



http://ecen.com

Economia e Energia

Revista

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro

20040-005 Rio de Janeiro RJ Brazil

Phone: (55-21) 2222-4816

BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta

30310-290 Belo Horizonte MG Brazil Phone/Fax (55-31) 3284-3416

Internet :http://ecen.com

Editor Gráfico: Marcos Alvim



Economy and Energy – http://ecen.com

No 45: Agosto-Setembro de 2004

ISSN 1518-2932

Na Internet: http://ecen.com

Artigo:

A Prospectiva Tecnológica: Previsão com um Simples Modelo Matemático.. J. I. Vargaspag. 02

J. I. Vargas

O objetivo primordial da ciência é a construção de modelos capazes de descreverem o mundo exterior. Conseqüentemente, a pedra de toque dos modelos científicos é sua capacidade de prever eventos. A ciência deveria também prestar-se a exames alicerçados nos mesmos conceitos que aplica. Baseado em transcrição de palestra do autor na antiga Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o texto apresenta um instigante modelo de previsão – aplicado e aplicável a inúmeros sistemas – onde o passado orienta fortemente a prospecção do futuro.

Texto para Discussão

Mais Trabalho e emprego com o mesmo Capital ou Como Incrementar a Produtividade de Capital. Carlos Feu Alvim pag. 38

Em artigos anteriores, a queda da produtividade de capital foi apontada como entrave maior ao crescimento econômico. Neste sugerem-se algumas medidas de caráter macroeconômico e microeconômico no sentido de incrementar a produtividade de capital.

A PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: PREVISÃO COM UM SIMPLES MODELO MATEMÁTICO 1

José Israel Vargas(*)

jivargas@abc.org.br

"L'homme est ce qu'il fait" - André Malraux in Les Noyers de l'Altenburg

O Autor:

Sou convocado a resumir em algumas linhas toda a experiência de uma longa vida; opto claramente pela listagem de fatos, de pessoas e de locais que de alguma maneire influíram em minha trajetória vital. Licenciei-me em Química na UFMG em 1952 com interregno na USP onde liguei-me particularmente à Física. Convidado por Paulus Aulus Pompéia e Abraão de Morais, dirigi-me ao ITA, ao seu Departamento de Física, onde

permaneci dois anos. Um curso realizado no Chile na Universidade de Concepcion, organizado pela Universidade de Cambridge, abriu-me a possibilidade de realizar PhD em Ciências Nucleares, na velha instituição. Minha tese, passada em 1959, versou sobre as conseqüências físicoquimicas das transformações nucleares nos sólidos. A elucidação do estado de átomos que sofreram tais transformações, exigiu que utilizasse vários métodos físicos que envolvendo medidas das interações hiperfinas: correlação angular perturbada, efeito Mossbauer, variação da meia vida, além do emprego de outras técnicas correlatas como a ressonância magnética nuclear e ressonância eletrônica paramagnética nas matrizes em exame. Estes trabalhos desenvolveram-se, posteriormente, durante seis anos em Grenoble sob a influência estimulante e amiga de Louis Néel , Pierre Baligand e Daniel Dautreppe e André Moussa. A discussão com Louis Néel dos resultados obtidos, levou frequentemente ao exame da possibilidade de obtenção de patentes. A estada em Grenoble foi antecedida por regresso à UFMG e ao antigo Instituto de Pesquisas Radioativas onde haviam sido continuadas os trabalhos iniciados em Cambridge. Tornei-me, nesta altura, professor catedrático da Cadeira de Físico-Química e Química Superior tendo. então, a esta altura já orientado várias teses e, à mesma época, fui conduzido à direção do Instituto de Pesquisas Radioativas da UFMG. À volta ao Brasil e à Universidade, seguiu-se convite, de Aureliano Chaves, recémeleito Governador de Minas Gerais, para organizar e dirigir, a primeira Secretaria de Ciência e Tecnologia do Brasil que, aliás, também cuidava, pioneiramente de problemas ambientais. Ao término dessa administração e pelas mãos do mesmo político e de João Camilo Penna, passei a exercer, durante cinco anos e meio, o cargo de Secretário de Tecnologia Industrial do Ministério de Indústria e Comércio. Eleito, em 1975, membro titular da

¹ Este artigo resultou, em parte, de trabalho anterior de pesquisa extensiva conduzida no âmbito do Programa de Participação Nº 5136 (1990/91) da UNESCO

Academia Brasileira de Ciência estabeleci fraternas relações com seus dirigentes e colegas, particularmente com Aristides Pacheco Leão – que viria ser seu Presidente Emérito - e com Maurício Peixoto, que o sucedeu e, em cuja administração, servi ao órgão durante onze anos como seu Vice-Presidente. Eleito membro do Conselho Executivo da UNESCO em 1981, nele permaneci até 1989 tendo exercido sua Vice-Presidência em um biênio e a Presidência no seguinte. O desempenho dessas variadas funções científicas, acadêmicas e diplomáticas terá motivado minha convocação pelos presidentes Itamar Franco e Fernando Henrique Cardoso para o exercício do cargo de Ministro da Ciência e Tecnologia que ocupei durante seis anos e meio. Indicou-me o segundo como Representante do Brasil (2000 a 2003) junto à UNESCO, após tê-lo de assessorado, durante guase dois anos, na organização da Comissão Interministerial das Mudanças Climáticas Globais. Recordo, como atividades particularmente significativas: a Presidência da Comissão Presidencial para Revisão do Programa Nuclear Brasileiro (que levou posteriormente ao estabelecimento das inspeções mútuas entre Brasil e Argentina); a participação do Comitê para o renascimento da Biblioteca de Alexandria; a chefia de quatro Conferências das Partes para a implementação das Convenções resultantes da Eco-92, tendo tido destacado papel na formulação do chamado Protocolo de Quioto; o sucesso alcançado pelos meu inumeráveis alunos e colaboradores espalhados pelo mundo afora do que muito me orgulho; a sucessão de Abdus Salan na Presidência Academia de Ciências do Terceiro Mundo (que conta entre seus membros com os mais destacados cientistas de cerca de cinquenta países) ofereceu-me oportunidade única de contribuir para o desenvolvimento da Ciência nos países mais pobres, particularmente nos da África; e, finalmente, ter servido durante vários anos no Conselho da Fundação Lampadia, que através de suas filiais Andes, no Chile, Antorchas na Argentina e Vitae no Brasil vêm prestando inestimáveis serviços ao desenvolvimento, da ciência, da educação e da cultura desses países - nela fiz novos e queridos amigos. atualmente como Vice-Presidente do Conselho Executivo da UNESCO; na Junta Diretiva do Instituto de Estudos Avançados da Universidade das Nações Unidas Tóquio e no Instituto Internacional de Aplicações da Energia Nuclear ao Meio Ambiente - ICENS (Jamaica). Mais recentemente, por influência dos trabalhos de C. Marchetti, decidi retomar intensa atividade em modelagem de sistemas econômico-sociais, particularmente os tecnológicos e energéticos, com os quais já havia estado bastante ocupado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF e na Academia de Ciências, desde o início dos anos noventa. (Adaptado do Portal da Academia Brasileira de Ciências http://www.abc.org.br)

Considerações preliminares

Lembro que Cesare Marchetti, a quem tive a honra de encontrar várias vezes, disse-me há anos que o modelo a ser aqui apresentado ocorreu-lhe devido à sua profunda convicção de que quando se buscam explicações para processos complexos, deve-se desde logo perguntar como a vida enfrentara situações análogas. Ele argumentou que, afinal de contas, de acordo com a moderna interpretação molecular da evolução biológica, inumeráveis experiências comandadas pelo DNA geraram e liberaram no meio ambiente enorme variedade de organismos vivos, competindo entre si, na coleta e consumo de alimento ao longo de três bilhões de anos. A evolução consistindo, pois, na mutação e seleção dos mais aptos a sobreviverem e a se multiplicarem, para finalmente se difundirem pelo planeta afora. Este comportamento teria assim cristalizado leis de comportamento controladoras das ações de todos os seres, e, segundo o pesquisador italiano, também dos próprios seres humanos, tanto no aspecto material como cultural.

Tendo sido solicitado a investigar a possibilidade de previsão da crise do petróleo de 1973, que afetou profundamente a economia mundial, Marchetti e seus colaboradores valeram-se basicamente dos modelos de competição ecológica, desenvolvidos por Volterra no, seu famoso "La theorie mathématique de la lute pour la vie" [1], por Lotka [2] e por Verhulst [3], que formularam, em linguagem matemática, a teoria darwinista da evolução das espécies.

Assim, partiu Marchetti da hipótese de que diferentes energias primárias se comportariam no mercado mundial como se fossem espécies vivas competindo por um nicho de acordo com a representação matemática formulada pelos autores acima mencionados e posteriormente revista por Montrol^[4]. O tratamento original do caso mais simples da competição entre duas espécies, único então passível de solução analítica, foi mais tarde estendido a maior número de competidores através de enfoque puramente numérico² ^[5]. A quase perfeita concordância entre teoria e observações acumuladas sobre o comportamento do "sistema energia" conduziu Marchetti a aplicações mais amplas e inovadoras do modelo.

Constatou ele, primeiramente, que o crescimento do total de energias primárias no mundo e principalmente nos Estados Unidos –

² Tratamento analítico rigoroso para três competidores foi apresentado: A. Goriely e L.Brenig, Physics Letters A 1990, 145-5, 245; ibid, Physical Review A, 1989, 40-7, 4119; L. Brenig, Physics Letters A, 1988, 133-7,8, 378.

devido a grande disponibilidade de dados estatísticos para este país obedecia à equação, dita logística, solução particular da equação diferencial de Volterra. Em seguida, em abordagem bastante ousada, ele notou a ocorrência de estreita conexão entre o comportamento temporal do mercado de energias primárias e a evolução das invenções foram independentemente inovações que Mensch^[6] (abrangendo cerca duzentos anos). De fato, notou-se também que ambas oscilavam com uma periodicidade de 55 anos. Esta periodicidade do mercado de energias primárias foi também notada por Fisher e Pry[7]. A estreita correlação entre invenções e inovações com a entrada de novas formas de energia - consideradas como as efetivas propulsoras das flutuações da própria economia mundial - já havia sido examinada por Schumpeter[8]. Finalmente, a ligação entre a capacidade de produzir trabalho (que constitui a definição mais elementar da energia) e as atividades puramente intelectuais, envolvidas nas invenções e inovações, bem como as diversificadas atividades sociais conduziram o pesquisador italiano a estender com sucesso seu modelo à cerca de 3.000 aplicações, com o que englobou atividades cada vez mais abstratas.

Introdução

Na palestra, realizada pelo autor na Secretaria Especial para Assuntos Estratégicos em abril de 1995, foi apresentado um grande número de gráficos devidos a Marchetti sobre o tema, contidos em artigos listados no Anexo 1, acompanhado de considerável número de figuras relativas à aplicação do modelo a algumas situações brasileiras^{[9],[10]}. A ausência de explicações sobre os resultados contidos nas figuras deveu-se à expectativa de que perguntas fossem suscitadas pela audiência, que ofereceriam oportunidade para esclarecimentos adicionais. Também em consequência do limitado tempo disponível para a preparação da Palestra, a transcrição finalmente destinada à publicação continha certos erros, tanto nas legendas das ilustrações (apresentadas em inglês e frequentemente em português), como ainda na própria apresentação de uma equação matemática. A versão original em português (sem as correspondentes ilustrações) foi, entretanto, disponibilizada na Internet sem o conhecimento prévio do autor, possivelmente em consequência da difusão eletrônica da revista "Parcerias Estratégicas" onde o texto da conferência fora publicado. Estes fatos levaram 0 autor а preparar 0 presente presumivelmente sem os defeitos acima mencionados. Agradeço, nessa revisão, a valiosa colaboração de Frida Eidelman e Carlos Feu Alvim.

O Problema

O objetivo primordial da ciência é de construir modelos capazes de descreverem o mundo exterior. Para a consecução deste objetivo, valese, primordialmente, dos tradicionais conceitos do determinismo e da explicação mundo^{[11],[12]}. cernes da clássica do Consequentemente, a pedra de toque dos modelos científicos é sua capacidade de prever futuros eventos. Como a ciência é parte do mundo externo – uma criação humana, parte de sua cultura – ela deveria também prestar-se a exame, alicerçando-se nos mesmos conceitos isto é, no método científico. Entretanto, cabe observar que os cientistas raramente tentaram modelar a ciência adotando sua própria metodologia busca de leis conectassem variáveis presumivelmente que reveladoras da evolução temporal das descobertas científicas e tecnológicas. Tais indicadores deveriam representar sempre frações quantificáveis, de sorte a permitirem previsões mais seguras.

Esta circunstância, provavelmente, decorre do fato de que sendo a própria ciência, como já foi assinalado, considerada uma atividade social -parte da cultura humana e logo aberta a reflexões - ela venha sendo pelos filósofos sociólogos. tratada apenas е Estes. perfeitamente capazes de manipular complexos conceitos verbalizáveis de grade delicadeza, os mesmos revelam-se fregüentemente limitados no lidar com as abordagens matemáticas, necessárias ao exercício de modelagens mais quantitativas. Mas, como é bem sabido, desde Pitágoras e explicitado por Galileu o Livro da Natureza está escrito em números. Logo, para deslindar as ações observadas (que, insistamos, podem incluir as próprias ações humanas) torna-se necessário valer-se da poderosa e flexível linguagem matemática. Somente seu uso permite identificar a ocorrência de regularidades que iluminem muitos aspectos da vida social, inclusive aqueles que se refiram à ciência e tecnologia, objetos desta palestra. De fato, pretendemos mostrar que tal exercício pode ser realizado graças à aplicação do modelo já referido, nos vários trabalhos listados no Anexo 1, e mais particularmente na referência^[13].

Segundo esse modelo, as ações humanas resultariam da adoção de paradigmas de ação³ (decisões de ação) surgidas nas profundezas da própria sociedade. Novas idéias, conceitos, invenções, inovações e produtos, surgem em roupagens diferentes das que pré-existiam – em resposta a necessidades vigentes ou como inovações de melhor performance. Assim, idéias, novos objetos ou mecanismos e serviços –

³ Decisões de ação, realizáveis ao longo do tempo, expressas cumulativamente mediante o uso de indicadores quantitativos apropriados.

incluindo aqueles de caráter puramente intelectual – são inventados ou criados via mutações e assim podem ser tratados pelo modelo que descreveremos agora. Tais ações devem ser representadas por indicadores numéricos cuidadosamente selecionados.

Segundo pesquisadores da Universidade de Lund^[14], Suécia, a aceitação dessas inovações, "mutantes" implica na ação de pequeno grupo (núcleo) de indivíduos organizados para a troca de informações sobre o assunto que são, inicialmente, apenas verbalizadas, sobre o assunto (idéias sobre ações inovadoras) em consideração. Para estes pesquisadores, cada núcleo deve ser constituído por não menos de uma centena de indivíduos, a fim de que a inovação possa difundir-se eficazmente. Uma vez convenientemente filtrada pela competição a inovação eventualmente aceita difunde-se pela sociedade (mercado, comunidade, etc.). Portanto, o filtro é a competição entre "mutantes"

No caso da tecnologia, o mercado impõe que ela seja aceitável e confiável. Para que seja aceitável, é necessário que apareça no momento azado (por razões a serem esclarecidas mais adiante); ela será confiável caso sobreviva, após os testes de competição atuantes no mercado; finalmente ela deve ser, sem dúvida, mais aceitável do que a "espécie" que substituirá.

O preço do produto talvez seja a característica menos importante, pois ele terá apenas uma pequena influência na aceitabilidade mercadológica da inovação. Vale enfatizar que a inovação - idéia, conceito, dispositivo, serviço ou tecnologia - deve ser mais eficiente do que a idéia, o conceito, o dispositivo, o serviço ou a tecnologia que irá substituir. Certamente, é difícil medir a eficiência de uma idéia ou conceito, apesar das clássicas exceções bem conhecidas. No mundo biológico, como nos sistemas humanos, tais como aqueles que envolvam alternativas tecnológicas competitivas, uma diferença de 1% na eficiência entre espécies e técnicas em competição pode ser suficiente para que certa variedade (ou espécie) ocupe gradualmente dado nicho ecológico ou de mercado, levando, às vezes, à virtual eliminação — no devido tempo, ou a redução da participação das espécies ou empresas de menor eficiência.

O paradigma de ação, tal como opera nesse setor, implica em que, após seleção competitiva, novas idéias difundam-se pela cabeça dos indivíduos do grupo em tela tornando-se nova moda, caracterizada por objetos e conceitos tidos como tão essenciais que a vida tornar-se-ia insuportável em sua (inimaginável) ausência.

A equação logística

Para descrever quantitativamente essas idéias e, mais uma vez, seguindo Marchetti, adotemos como exemplo a descrição da Peste que afetou Londres¹² em 1666. Uma vez corretamente escolhidos, os indicadores de ação (números de eventos ao longo do tempo), a descrição formal é idêntica para todos os paradigmas de ação referentes aos sistemas competitivos, que envolvam uma só espécie ou uma mesma classe de evento em difusão. Assim, o número de indivíduos mortos na peste de Londres, por unidade de tempo, é o indicador escolhido. Esse número deve ser proporcional:

- i) ao número N de pessoas já mortas, após a infecção. Isto é, quanto maior o número de pessoas infectadas maior a probabilidade de outras pessoas venham a sê-lo.
- ii) ao número de indivíduos que faltam morrer, (N* N), onde N* é a totalidade da população suscetível de se infectar e morrer. Analiticamente teremos:

$$dN = a N (N^*-N) dt. (1)$$

Esta é uma equação diferencial não linear que, uma vez resolvida para N(t) (número de mortes no tempo t), leva à expressão:

$$N=N^*/[1+ exp -(at+b)]$$
 (2)

Onde **a** é uma constante de proporcionalidade que determina a velocidade de propagação da peste e **b** é a constante de integração.

A primeira equação pode ser representada graficamente por uma curva em forma de sino, como mostrado na Figura 1. No início da epidemia, N é pequeno e, portanto, dN/dt é pequeno porque N(N* - N) é pequeno e N é, pois praticamente constante. Com o passar do tempo, dN/dt eventualmente chega a um máximo quando N=0,5N* quando a metade da população susceptível terá morrido; após o que, N(N*-N) diminui, o número de mortes tendendo a zero.

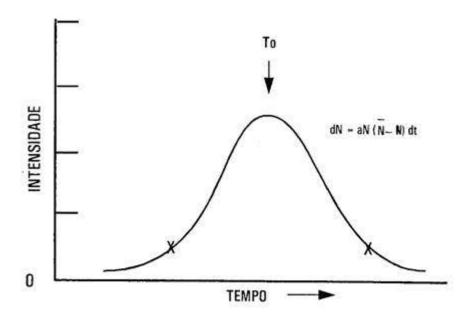


Figura 1

A equação (2) é a denominada equação logística ou epidemiológica obtida pela integração de (1). Ela é graficamente representada por curva em forma de S e muito conhecida dos epidemiologistas e demógrafos. Ela está mostrada na Figura 2. Se adotarmos a representação relativa para esta equação, tomando-se F=N/N* (F sendo a fração de ocupação do nicho N*), após algumas operações simples, obtém-se:

$$F/(1-F) = \exp(at + b)$$
 (3)

que assume o formato linear (a chamada representação de Fisher-Pry) obtida ao se tomar o logaritmo dos dois lados da equação (3), como indicado abaixo

$$\log (F/(1-F)) = at + b$$
 (4),

e ilustrada na Figura 3.

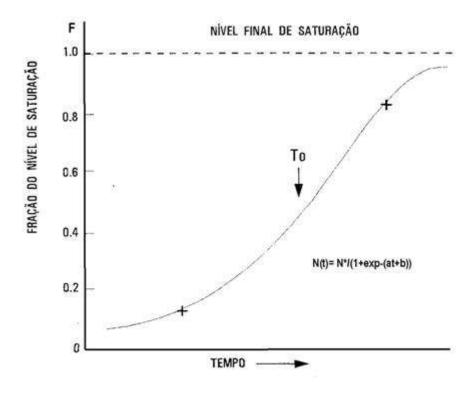


Figura 2

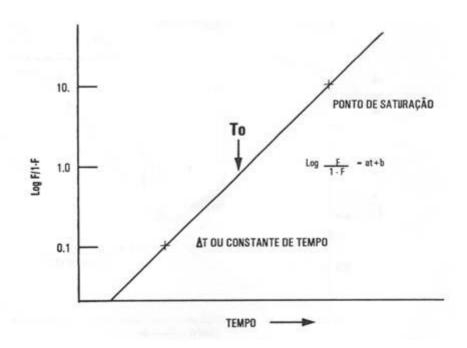


Figura 3

Um intervalo de tempo **DT** é definido como o tempo necessário para que o processo evolua de F=0,1 para F=0,9 (de 10 a 90%). Ele representa 80% da realização do processo total; a relação entre **D***T* e **a** é **D***T*=4,39/a.

A data que mede a metade do processo é T_0 = b/a. O número N*, que é, como se sabe, a medida do tamanho do nicho, é também fornecido em cada gráfico representativo do fenômeno em exame.

A determinação do tamanho do "nicho" N* para um único competidor (por exemplo, envolvido na coleta de alimento) é uma operação delicada. Para uma única espécie biológica, ele pode representar a totalidade do alimento disponível ao consumo da espécie "intrusa"; o alimento exaure-se gradativamente ao transforma-se em indivíduos adicionais da referida espécie. Em outros casos, o tamanho do nicho já é fisicamente definido como, por exemplo, no caso do potencial hidrelétrico disponível em país ou região dados. Porém ele é mais freqüentemente obtido como o número que forneça o melhor ajuste à reta da representação de Fischer-Pry (aquele que apresente o melhor coeficiente de correlação entre as variáveis).

Quando se considera a competição entre duas espécies, a evolução da razão entre as mesmas com o tempo simplifica a questão: um competidor decresce logisticamente na mesma taxa com que o outro competidor cresce. Supõe-se que, inicialmente, o nicho encontra-se totalmente preenchido pela primeira espécie. Portanto, F2 = (1-F1) e o tamanho do nicho está, pois, normalizado a 1 (100%). Pode acontecer, conforme mostrado por Haldane¹⁴, que um intruso de outra espécie 2 apresentando uma vantagem reprodutiva k sobre a espécie 1, fará com que a razão de indivíduos das duas espécies varie no tempo de 1/(1-k) em cada geração. Se n é o número de gerações, de valor zero (n=0) no momento inicial (t=0), pode-se escrever:

$$N1/N2 = R_o/ (1-k)^n$$
, onde $R_o = N1/N2$ (5)

Para k pequeno (tipicamente ele é da ordem de 0,1 por cento em sistemas biológicos), pode-se escrever:

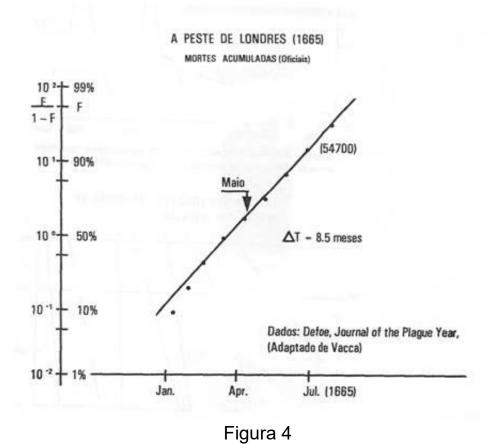
$$N1/N2 = R_o / e^{kn}$$
 (6)

que é análoga à da equação (3), exceto pelo fato de que temos como condição inicial R₀ em vez de N*. Isto significa que, neste caso, em termos relativos, a evolução do sistema não é sensível ao tamanho do nicho, propriedade que, conforme lembrado por Marchetti, constitui característica muito útil aos exercícios de prospecção [15] (14).

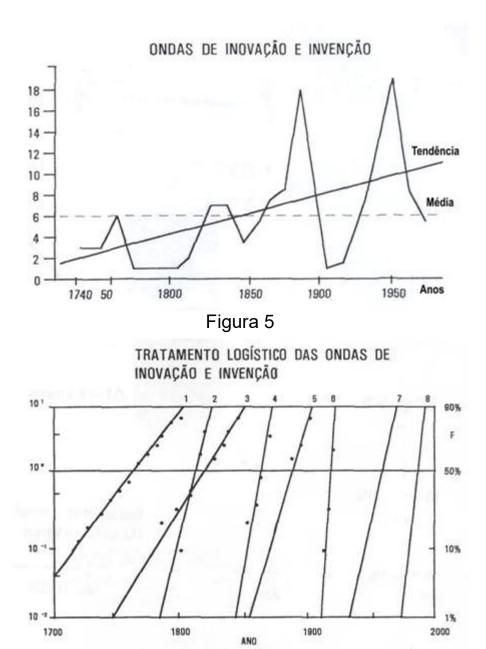
Para apresentar um caso concreto de aplicação do modelo, consideremos a descrição anteriormente mencionada da peste que afetou Londres no século XVII, e ilustrada na Figura 4. Representa-se nela o número de mortes, retendo, como hipótese bastante plausível,

que o número de mortos constituía todo o tempo fração constante do número de doentes.

A precisão com que são descritos os eventos é simplesmente espetacular. Tendo começado de modo significativo (1% de mortos), a velocidade de propagação e o término da peste poderiam ter sido fielmente previstos. Recorde-se que a difusão da doença (na descrição logística) torna-se extremamente lenta quando são decorridos 90% do processo. A descrição nesta fase pode revelar-se errática devido aos grandes erros relativos na escala logarítmica (pois N se aproxima de N*). Diz-se então que o sistema entra em fibrilação, em analogia ao que freqüentemente ocorre em ataques cardíacos.

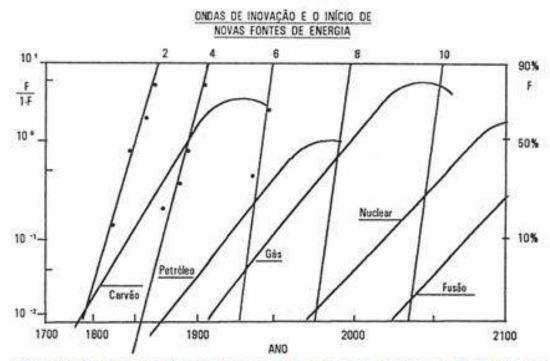


Não cabe aqui entrar em maiores detalhes sobre a conexão entre esse processo epidêmico e a difusão de paradigmas de ação – incluindo os mais abstratos – que dominam a sociedade. Recordemos apenas que, ao analisar o grande número de dados obtidos por Mensch⁶ (veja a Tabela anexa 1) sobre a evolução temporal das inovações e invenções, ao longo de cerca de duzentos anos, Marchetti mostrou que, ao contrário do que comumente se acredita, o progresso não acontece a taxas continuamente crescentes, mas, em realidade, ela segue a trajetória seqüencial em ondas, como evidenciado na Figura 5. Este comportamento é logístico como mostrado na Figura 6.



Curvas indicadas com números ímpares referem-se a invenções, as de número par referem-se a inovações Figura 6

A perfeita sincronização entre o número de inovações e a introdução no mercado de novas formas de energias primárias foi evidenciado quantitativamente por Marchetti, como pode ser visto na Figura 7.



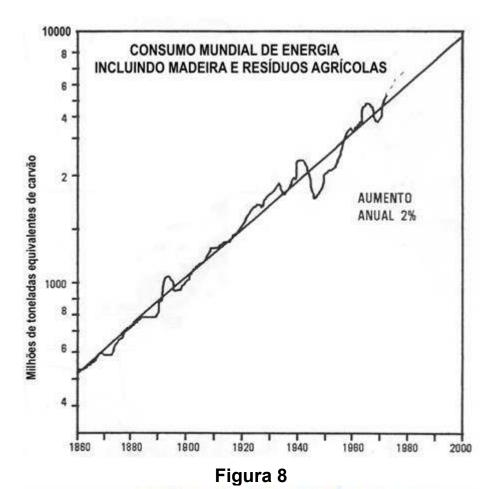
Curvas indicadas com números impares referem-se a invenções, as de número par referem-se a inovações.

Figura 7

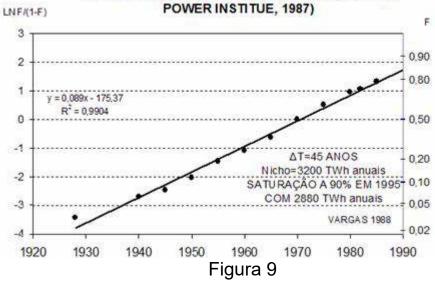
Tornou-se evidente que a própria energia total penetrava no mercado mundial de maneira exponencial, típica da fase inicial da curva logística, como demonstra a Figura. 8. Para a energia elétrica nos Estados Unidos (Figura 9) e a energia hidroelétrica no Brasil (Figura 10), a penetração nos mercados respectivos é logística.

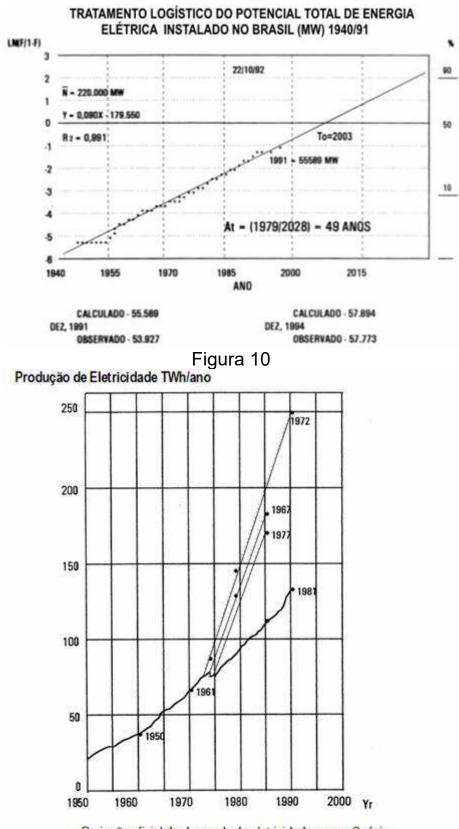
A perfeita sincronização entre o número de inovações e a introdução no mercado de novas formas de energias primárias foi evidenciado quantitativamente por Marchetti, como pode ser visto na Figura 7.

Tornou-se evidente que a própria energia total penetrava no mercado mundial de maneira exponencial, típica da fase inicial da curva logística, como demonstra a Figura. 8. Para a energia elétrica nos Estados Unidos (Figura 9) e a energia hidroelétrica no Brasil (Figura 10), a penetração nos mercados respectivos é logística.



TRATAMENTO LOGÍSTICO DA DISPONIBILIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NOS ESTADOS UNIDOS DADOS FORNECIDOS POR F. S. YOUNG (ELETRIC





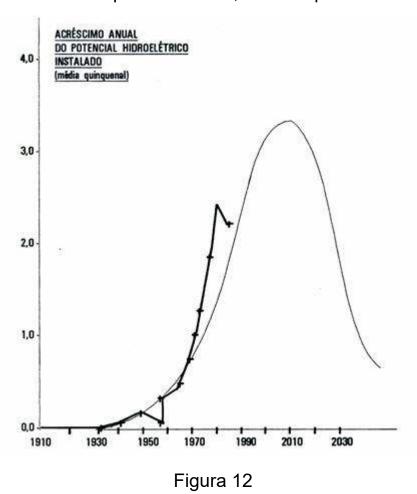
Projeção oficial de demanda de eletricidade para a Suécia. Os anos mostrados no gráfico são os anos onde as projeções foram feitas.

Figura 11

A descrição logística precisa da evolução do consumo de energia e a previsão de sua futura performance, como mostrado nesta figura, devem

ser comparadas àquelas que evidenciam os erros cometidos nos clássicos exercícios de planejamento, como aqueles feitos na Suécia (mostrado na Figura 11) ou no próprio Brasil (Figura 12), do qual resultou um excesso de energia, certamente em resposta aos anseios de planejadores excessivamente otimistas⁴.

Se maior atenção tivesse sido prestada ao comportamento de longo prazo da economia local – tal como se procede no presente modelo -, conclusões errôneas teriam sido evitadas. Uma das conseqüências do "milagre econômico" brasileiro é de fato ilustrada na Figura 12 onde a evolução das instalações representadas em negrito supera, em muito, o comportamento logístico descrito pela curva. Observe-se a clara tendência de retorno ao padrão normal, definido pelo modelo logístico.



Além destes fatos, observaram-se flutuações na descrição logística da evolução do crescimento da própria energia primária, a cada

⁴ Outro exemplo de prospecção errônea resultou ao se escolher um tempo muito curto de evolução do PIB como base para o cálculo de demanda de cimento em Minas Gerais: uma imensa diferença entre os investimentos estimados e aqueles efetivamente necessários foi observada.

cinqüenta e cinco anos, identificadas como manifestações de ocorrência dos ciclos longos que supostamente afetam a atividade econômica. Elas tornaram-se bem conhecidos, graças ao economista russo (Nicolai Kondratiev), que em 1928 antecipou não só a grande crise da economia mundial dos anos trinta mas também aquelas que periodicamente a sucederam^[16].⁵

Esta periodicidade no comportamento da economia mundial foi também observada para a evolução dos índices de preços ao consumidor na Inglaterra ao longo de cinco séculos, como referido por Modis¹⁵. Tal comportamento parece de fato confirmar a existência de ciclos econômico num grande mercado ocidental, tal como ilustrado na Figura 13. Para revisão deste fenômeno veja Paquett^[17].

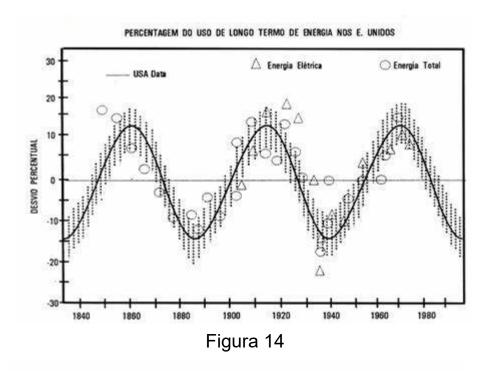


Oscilação periódica registrada em cinco séculos para o índice geral de preços ao consumidor filtrado com uma constante de tempo de 35 anos em relação a uma média móvel de 50 anos. Este procedimento elimina pequenas flutuações e identifica a oscilação principal. O periodo obtido é também cerca de 55,5 anos, confirmando ex post facto as idéias de Kontratiev

Figura 13

Recordando a definição de energia como produtora de trabalho, a observação de flutuações no consumo deste bem pode fornecer indicações preciosas sobre a atividade produtiva da sociedade: maior utilização durante as fases de bonança econômica e decréscimo durante recessões. A prova da existência desses ciclos no consumo de energia foi belamente evidenciada em estudo realizado por Stewart e ilustrada nas Figuras 14 e 15.

⁵ Segundo ele essa não seria a última crise do capitalismo, mas sim o prelúdio de outras que se seguiriam. Esta visão o levaria ao Gulag, onde veio a falecer.



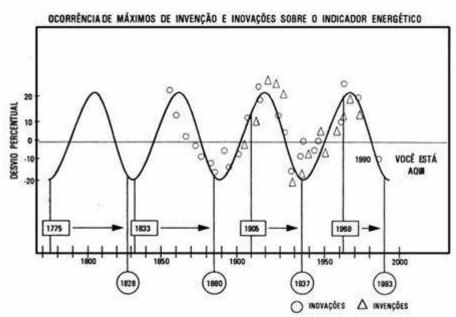


Figura 15

Nelas estão representados os desvios percentuais que se manifestam entre o consumo real de energia primária e seu consumo teórico resultantes do melhor ajuste da reta obtida da linearização da curva logística, segundo a representação de Fischer-Pry. O fenômeno refere-se aos Estados Unidos para período que se estende desde 1835 a 1995. De fato, podemos identificar nas diferenças observadas — que podem atingir 20%, ilustrando a ocorrência dos progressos havidos nos chamados "gloriosos anos vinte", bem como da recessão dos anos oitenta. (Veja nota 1 que indica comportamento equivalente no Brasil).

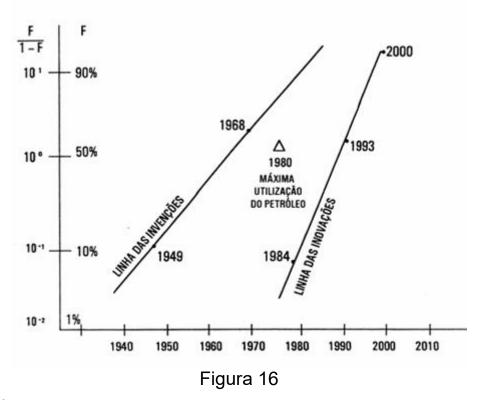
Infelizmente, a recessão, de acordo com as previsões do modelo, deve retornar de pronto, vez que o sistema "mundo", como bem sabemos é sincronizado: o que é válido para os países industrializados é válido para o Brasil, a menos de diferenças de fase que podem manifestar-se entre vários desses países.

O comportamento dos diversos sistemas econômico-sociais, conforme descrito pela expressão logística, é, pois fractal. Isto significa que o fenômeno estudado pode ser descrito pelo mesmo algoritmo, independentemente do nível hierárquico que ocupe. Bons exemplos deste comportamento são oferecidos pelos sistemas ligados à energia, mostrados anteriormente: um mesmo tipo de equação descreve o crescimento do uso da energia nos Estados Unidos e no Brasil (Figuras 9 e 10, respectivamente).

Examinemos com mais detalhe a sincronização entre inovaçãoinvenção e energia, mostrada nas Figuras 15 e 16. Pode-se notar que:

1º As inovações ocorrem sempre nos períodos de recessão, nos mínimos dos ciclos de Kondratiev, mostrados na Figura 17 (e evidenciado nas Figuras 15 e 16 que mostram claramente a conexão entre utilização máxima de petróleo, em 1980, e invenções-inovações – máximas em 1968 e 1993, respectivamente). Como diz Guimarães Rosa, "o sapo pula não é por boniteza, mas por precisão".

Os máximos das ondas de inovação também distam entre si de cinqüenta e cinco anos, repetindo os mesmos ciclos longos anteriormente referidos. As inovações de nossa própria onda atingiram um máximo em 1993, havendo, pois, ainda disponibilidade de mais dez anos de trabalho ... antes que seja repetida muito mais adiante.

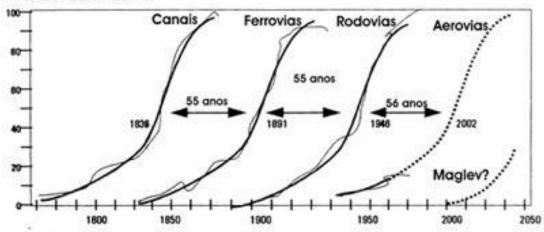


2º A distância temporal entre as invenções e as inovações representadas nas ondas, reduzem-se progressivamente. A confirmação deste comportamento nota-se na Figura 5, onde a crescente aproximação entre as curvas representativas de invenções e inovações do referido comportamento está representada. Esta característica foi amplamente notada, independentemente deste modelo, refletindo talvez a esperança de ser permanente a crescente redução de tais diferenças. De outra parte nota-se que as invenções em uso hoje em dia já ocorreram em 1968.

Na Figura 17 mais um exemplo notável, entre centenas de outros estudados de Marchetti e colaboradores, é apresentado. A evidência real dos ciclos longos de Kondratiev é novamente ilustrada. A figura descreve a disseminação seqüencial de três tecnologias básicas de transporte implantadas ao longo de mais de um século: as construções de canais, das estradas de ferro e das rodovias. Pode-se notar, como ocorre em outros exemplos, a superposição no tempo das várias modalidades em competição; a figura indica ainda que o transporte aéreo emerge gradualmente como um competidor significativo. A representação é puramente logística (em forma de S), as ordenadas representando as percentagens de ocupação do nicho. No lapso de tempo considerado, o processo refere-se a ocupação gradativa de todo o país. O mesmo fenômeno é apresentado em escala logarítmica na Figura 18, tornando mais clara a competição já referida.

EVOLUÇÃO DA ESTRUTURA DE TRANSPORTE NOS ESTADOS UNIDOS

Percentual do Valor Máximo



Crescimento da extensão da rede de cada tipo de infra-estrutura de transporte nos EUA como percentual de seu valor final. Este crescimento das extensões é muito diferente para cada tipo de transporte (4000 milhas para canais, 300 mil milhas para ferrovias e 3,4 milhões de milhas para as rodovias e um valor estimado de 3,2 milhões para as linhas aéreas). O crescimento percentual dessas modalidades está regularmente espaçado em 55 a 56 anos. O futuro meio de transporte, denominado Maglev (trem de ferro à levitação magnética) pode iniciar sua implantação no inicio do século, embora o ponto em que alcançaria 50% de sua implantação seria 2058.

Figura 17:

EUA - SUBSTITUIÇÃO DE INFRAESTRURA DE TRANSPORTE

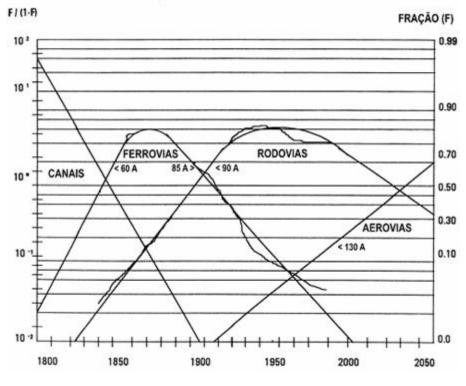


Figura 18

Apenas por curiosidade, o padrão de competição entre essas mesmas tecnologias é idêntico ao observada para o nicho russo. Realmente o presente modelo operou com igual sucesso na descrição da evolução das referidas tecnologias, inclusive durante a vigência do regime comunista, como é mostrada na Figura 19 em escala logarítmica.

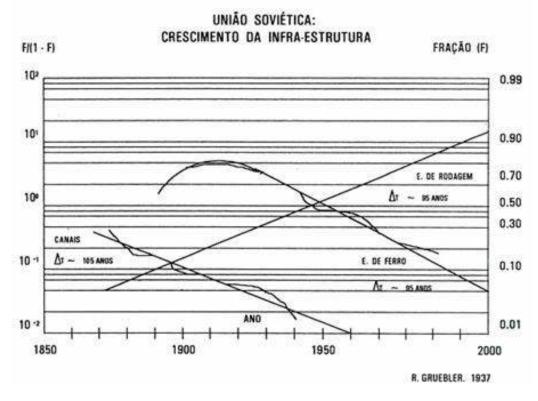


Figura 19

Outra característica marcante a ser ressaltada e que confirma as presentes observações é de que a substituição de energias primárias tanto para os Estados Unidos (desde 1850), como para o Brasil segue as mesmas leis (como mostrado nas Figuras 20, 21 e 22). A crescente participação do gás natural no mercado global de energia merece especial menção.

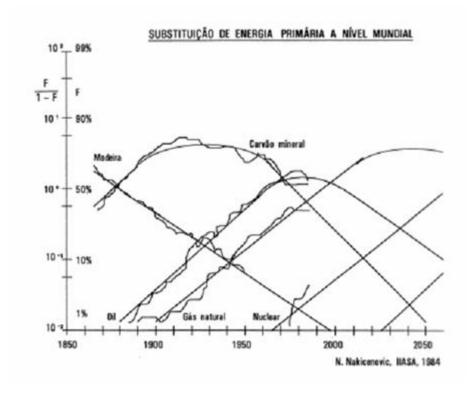
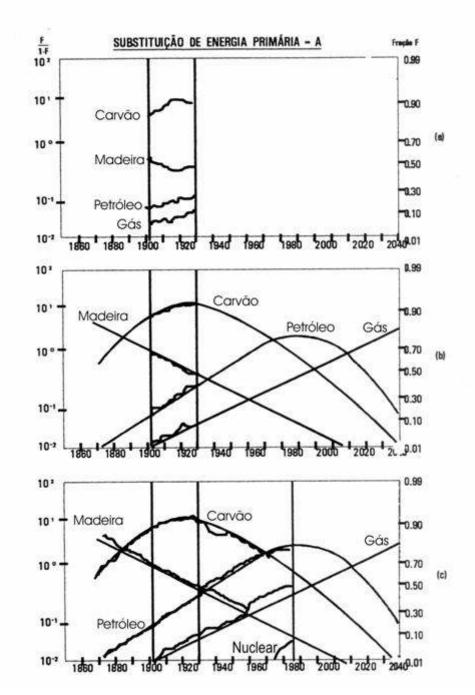


Figura 20

Cabe notar mais uma vez que qualquer tecnologia que tenha penetrado mais de 2 a 3% em determinado mercado, e que apresente certa vantagem competitiva (maior eficiência), em relação a outras tecnologias competidoras, virá ocupá-lo inevitavelmente e assim conquistá-lo ao final de um lapso de tempo previsível, ainda que no início a ocupação possa começar a nível muito mais baixo.



Exercício de previsão *ex-post facto* realizado por Marchetti: os dados no alto da figura referem-se aos anos compreendidos entre 1900 e 1920 (a); com o modelo calculou tanto o passado quanto o futuro da participação de energias primárias (b). Os resultados são comparados com o que foi efetivamente observado (c).

Figura 21

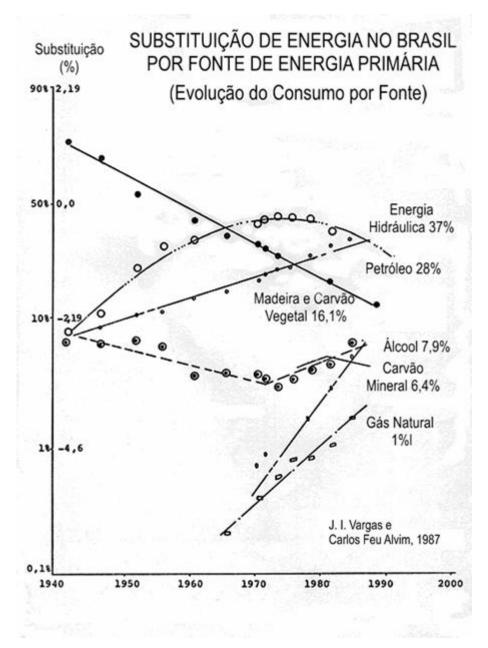


Figura 22

Assim pode-se notar que os processos de substituições sequenciais das energias primárias são extremamente longos. Lembremos que a própria energia nuclear, já responsável por 5% da energia total consumida a nível mundial, somente alcançou uma fatia de 15% na geração de eletricidade após 50 anos de sua introdução. Portanto, o modelo prevê que sua participação continuará certamente a crescer apesar da forte oposição exercida pelos ambientalistas que não levam em conta tanto o longo tempo para que atingisse os níveis de participação apontados, como a enorme importância econômica e estratégica que inegavelmente goza no mundo moderno.

Contrariamente às expectativas comuns da opinião pública, o desenvolvimento dos sistemas sociais e das tecnologias é sempre estável, previsível e lento. Seu comportamento é, pois, eminentemente regular. Note-se, a propósito, que a evolução das energias primárias ao longo de quase um século e meio, representada na Figura 20, sofreu apenas ligeiras alterações em consequência tanto da grande crise econômica de 1930, como de duas guerras mundiais. As flutuações decorrentes no uso dessas energias devidas aos eventos apontados tendo sido rapidamente reabsorvidas, seguindo assim cada uma delas as trajetórias originalmente previstas pelo modelo. Tal comportamento é, pois, homeostático como o dos seres vivos.

Insistamos, pois, que ambos funcionam como se fossem dominados por inflexível lógica subjacente, que comandaria tanto os grandes sistemas, "duros", como também as tecnologias "leves" e as atividades essencialmente "intelectuais". Repitamos que, aparentemente contrariando o que de ordinário se espera, tudo parece se modificar sempre lentamente

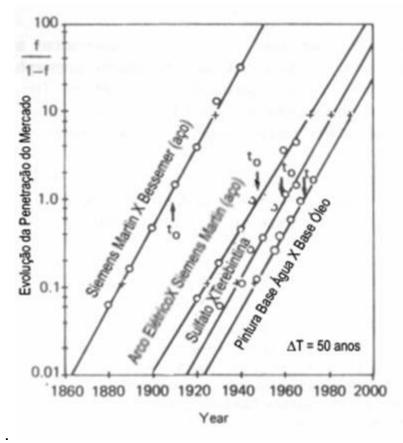
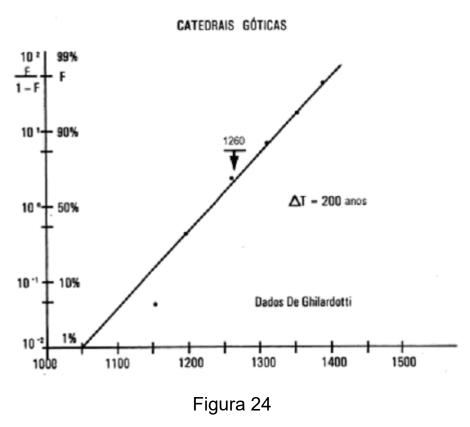


Figura 23

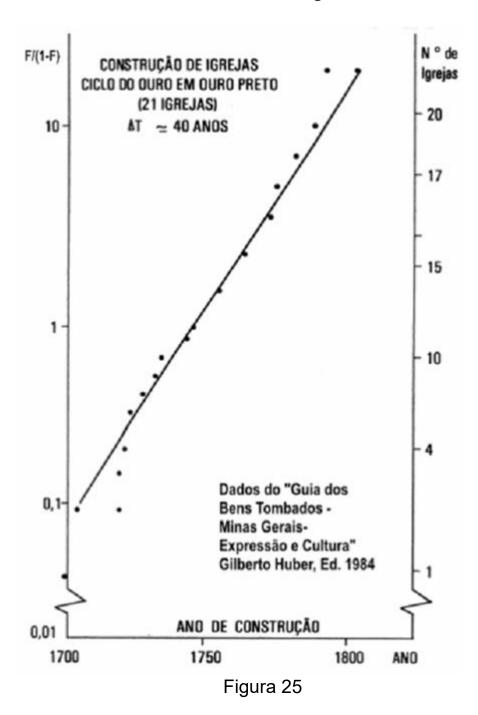
A Figura de 23 mostra que, a exemplo do que acontece com as tecnologias tão "duras" quanto as novas técnicas de produção de aço, a ocupação do mercado pelas tecnologias *soft* é igualmente lenta. Notese, por exemplo, que a tecnologia *soft* envolvida na transição das

tinturas baseadas no óleo para aquelas baseadas na água durou tanto quanto as mudanças técnicas envolvidas na fabricação do aço (50 anos em ambos os casos). São ainda exemplos interessantes de sistemas puramente *soft*, os seguintes:

a) construção de catedrais góticas, ao longo de quase duzentos anos, conforme descrito por Marchetti e mostradas na Figura 24;



b) inspirado nesse surpreendente exemplo, o presente autor examinou a construção de igrejas em Ouro Preto e Mariana^[18] durante os séculos 18 e 19. Os resultados são apresentados nas Figuras 25 e 26.



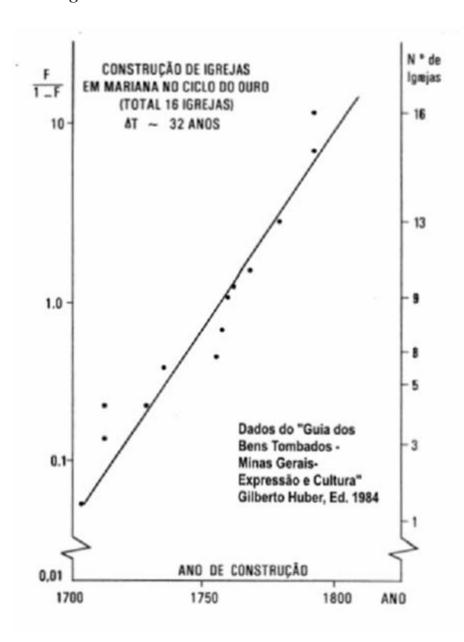


Figura 26

Por conexão óbvia com o assunto, também mostramos a evolução da produção de ouro no período colonial em Minas Gerais. O ritmo mais acelerado de construção de igrejas coincide com os anos de máxima produção do metal (1750) como é mostrado na Figura 27. Com a descoberta do ouro, a construção de igrejas tornou-se rapidamente a principal atividade na região. No início desta extraordinária saga, construíram-se igrejas para agradecer à Divina Providência o feliz achado; depois, era indispensável achar-se mais ouro para manter ativo o vasto número de irmandades que empregavam pedreiros, pintores, músicos, inclusive os extraordinários Lobo de Mesquita, músico, e o próprio Aleijadinho, escultor máximo das Américas. A primeira orquestra sinfônica do continente também vicejou em São João Del Rei em Minas^[19]. O ouro fazia toda a sociedade pulsar... Mais tarde, ao final do

século 19, a produção de ouro chegou virtualmente ao fim e interrompeu-se a construção de igrejas. Afinal, acabou o ouro ou estiolou-se a fé? De fato esvaiu-se o ouro de aluvião explorável apenas pela tecnologia então existente.

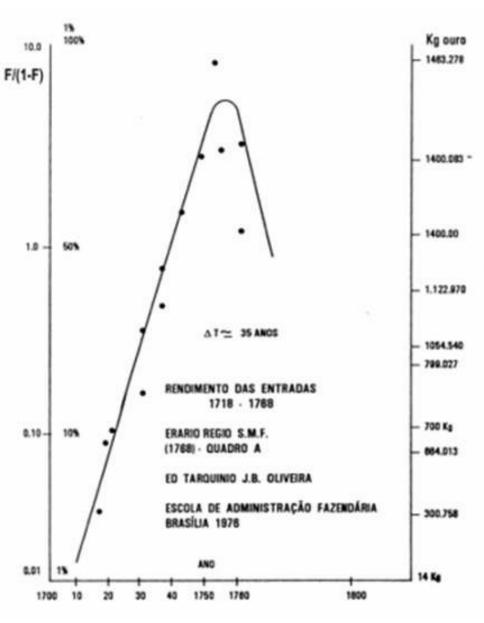


Figura 27

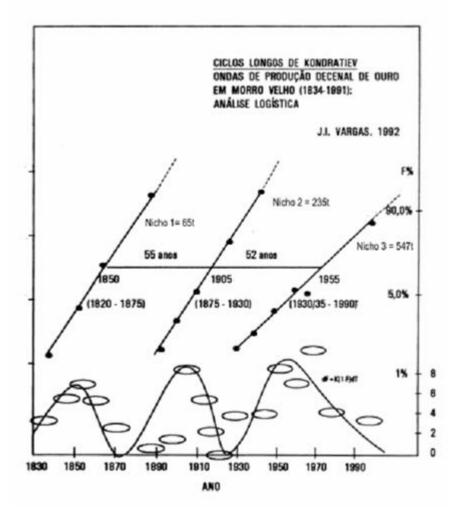


Figura 28

Tendo ficado à margem da revolução industrial, não dispunha Portugal (e nem o Brasil) das tecnologias paradigmáticas da revolução industrial, como a máquina a vapor, os moinhos, a química, etc. De fato, estas tecnologias propiciaram posteriormente, na mesma região, (durante mais de um século e meio) a exploração do ouro na mina de Morro Velho que naturalmente veio a ser de propriedade inglesa. Não surpreende que a exploração do ouro nessa mina obedeça ao mesmo comportamento (Figura 28) logístico que vêm sendo aqui descrito⁶. A propósito, Ouro Preto deve seu nome a presença de um novo elemento químico – o paládio, descoberto em 1803 e posteriormente encontrado nos lingotes de Minas Gerais^[20].

c) a saga da descoberta dos elementos químicos pela comunidade científica em frenética demolição de moléculas, para identificar, ao longo

⁶ Nota por ocasião da revisão do texto: A mina original de Morro Velho, em Nova Lima, vem de encerrar suas atividades, em 2003, no fim do 3º.Kondratiev decorridos de sua existência.

de duzentos anos, aqueles que seriam os constituintes últimos da matéria, os átomos, de Leucipo e Demócrito é mostrada na Figura 29. Para isso, durante centenas de anos, particularmente durante o século 19, organizaram-se associações científicas, editaram-se publicações periódicas, convocaram-se congressos e construíram-se laboratórios e sistemas educativos, envolvendo talvez, milhares de pessoas. Este número cresceu epidemicamente, até o esgotamento do nicho, constituído pelo número total de espécies atômicas disponíveis na natureza atingindo o término da identificação de todas as espécies atômicas existentes^[21]. Com Rutherford e uma longa lista de seguidores trabalhando noite e dia, inaugura-se nova mania de quebrar os próprios átomos, seus núcleos em busca das partículas subnucleares ditas elementares. Este impulso de examinar cada vez mais profundamente o âmago da matéria continua. Mas essa é outra história, a ser oportunamente descrita.

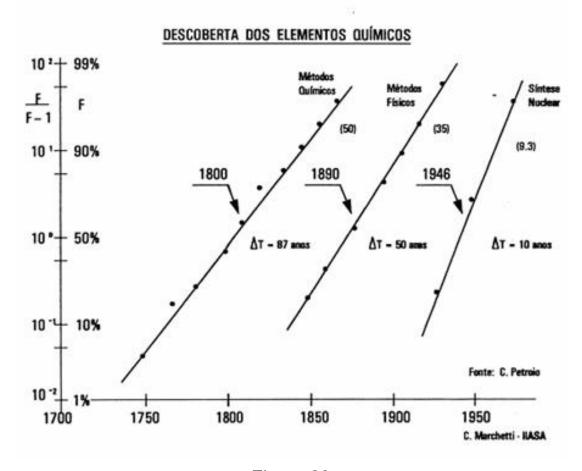


Figura 29

TABELA 1 CICLO DE INVENÇÕES - INOVAÇÕES DE 1857 A 1910

CICLO DE INVENÇOES – INOVAÇOES DE 1857 A 1910		
	Inovação	Invenção
Aço Thomas (conversão de ferro em aço)	1878	1855
Fósforos de segurança	1866	1805
Anilinas corantes	1860	1771
Óleo de cozinha	1882	1811
Sintese do indigo	1897	1880
Carbonato de sódio	1861	1791
Alumínio	1887	1827
Refrigeração	1895	1873
Rayon	1890	1857
Aquecimento a gás	1875	1780
Solda acetileno	1892	1862
Dinamite	1867	1844
Fertilizante químico	1885	1840
Preservativos	1873	1839
Eletrólise	1887	1789
Artitoxina	1894	1877
Clorofórmio	1884	1831
lodofórmio (anti-séptico)	1880	1822
Veronal (barbitúrico)	1882	1862
Aspirina	1898	1853
Fenazona (analgésico sintético)	1883	1828
Fermento culinário	1856	1764
Gesso	1852	1750
Fabricação em massa	1875	1819
de ácido sulfúrico	1070	1013
Alcalóide sintético (cocalna)	1885	1844
Alcalóide sintético (cucaria)	1880	1834
Aço fino	1856	1771
Medições eletrodinâmicas	1846	1745
Bateria de chumbo	1859	1780
Dinamo de dupla armadura	1867	1820
Comutador	1869	1833
Motor de armadura cilíndrica	1872	1785
	1873	1802
Lâmpada de arco Lâmpada incandescente	1879	1800
Locom otiva elétrica	1879	1841
Aquecimento elétrico	1882	1859
Construção a cabo Telefone	1882	1820
	1881	1854
Turbina a vapor	1884	1842
Turbina a água	1880	1824
Transformador	1885	1831
Soldagem com resistência	1886	1841
Soldagem a arco	1898	1849
Refino por indução	1891	1860
Medidores elétricos	1888	1844
Ferrovia elétrica	1895	1879
Telefonia a longa distância	1910	1893
Isolamento da alta tensão	1910	1897
Motor a gasolina	1886	1860

NOTA ANEXA 1:

As Flutuações no Mercado Americano analisado por Fischer e Pry e mostradas na Figura 14 ocorrem também no Brasil, como mostrado na Figura N1.1 para o intervalo 1952 - 2000, demonstrando que o País ainda está sofrendo uma recessão que, presumivelmente, deverá começar a se reverter no início do novo século.

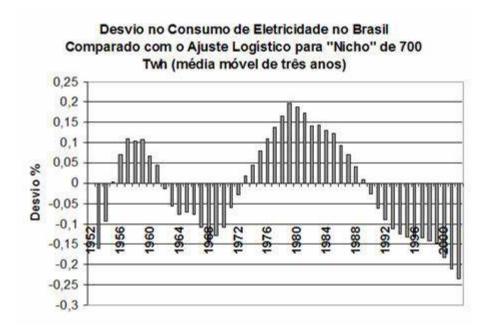


Figura N1.1

Comportamento quantitativo dos sistemas científico e tecnológico ao longo do tempo: previsões (Continuação No 46):

*

Referências:

- ^[1] Volterra, V., "Leçon sur la Theorie Mathematique de la Lute pour la Vie". Paris, Gauthier Vilars, 1931
- ^[2] Lotka, A. J., Elements of Physical Biology. Baltimore M.D.: Williams & Wilkins Co. 1925.
- ^[3] Verhulst, P. F. "Recherches Mathematiques sur la Loi de l'Accroissement de la Population". Nouveaux Memoires de l'Academie Royale dês Sciences et de Belles Lettres de Bruxelles 18 (1845).
- ^[4] Montrol E. W. and Goel, N. S. "On the Volterra and other Nonlinear Models of Interacting Populations". Review of Modern Physics, <u>43</u> (2), 1971 and also Montrol, E. W. and Badger, W. W. "Introduction to Quantitative Aspects of Social Phenomena" (Gordon and Beach Science Publishers, 1974.
- ^[5] Nakicenovic N., "Technological Forecasting and Social Change", <u>29</u>, 309-40, 1986.
- ^[6] Mensch, G., "Stalemate in Technology: Innovation overcomes the Depression", Cambridge, M A , Billinger Ed., 1979.
- ^[7] Fischer, J. C. , and Pry, R. H. "Technological Forecasting and Social Change", $\underline{3}$, No 1, 75-88, 1971
- [8] Schumpeter, J. A. "Business Cycle", McGraw-Hill, New York, 1939.
- ^[9] Vargas, J. I. in "Science, Technology and Development Action and Some Human Resources Issues in UNESCO". Unesco Colloquium on Science and Technology for the Future in Latin America, Mexico City, 2-6 December 1990.
- [10] Vargas, J.I., "The Brazilian Energy Scenario", United Nations Conference on Environment and Development, Unesco-Organized Scientific Session, Rio, 1992.
- Vargas, J. I., "The Brazilian Energy Scenario and the Environment: na Overview", CBPF-CS-003/92, Ciência e Sociedade Séries, Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasil, 1992
- ^[12] Defoe, D. Journal of the Plague Year (Adapted by Vacca) Apud C. Marchetti IIASA, 1987
- [13] Marchetti, C., "A Forecasting Model for Research and Innovation Activities in Selected Areas: A Support for Strategic Choices", International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1991
- [14] Haldene, J. B. S., "The Mathematical Theory of Natural and Artifitial Selection", Transaction, Cambridge Phylosofical Society, 23, 19-45, 1945.
- [15] Modis, T. "Predictions", Simon&Schuster Eds, New York, p177, 1992.

- [16] Kondratiev, N. D. "The Long waves in Economic Life". The Review of Economic Statistics, 17, 105-115, 1935.
- [17] Paquet, A. "Les Fluctuations Economiques". Analyse des Theories, Editions Doniat Paris, 1954.
- Vargas, J. I. "Minas e as Utopias: a perspectiva científica" in: Andrés, Aparecida (org.). Colloquium on Utopias: Sentidos, Minas, Margens. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1993.
- [19] Cidades Históricas Brasileiras Tradição Musical de São João del-Rei http://www.cidadeshistoricas.art.br/hac/artmus 03 p.htm
- [20] Erário Régio S. M. F. de Francisco A. Rabelo 1768, Tarquínio J. B. Oliveira Ed., Escola de Administração Fazendária, Brasília, 1976.
- ^[21] Trifonov, D. N., Trifonov, "Como fueran Descobiertos los Elementos Químicos", MIR Ed., Moscow, 1984.

Anexo 1

_

LISTA DE PUBLICAÇÕES de CESARE MARCHETTI* *

- Round Table on Direct Production of Hydrogen with Nuclear Heat. EUR/C-IS/1062/1/69.e. Ispra, Italy: Comission of the European Community, EURATOM Joint Research Center Ispra (1969).
- Hydrogen, key to the energy market (coauthor G. de Beni). Scientific and Technical Review of the European Communities, Euro Spectra IX (2): 46-50 (1970).
- · Hydrogen, master key to the energy market. Scientific and Technical Review of the European Communities, Euro Spectra X (4): 177-129 (1971).
- Resume of my interview at the Eighth Scientific Committee. EUR/C-IS/399/72.e. Ispra, Italy: Commission of the European Community, EURATOM Joint Research Center Ispra (1972).
- Mark-1, a Chemical Process to Decompose Water Using Nuclear Heat (coauthor G. de Beni). EUR/C-IS/722/72.e. Ispra, Italy: Commission of the European Community, EURATOM Joint Research Center Ispra (1972).
- · Hydrogen and energy. Chemical Economy and Engineering Review 5(1):7-25 (1973).
- The hydrogen energy system. In Symposium on Energy Sources. Proceedings, S. Hontzeas (ed.). Regina, Canada: University of Saskatchewan (1973).
- Gas: the great energy asset (coauthors C. Rinaldi and A. Schneiders). Scientific and Technical Review of the European Communities, Euro Spectra 12(4):107-13 (1973).
- About the Use of Hydrogen as an Energy Carrier. EUR/C-IS/700/73.e. Ispra, Italy: Commission of the European Community, EURATOM Joint Research Center Ispra (1973); and in Superconducting Machines and Devices. Large Systems Applications, S. Foner and B. Schwartz (eds.). New York: Plenum Publishing Company (197?).
- Colloquial Considerations on the Energy Maze. EUR/C-IS/713/73.e. Ispra, Italy: Commission of the European Community, EURATOM Joint Research Center Ispra (1973).
- Ingegneria del Sistema Energetico. In: Enciclopedia dell'Ingegneria. ?: Istituto Editoriale Internazionale (1973).
- Idrogeno: presente e futuro. L'informazione industriale XXX(3-4):73-81 (1974).
- Hydrogen: Mechanisms and Strategies of Market Penetration (coauthor A.S. Manne). RR-74-4. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1974); and Chemical Economy and Engineering Review 6(9):10-6 (1974).
- · Il metano come vetore energetico principale in un modello di strategia da adottar per l'approvvigionamento energetico dell'Europa (coauthors C. Rinaldi and A. Schneiders). GAS XXIV(2):41-50 (1974).
- · Hydrogen and nuclear energy. Journal of the British Nuclear Energy Society 13(4):353-362 (1974).
- Transport and Storage of Energy. RR-75-38. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1975).
- Primary energy substitution model: on the interaction between energy and society. Chemical Economy and Engineering Review 7(8):9-14 (1975).
- Vodorod i yadernaya energiya. Atomnaya Teknika za Rubezhom 10:28-32 (1975).

- Méchanismes et stratégies de pénétration de marché pour l'hydrogène. Revue de l'Energie 27(279):15-30 (1976).
- Geoengineering and the energy island. In Second Status Report of the IIASA Project on Energy Systems, E. Häfele et al. (eds.). RR-76-1. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1976); and Bollettino degli ingegneri XXV(8-9):3-10 (1977).
- On Hydrogen and Energy Systems. RR-76-2. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1976).
- On Geoengineering and the CO2 Problem. RM-76-17. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1976); and Climatic Change 1:59-68 (1977).
- Sources d'énergie primaire appropriées à la production d'hydrogène. Revue de l'Energie 27(280):102-112 (1976).
- From the Primeval Soup to the World Government: An Essay on Comparative Evolution. PP-76-5. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1976); and Anticipation 23:24-27 (1976).
- Dieci alla dodici. Rivista IBM 13(1):11-18 (1977).
- Sind die bisherigen Energie-Berechnungen falsch? Bild der Wissenschaft 7:68-77 (1977).
- On strategies and fate. Physics in Technology 8(4):157-162 (1977).
- On Progress and Providence. PP-77-10. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1977).
- A Post Mortem Technology Assessment of the Spinning Wheel: The Last Thousand Years. PP-77-12. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1977); and Technological Forecasting and Social Change 13:91-93 (1979).
- Die Energie-Insel. In Grosstechnische Energienutzung und menschlicher Lebensraum, K. Strandt and H. Porias (eds.). Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis and Technical University of Vienna (1977).
- Primary energy substitution models: on the interaction between energy and society. Technological Forecasting and Social Change 10:345-356 (1977).
- Energy Systems The Broader Context. RM-78-18. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1978); and Technological Forecasting and Social Change 14:191-203 (1979.
- Genetic Engineering and the Energy System: How to Make Ends Meet. RM-78-62. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1978); and Technological Forecasting and Social Change 15:79-86 (1979).
- Nonelectrical application of HTGRs. Annals of Nuclear Energy 5(8-10):423-431. Oxford:Pergamon Press (1978).
- Constructive solutions to the CO2 problem. In Man's Impact on Climate, W. Bach, J. Pankrath, and W. Kellogg (eds.). New York: Elsevier (1979).
- Multicompetition and the diffusion of new technology in the energy system. Chemical Economy and Engineering Review 11(4):7-13 (1979).
- Engenharia genética e o sistema de energia: como coincidir as metas. Energia Revista Tecnológica Brasileira 1(3):51-57 (1979).
- On Energy and Agriculture: From Hunting-Gathering to Landless Farming. RR-79-10. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1979).

- Problemi strategici dell'energia. Quaderni del Giornale di Fisica III(5): 3-16 (1979).
- The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model (coauthor N. Nakicenovic). RR-79-13. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1979).
- Energia e agricoltura. Astrofisma. Rivista scientifica e universitara Bresciana 5(18):19-22 (1980).
- The evolution of the energy systmes and the aircraft industry. Chemical Economy and Engineering Review ?(?):??-?? (1980).
- On energy systems in historical perspective. The 1980 Bernard Gregory Lecture. Geneva: CERN (1980).
- Struttura del sistemi energetici: analisi e previsioni. Energia e Industria. Quaderno della rivista progress. Casa di Risparmi e Depositi di Prato (1980).
- Wieviel Öl kostet unser täglich Brot? Bild der Wissenschaft 17(2):40-48 (1980).
- · Measures of CO2 control. Experientia. Monthly Journal of Pure and Applied Science 36(7):806-7 (1980).
- Prospettive delle energie alternative, con particolare riferimento all'energia solare, nel quadro dell'evoluzione storica dei sistemi energetici. Energia Alternative e Risparmio Energetico. Associazione Industriali della Provincia di Perugia (AIP) (1981).
- Sistemi energetici: dinamica ed evoluzione. Notiziario Tecnico AMMA XXXVI (5):2-5 (1981).
- La società che impara. Sviluppo e Organizzazione 63:4-14 (1981).
- Society as a Learning System: Discovery, Invention and Innovation Cycles Revisited. RR-81-29. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. Reprinted from Technological Forecasting and Social Change 18:267-282 (1980); and Syracuse Scholar 3(2):21-37 (1982).
- Invention et innovation: les cycles revisités. Futuribles 53:43-58 (1982).
- The long-term dynamics of energy markets modeled in terms of ecologically competing structures. In Proceedings of the 10th IMACS World Congress on Systems Simulation and Scientific Computation, ?? (ed.). Publ? and city? (1982).
- Die magische Entwicklungskurve . Bild der Wissenschaft 19(10):114-128 (1982).
- Killer Stories A System Exploration in Mortal Diseases. PP-82-7. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1982).
- When Will Hydrogen Come? WP-82-123. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1982).
- Recession 1982. Ten More Years to Go? WP-83-35. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1983).
- On the Beauty of Sex and the Truth of Mathematics. PP-83-2. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1983).
- The Automobile in a System Context: the Past 80 Years and the Next 20 Years. RR-83-18. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. Reprinted from Technological Forecasting and Social Change 23:3-23 (1983).
- · Innovation: A Vigorous River With High Banks. WP-83-107. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1983).

- On a Fifty Years Pulsation in Human Affairs: Analysis of Some Physical Indicators. PP-83-5. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1983).
- Innovation, Industry and Economy A Top-Down Analysis. PP-83-6. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1983).
- Innovazione, Industria ed Economia Una Analisi d'Inviluppo. PP-83-6a. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (in italian) (1983).
- On the internal logic of energy islands. In Nuclear Technologies in a Sustainable Energy System, G. S. Bauer and A. McDonald (eds.). Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag (1983).
- On the Role of Science in the Postindustrial Society. "Logos", the Empire Builder. RR-84-11. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. Reprinted from Technological Forecasting and Social Change 24:197-206 (1983).
- Recession 1983: ten more years to go? Technological Forecasting and Social Change 24:331-342 (1983).
- On the Long-Term History of Energy Markets and the Chances for Natural Gas. WP-84-39. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1984).
- Literacy vs. Illiteracy. WP-84-62. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1984).
- · L'era del metano. Italgas Gruppo 16(3):15-19 (1984).
- Nuclear plants and nuclear niches: on the generation of nuclear energy during the last twenty years. Nuclear Science and Engineering 90:521-526 (1985).
- Provvidenza, progresso o evoluzione? Italgas 17(4):20-23 (1985).
- When will hydrogen come? Int. J. Hydrogen Energy 10(4):215-219 (1985).
- Swings, cycles and the global economy. New Scientist 1454:12-15 (1985).
- Time Patterns of Technological Choice Options. WP-85-86. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985).
- On Time and Crime: A Quantitative Analysis of the Time Pattern of Social and Criminal Activities. WP-85-84. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985).
- Renewable Energies in a Historical Context. PP-85-2. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985).
- Action Curves and Clockwork Geniuses. WP-85-74. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985).
- · Competizioni energetiche. Dimensione Energia 13:56-59 (1985).
- Environmental Problems and Technological Opportunities. WP-85-80. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985); and Technological Forecasting and Social Change 30(1):1-4 (1986).
- Central Place Theory and the Dominance of Hydrogen as an Energy Carrier. WP-85-73. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1985); and in Hydrogen Energy Progress VI. Proceedings, Vol. 1, T. N. Vezirogiu, N. Getoff, and P. Weinzierl (eds.). Oxford: Pergamon Press (1986).
- Automobiles: dans dix ans ce sera la saturation! Le Temps Stratégique Printemps ?:57-64 (1986).

- La società che impara. Italgas Gruppo 18(1):32-37 (1986).
- Fifty-year pulsation in human affairs: analysis of some physical indicators. Futures 17(3): 376-88 (1986).
- L'automobile en danger de mort. Ou Futuribles interpellé. Futuribles 99:27-38 (1986).
- The Future of Hydrogen: An Analysis at World Level, With Special Look at Air Transport. WP-86-25. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (1986); and International Journal of Hydrogen Energy (forthcoming).
- Evoluzione probabile nei prossimi vent'anni del "sistema" italiano e dei principali sottosistemi in cui si articola. Tavola rotonda, La Società Italiana in Trasformazione al traguardo del duemila, C. Filippi, cura red. Centre Nazionale di Prevenzione e Difesa Sociale, Milano (1986).
- The Future. Prepared for a special evening seminar at the Summer Course on "Synergetics and Dynammical Instabilities", organized by the Italian Physical Society, Varenna, Italy, June 24-July4, 1986 (forthcoming proceedings).
- Trabalhos Não Publicados
- L'ordine nel caos: strutture semplici nei sistemi economici, sociali ed individuali, e loro uso per la previsione.
- Glimpses into the Pre-Programmed Society: On Energy, Invention, Innovation and Other Things. Sperry UNivac Management Course, St. Paul-de Vence, France (1981).
- Never Despair. Presentation at the UK Press Seminar organized by Sperry Univac in St. Paul-de-Vence, France, July 20-24, 1982.
- On Energy Systems in Historical Perspective: The Last Hundred Years and the Next Fifty (1983).
- From Stars to Galaxies: Note on the Long-Term Evolution of Human Settlements (1983).
- Dying in Tune: On Economic Cycles, Homicides, Suicides and Their Modes.
- Penetration Processes: the Deep Past.
- On a Natural Gas Way to Heaven (1984).
- Some Phenomenological Observations on Urban Dynamics (1985).
- The Hydrogen Tree: A Challenge to Biologist Ingenuity to Solve the Problem of Competitive Solar Energy. Invited Paper, Beijing International Symposium of Hydrogen Systems, May 7-11, 1985.
- The Future of Natural Gas: A Darwinian Analysis. Presentation at the Task Force Meeting The Methane Age, organized jointly by IIASA and the Hungarian Committee for Applied Systems Analysis, Sopron, Hungary, May 13-16, 1986.
- · Intelligence at Work: Life Cycles for Painters, Writers, and Criminals. Invited paper. Conference on The Evolutionary Biology of Intelligence, organized by the NATO Advanced Study Institute, Poppi, Italy, July 8-20, 1986.
- · Infrastructures for Movement. Prepared for the AMerican Academy of Engineering Workshop on Infrastructures, Cape Cod, August 11-13, 1986.
- Hard Patterns in Soft Systems: A PhenomenologicalAnalysis of Social and Economic Systems Using Ecological Models. Prepared for a Symposium on The Physics of Structure and Complexity, International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy, September 1-5, 1986.

MAIS TRABALHO E EMPREGO COM O MESMO CAPITAL OU COMO INCREMENTAR A PRODUTIVIDADE DE CAPITAL

Carlos Feu Alvim carlos.feu@ecen.com

1 – Introdução

O Brasil apresenta baixa produtividade de capital em relação ao seu grau de desenvolvimento como mostramos em trabalhos anteriores.

Os esforços para incrementar a produtividade no Brasil quase sempre estiveram dirigidos ao insumo abundante (trabalho) ao invés do insumo escasso (capital). Não é raro, também, que a produtividade seja referida à produção física e não ao valor agregado. Ora, se tomarmos o exemplo de uma indústria (capital intensiva) como a do aço fará pouquíssimo sentido avaliar a produtividade em toneladas de aço por trabalhador sem levar em conta o valor comercial do produto e a eficiência no uso do capital.

Uma política de crescimento para o Brasil deve dar ênfase à produtividade dos bens de capital existentes e a instalar. Em nossa avaliação, isto poderia contribuir significativamente para superar as limitações ao crescimento que o Brasil vem enfrentando nos últimos 25 anos. Com efeito, cada ponto percentual ganho na produtividade global do capital significa – para o mesmo estoque de capital – igual acréscimo percentual no PIB.

O desafio é, pois, gerar mais produto e mais empregos com o mesmo capital. Tentar estabelecer sugestões para uma política neste sentido – como a existente em outros países: Inglaterra, Austrália, Nova Zelândia e Alemanha - é o objetivo deste trabalho.

Neste artigo procuramos: (1) relembrar o diagnóstico macroeconômico já levantado, (2) comentar o diagnóstico setorial (microeconômico) realizado para indústrias brasileiras pela Consultora McKinsey que já realizou outros trabalhos comparativos a nível mundial, (3) identificar a necessidades de aprofundar o conhecimento do assunto e (4) sugerir algumas medidas de caráter macroeconômico e microeconômico no sentido de incrementar a produtividade de capital.

2 - Relembrando o Diagnóstico Macro

No Brasil, precisa-se, a partir de 1990, do dobro de capital necessário em 1970 para gerar uma unidade de produto e quase três vezes o que era necessário em 1950. Essa maior quantidade de capital necessária para gerar um produto, conjugada com a queda no investimento, tem estancado nosso crescimento. Um país em desenvolvimento, onde o capital é o fator escasso, deveria apresentar uma produtividade de capital maior que a de países desenvolvidos. Esta produtividade decresceria gradualmente no seu processo normal de crescimento.

No entanto, quando esta produtividade se aproxima rapidamente do nível dos países desenvolvidos sem que, contudo, tenhamos atingido a mesma renda destes países (caso do Brasil) estamos diante de um ponto de estrangulamento no processo normal de crescimento do país.

A preocupação com o decréscimo da produtividade do capital pode ser verificada, no Brasil, em estudos onde a razão capital/produto (K/Y) aparece como fim ou como meio de determinar cenários de crescimento. Além de nossos trabalhos anteriores, podemos citar trabalhos divulgados pelo Instituto Nacional de Pesquisa Aplicada – IPEA, como Morandi, Zygielszyper, Reis (2000), Bacha e Bonelli (2001) e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES, Carvalho (1996). Também, podemos mencionar trabalhos que levantam o problema na América Latina, Hofman(1992) e Hofman (1997).

Na tese de Aumara Feu (2002) sobre a produtividade de capital podemos distinguir três fatores que, do ponto de vista macroeconômico, contribuíram para a redução da produtividade de capital:

- a) Efeito conteúdo o aumento do estoque de capital por unidade de produto nos setores;
- b) Efeito estrutura a realocação da produção para setores mais intensivos em bens de capital;
- c) Efeito Preço aumento do preço dos bens de capital em relação ao preço dos demais produtos.

Para a finalidade deste trabalho, é importante distinguir a contribuição de cada efeito. Também é interessante conhecer nossa produtividade a preços internacionais para avaliar nossa competitividade relativa a outros países. Na Figura 1 é mostrada a evolução da razão capital / produto (a) estimada em valores correntes (produtos e investimentos corrigidos pelo deflator do PIB), (b) a preços constantes e (c) a preços internacionais.

Comparando a evolução em valores constantes e em valores correntes, pode-se avaliar o efeito preço. A produtividade de capital, entre 1970 e 2000, caiu 45% em valores correntes. Desta queda, dez pontos percentuais podem ser atribuídos ao fator preço. Pode-se ver, na Figura 1, que o preço teve papel preponderante na segunda metade da década de oitenta.

A distinção entre o efeito conteúdo e estrutura também foi estudada no referido trabalho. Para os países desenvolvidos (da OCDE) foi possível avaliar os dois efeitos ao longo de duas décadas e meia (1970 a 1994) já que se dispunha dos dados setoriais de investimento. Para o Brasil só foi possível analisar (na mencionada tese) o período 1985 a 1994 usando-se a estrutura setorial do IBGE e as razões capital/produto setoriais apuradas para a OCDE. Desta avaliação resultou que cerca de ¾ do decréscimo da produtividade naquele período (a preços constantes) pode ser atribuído ao efeito estrutura¹. Isto é, o Brasil mudou sua distribuição do produto entre os diversos setores no sentido de privilegiar os mais intensivos em capital.

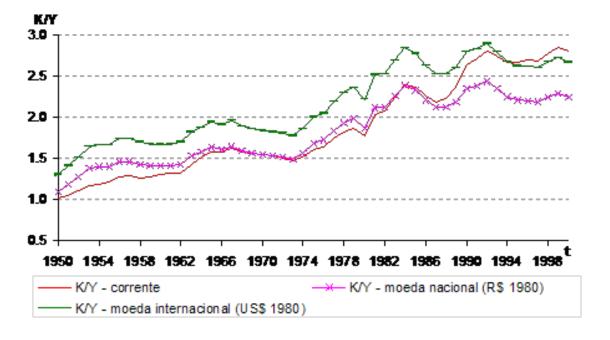


Figura 1: Razões K/Y para o Brasil, com o investimento corrente, constante em moeda nacional e em moeda internacional. Fonte: Tese Aumara Feu (2002)

¹ Para dois setores, onde existiam os dados de investimento disponíveis, foi feita uma análise da evolução do efeito intensidade para o Brasil. A conclusão foi de que, pelo menos para esses dois setores, o efeito intensidade foi subestimado.

É bom lembrar, dentro desta recapitulação do diagnóstico, os resultados encontrados para a razão capital/produto no que concerne os estoques de capital nos ltens: máquinas e equipamentos, outros, construção civil residencial e construção civil não residencial.

Ao contrário do que uma análise precipitada poderia concluir, a razão entre o estoque de máquinas e equipamentos e o produto total não aumentou com o tempo. Ela chegou a um máximo em 1980 e vem decaindo desde então. Aliás, em valor absoluto, o estoque de máquinas e equipamentos do início da década de oitenta decaiu até meados da década de noventa e só foi recuperado no início dos anos 2000. Ou seja, o valor real de nosso estoque de máquinas e equipamentos é hoje quase igual ao existente em 1980.

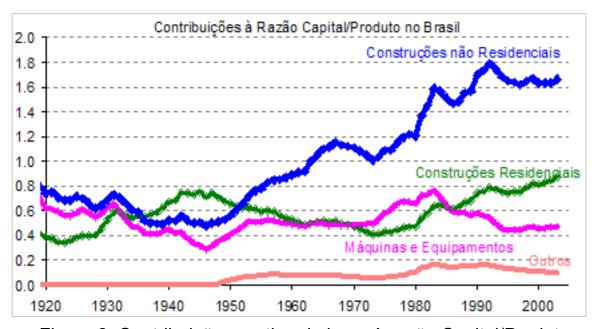


Figura 2: Contribuição, por tipo de bem, à razão Capital/Produto. Fonte: e&e No 44.

Sendo assim, podemos inferir da Figura 7 que o grande responsável pela perda de produtividade de capital (aumento da razão capital/produto) foi o segmento de construções não residenciais.²

Como conclusão desta recapitulação:

A produtividade de capital no Brasil é baixa considerando seu nível de desenvolvimento;

² Um dos fatores que devem ter contribuído para isto é o rápido processo de urbanização no Brasil e o crescimento de grandes aglomerações. Entre 1940 e 2000, a taxa de urbanização no Brasil passou de 31% para 81%. A necessidade de infraestrutura urbana pode ser, em parte, responsável pela redução na produtividade de capital

- O preço de bens de capital é responsável por cerca de 20% na perda na produtividade de capital (10% em 45%);
- Existem indicações de que parte da queda da produtividade se deveu ao deslocamento da atividade produtiva para setores intensivos em capital;
- O grande responsável pela queda na produtividade de capital é o aumento do estoque de bens de construção não residencial em relação ao PIB.

3 - Diagnóstico Micro

No nível microeconômico existem estudos comparativos entre os mesmos setores produtivos em diferentes países para diagnosticar a situação real da produtividade dos fatores em unidades de produção.

Esses estudos podem apontar para técnicas de gestão de forma a realocar os recursos de forma produtiva e eficiente. Para o Brasil, a consultora McKinsey realizou um dos seus estudos comparativos. O resultado para alguns setores acham-se especificados na Tabela 1

Produtividade Total em Indústrias Estudadas (EUA=100)

Setor	Produtividade Total	Produtividade do Trabalho	Produtividade do Capital	"capital share"(2)
Aço	77	68	87	50
Telecomunicações	64	45	75	69
Linhas Aéreas	61	47	79	50
Indústria Automobilística (1)	52	31	170	30

Fonte: MCKinsey (1) só veículos de passageiro, (2) estimado usando a função Cobb-Douglas com o "share" de capital estimado para um conjunto de países estudados. ³

Os resultados do estudo mostram uma produtividade de capital inferior em cerca de 20% à dos EUA para três dos quatro ramos industriais apresentados, e superior à daquele país na indústria automobilística.

³ A produtividade total aqui é uma média, com ponderação geométrica, das produtividades (do capital e trabalho) relativas às dos EUA. Não se trata da chamada "produtividade total dos fatores" comumente associada à tecnologia.

Para uma comparação de diagnósticos ao nível de indústrias com o diagnóstico macroeconômico é preciso uma compatibilidade de parâmetros que não existe naturalmente entre os dois tipos de estudos⁴. No entanto, como a análise setorial usa critérios homogêneos entre os diversos países analisados é possível usar os resultados de estudos setoriais para favorecer um macro objetivo que poderia se constituir em aumentar a produtividade de capital do país.

O estudo da McKinsey - bem como outros que possam existir nesta área – poderia e deveria ser utilizados para atingir esse objetivo global. Da análise preliminar de seu resumo executivo (os estudos setoriais também estão disponíveis na Internet), poder-se-ia chegar à conclusão (precipitada) que não há muito a fazer na área de produtividade de capital já que a diferença entre nossa produtividade e a dos EUA não supera a 25% em nenhum dos setores⁵. Existiriam ganhos muito maiores a serem obtidos na produtividade do trabalho. Estaríamos, no entanto, nos esquecendo que no mesmo estágio de desenvolvimento em que estamos a produtividade de capital nos países que hoje pertencem ao primeiro mundo era muito superior a de agora.

Tomemos, por exemplo, o setor automobilístico onde a produtividade de capital era – como era esperado em um país em desenvolvimento – 70% superior à americana (ano de 1994). Provavelmente, não por acaso, a produtividade do trabalho nesse setor (apontada pelo estudo) seja apenas 31% da correspondente à dos EUA.

Um critério mais racional para incrementar a produtividade seria visar elevar a produtividade total (relativa à dos EUA). No entanto, devese prestar atenção ao fazê-lo na divisão da remuneração entre capital e trabalho⁶. No estudo da McKinsey, em virtude de seu objetivo comparativo, a divisão entre a remuneração dos fatores é baseada em média entre países, sendo de 30% para o capital e 70% para mão de obra no setor automobilístico em questão. Acontece que essa divisão da

⁴ O estudo aponta uma produtividade para economia como um todo 60% superior ao dos EUA o que contraria a conclusão de nossos trabalhos e de outros autores que estudaram o tema. A adoção de curvas de depreciação mais próximas das usadas para fins contábeis (menor prazo de amortização) levaria a resultados deste tipo

⁵ No de telecomunicações onde é 75% em relação à dos EUA.

⁶ É esperado que a remuneração do capital seja, nos países em desenvolvimento como o Brasil, superior à dos países centrais. Essa maior remuneração implicaria em um maior peso da produtividade de capital na apuração da produtividade total.

remuneração entre capital e trabalho é resultante da média para os diversos países analisados e, quase certamente, não vale para o Brasil onde a remuneração do trabalho é geralmente menor. Ou seja, mesmo quando se busca incrementar a produtividade total em relação aos EUA, pode-se não estar levando em conta que, no Brasil, o peso do capital é maior que nos EUA. Talvez fosse mais interessante manter esta vantagem comparativa existente do que aumentar a produtividade de trabalho em detrimento da de capital.

Deve-se ressaltar que o estudo da McKinsey não se limita, entretanto, a sugerir medidas para um setor ou outro setor específico, mas traça o quadro geral para os diversos setores. O trabalho procura quantificar o número de empregos desativados ("job losses") e o investimento que seria necessário fazer para que a mão de obra excedente fosse absorvida com o crescimento e fosse ainda incrementado o emprego formal. De acordo com o estudo, com um crescimento de 5% ao ano, não haveria queda da informalidade em razão do incremento da produtividade do trabalho projetada no Brasil. Seria necessário elevar a taxa de investimento dos atuais 19% para 26% do PIB e crescer a 8,5% ao ano, para o país conseguir decrescer sua informalidade de 50% para 40% em dez anos. Segundo o estudo, além de crescer a 8,5% ao ano, o Brasil teria, também, que incrementar sua exportação em 12% ao ano para fazer frente à importação necessária para reformular e modernizar o parque produtivo.

Ou seja, o incremento da produtividade total com ênfase em atingir níveis de produtividade de trabalho dos países desenvolvidos só faz sentido macroeconômico em um quadro de acelerado crescimento econômico. Na ausência deste crescimento ele resultaria em um agravamento do desemprego e da informalidade.

4 - É Necessário Aprofundar o Diagnóstico

Seria necessário, inicialmente, aprofundar o diagnóstico sobre as causas da ineficiência no uso do estoque de bens de capital. Um diagnóstico equivocado poderia levar a medidas que aprofundem o problema ao invés de minorá-lo. Por exemplo: O Brasil apresenta, nos últimos anos, baixa taxa de investimento (formação bruta de capital fixo). A oferta de crédito, a juros subsidiados, ou mesmo a garantia pelo Governo, através de preços administrados, da rentabilidade do

investimento pode agravar o problema da baixa produtividade de capital⁷.

Como assinalamos, a queda na produtividade do capital (a preços constantes) pode estar ocorrendo tanto pelo direcionamento da produção para técnicas mais intensivas em capital como pela realocação do capital em setores mais intensivos no uso deste fator. Na economia real, onde os preços relativos variam, o preço dos bens de capital é outro fator importante.

Portanto, o conhecimento do comportamento das variáveis que afetam a produtividade de capital, a nível agregado e desagregado possibilitará apontar medidas, a nível macroeconômico e setorial, capazes de melhorar o desempenho do país nesse quesito.

Deveriam ser estimulados estudos que contribuam para direcionar o planejamento governamental e empresarial no futuro, visando reorientar os investimentos para setores ou para técnicas menos intensivas no uso deste fator e gerar cenários de crescimento mais significativos para o futuro.

Como pontos preliminares da política a ser adotada para superar o atual quadro poderíamos apontar a eliminação de gargalos no sistema produtivo, atenção especial aos fatores de processo, preocupação quanto à qualidade de investimentos e não somente a quantidade.

Medidas para implementar a produtividade de capital

Aumentar a produtividade de capital de um país continental como o Brasil não é tarefa elementar principalmente quando ainda não se dispõe de um diagnóstico definitivo. Listamos, a seguir, algumas medidas tanto de caráter global como local que poderiam, em uma análise preliminar, contribuir para o incremento da produtividade de capital:

 Maior uso do parque produtivo: Uma medida importante na redução da razão capital / produto é possibilitar utilização mais intensiva dos bens de produção existentes, ampliando dias e horários de funcionamento. Isso deverá ter como consequência

⁷ Neste mês (de Julho de 2004) só a proximidade de uma eleição impediu (ou adiou) um aumento da contribuição das empresas à Previdência Social. Autoridades do governo haviam prometido compensar esta medida com redução na taxação em outras áreas. Conforme foi revelado posteriormente, essas mediadas estavam destinadas a desonerar os investimentos (capital) que viriam a compensar mais um ônus imposto ao trabalho

um aumento na demanda por trabalho e oferta de emprego a partir do mesmo parque produtivo. A concretização desse objetivo pode requerer medidas que favoreçam, sem prejuízo para o trabalhador, a eliminação, por exemplo, definitiva ou em caráter temporário, das limitações trabalhistas ao maior uso do parque produtivo.

- 2. Priorizar investimentos em setores produtivos menos intensivos em capital: a análise da produtividade de capital deveria ser instrumento para concessão de créditos favorecidos8. Logicamente os incentivos ao investimento não devem resultar em estimulo a ineficiência do uso do capital que resultaria no aumento da razão capital / produto.
- Incentivar setorialmente a produtividade de capital: Um 3. mesmo setor pode aumentar sua produtividade pelo melhor uso dos meios de produção. A exemplo do que já é feito em programas de qualidade, medidas na área gerencial poderiam incrementar, ao mesmo tempo, as produtividades do capital e trabalho.
- Aumentar qualitativamente o valor agregado em cada setor: Como a produtividade do capital corresponde à razão produto / capital, ela pode ser aumentada com a redução do denominador ou o aumento do numerador. O numerador poderia ser elevado se o país procurar participar de etapas mais produção não avançadas da se detendo em produtos intermediários (predominantes em nossa pauta de exportação). Outras formas de valorizar o produto, como a melhoria de sua qualidade, de seu nível de sofisticação e a incorporação de novas tecnologias também deverão ser perseguidas. Não se deve também perder de vista os aspectos comerciais como a marcas que costumam consagração de representar parte significativa do valor agregado9.
- Tributação coerente com o objetivo de 5. aumentar produtividade de capital: Em uma fase em que é necessário aumentar a capacidade de produzir é preferível que a taxação se

de peso neste setor. O produto brasileiro é, frequentemente, vendido no exterior com marcas externas que, em alguns casos, ocultam a procedência.

⁸ Deve-se notar que a avaliação da produtividade de capital por setores não é intuitiva. O serviço público, por exemplo, é capital intensivo já que é necessário um grande investimento em obras civis por funcionário cujo salário acaba por ser o elemento para apuração da contribuição do serviço público para o PIB. O mesmo acontece com o turismo que exige grande investimento por produto. ⁹ O Brasil, apesar de possuir competitiva indústria de calçados não tem marcas

dirija aos bens de consumo do que aos bens de produção. O estímulo ao investimento deve ser seletivo para não introduzir supressão de empregos que não se justificaria economicamente sem o subsídio ao capital.

- 6. Favorecimento ao desenvolvimento em cidades médias e pequenas em detrimento dos grandes aglomerados urbanos: Da análise resulta que o grande aumento na razão capital / produto (queda da produtividade de capital) está ligado às construções não residenciais que caracterizam as grandes concentrações humanas. Favorecer a desconcentração urbana significa reduzir necessidades de investimentos em estrutura urbana por produto gerado.
- 7. Redução dos custos associados ao Governo: É necessário reduzir os custos de investimento associados aos processos burocráticos, regulatórios e administrativos. Deve-se reduzir o prazo de duração das obras que, por incorreções de planejamento ou por sua multiplicidade, acaba deixando ocioso o capital por vários anos, aumentando a razão capital / produto e onerando o custo dos investimentos. Mormente no setor publico, cuidar também de reduzir custos pela racionalização e moralização do processo de licitação e concorrências.

Conclusões

Partimos da constatação de que a baixa de produtividade de capital é uma das causas da estagnação crescimento per capita no Brasil. A idéia, neste artigo, é traçar um roteiro que parte de um diagnóstico sobre a queda da produtividade do capital no Brasil e chega a indicar possíveis ações que visariam incrementar a produtividade do capital e, consequentemente, elevar o crescimento do país.

A identificação das medidas está longe de ser exaustiva ou definitiva. Não seria surpreendente que uma análise mais apurada venha indicar que algumas delas sejam ineficazes ou até contraproducentes.

Se o tema é relevante, como acreditamos, ele deveria ser objeto de reflexão e análise da sociedade incluindo entidades de classe, governamentais e legislativas. Seria também desejável que essa reflexão não retardasse as ações quando houver sobre o assunto um razoável consenso.

Deve-se lembrar que algumas das ações já estão acontecendo, sendo que em algumas delas a contribuição governamental pode ser

simplesmente a de não atrapalhar. No número anterior de nossa revista, citamos alguns fatos promissores como os vôos noturnos com preços promocionais que favorecem o maior uso do capital investido nas aeronaves e aeroportos e o fato da Ford estar utilizando sua capacidade de produção em algumas unidades durante as 24 horas do dia. Recentemente o metrô do Rio passou a oferecer passagens mais baratas para quem embarque mais cedo. Há muito tempo também, os "Shoppings" descobriram que para compensar o investimento era necessário funcionar em horário ampliado. Por outro lado, embora por razões diferentes das aqui apontadas, já se observa uma tendência de transferir a produção para centros urbanos menores.

Em outros pontos parece que continuamos caminhando em sentido contrário ao desejado: em particular a política tributária e até (em alguns pontos) a política trabalhista, desfavorecem o uso do fator trabalho em benefício do capital. São também preocupantes os custos adicionais impostos ao investimento produtivo por excessos legislativos, regulatórios e burocráticos. A falta de planejamento, as incertezas econômicas e os juros excessivos também continuam a retardar e encarecer os investimentos, reduzindo a produtividade de capital.

REFERÊNCIAS:

- BACHA, Edmar L. e Regis Bonnelli, "Crescimento e Produtividade no Brasil: o que nos diz o Registro de Longo Prazo." Rio de Janeiro: Seminários da Diretoria de Estudos Macroeconômicos do IPEA 52, 2001.
- CARVALHO, José Carlos, "Estimativas do Produto Potencial, Relação Capital/Produto e Depreciação do Estoque de Capital." Rio de Janeiro: Textos para Discussão, Área de Planejamento do Departamento Econômico do BNDES 44, 1996.
- FEU ALVIM, Carlos. "Capital Productivity: A further Limitation for the Brazilian Growth" Economy & Energy, 44 (June-July), 2004.
- FEU, Aumara. Produtividade do Capital no Brasil de 1950 a 2002. 151 f. Tese (Doutorado em Economia) Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- _____. "Evaluation of Capital Productivity in Brazil in the XX Century." Economy and Energy. 43 (May-June). 2004
- HOFMAN, André. Capital accumulation in Latin America: a six country comparison for 1950-1989. Review of Income and Wealth, v. 38, n. 4, p. 365-401, Dez. 1992.
- _____. The economic development of Latin America in the twentieth century. Northampton, MA: Edward Elgar, 2000.
- MORANDI, Lucilene; ZYGIELSZYPER, Nora; REIS, Eustáquio. Tendências da Relação Capital/Produto na Economia Brasileira. Rio de Janeiro: IPEA, oct. 2000. (Boletim Conjuntural do IPEA n. 51)

A Revista

Economia e Energia – e&e – Economy and Energy

e&e é editada bimensalmente em português e inglês desde 1997 e publicada na Internet. Seu objetivo é divulgar artigos e relatórios e promover debates de assuntos conectados a seu título. Para sua manutenção, o periódico tem o apoio de seus membros e, não de uma forma contínua, de instituições públicas e privadas cujo apoio é indicado em cada publicação. Seu editorchefe é Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com].

A Organização Não Governamental Economia e Energia – *e&e* -ONG

é uma organização, sem objetivo lucrativo, para apoiar a revista de mesmo nome e promover estudos relacionados com a economia e energia. No caso de estudos para o governo ou instituições privadas ela usa sua própria equipe ou contrata consultores para a realização do trabalho, podendo celebrar contratos com instituições públicas ou privadas. Sua Superintendente é Frida Eidelman [Frida@ecen.com]

Apoio:













