



## As Perspectivas Brasileiras no Controle de Materiais Nucleares

Olga Mafra, Carlos Feu Alvim, e José Goldemberg



## A Produtividade dos Fatores em Alguns Países

Carlos Feu Alvim



**IMPRESSO**  
DESENVOLVIMENTO AUTORIZADO  
SER ABERTO PELA ECT

**As Usinas Angra 1 e 2** são responsáveis por mais de 50% da energia consumida no Estado do Rio de Janeiro.

Uma energia limpa que gera empregos e desenvolvimento. Além disso, a Eletronuclear tem projetos de responsabilidade social que privilegiam o bem-estar das comunidades locais, a preservação da natureza e a saúde no trabalho.

**Eletronuclear.**

A energia do futuro é a energia da gente.



Fotos da capa da frente: Industria Nuclear Brasileira - INB

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005  
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085  
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290  
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416  
Internet :<http://ecen.com>.

Editor Gráfico: Marcos Alvim





**Economia e Energia** – <http://ecen.com>

Nº 73 Abril a Junho de 2009 ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português disponível em: <http://ecen.com>

Textos para Discussão:

## **A Produtividade dos Fatores em Alguns Países**

*Carlos Feu Alvim*

*pág 03*

A OSCIP Economia e Energia tem com o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, um Termo de Parceria com o objetivo de propiciar o planejamento governamental e empresarial visando promover ações no sentido de melhorar o uso da capacidade de produção existente, buscando incrementar o crescimento econômico e orientar os investimentos para setores ou para técnicas menos intensivas no uso do capital. Em 2009 estão sendo realizadas diversas atividades em setores específicos escolhidos em função de suas características especiais. Estes setores são o Agropecuário, o de Petróleo e o de Geração de energia Elétrica.

No trabalho aqui apresentado analisa-se o comportamento das produtividades do capital, do trabalho e a total dos fatores em três grupos de países: os que se desenvolveram na última metade do século passado, os países mais desenvolvidos que conseguiram deter a queda da produtividade de capital e países em desenvolvimento.

## **As Perspectivas Brasileiras no Controle de Materiais Nucleares**

*Olga Mafra, Carlos Feu Alvim, e José Goldemberg*

O renascimento da energia nuclear que vem se desenhando nos últimos anos, estimulado pelas questões do efeito estufa e pela alta dos preços de petróleo, reacendeu também preocupações com o uso seguro e pacífico da energia nuclear.

Vários encontros tem sido realizados por diferentes organizações do exterior que se ocupam do tema e que desejam se aprofundar no conhecimento do caso brasileiro. A solução regional, encontrada para aliviar possíveis tensões entre Brasil e Argentina, estimulando a posse de armamentos nucleares, desperta interesse destas organizações. Também existe interesse na retomada do programa nuclear no Brasil e na Argentina e sobre a intenção do Brasil de construir submarinos com propulsão nuclear. O artigo analisa as perspectivas brasileiras na área.

## SUMÁRIO

A Produtividade dos Fatores em Alguns Países .....	3
Introdução: Produtividade de capital e crescimento econômico.....	3
O crescimento do PIB e os fatores de produção capital e trabalho.....	4
Uso da produtividade de capital no programa projetar_e.....	5
Produtividades de capital e trabalho em uma dimensão nacional.....	6
Produtividade de países que alcançaram o desenvolvimento.....	8
Produtividade de capital de países desenvolvidos que detiveram a tendência de sua queda.....	12
O Brasil e outros países emergentes.....	15
As Perspectivas Brasileiras no Controle de Materiais Nucleares .....	20
1. Introdução .....	20
2. Programa Nuclear atual do Brasil .....	22
Angra 1 .....	22
Angra 2 .....	22
Angra 3 e o Plano de Expansão .....	23
Gerenciamento de Rejeitos Nucleares .....	24
Combustível Nuclear Queimado.....	24
Ciclo do Combustível Nuclear .....	25
Mineração (Produção de yellow cake) .....	25
Conversão.....	25
Enriquecimento .....	26
Reprocessamento.....	26
3. Plano Nacional de Energia.....	26
4. Cooperação Nuclear Brasil Argentina.....	27
5. Defesa .....	29
Submarinos Nucleares e Convencionais.....	30
6. Conclusão .....	31
7. Referências.....	32

Texto para Discussão:

## A Produtividade dos Fatores em Alguns Países

*Carlos Feu Alvim*

### Resumo:

A importância da produtividade de capital no crescimento econômico dos países é enfatizada. O caso brasileiro é analisado e são feitas comparações com o comportamento histórico desse parâmetro em países desenvolvidos, mostrando que estão em desvantagem aqueles países que não contiveram a queda de produtividade de capital. Essas comparações podem servir para orientar a política de desenvolvimento do Brasil.

### Abstract:

The importance of capital productivity for economical growth is emphasized. The Brazilian case is analyzed and comparisons are made regarding the historical behavior of this parameter in developed countries, showing that those that did not control the capital productivity decrease are in a disadvantageous situation.

**Palavras-chave:** Brasil, produtividade de capital, produtividade total dos fatores, desenvolvimento, crescimento econômico

### Introdução: Produtividade de capital e crescimento econômico

Este trabalho tem por finalidade chamar a atenção da importância da produtividade de capital no crescimento econômico. Para isso, o comportamento histórico das produtividades do capital e do trabalho foi analisado para alguns países desenvolvidos e “emergentes”. Para permitir inter-comparações entre os países, os dados foram tratados de uma forma homogênea e explícita.

O trabalho mostra que os países de desenvolvimento tardio e que tentaram, nas últimas décadas, emergir do subdesenvolvimento apresentam um comportamento relativo das produtividades de capital e do trabalho bastante distintos do observado historicamente nos países desenvolvidos. Além disto, os países desenvolvidos também apresentam trajetórias de crescimento bastante distintas entre si e são analisados aqui em dois grupos. O primeiro, constituído de países que se desenvolveram no pós-

guerra e o segundo por alguns países que conseguiram deter a queda de produtividade de capital. Pelo menos até a recente crise financeira, encontram-se em desvantagem os primeiros.

Da análise do caso brasileiro e sua comparação com a trajetória dos outros países, pode-se encontrar indicações para a política de desenvolvimento brasileira.

### **O crescimento do PIB e os fatores de produção capital e trabalho**

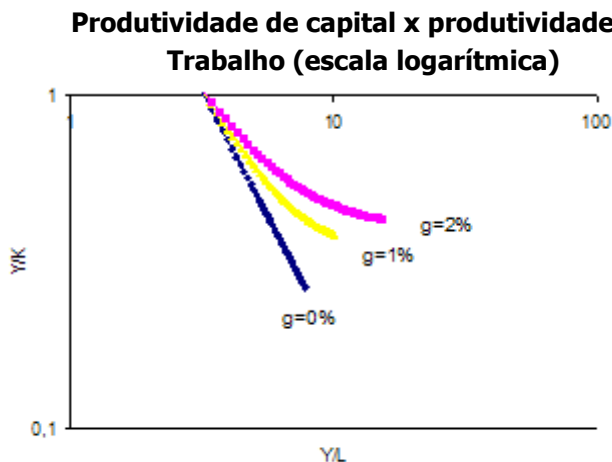
De uma maneira geral, os modelos de crescimento consideram que a substituição dos insumos trabalho e capital dá-se em função do seu custo relativo. Esta relação entre os dois fatores de produção é mediada pela tecnologia adotada que pode também ser encarada como um terceiro fator de produção. Um papel cada vez mais importante tem sido assinalado para o chamado capital humano que influenciaria a adoção de novas tecnologias e a eficiência do processo produtivo. A relação entre os fatores de produção capital e trabalho segue sendo, no entanto, a base de modelos de crescimento.

Quando se usa a função de Cobb-Douglas a representação do logaritmo da produtividade de capital em função da produtividade do trabalho é uma reta para tecnologia constante. Esta característica já foi usada na Revista Economia e Energia N° 44<sup>i</sup> para analisar o desenvolvimento de alguns países. Para conteúdo tecnológico crescente, existe uma curvatura no sentido de se alcançar maior produtividade por trabalhador para o mesmo estoque de capital por produto. Em termos de país isto representa um maior aumento do PIB per capita para o mesmo investimento. A Figura 1, da referência citada, mostra exemplos da trajetória esperada das produtividades de capital e <sup>ii</sup>trabalho para tecnologia (A) constante e para taxas anuais de crescimento tecnológico (g) de 1% e de 2%.

---

<sup>i</sup> [http://ecen.com/eee44/eee44p/prod\\_cap\\_lim\\_cresc.htm#\\_ftn7](http://ecen.com/eee44/eee44p/prod_cap_lim_cresc.htm#_ftn7). A função utilizada foi:  $Y = A(t) K^\alpha L^{(1-\alpha)}$ ; onde Y é o produto, K o estoque de capital e L o trabalho medido, no presente artigo, pela mão de obra potencial (como proxy da mão de obra disponível), mas que também pode ser medido em pessoas.ano ou horas trabalhadas no ano. A(t) é um coeficiente que pode variar com o tempo e está ligado à tecnologia adotada.

<sup>ii</sup>  $A(t) = A_0 \cdot (1+t)^g$  onde  $A_0$  corresponde ao valor do ano inicial e t é o tempo em anos.



**Figura 1:** Produtividades de capital e trabalho com e sem crescimento da tecnologia.

### Uso da produtividade de capital no programa `projetar_e`

Este trabalho destina-se a fornecer subsídios para projeção da produtividade de capital usada para estimar o crescimento econômico. Em particular, interessa discutir o comportamento temporal desta variável no Brasil para uso no programa de projeções macroeconômicas `projetar_e` usado pela OSCIP Economia e Energia para projeções econômicas. Muitas das escolhas no tratamento das variáveis adotadas neste trabalho têm a ver com essa finalidade do estudo.

O programa `projetar_e` se baseia na extrapolação de algumas variáveis cuja escolha obedeceu aos seguintes princípios:

- Descrição da economia com o menor número possível de variáveis<sup>iii</sup>;
- Variáveis de comportamento previsível;
- Uso de variáveis ligadas aos limites para o crescimento.

No programa, o valor das variáveis, consideradas independentes, é extrapolado com a ajuda de grupo de especialistas. A capacidade de avaliação do grupo é orientada por estudos de comportamento histórico das

<sup>iii</sup> Frequentemente a inserção de novas variáveis melhora a descrição do passado e piora a do futuro. Em um modelo de projeção cada nova variável independente introduzida implica em um novo processo de projeção.

variáveis no Brasil e em outros países do mundo. Este estudo tem, pois, como finalidade compreender melhor o comportamento da produtividade do capital visando ancorar as projeções do modelo.

Um aspecto importante quando se considera o uso de uma variável para um programa de projeção é a facilidade de extrapolá-la. Esta é uma razão que justifica, por exemplo, a quantificação de todas as variáveis no programa referidas ao PIB. Como é usado o valor real do PIB referido a um ano, isso implica usar o deflator implícito do PIB como único índice de preços para todos os setores da economia e, no caso, para os valores associados aos fatores de produção em estudo: o capital e o trabalho. Para o funcionamento do programa, usar índices de preços diferentes para os dois fatores de produção implica a necessidade de projetá-los para o futuro. Além disto, os índices de preço para os salários e o capital têm comportamentos distintos ao longo do tempo. Se a relação capital X trabalho é estudada usando-se índice de preços diferentes, está sendo subtraída da relação em estudo uma informação importante para a compreensão do fenômeno em estudo, com o inconveniente adicional, no caso do programa, de que essa relação entre os índices tem que ser projetada.

Outro fator a ser considerado é que o programa toma como base as contas nacionais e suas características de sistema de contabilidade coerente. Introduzidos índices diferentes para os diversos setores ou fatores de produção, a contabilidade nacional perde a melhor característica de um sistema contábil: a capacidade de “fechar” as contas. Essa foi, aliás, a principal razão ou, pelo menos, uma das principais razões de haver sido abandonado, nas contas nacionais, o sistema de base fixa.

Para a avaliação do estoque de capital, necessária para quantificar a produtividade de capital, a adoção do mesmo índice de preços significa que não se está tentando avaliar o valor de sua reposição mas seu valor histórico relativo aos demais fatores de produção.

### **Produtividades de capital e trabalho em uma dimensão nacional**

Nesse trabalho, a questão da produtividade é tratada no nível de cada país. Ao se considerar a produtividade de trabalho e capital em uma dimensão nacional, naturalmente são estabelecidos contornos de um tipo diferente do que pode ser considerado para um estabelecimento de produção (industrial, agrícola ou de serviços). O principal deles é a lenta variação da força de trabalho potencial sujeita, fundamentalmente, a fatores demográficos. Naturalmente existe a mobilidade da mão de obra entre países que pode ser importante em alguns casos. No Brasil está presente um limitador fundamental estabelecido por sua dimensão continental, que reduz a mobilidade internacional da mão de obra. De qualquer forma, em



todo o mundo, continuam existindo importantes restrições econômicas e culturais para deslocamentos de trabalhadores entre os países. Neste trabalho, considera-se como força de trabalho de um país a população entre as idades de 15 e 64 anos.

Esta escolha simplifica o tratamento do problema na medida em que um incremento local da produtividade do trabalho só passa a fazer sentido quando acompanhado com um aumento real do produto nacional que compense a adoção do novo processo produtivo. Enquanto uma empresa reduz ou aumenta sua força de trabalho por demissões e contratações, em um país só o aumento do produto nacional em ritmo superior ao do contingente de mão de obra pode gerar aumento na produtividade do trabalho da população potencialmente ativa.

O que poderia ser considerado uma limitação dessa abordagem na realidade corresponde, na economia real, a uma preocupação que deveria estar sempre presente nas políticas nacionais e setoriais. Com efeito, um aumento isolado na produtividade do trabalho pode significar apenas um maior desemprego sem uma consequência realmente positiva sobre o produto nacional.<sup>iv</sup> Frequentemente, confia-se demasiadamente em que o mercado resolva uma distorção induzida por um mecanismo de substituição de tecnologia que, nos países periféricos, muitas vezes não considera o custo dos fatores no mercado local porque a forma de produção e a tecnologia são determinadas no exterior e, como consequência o uso dos fatores de produção.

Outro aspecto importante, e que tem a ver com as finalidades de uso dos dados aqui levantados, é a não separação do estoque de capital de construção residencial do da construção civil para essa finalidade. Para que houvesse coerência na apuração da produtividade pelo programa, seria necessário dispor dos percentuais de Formação Bruta de Capital Fixo para as construções residenciais (não fornecido nas Contas Nacionais) e separar do PIB o produto gerado pelos alugueis reais e presumidos. Além disto, seria necessário projetar estas variáveis.

---

<sup>iv</sup> É comum deixar a cargo do mercado a resolução de problemas induzidos por políticas setoriais. Um exemplo recente é a mecanização da colheita de cana, induzida por força de restrições ambientais e estímulos de crédito, sem que seja encontrada uma solução para o emprego que, embora considerado pelos formuladores da política como de má qualidade, era aprovado pelo mercado de trabalho por preencher um vazio sazonal de ocupação agrícola (a colheita da cana acontece na época seca quando é menor a demanda de mão de obra em outras culturas). Ao não se criar uma alternativa para a mão de obra, gera-se um problema maior que o trabalho de má qualidade, que é a falta de trabalho. Não se cuida de uma solução para melhorar as condições de trabalho no processo manual e a solução muitas vezes mencionada de re-treinar mão de obra para funções na própria lavoura de cana não é uma solução quantitativamente válida, face ao número limitado de empregos gerados pela nova tecnologia.

Neste trabalho, o comportamento das produtividades de capital e trabalho foi estudado para diversos países e apresentam uma tipologia bastante distinta e que são reveladoras do processo de desenvolvimento.

Foram estudados doze países que foram reunidos nos seguintes grupos:

- Países que alcançaram o desenvolvimento no último meio século (Coréia, Japão, Espanha e Itália) e que seguiram uma trajetória de produtividade de capital decrescente na medida em que aumentavam a produtividade e o custo da mão de obra;
- Países desenvolvidos que conseguiram limitar a queda da produtividade de capital (França, Reino Unido, Austrália e EUA).
- Países emergentes (China, Índia, Brasil e Chile)

No cálculo das produtividades foram usados valores anuais de crescimento real do PIB e valores relativos ao PIB da formação bruta de capital fixo (investimentos)<sup>Y</sup>. Para as comparações entre países, os valores de produto e capital foram referidos ao PIB de cada país no ano 2000 em paridade de poder de compra (PPP *purchasing parity power*). Para estimar o rendimento por trabalhador foi considerado, como força de trabalho, a população residente de 15 a 64 anos.

### **Produtividade de países que alcançaram o desenvolvimento**

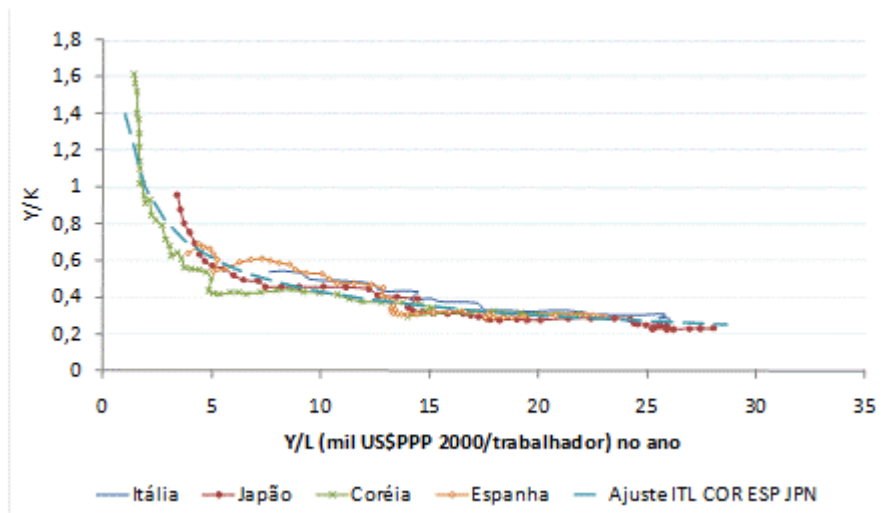
As Figuras 2 e 3 mostram o comportamento da produtividade de capital em função da do trabalho para países que alcançaram o desenvolvimento na segunda metade do século passado (Coréia do Sul, Japão, Espanha e Itália).

Na Figura 2 os dados são mostrados em escala natural. O produto por trabalhador, que normalmente tem reflexo direto na remuneração por trabalhador, é, por essa razão, tomado como proxy da remuneração por trabalhador. A produtividade de capital decresce com o aumento da produtividade de capital.

### **Produtividade de Capital (Y/K) e Produtividade do Trabalho (Y/L)**

---

<sup>Y</sup> Isto corresponde, conforme assinalado anteriormente, a adotar para PIB e estoque de capital o deflator implícito do PIB fornecido pelas Contas Nacionais.



**Figura 2:** A produtividade de capital decresce na medida em que aumenta o produto por trabalhador e, conseqüentemente, o custo por trabalhador.

O comportamento mostrado na Figura 2 é basicamente o esperado quando existe a substituição de um fator (no caso trabalho) por outro (capital). Note-se que esta substituição já implica em uma mudança da tecnologia. Por exemplo, quando se substitui a colheita manual pela mecânica em uma lavoura existe uma mudança tecnológica que foi adotada porque o mercado decidiu que era uma forma de produção mais rentável. Ou seja, a tecnologia foi colocada à disposição do proprietário do empreendimento que decidiu pela melhor forma de produção. Supõe-se que essa decisão tenha sido adotada por ser a que maximiza os ganhos. A simples troca de insumos pode ou não significar um ganho na produtividade total, que é avaliada pelo custo global de produção. Na lógica econômica, a decisão é tomada avaliando o custo de aumentar a produção usando um ou outro fator.

A decisão real leva em conta outros fatores como a modernidade do método de produção, fatores ambientais e humanos, mas se supõe, em linhas gerais, que a lógica econômica seja respeitada.

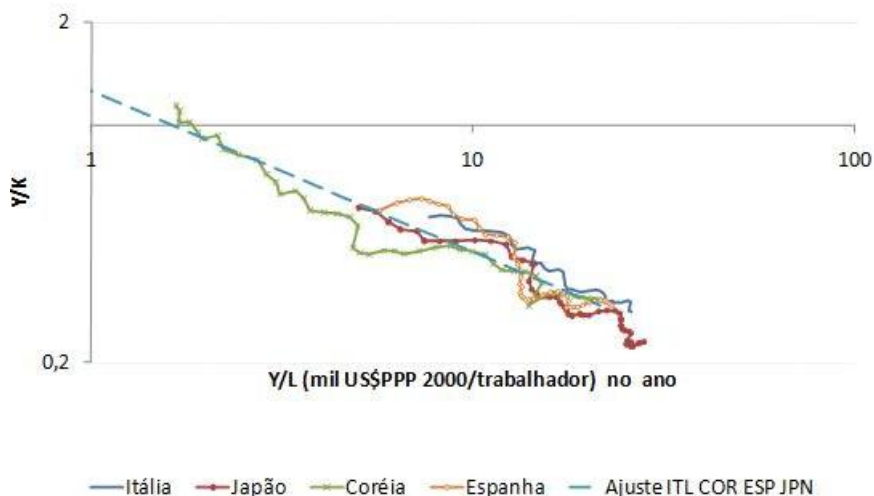
A tecnologia de produção depende, pois, do equipamento disponível, cuja disponibilidade é definida no mercado dominante. É neste nível, na verdade, onde se toma a decisão fundamental sobre a proporção dos fatores de produção a serem empregados. Nem sempre existe nos países periféricos a real capacidade de escolha do equipamento, já que ela foi feita para outros mercados. Além disto, nem sempre a decisão

é local; empresas globalizadas costumam uniformizar suas decisões. No caso, os países mostrados na Figuras 2 e 3 têm economias de dimensão suficiente e capacidade de decisão política para influir nesse tipo de decisão.

Na Figura 3, estão representadas as evoluções das produtividades de capital em função da do trabalho para essas quatro economias em escala log X log.

### Produtividade de Capital e Produtividade do Trabalho

(escala log x log)



**Figura 3:** A produtividade de capital em função da do trabalho para Itália, Japão, Coreia do Sul e Espanha podem ser descritas de forma aproximada por uma mesma função.

Pode-se observar, na Figura 3, que a mesma função descreve de forma satisfatória o comportamento das quatro economias. A inclinação observada para os diversos países tem valor médio de  $-0,511 \pm 0,022$  com desvio padrão, portanto, de 4%. O ajuste que permite determinar a inclinação permite ainda deduzir a constante  $\alpha=0,66$  na função mostrada na nota de rodapé i. A determinação deste parâmetro permite avaliar o comportamento da produtividade total dos fatores PTF.<sup>vi</sup> Na apuração das produtividades de capital dos diversos países, a constante  $\alpha=0,66$  que “pondera” a média das produtividades na apuração da produtividade total

<sup>vi</sup>  $PTF=A(t)=(K/Y)^\alpha (L/Y)^{(1-\alpha)}$

dos fatores foi mantida a mesma para que fosse possível a comparação entre os diversos grupos de países.

O bom ajuste por uma reta quando se usa uma escala log X log significa que o valor do parâmetro tecnológico (**A** na função de Cobb-Douglas) pode ser tomado como constante. Como esse fator é normalmente associado à tecnologia parece surpreendente que países como Japão e Coréia do Sul e mesmo Espanha e Itália possam ser enquadrados neste caso.

Por outro lado, uma produtividade de capital decrescente significa que um percentual cada vez maior do PIB tem que ser destinado ao investimento para manter uma taxa de crescimento desejada. Esta trajetória freia o desenvolvimento, já que implica cada vez um maior percentual de PIB investido para a mesma taxa de crescimento.

Não parece, pois, surpreendente que esses quatro países já viessem enfrentando dificuldades em manter o ritmo de crescimento apesar de, no caso do Japão e Coréia, continuarem investindo uma significativa fração do PIB.

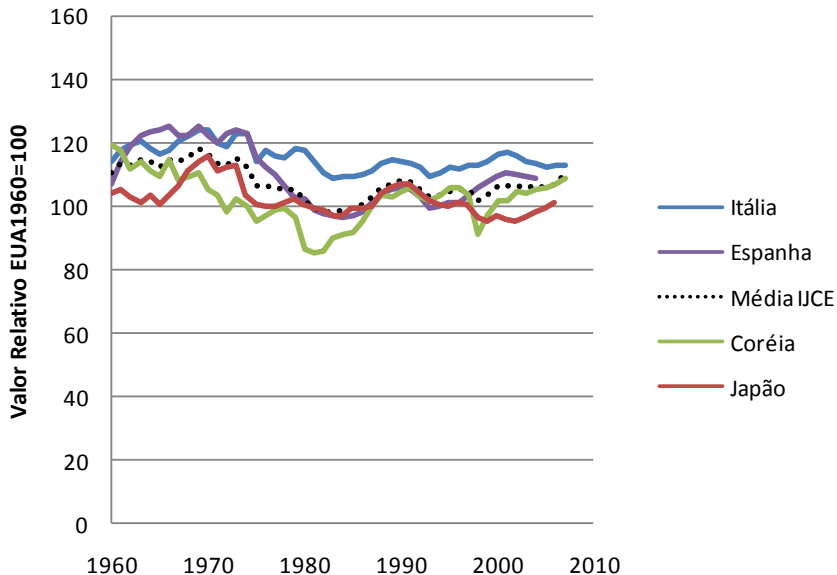
A evolução da Produtividade Total dos Fatores – PTF para estes quatro países é mostrada na Figura 4 em relação à PTF dos EUA em 1960. Também é mostrada a evolução da média de suas produtividades e seu valor oscila em torno de um valor médio de 107.<sup>vii</sup> A Produtividade geral dos fatores é uma média ponderada das produtividades de trabalho e capital.

### **Produtividade Total dos Fatores Itália, Espanha, Japão e Coréia do sul**

---

<sup>vii</sup> Chama-se a atenção para o fato de que a forma de determinação da constante (através do ajuste do comportamento da curva log x log das duas produtividades de capital e trabalho) e o fato de que essa curva possa ser ajustada por uma reta determinam que  $A(t)$  ou o valor atribuído a PTF sejam aproximadamente constantes.





**Figura 4:** A produtividade total de fatores para a Itália, Japão, Coréia do Sul e Espanha (IJCE).

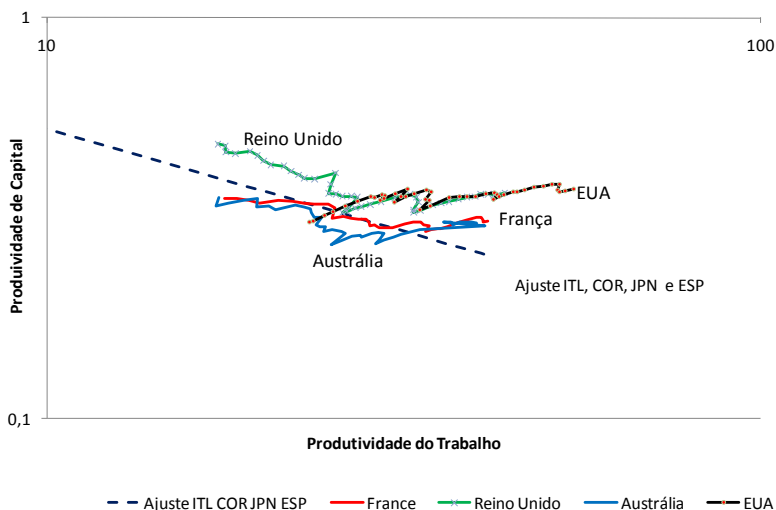
### Produtividade de capital de países desenvolvidos que detiveram a tendência de sua queda

A evolução da produtividade de capital em função da produtividade do trabalho apresentou mudanças significativas em alguns países como é mostrado na Figura 5. Também se indica nelas a trajetória média dos quatro países mostrados na Figura 3 (Coréia do Sul, Espanha, Japão e Itália).

Destaca-se, na Figura 5, o ocorrido com os EUA onde a produtividade de capital tem uma trajetória ascendente ao longo do período observando-se, ao mesmo tempo, um aumento do produto por trabalhador (produtividade do trabalho). Esta trajetória onde tem se conseguido aliar crescimento das duas produtividades realça o especial desempenho da economia americana do pós-guerra onde as tecnologias “*soft*” e os serviços ganharam destaque. Naturalmente que os continuados déficits na balança comercial contribuem para que seja possível agregar valor naquele país a partir de investimentos fora de seu território. O setor serviços tem forte

participação no PIB inclusive, como a crise atual chamou a atenção, o setor financeiro, que depende pouco do capital fixo existente.

### Produtividade de Capital e Trabalho – Países Desenvolvidos com Mudança no Comportamento (escala log X log)



**Figura 5:** Trajetória das produtividades de capital e trabalho de países que conseguiram incrementar a produtividade do trabalho sem queda na produtividade de capital

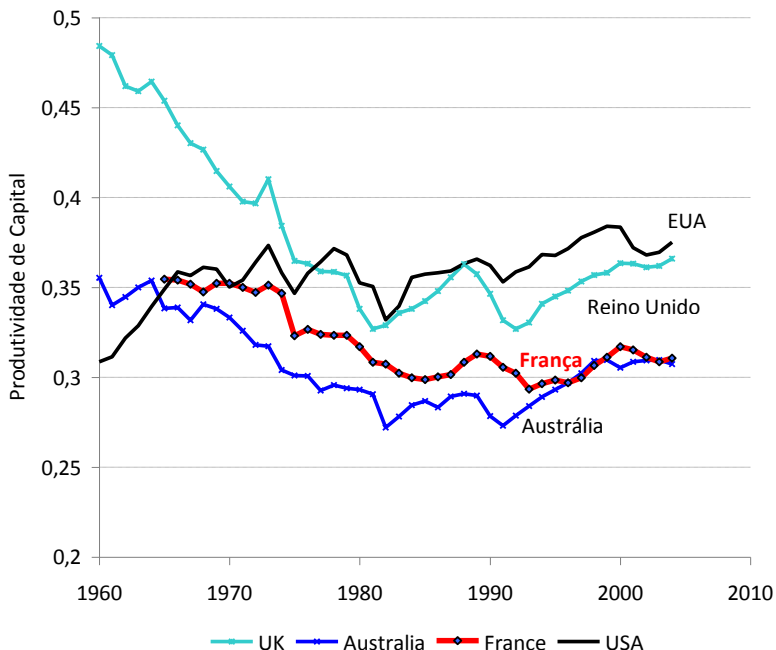
O comportamento especial da economia americana permitiu que, mesmo com uma taxa de investimento relativamente modesta (média de 18% do PIB), os EUA conseguissem manter uma taxa de crescimento média de 3,3% na década de noventa, ao passo que o Japão investiu 29% do PIB para crescer 1,2% na mesma década.

Para Austrália, Reino Unido e França pode-se observar uma mudança de comportamento, que passou de uma trajetória de perda na produtividade de capital (paralela a tendência observada para os países da Figura 3) para uma manutenção de um valor constante ou, na verdade, um pequeno crescimento da produtividade de capital. Estes países (e os EUA) passaram a ter um melhor resultado do crescimento do PIB com menor taxa de investimento. Em contraste com eles, os países do primeiro grupo mergulharam em uma fase adversa onde o crescimento passou a exigir, a cada ano, maior taxa de investimento.

Examinando-se na Figura 6 o comportamento da produtividade de capital em função do tempo, podemos observar que ele foi decrescente até o

início da década de oitenta, tendo se estabilizado e até recuperado nos anos seguintes. Já para os EUA, esse valor cresce ligeiramente ao longo do período.

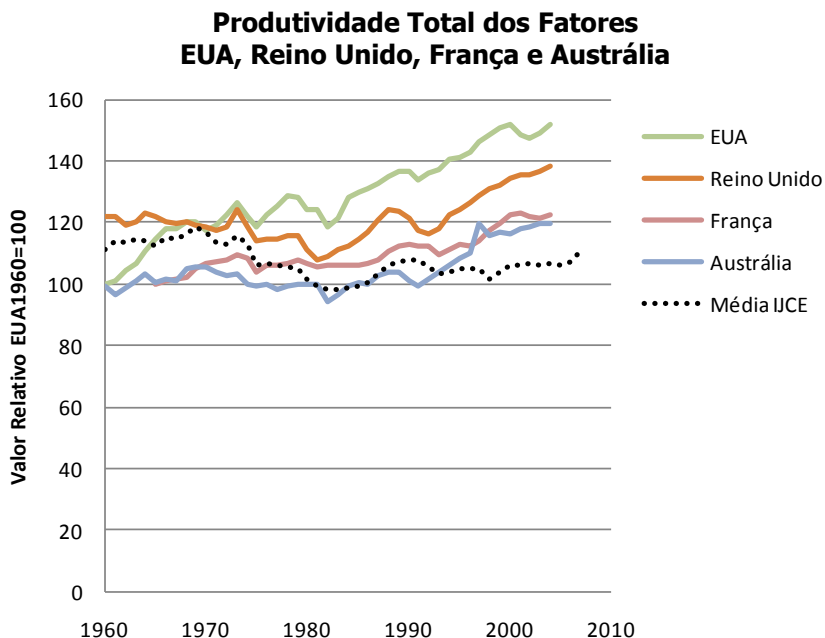
### Evolução da Produtividade de Capital EUA, Reino Unido, França e Austrália



**Figura 6:** Reino Unido, França e Austrália conseguiram interromper a queda na produtividade de capital nos anos oitenta e os EUA experimentaram um crescimento constante no período mostrado

A mudança mais notável é a do Reino Unido cuja produtividade de capital vinha caindo sistematicamente durante as décadas de setenta e oitenta e cuja queda foi interrompida nos anos oitenta. É verdade que a produtividade de capital do Reino Unido era muito superior a dos outros países e o decréscimo cessou quando foi atingido o nível de produtividade americano. A mudança de comportamento coincide com dois acontecimentos importantes para o Reino Unido: a produção de petróleo e gás no Mar do Norte (e decréscimo da de carvão) e o início da era Thatcher.

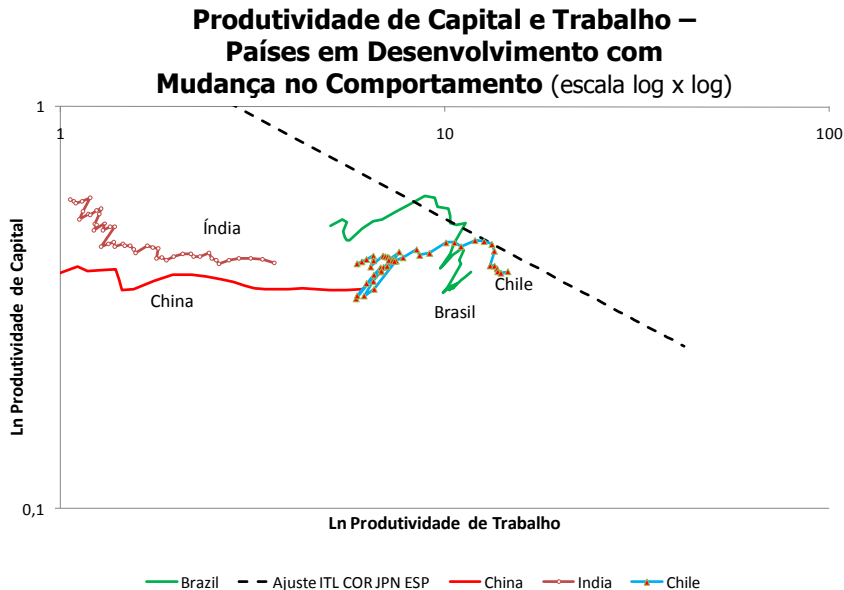
A trajetória da produtividade para os países desse grupo mostra um valor do parâmetro  $A(t)$ , tomado como PTF, ascendente, como é mostrado na Figura 7.



**Figura 7:** Produtividade total dos fatores do Reino Unido, França e Austrália e EUA com trajetórias ascendentes comparadas com a média para Itália, Japão, Coreia e Espanha (IJCE).

### O Brasil e outros países emergentes

O Brasil seguiu, no gráfico das produtividades e na vida econômica, uma trajetória particularmente infeliz para seu desenvolvimento nas duas últimas décadas do século XX, com queda acentuada na produtividade de capital e praticamente uma estagnação no produto por trabalhador (e produto per capita). Este comportamento pode ser observado na Figura 8. Este fenômeno dominou as décadas de oitenta e noventa, existindo sinais de recuperação nesse início de século. Note-se que a recuperação dos últimos anos ainda é insuficiente para reverter significativamente o quadro e se aproximar da curva “normal” dos países que se desenvolveram na última metade do século passado.



**Figura 8:** O comportamento das curvas de produtividade mostra que os países em desenvolvimento apresentam produtividades, de modo geral, inferiores a que seria de se esperar para seu grau de desenvolvimento; na trajetória do Brasil houve um grande período de queda com ligeira recuperação nos últimos anos.

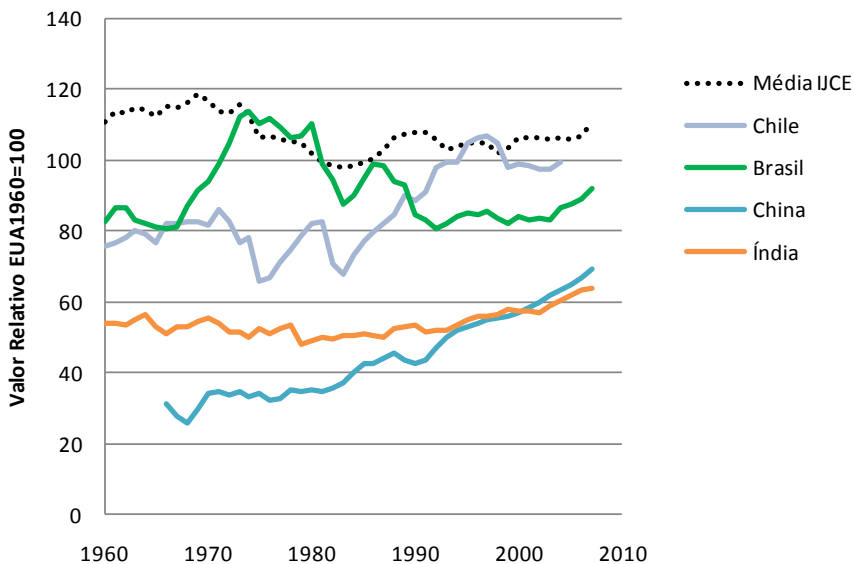
Na escolha da trajetória futura é importante para o Brasil incrementar sua produtividade de capital. Tradicionalmente, acreditava-se que a alta produtividade de capital era uma vantagem competitiva dos países subdesenvolvidos que eventualmente os levaria ao desenvolvimento. Na década de noventa, após o encerramento do regime militar, o Chile viveu um período em que se aproximou da trajetória normal de desenvolvimento. Nos primeiros anos desse século a economia chilena voltou a experimentar queda na sua produtividade de capital sem incremento do PIB por trabalhador. Índia e China estão em um período de rápido crescimento baseada em altas taxas de investimento (acima de 35%). Como a produtividade do Brasil está entre a da Índia e a da China, só expressivos ganhos na produtividade de capital e na taxa de investimento podem aproximar o Brasil da taxa de crescimento daqueles países.

A Figura 9 compara a produtividade total dos fatores para os quatro países emergentes. Em relação à China e Índia, o Brasil apresenta uma maior produtividade total de fatores, que significa uma maior produtividade em relação ao nível de renda de sua população. Isto significa uma vantagem comparativa em relação àqueles países. Entre os três países, a China se



destaca, no entanto, pela trajetória constante de crescimento de sua PTF. Todos os três países atualmente estão ainda longe da produtividade de capital de uma trajetória “normal” de desenvolvimento. O Chile estaria mais próximo deste padrão.

### Produtividade Total dos Fatores Brasil, Chile, China e Índia

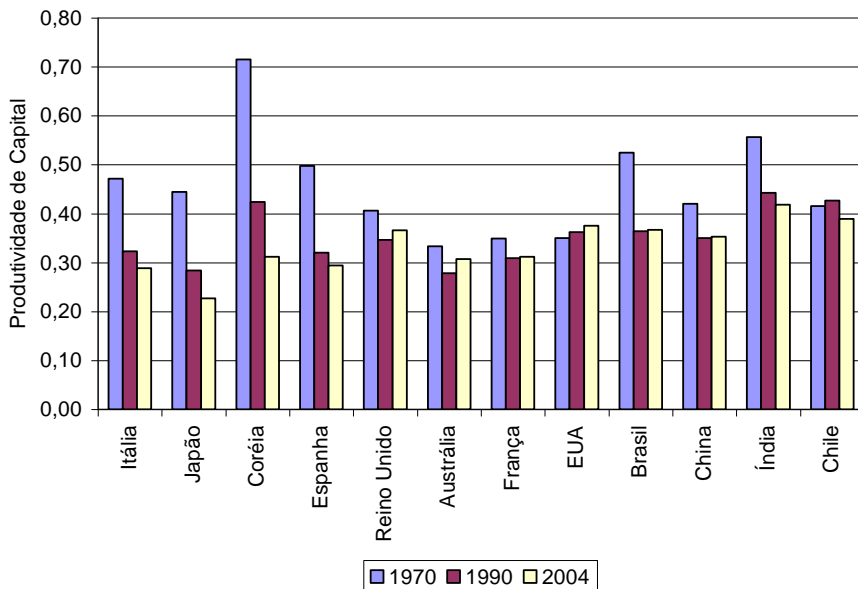


**Figura 9:** Evolução da produtividade total dos fatores para países em desenvolvimento comparadas com a média de Itália, Japão, Coréia do Sul e Espanha (IJCE).

Na Figura 10 mostra-se a produtividade de capital para os anos de 1970, 1990 e 2004 para os países estudados. Na figura os países estão ordenados por grupo, o que facilita resumir o que foi aqui discutido: Nos quatro primeiros países houve uma sensível queda na produtividade de capital. No caso do Japão essa baixa produtividade já se constitui em um handicap negativo para o país. Todos eles atingiram nível de produtividade de capital inferior ao dos EUA. Um fato interessante é que Austrália e Reino Unido, que mantiveram programas explícitos de incremento ou atenuação da queda da produtividade de capital, conseguiram incrementá-la entre 1990 e 2004. O Brasil apresenta produtividade de capital superior à maioria dos países desenvolvidos, mas inferior à dos EUA e teoricamente incompatível com seu estágio de desenvolvimento. Índia e Chile têm produtividade de

capital superior à do Brasil, mas estão em estágios de PIB per capita bem diferentes, e a China escolheu, ao que parece, manter o alto nível de investimento e baixo nível de produtividade de capital para atingir o desenvolvimento.

### Produtividade de Capital em 1970, 1990 e 2004



**Figura 10:** Produtividade de capital para os diversos países em três anos selecionados.

Um dos problemas que enfrentaram os países subdesenvolvidos durante as últimas décadas do século passado foi o do crescimento da urbanização devido ao deslocamento da população rural, que exigiu e exigirá altas taxas de investimento em infra-estrutura. É interessante que o fenômeno tenha se dado no Brasil, não obstante um forte crescimento do setor agrícola, onde houve um brutal deslocamento da mão de obra com a mudança ou simplesmente a adoção de novas (ou já antigas em termos mundiais) tecnologias.

A falta de planejamento urbano acarreta maiores investimentos a posteriori ou mesmo investimentos desperdiçados como as construções prediais em favelas que mais tarde terão que ser refeitas ou reinstaladas.

O impasse para sair do subdesenvolvimento está em que ele exige altas taxas de investimento. Isto pode ser minimizado com o aumento da

produtividade de capital que deveria ser prioridade na política econômica. É bom que se diga que para um determinado valor do PIB existe uma escolha entre consumo e investimento, que não é óbvia. Investimento pressupõe o adiamento de consumo, o que não é fácil de fazer em uma sociedade consumista. O Brasil só conseguiu crescer nos últimos anos porque interrompeu o ciclo de queda na produtividade de capital. Aceitar níveis de investimento como os praticados pelo Japão, Coréia, Índia e China pressupõe uma escolha social que não condiz com as ilusões muitas vezes vendidas à população.

Uma das razões para a baixa produtividade de capital no Brasil é a opção “commodista”, que foi anteriormente assinalada (Revista Economia e Energia Nº 67). A solução para o desenvolvimento seria buscar um mix de incremento na taxa de investimentos e melhoria na produtividade de capital. O Brasil tem uma oportunidade magnífica nos próximos anos que encerra, no entanto, desafios importantes. Com efeito, o petróleo, não obstante ser intensivo em investimentos, apresenta, mesmo nos atuais preços de petróleo já reduzidos pela crise, alta produtividade de capital. Este esforço pode ser perdido tanto na hipótese da opção pelo menor investimento comprando os equipamentos no exterior como na hipótese de gastos excessivos na indústria nacional, que acabariam tendo por efeito a redução da produtividade de capital. Deve-se ainda considerar o retardo que naturalmente existe na indústria de petróleo e energética em geral (é mais grave na geração hidrelétrica) entre o investimento e sua contribuição para a produção.

Um programa de produtividade de capital ou, melhor ainda, de produtividade geral dos fatores é condição essencial para, ao mesmo tempo, aproveitar as oportunidades do pré-sal e aquela que existe nessa como em todas as crises.

Texto para Discussão:

# As Perspectivas Brasileiras no Controle de Materiais Nucleares

Olga Mafra\*, Carlos Feu Alvim\*, e José Goldemberg\*\*

\*Economia e Energia e&e

\*\*Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP)

Apresentado por Carlos Feu Alvim no *International Panel on Fissile Materials - IPFM Spring 2009 Workshop on Fissile Materials and Nuclear Disarmament, Princeton, May 8 – 10, 2009*

## Resumo:

A possibilidade de um renascimento da energia nuclear após 20 anos de estagnação levanta questões sobre a habilidade de alguns países de responder satisfatoriamente às preocupações sobre segurança, rejeitos nucleares e o risco de proliferação. Neste contexto, o Programa Nuclear Brasileiro é apresentado assim como a Cooperação Brasil Argentina na área nuclear.

## Abstract:

The possibility of a nuclear energy revival after 20 years of stagnation arises questions about the ability of some countries to satisfactorily respond to the concerns about safety, nuclear wastes and proliferation risk. In this context, the Brazilian Nuclear Program is presented as well as the Brazil-Argentina cooperation in the nuclear area.

**Palavras-chave:** Brasil, Argentina, cooperação, energia nuclear, Programa Nuclear Brasileiro, proliferação, defesa

## 1. Introdução

A possibilidade de um renascimento da energia nuclear após 20 anos de estagnação levanta questões sobre a habilidade de alguns países de responder satisfatoriamente às preocupações sobre segurança, rejeitos nucleares e o risco de proliferação. Essas preocupações reforçam o papel dos tratados internacionais na área e dos mecanismos e organizações responsáveis pelo gerenciamento e aplicação de salvaguardas e proteção física dos materiais nucleares.

O Brasil e a Argentina são partes deste contexto. Em julho de 2008 a ABACC<sup>1</sup> – Agencia Brasileiro Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares – comemorou 17 anos de existência durante os quais foram realizadas inspeções nas instalações nucleares de ambos os países, em coordenação com a AIEA (Agência Internacional de Energia Atômica).

Desde então, sucessivas declarações de ambos os governos têm enfatizado seu apoio ao trabalho realizado pela ABACC. Além disso, em fevereiro ultimo os Presidentes Cristina Fernandez de Kirchner, da Argentina, e Luiz Inácio Lula da Silva, do Brasil, reiteraram seu compromisso de cooperação na área nuclear e assinaram um acordo de trabalho conjunto em áreas tais como tecnologia de reatores nucleares e enriquecimento de urânio.

É importante enfatizar que a ABACC faz sua própria verificação do balanço de material nuclear nas plantas de enriquecimento, verificando a presença de urânio altamente enriquecido (HEU) através de técnicas de amostragem ambiental (*swipe sampling*), de sistemas de vigilância e metodologia de amostragem que asseguram que as conexões na cascata são apropriadas para produção de LEU (urânio levemente enriquecido) e não de HEU. A ABACC, em conjunto com a AIEA, também realiza inspeções não anunciadas nas quais amostras dos sistemas de alimentação, produto e rejeito das plantas piloto de enriquecimento são coletadas.

A decisão política de reativar os programas nucleares do Brasil e da Argentina para propósitos pacíficos e para desenvolver “*joint ventures*” não somente levanta expectativas de crescimento de toda a cadeia nuclear em ambos os países, mas também aumenta as responsabilidades de organismos regionais encarregados de realizar inspeções.

Recentemente em 23 de dezembro de 2008 a Eletronuclear<sup>2</sup>, a Eletrobrás and *Electricité de France (EDF)* assinaram no Rio de Janeiro um protocolo de cooperação para a geração de energia elétrica de fonte nuclear. Este acordo é válido por cinco anos.

Os estudos e a cooperação previstos estão focalizados nas seguintes componentes de um programa nuclear: excelência técnica, estruturas administrativas e financeiras e aspectos econômicos. Os estudos incluirão troca de informação sobre aspectos legais e administrativos, o ciclo do combustível nuclear, gerenciamento de fornecedores e construção, comissionamento e operação de usinas nucleares.



## 2. Programa Nuclear atual do Brasil

### Angra 1

A primeira usina nuclear brasileira é um PWR (*pressurized water reactor*), o reator nuclear mais comumente usado no mundo. Desde 1985, quando começou sua operação comercial, Angra 1 gerou energia suficiente para alimentar uma cidade de um milhão de habitantes. Esta primeira usina nuclear foi comprada numa base “turn key”, que não visava a transferência de tecnologia dos fornecedores.

Entretanto, a experiência acumulada pela Eletronuclear<sup>3</sup> em 23 anos de operação comercial de Angra 1, que incluiu solucionar um grande número de problemas operacionais e de fabricação apresentados pela usina desde o início, permitiram à companhia acumular a capacidade de manter um programa contínuo de melhoramentos tecnológicos e a incorporação dos progressos técnicos mais recentes.

Um dos problemas ocorridos com Angra 1 não teve relação com a fabricação ocorreu justamente em função de medidas relacionadas com a problemática da não proliferação. Porque os EUA se opunham ao Acordo Nuclear Brasil Alemanha houve um embargo da administração Carter à venda dos combustíveis para Angra 1 contrariando contratos anteriormente firmados. Foi necessário fabricar os elementos combustíveis usando tecnologia alemã e ocorreram problemas com na substituição dos elementos combustíveis da *Westinghouse* por elementos combustíveis feitos no Brasil. Esses combustíveis apresentaram problemas estruturais, o que levou à troca da carga total.

Dentro dos problemas de fabricação está o da degradação prematura do gerador de vapor. A experiência acumulada pela indústria nuclear no Brasil permitiu que técnicos locais participassem ativamente da substituição do gerador de vapor de Angra 1, o que estenderá a vida da usina por um longo tempo. É esperado que Angra 1, que vem operando a 79% de sua capacidade nominal (657 MW) em janeiro de 2009, retomará a operação à sua capacidade nominal total com o novo gerador de vapor construído pela NUCLEP (Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A.), uma companhia estatal criada como resultado do acordo Brasil-Alemanha.

### Angra 2

Devido ao acordo nuclear Brasil - Alemanha, a construção e operação de Angra 2 foi associada com alguma transferência de tecnologia.

Angra 2 é um reator tipo PWR e sua capacidade nominal é 1350 MW. Esta usina tem contribuído para manter os níveis dos reservatórios das usinas hidroelétricas que suprem de eletricidade o Sudeste brasileiro. Nos últimos anos, Angra 2 vem operando próximo a 100 % de sua capacidade operacional (100% da capacidade nominal com paradas de recarga).

### **Angra 3 e o Plano de Expansão**

A decisão governamental, tomada em 2008, após a revisão do programa nuclear brasileiro, é considerada essencial para que o Brasil possa manter a capacidade tecnológica adquirida ao longo de 30 anos. O plano de completar Angra 3 e construir usinas nucleares adicionais é uma garantia de continuidade do desenvolvimento do programa nuclear do Brasil, que atrairá pessoal recentemente graduado para trabalhar na área nuclear.

Outro ponto importante é que o Brasil, de acordo com o governo, alcançará num futuro próximo auto-suficiência na produção de minério de urânio e na próxima década o país terá um excesso de produção de urânio que poderá ser exportado.

A empresa estatal Indústrias Nucleares do Brasil (INB) produz atualmente 400 toneladas de concentrado de urânio por ano. De acordo com o planejamento inicial, em 2015 esta quantidade deverá ser de 2.300 toneladas devido à duplicação da mina de Caetité (BA), com o início de operação da mina de Santa Quitéria (CE). Entretanto, a operação de Angra 1, 2 e 3 e mais quatro usinas nucleares adicionais previstas pelo Plano de Nacional de Energia (PNE) de 2030 vai necessitar somente de 1.600 toneladas de urânio por ano. A exportação do excesso de urânio poderia financiar a expansão da planta de enriquecimento de Resende (RJ), assim como a construção da unidade para converter concentrado de urânio (*yellowcake*) em gás hexafluoreto de urânio.

A CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) é a organização federal responsável por fornecer as licenças e autorizações assim como fiscalizar as instalações nucleares naquilo que diz respeito aos aspectos radiológicos. Com esse propósito, são mantidos inspetores residentes em todas as usinas nucleares.

O IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Fontes naturais Renováveis – é o órgão do Governo Federal responsável pelo licenciamento ambiental para empreendimento de grande escala industrial. De acordo com a legislação ambiental do Brasil, grandes projetos com possíveis impactos ambientais como os reatores nucleares requerem três licenças:

- Uma licença preliminar quando o projeto é proposto.
- Uma licença de construção.
- Uma licença de operação.

A aprovação de local para Angra 3 foi dada em 1980 e, após cumprir com todas as condições específicas, uma licença preliminar foi liberada em 23 de julho de 2008 pelo IBAMA mas ainda com um conjunto de 60 exigências a serem satisfeitas.

Após responder a todas essas exigências, uma licença de construção foi solicitada pela Eletronuclear em 25 de novembro de 2008. As licenças de instalação solicitadas pela Eletronuclear foram analisadas pela CNEN e IBAMA e fornecidas em março de 2009.

### **Gerenciamento de Rejeitos Nucleares**

Os rejeitos nucleares são classificados de acordo com seu nível de radioatividade. Nas usinas de Angra os materiais utilizados nas operações da planta tais como luvas, sapatos, roupas especiais, equipamento e alguns materiais são classificados como “rejeitos de baixa radioatividade” após o seu uso. Depois de serem coletados e separados, esses materiais são descontaminados com a finalidade de reduzir seu nível de radioatividade. Alguns materiais são picados, comprimidos e empacotados em recipientes que blindam a sua radiação.

“Rejeitos radioativos de médio nível” tais como filtros, efluentes solidificados e resinas são acondicionados em uma matriz sólida de cimento e mantidos em recipientes de aço. Enquanto a radioatividade destes materiais decai, eles devem ser encapsulados e armazenados em local subterrâneo em depósitos monitorados.

### **Combustível Nuclear Queimado**

Os elementos combustíveis que foram usados nas usinas nucleares para gerar energia são rejeitos de alto nível. Eles são estocados em piscinas especiais dentro do prédio do reator onde permanecem por pelo menos dez anos. Essas piscinas podem armazenar com segurança os elementos combustíveis usados durante toda a vida de operação da usina. A operação de uma usina nuclear do tipo Angra 3 durante 60 anos produz  $1,500 \text{ m}^3$  de combustível irradiado (um volume de  $11\text{m} \times 10\text{m} \times 14\text{m}$ ).

Alguns países, como a Suécia e a Finlândia, já identificaram e estão trabalhando em repositórios geológicos permanentes em cavernas ou túneis artificiais sob espessas camadas de rocha que devem ser a prova de

eventos naturais. Não existem repositórios permanentes em operação completa. Essas instalações são financiadas por taxas incluídas nas tarifas elétricas, sendo estas da ordem de décimos de centavos de euro por kWh.

A construção de um Repositório Nacional para Rejeitos de baixo e médio nível está planejada para 2014 e começará a operar em 2018. A CNEN e a Eletronuclear estão cooperando no planejamento da construção de uma “instalação de depósito interina” que garantiria a segurança dos rejeitos de alto nível por um período de 500 anos. Esse depósito interino de longa duração para os combustíveis queimados tem o seguinte cronograma planejado:

2009: Apresentação da Proposta  
2013: Validação do Protótipo  
2014: Início do Projeto  
2017: Seleção de Local  
2019: Início da Construção  
2026: Início da Operação

### **Ciclo do Combustível Nuclear**

O objetivo do Governo é alcançar a auto-suficiência na produção de combustível para usinas nucleares, para protótipos de submarino e a produção de combustíveis para reatores de pesquisa e produtores de radioisótopos.

### **Mineração (Produção de yellow cake)**

A produção atual de *yellowcake* ( $U^3O^8$ ) pelo Brasil é de 400 toneladas por ano. A auto-suficiência será alcançada em 2012 com a mineração de 1.200 toneladas/ano. Por volta de 2025, a produção planejada é de 2.100 toneladas/ano.

As reservas de urânio do Brasil são atualmente de 309.000 toneladas. Está previsto que um adicional de 150.000 toneladas será acrescentado por volta de 2012, dos quais 50 mil toneladas serão originárias da mina de Caetité (Bahia) e 100 mil toneladas da mina de Rio Cristalino (Pará). Em 2030, outras 500.000 toneladas são esperadas serem adicionadas as reservas nacionais e está ainda prevista a realização de prospecção adicional no país.

### **Conversão**

Com respeito à conversão de óxido de urânio para  $UF^6$  e seu retorno, a auto-suficiência será alcançada em 2014 e mantida até 2030. A

primeira instalação industrial produzirá 1.200 toneladas de UF<sup>6</sup> per ano. Seu projeto será completado em 2 anos e sua construção, em 3 anos. Em 2014 Angra 1, 2 e 3 serão supridas por essa usina. De acordo com os planos atuais, uma expansão para 2.400 toneladas/ano atenderá Angra 1, 2 e 3 mais os quatro reatores adicionais de 1000 MW em 2018. Uma futura expansão para 3.600 toneladas/ano será o suficiente para suprir os reatores acima mencionados mais dois reatores adicionais de 1000 MW.

### **Enriquecimento**

Com relação ao enriquecimento, a auto-suficiência será alcançada em 2014 e mantida até 2030. Haverá um aumento na capacidade das centrifugas de enriquecimento fornecidas pela Marinha para 100 mil UTS/ano, a partir do ano de 2012.

### **Reprocessamento**

O reprocessamento não será considerado, uma vez que não há intenção de desenvolvimento de reprocessamento de combustíveis no Brasil.

## **3. Plano Nacional de Energia**

Atualmente o Brasil (2008) depende de 85% da geração hidroelétrica para a geração de energia elétrica, sendo apenas 2,5% proveniente da nuclear. O Plano de Energia 2030 para o Brasil projeta quatro novas usinas nucleares de aproximadamente 1.000 MW cada uma. A diversificação das fontes energéticas supridoras, com a inclusão de usinas térmicas, é considerada essencial para a confiabilidade da grade elétrica brasileira<sup>4</sup>.

Para alcançar as projeções do Plano Decenal de Energia de 2007 a 2016 da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), Angra 3 deveria começar a operar em 2014 produzindo 1,4 GW e deveriam ser construídos os 4 GW de origem nuclear, de acordo com o Plano Nacional de Energia para 2030.

A escolha de local será feita para as quatro usinas nucleares adicionais, duas no Nordeste no mesmo local, e duas no Sudeste, também no mesmo local. O cronograma de construção das novas plantas é o seguinte:

Out/08: início da seleção de local para as plantas do Nordeste

2010: início da seleção de local para as plantas do Sudeste

2019: início da operação da primeira usina do Nordeste

2021: início da operação da segunda planta do Nordeste

2023: início da operação da primeira planta do Sudeste

2025: início da operação da segunda planta do Sudeste

#### 4. Cooperação Nuclear Brasil Argentina

Em fevereiro de 2008, a Presidente da Argentina Kirchner e o Presidente do Brasil Lula da Silva assinaram um acordo de cooperação nuclear, um dos dezessete acordos assinados, relacionado à infra-estrutura, energia e defesa. Desde então, técnicos de ambos os países têm trabalhado para definir os projetos conjuntos potenciais, tais como uma “empresa de enriquecimento de urânio” e um “modelo de reator nuclear” que satisfaria todas as necessidades dos sistemas elétricos de ambos os países e, eventualmente, de toda região.

Entretanto, haverá limitações no que diz respeito a transferência de tecnologia sensível, como o enriquecimento. Neste campo, provavelmente cada país utilizará sua própria tecnologia, num modelo similar à usina Geoge Besse da Eurodif. Não há ainda decisões sobre esse assunto, mas algumas declarações públicas não oficiais, quando do recente lançamento da Estratégia Nacional de Defesa para o Brasil, levantaram preocupações sobre a transferência de tecnologia sensível à Argentina.

A declaração conjunta de setembro descreve esforços futuros compreendendo "30 projetos estruturados em reatores e rejeitos nucleares, ciclo do combustível, aplicações nucleares e regulamentação." O número de compromissos anunciados na área nuclear tem crescido ao longo do tempo. É possível que uma companhia conjunta (chamada EBEN), que foi originalmente concebida para enriquecimento de urânio, poderia se estender para outras atividades relacionadas à saúde, agricultura, produção de radiofármacos, desenvolvimento de reatores, e tecnologia de materiais. Entretanto, é ainda incerto se essa aliança estratégica, que poderia transformar Brasil e Argentina em fornecedores globais de urânio enriquecido e reatores avançados de potência intermediária, poderá ser eficientemente implementada.

A idéia de um trabalho conjunto na propulsão nuclear para o submarino brasileiro não foi considerada. Além disso, o Governo Brasileiro tornou claro que este projeto deve ser desenvolvido exclusivamente sob a supervisão da Marinha.

As contribuições do Brasil esperadas nessa iniciativa conjunta seriam sua comprovada tecnologia para enriquecimento, suas abundantes reservas de urânio (sexta no mundo, mesmo tendo apenas 30 por cento de seu território explorado), e sua habilidade de definir e executar planos de longo prazo. A Argentina traria sua experiência como exportador nuclear de sucesso e o reconhecimento internacional que os dois países acumularam por suas excelentes credenciais na área de não proliferação.

A Argentina e o Brasil são vistos como tendo tido sucesso em transformar a sua competição nuclear em cooperação através da confiança mútua. Este enfoque é frequentemente considerado como um modelo para outras regiões onde existem riscos potenciais de proliferação.

Entretanto, até agora não é certo que ambos os países se tornarão sócios de sucesso tirando vantagens de suas forças conjuntas. Certos obstáculos poderiam ameaçar este processo. Resistências burocráticas, assim como assimetrias de interesses e visões - especialmente aquelas relacionadas à possibilidade de compartilhar tecnologias autônomas – poderiam atrapalhar o balanço do acordo e, assim, sua sustentabilidade a longo prazo.

Existe ainda a possibilidade que esses projetos de larga escala que estão além da atual capacidade tecnológica de ambos os países, venham a se consolidar em outros projetos conjuntos com sócios de maior experiência nuclear desde que estejam mais preparados para a transferência de tecnologia.

Outros fatores, como o aumento da influência geopolítica e a oportunidade de se tornar um ator global no mercado potencialmente lucrativo de combustíveis nucleares (antes que restrições internacionais adicionais sejam adotadas), também pedem ter um papel relevante na decisão dos dois países sobre o assunto.

Muitas nações estão atualmente considerando a construção de novas usinas nucleares para produção de energia. Mesmo que esta tendência tenha que ser revista à luz da corrente crise econômica global e preços do petróleo menores, ainda pode haver um mercado significativo que os dois países poderiam suprir. Isto poderia significar grandes benefícios econômicos, mesmo não sendo este fator visto como a maior motivação a curto e médio prazos.

Para a Argentina, a cooperação nuclear poderia revigorar sua indústria nuclear e a oportunidade de se associar ao Brasil. Do ponto de vista da não proliferação, uma associação bilateral levada a cabo por dois países democráticos, sem conflitos regionais, e operando sob um controle eficiente por organizações internacionais como a ABACC (Agência Brasileiro Argentina de Controle e Contabilidade de Materiais Nucleares) e a AIEA, oferece de longe mais garantias do que projetos independentes desenvolvidos de forma isolada.

## 5. Defesa

Em 18 de dezembro de 2008, o Presidente da República Luiz Inácio Lula da Silva aprovou (Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008) a “Estratégia Nacional de Defesa”: proposta pelo Ministro da Defesa do Brasil e o Chefe da Secretaria de Assuntos Estratégicos<sup>5</sup>. Esta proposta engloba a determinação do próprio Presidente e foi feita através do Decreto Presidencial de 06 de setembro de 2007, que estabeleceu um Comitê Ministerial para sua formulação, presidida pelo Ministro da Defesa, coordenada pelo Chefe da Secretaria de Assuntos Estratégicos, e incluindo os Ministros do Planejamento, Finanças e Ciência e Tecnologia, e assessorada por representantes da Marinha, Exército e Aeronáutica. O papel dos setores chave decisivos, principalmente espacial, cibernético e nuclear são examinados. O plano considera a energia nuclear como estratégica para a defesa nacional Brasileira.

O plano assinala que parcerias entre países e a procura de produtos e serviços além mar devem ser realizados com a garantia de envolvimento de “*know-how*” do controle nacional das tecnologias.

Com relação a área nuclear, o documento enfatiza que devido a Constituição Nacional vigente e a compromissos de tratados internacionais, o país não considera o uso da energia nuclear para propósitos não pacíficos. Isto foi feito, primariamente, baseada na expectativa de desarmamento nuclear progressivo dos países possuidores de armas nucleares (*Nuclear Weapons States*). O texto enfatiza o apoio brasileiro ao desarmamento nuclear, mas adverte que a renúncia ao desenvolvimento de armas nucleares não implica na renúncia ao desenvolvimento da tecnologia nuclear.

O Plano propõe que o Brasil desenvolva a tecnologia nuclear, dando prioridade às seguintes iniciativas:

Completar o programa do submarino nuclear, a nacionalização completa do ciclo do combustível nuclear numa escala industrial (incluindo a conversão de urânio e o enriquecimento), e também a tecnologia de reatores nucleares;

Incentivar a prospecção para mapeamento e utilização das reservas de urânio do Brasil;

Desenvolver capacidade nacional para projetar e construir usinas nucleares (para produção de eletricidade), incluindo tecnologia de ponta, mesmo no caso de desenvolvimento em parceria com outros estados ou companhias estrangeiras;



Submeter a disseminação da tecnologia da energia nuclear no Brasil aos mais exigentes controles de segurança e ambiental;

Aumentar a capacidade de aplicar a energia nuclear a um amplo escopo de atividades

Para auxiliar o Plano de Defesa Estratégico Nacional, que considera muito importante a defesa da distante fronteira marítima e a persuasão pela concentração de força na costa brasileira, a propulsão nuclear deve ser dominada, com o projeto e construção de submarinos, e com a provisão de uma frota de submarinos nucleares à Marinha brasileira.

### **Submarinos Nucleares e Convencionais**

Com respeito à propulsão nuclear, o início de operação do protótipo de terra do reator de propulsão nuclear do Brasil (LABGENE) está previsto para dezembro de 2014. O combustível desse reator será de urânio de baixo enriquecimento (LEU).

Em relação à aquisição da tecnologia de submarinos convencionais, foi assinado um acordo entre Brasil e França em dezembro de 2008. A importância desse acordo nos níveis político, militar e energético é considerável. Do ponto de vista político, é um acordo de cooperação com um país importante da Comunidade Européia, deslocando o Brasil de uma relação preferencial com os Estados Unidos. No nível militar, o acordo consolida a opção do Brasil em um submarino nuclear brasileiro que foi contestado no passado e atualmente parece ser inquestionável devido a descoberta do petróleo *off-shore*. Do ponto de vista nuclear, o acordo foi feito com um país que tem uma das maiores participações do mundo da energia nuclear na geração elétrica e, portanto, pode auxiliar o Brasil no seu desenvolvimento nuclear e no treinamento de uma nova geração de profissionais nesse setor.

Mesmo o Brasil tendo desenvolvido sua própria tecnologia nuclear, não é possível desconsiderar a cooperação científica e tecnológica nesta área. A França tem uma das indústrias nucleares mais desenvolvidas do mundo. A China, por exemplo, adquiriu usinas nucleares da França incluindo a transferência de tecnologia.

A construção de um novo estaleiro está planejada para o período de 2009-2014. A construção de submarinos convencionais pela NUCLEP está planejada para se iniciar em 2009 e o início da operação do primeiro submarino convencional está previsto para 2015. O primeiro submarino

nuclear está planejado para ser construído no novo estaleiro a partir de 2015 e iniciar sua operação em 2021.

## 6. Conclusão

Todas essas atividades, tanto na área energética como estratégica, estão incluídas no Plano Nacional de Energia para 2030 publicado pela EPE e na Estratégia de Defesa Nacional estabelecido pelo Governo e seguem o Acordo Quadripartito para Salvaguardas Nucleares assinado pelo Brasil, Argentina, ABACC e AIEA. Nesses planos, o Brasil reforça seus compromissos, expressos na sua Constituição e em seus acordos internacionais, de somente usar a energia nuclear para fins pacíficos, mas reitera sua intenção de desenvolver e proteger a sua própria tecnologia.

Uma análise detalhada do novo documento Estratégia de Defesa Nacional sugere que a assinatura do Protocolo Adicional (PA) "tradicional" com a AIEA não é provável a curto prazo. O Brasil deseja manter abertas as suas opções para acesso à tecnologia nuclear, e assim decidiu não apoiar nenhuma restrição adicional ao tratado de Não Proliferação Nuclear, se os países nucleares (*Nuclear Weapons States*) não mostrarem progresso no seu compromisso com o desarmamento nuclear.

Como é bem conhecido, o Protocolo Adicional é baseado no TNP (Tratado de Não Proliferação), e é apenas adicional aos Acordos de salvaguardas TNP com a AIEA. Tecnicamente, o que está declarado na "Estratégia de Defesa Nacional" não impediria o Brasil de assinar o Protocolo Adicional, mas a ressalva acima mencionada sugere que não é esta a intenção governamental.

Alguns países, como os próprios EUA assinaram protocolos adicionais com a AIEA e mencionam isto como argumento para que o Brasil aceite o PA. É importante mencionar que a natureza de um Protocolo Adicional com países nucleares é completamente diferente daquele assinado com países não nucleares. Nos países nucleares o material e as instalações colocadas sob salvaguardas são voluntárias. Não há sentido em procurar por atividades ou materiais não declarados em país nuclear e não há riscos de inspeções mais intrusivas que as previamente acertadas. Estes acordos, no entanto, fixam às vezes procedimentos especiais para inspeções em instalações sensíveis que podem ser úteis para instalações de países não nuclearmente armados.

Um modo possível para o Brasil seria aderir a um acordo especial incluindo algumas provisões do Protocolo Adicional - PA. É de conhecimento público que alguns membros do Grupo de Fornecedores Nuclear (NSG) têm

encorajado o Brasil a aceitar tal tipo de acordo, o que poderia ser finalizado através de uma negociação governo a governo.

Outro fato relevante é que no Grupo de Fornecedores Nuclear, o Brasil e a Argentina são os únicos não signatários do modelo do Protocolo Adicional da IAEA. Caso o PA se tornasse uma condição obrigatória para o suprimento, ambos os estados poderiam enfrentar dificuldades em desenvolver um esquema de comércio exterior saudável para produtos de tecnologia avançada, uma vez que as suas indústrias nucleares ainda são dependentes em várias maneiras de importações de outros fornecedores nucleares. É quase certo, entretanto, que qualquer intenção de prejudicar a cooperação técnica internacional, como no presente o acordo nuclear entre Brasil e França, como ocorreu no passado com o acordo Brasil – Alemanha, iria re-energizar em países como o Brasil a urgente necessidade de desenvolver a sua própria capacidade nuclear usando seus próprios meios.

## **7. Referências**

1. <http://www.abacc.org.br/port/index.asp>
2. <http://www.tecnodefesa.com.br/index>
3. <http://www.eletronuclear.gov.br/empresa/index>
4. [http://ecen.com/eee49/eee49p/porto\\_destino\\_sist\\_eletr.htm](http://ecen.com/eee49/eee49p/porto_destino_sist_eletr.htm)
5. [https://www.defesa.gov.br/eventos\\_temporarios/2008/estrat\\_nac\\_defesa/estrategia\\_defesa\\_nacional\\_portugues.pdf](https://www.defesa.gov.br/eventos_temporarios/2008/estrat_nac_defesa/estrategia_defesa_nacional_portugues.pdf)
6. [http://www.defesanet.com.br/md1/br\\_fr\\_2.htm](http://www.defesanet.com.br/md1/br_fr_2.htm)

Apoio:

**e e e n**

*ECEN - Consultoria Ltda.*

**CEMIG**

A Melhor Energia do Brasil.



Ministério da  
Ciência e Tecnologia



**Revista - Economia e Energia e.e.e Economy and Energy**  
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com ]

Organização **Economia e Energia - e.e.e - OSCIP**  
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com ]

---

**Remetente:**

**Revista - Economia e Energia**

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro

CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ