a se organizar, mas ainda é usada uma fração mínima dos resíduos de biomassa existentes. Não obstante deve ser uma importante mudança no mercado de biocombustíveis tendo em vista o grande volume de

resíduos de biomassa (sobretudo no setor de cana) e a possibilidade de serem plantadas gramíneas de crescimento rápido, como o capim elefante<sup>M</sup>, para servirem de insumo.

**Comparação da Produtividade Florestal no Brasil com Países - Selecionados - 2012**



Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF), RISI, FAO



## CARRO A ETANOL (USO EFICIENTE do ETANOL)

Nos últimos anos o INEE realizou diversos eventos para chamar a atenção sobre o uso ineficiente do etanol hidratado<sup>N</sup>.

É bem estabelecido que o etanol, apesar do poder calorífico 30% menor que o da gasolina, é superior a ela quando usado em motor de combustão interna centelhado (Otto). No PROÁLCOOL, os motores a etanol (então carburados) eram otimizados para o etanol (taxa de compressão mais alta, carburador e distribuidor apropriados). A eficiência dos carros a etanol era 15% maior<sup>O</sup> que a do carro

equivalente a gasolina. Com a tecnologia atual (injeção direta, turbo, controles eletrônicos) o motor a etanol pode ser bem mais eficiente, compacto e potente do que um equivalente a gasolina<sup>P</sup>.

Os carros que consomem etanol hidratado, no entanto, usam a tecnologia flex, desenvolvida nos EUA para ter acesso a incentivos fiscais. Considera-se também que carros flex têm emissão zero de CO<sub>2</sub>, independente de usar ou não etanol; como o teto de emissões dos carros novos é feito para cada fabricante, a venda do flex permite vender outros modelos mais poluentes. Esses motores são, naturalmente otimizados para usar gasolina e apenas quebram um galho com etanol, reduzindo sua eficiência.

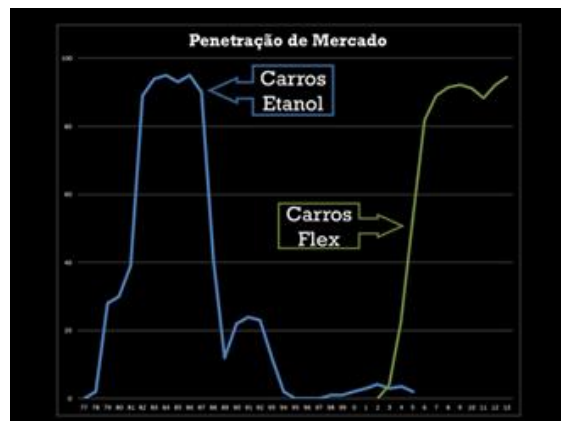
Fez-se constar que uma autonomia do flex 30% menor quando abastecido com etanol do que com gasolina seria um problema do combustível. Montadoras e sistemistas sabem que se trata de “fake news”, mas até aqui se recusam a voltar a oferecer carros otimizados para etanol. Consideram que os motoristas não abrem mão de arbitrar o combustível (apesar de muitas delas advogarem, antes do “Dieselgate”, a fabricação de carros leves a diesel).

Como consequência, em 2019, cerca de 5 milhões de brasileiros que se abastecem<sup>Q</sup> apenas com etanol pagaram mais caro e emitem mais CO<sub>2</sub>.

No final de 2019 a FCA anunciou que vai fabricar em breve carros a etanol em que a autonomia igual à observada em carro a gasolina equivalentes<sup>R</sup>.

Nos episódios anteriores da entrada no mercado de veículos a etanol, houve inicialmente resistência das montadoras, mas se seguiram mudanças radicais do mercado.

Há claramente uma imperfeição de mercado e, portanto muitas oportunidades para quem trabalhar com antecedência. O INEE, inclusive, estima que a existência de um motor otimizado para o etanol abre a oportunidade de equipar veículos pesados híbridos.



## Sankey

No final dos anos 60, o governo brasileiro desenvolveu o projeto “Matriz Energética Brasileira – MEB” para modelar, matematicamente, as relações energéticas e econômicas de todas as formas de energia<sup>S</sup> usadas do país com base em uma matriz insumo/produto. Um resultado importante foi a criação do sistema estatístico de energias BEN que há dezenas de anos apresenta as estatísticas de energia de uma forma consistente.

Pensado como um instrumento de planejamento, as tabelas que resumem as fontes e usos das diversas formas em que as origens são dispostas em colunas e a destinação nas linhas é pouco amigável para dar uma visão sobre as informações de fluxo<sup>T</sup>.

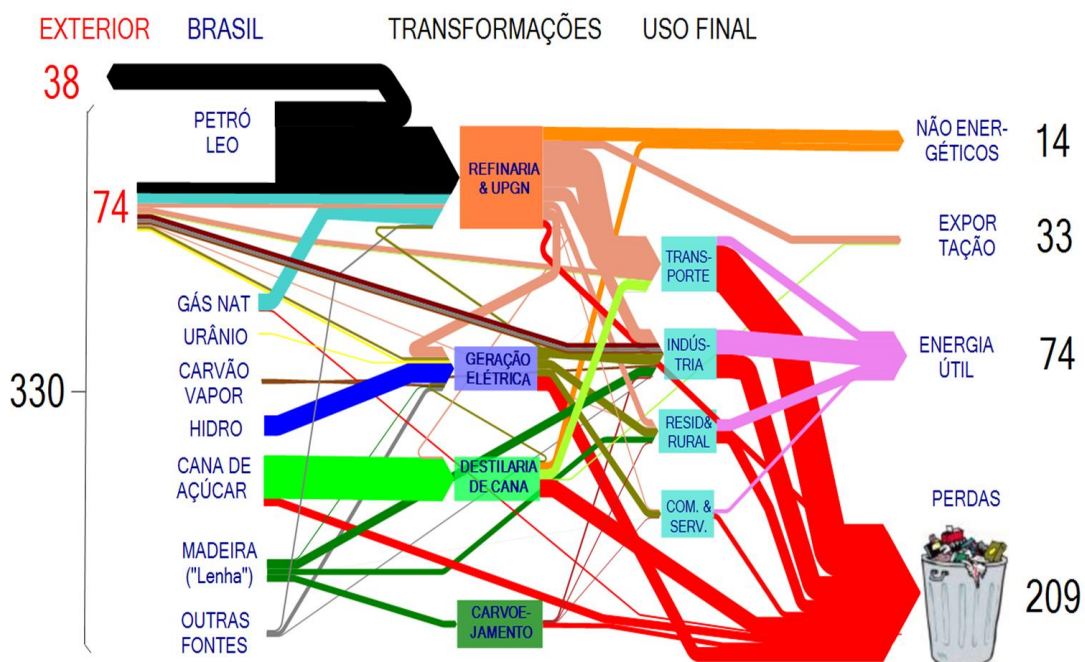


Origem ↓ /Destino →	Formas Primárias (9 colunas)	Formas Secundárias (16 colunas)
<b>Produção (6 linhas)</b>		
<b>Uso Intermediário (10 linhas)</b>		
<b>Uso Final (22 linhas)</b>		

As tabelas não explicitam as perdas de energia e suas causas. Em conjunto, constituem a maior parte do destino final das energias primárias entregues à economia do país.

Em estudo para a EPE<sup>U</sup>, o INEE propôs que essa síntese fosse apresentada com um diagrama Sankey<sup>V</sup>, ou seja um gráfico em que os fluxos são representados por flechas cujas larguras são proporcionais à quantidades de energia.

Essa forma de apresentação é importante para tomadores de decisão do governo e iniciativa privada envolvidos em decisões estratégicas sobre energia, mas não necessariamente familiarizados com as sutilezas do tema energético, sobretudo no Brasil onde praticamente todas as fontes primárias de energia são utilizadas. A figura a seguir ilustra esse tipo de representação em estudo do INEE com base nos dados de 2015<sup>W</sup>.



## P&D

A P&D do país tende a se alienar das necessidades brasileiras que podem ser muito diferentes. A partir dos temas discutidos acima percebe-se um grande número de temas hoje pouco explorados no Brasil e que poderiam ser trabalhados nas universidades e centros de pesquisa: cogeração de pequeno porte; frio por absorção para pequenas centrais; motores a etanol eficientes; pirólise e uso energético dos piróleos, torrefados de biomassa; etc.

## Armazenamento

O PNE 2050 apresenta e comenta, no capítulo sobre Armazenamento, as principais modalidades de armazenamento, oportunamente destacando a finalidade à qual melhor se destinam. Outros Planos detalham as tecnologias de acumulação por baterias.

No entanto, quando trata das modalidades de oferta e, em particular, da inserção das fontes renováveis intermitentes, praticamente só fala de baterias (mais adequadas para sistemas de distribuição em vista de sua capacidade relativamente limitada) e de turbinas a gás e de geradores de ciclo diesel, preferencialmente alimentados com biodiesel, naturalmente. Usinas hidrelétricas reversíveis são mencionadas marginalmente, quando já deveria haver um inventário de possíveis locais para sua implantação.

## PNE 2050 – Eficiência Energética

O texto começa apresentado uma visão parcial da eficiência, limitada aos usos finais. No entanto, a preocupação com a eficiência ao longo das cadeias energéticas, nas operações de transformação e transporte, deve ser constante.

Ainda na página 150, ao dar exemplos de aumento da eficiência em transportes, menciona a redução da demanda, o que obviamente nada tem a ver com o tema.

O texto ressalta a importância da eficiência energética indicando que as demandas finais projetadas em 2050, “coeteris paribus”, poderiam sofrer redução da ordem de 15 a 20 %. Não se conhece o suporte para essa estimativa.

O PDE 2030 detalha as hipóteses de ganhos de eficiência até o final daquele período.

A questão que se coloca, tendo em vista o planejamento da expansão da oferta, é quanto do potencial de ganho de eficiência pode ser deduzido da demanda prevista. Isso, de forma alguma, invalida os programas e esforços que visam o aumento da eficiência, mas deve ser considerado, e separadamente. Caberia então considerar basicamente aquelas parcelas cuja previsibilidade esteja amparada em ações em andamento ou que disponham de recursos para sua implementação.

Os planos precedentes da EPE consideram que os ganhos de eficiência decorrerão de medidas específicas e de um processo autônomo, tendencial, devidas a esforços dos consumidores e fabricantes de equipamentos de consumo,



mais por razões concorrenciais, para torná-los mais eficientes. Em que medida esse componente do aumento da eficiência global pode ser projetado ao longo de 30 anos é uma questão pertinente. Formalmente caberá considera-lo, mas sabendo que não só as tecnologias e eventos disruptivos, como as novas linhas que deles decorrem nos planos ambientais, econômicos, políticos e sociais lhe conferem elevado grau de incerteza. A eficiência energética parece ser um caminho seguro para conviver com os novos tempos.

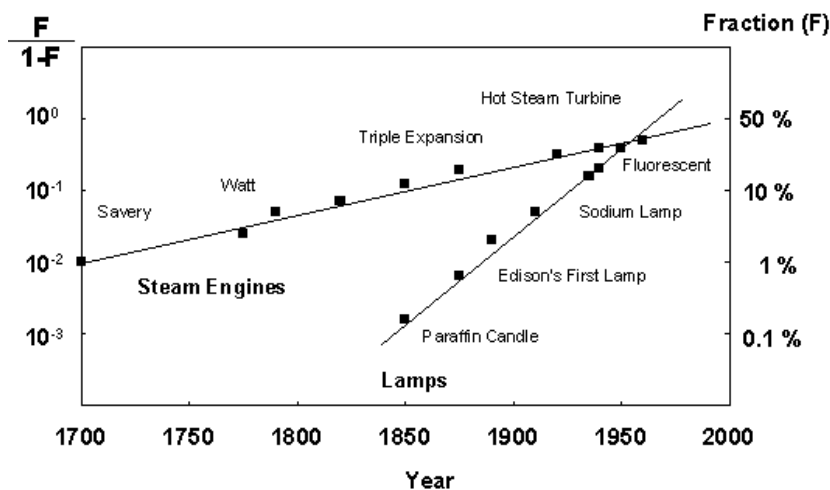
<sup>A</sup> “Reports that say that something hasn't happened are always interesting to me, because as we know, there are known knowns; there are things we know we know. We also know there are known unknowns; that is to say we know there are some things we do not know. But there are also unknown unknowns – the ones we don't know we don't know”; Donald Rumsfeld, during a Pentagon news briefing in February 2002

<sup>B</sup> O INEE foi dos pioneiros em falar sobre a importância do papel do veículo elétrico, pelo seu salto de eficiência e também V2G .

<sup>C</sup> ISO 15118 ;<https://v2g-clarity.com/knowledgebase/what-is-iso-15118/#:~:text=In%20a%20nutshell%2C%20ISO%2015118,use%20cases%20across%20he%20globe.>

<sup>D</sup> ISO 15118 enables the integration of EVs into the smart grid. <https://v2g-clarity.com/knowledgebase/what-is-iso-15118/#:~:text=In%20a%20nutshell%2C%20ISO%2015118,use%20cases%20across%20he%20globe.>

<sup>E</sup> Cesare Marchetti constatou que essa tendência histórica para aumento da eficiência com uma descrição matemática bem definida de uma curva logística. Na figura abaixo F corresponde à eficiência de conversão das tecnologias de lâmpadas e de máquinas a vapor apresentadas em escala logarítmica. Para mais informações, visitar <http://pure.iiasa.ac.at/1262/1/RR-81-29.pdf> .



<sup>F</sup> CNT : “Perfil dos Caminhoneiros: idade média da frota de caminhões passa dos 15 anos” <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/idade-media-frota-caminhoes-passa-15-anos-cnt-perfil-caminhoneiros>

<sup>G</sup> In Wood energy economics G.P. Horgan, *Unasylva* - No. 211 - WOOD ENERGY

<sup>H</sup> Brito, José Otávio; O Uso Energético Da Madeira; Estudos Avançados 21(59), 2007.

<sup>J</sup> [http://www.inee.org.br/biomassa\\_madeira.asp?Cat=biomassa](http://www.inee.org.br/biomassa_madeira.asp?Cat=biomassa)

<sup>K</sup> [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA\\_Bioenergy\\_from\\_Finnish\\_forests\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA_Bioenergy_from_Finnish_forests_2018.pdf)

<sup>L</sup> Citado na publicação Setor Industrial de Biomassa Pellets e Briquetes da ABIP 2019,pg. 8

<sup>M</sup> <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/207011/producao-sustentavel-de-biomassa-de-capim-elefante-para-fins-energeticos-no-estado-do-rio-de-janeiro-contribuicao-da-fixacao-biologica-de-nitrogenio-e-das-cinzas-da-queima-da-biomassa-na-producao-vegetal>

<sup>N</sup> **Eventos etc**

<sup>O</sup> **Palestra**

<sup>P</sup> **Baêta**

<sup>Q</sup> 20 bilhões de litros/ano; 12.000 km/ano;8km/l

<sup>R</sup> **entrevista FIAT**

<sup>S</sup> A maioria dos documentos sobre o projeto foram perdidas, pois os estudos eram classificados como “secreto” e esse esforço pioneiro (notar que o projeto antecedeu a primeira crise do petróleo). Curiosamente, a expressão “Matriz Energética” passou a ser usada no país sem qualquer ligação com a raiz matemática

Antecede as crises do petróleo

<sup>T</sup> A consolidação das informações do BEN dos fluxos das fontes primários e secundários são convertidos para milhões de toneladas equivalentes de Petróleo (MteP) e apresentados em uma tabela.

The image shows a screenshot of a table from EPE (Empresa Brasileira de Planejamento Energético). The table is titled 'BEN' (Balanced Energy Network) and displays energy flow data in millions of tons of oil equivalent (MteP). The table has multiple columns representing different energy sources and flows, and rows representing different categories. The data is presented in a grid format with numerical values and some text labels.

<sup>U</sup> [http://www.inee.org.br/down\\_loads/eficiencia/Sobre%20o%20FAU.doc](http://www.inee.org.br/down_loads/eficiencia/Sobre%20o%20FAU.doc)

<sup>V</sup> Gráficos de Sankey foram desenvolvidos por Henry Phineas Riall Sankey, irlandês que usou esse tipo de diagrama em 1898 para apresentar a eficiência energética de uma máquina a vapor.

<sup>w</sup>