

# A PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: MODELOS MATEMÁTICOS

JOSÉ ISRAEL VARGAS

PALESTRA APRESENTADA NO CEE EM ABRIL DE 1995

O objetivo primordial da ciência é a construção de modelos do mundo exterior. A pedra de toque dos modelos científicos é sua capacidade de previsão. Como a ciência é parte do mundo exterior, ela também devia ser passível de exame. Mas é surpreendente que a ciência não se tenha interessado pela previsão de sua própria atividade - pela busca de modelos e de leis, de invariantes que permitissem descrever a evolução e o ritmo da descoberta científica e, por isso mesmo, do progresso tecnológico.

A origem dessa falha está em que a atividade científica é entendida - corretamente - como uma atividade eminentemente social, fazendo com que venha sendo examinada exclusivamente por filósofos e cientistas sociais que, como sabemos, são ótimos manipuladores de conceitos verbalizáveis, mas, em geral, revelam-se bastante limitados no lidar com formulações quantitativas, expressas por via da linguagem matemática. Mas, como sabemos desde Pitágoras, Kepler e Galileu, o livro da natureza está escrito em números. Para decifrá-lo, torna-se indispensável a economia de linguagem, somente propiciada pela matemática, rainha e serva da ciência.

Nessa palestra, pretendemos mostrar que a criação científica, parte integrante do labor humano, é enquadrável em modelo bastante simples, que vem sendo desenvolvido, nos últimos vinte anos, por um grupo de cientistas, sob a liderança de Cesare Marchetti, no Instituto Internacional de Análise Aplicada de Sistemas, de Laxemburgo, Áustria.

Segundo esse modelo, as ações humanas resultam de paradigmas de ação (decisões de ação) surgidas nas profundezas dos sistemas sociais, e que, uma vez selecionados por filtros “societais”, difundem-se de forma epidêmica, i.e., obedecem a uma equação de difusão dita logística, ou epidêmica. As idéias, os conceitos, serviços, produtos, são criações humanas. Eles nascem por diferenciação do que preexistia, por invenção e inovação. Inventam-se idéias, novos objetos, dispositivos e serviços; formulam-se novos conceitos - por mutação do antigo. A aceitação dessas inovações - mutantes - deve ser feita por iniciativa de pequeno grupo (núcleo) de indivíduos organizados para troca de informações, predominantemente verbalizadas, no nível elementar. Segundo pesquisas realizadas na Universidade de Lund, Suécia, cada um desses núcleos inovadores deve ser constituído por não menos que cem indivíduos, para que a inovação possa difundir-se de maneira eficaz, depois de convenientemente filtrada e obter eventual aceitação pela sociedade (mercado,

comunidade, etc.). A competição é o filtro. No caso da tecnologia, o mercado impõe que ela seja aceitável, confiável e barata. Para que seja aceitável, é necessário que apareça no momento azado. Ela será confiável caso sobreviva, após os testes variados de aptidão a que estará submetida. Ela deve ser, sem dúvida, mais aceitável do que o competidor que a precedia. O preço, talvez seja, a característica menos importante no novo sistema, pois nada mais é que mero indicador da 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 substituiu por competição. No mundo biológico, como na competição tecnológica, basta um diferencial de eficiência de cerca de 1% para que uma espécie biológica domine o nicho ecológico, e, no caso de dada tecnologia, conquiste o mercado em detrimento da tecnologia menos eficaz.

Insistamos: o paradigma de ação é uma decisão inovadora, que, após seleção competitiva, difunde-se logisticamente pelo sistema social (pela cabeça dos indivíduos que o compõem como uma nova moda). Mas vejamos analítica e concretamente como se propaga uma epidemia. É claro que:

1. O número de indivíduos,  $dN$ , que se infectam por unidade de tempo,  $dt$ , deve ser proporcional ao número de indivíduos já infectados,  $N$ , e também ao número daqueles indivíduos da população que ainda não foram infectados,  $(\tilde{N}-N)$ .  $\tilde{N}$ , sendo o total da população infectável (figura 1). Isto é:

$$dN = a N (\tilde{N}-N) dt. (1)$$

Repetindo o argumento, com outras palavras, é claro que a velocidade com que um bando de meninos colhe jabuticabas de uma jabuticabeira, num dado instante, é proporcional ao número das jabuticabas já colhida,  $N$ , e das que faltam colher  $(\tilde{N}-N)$ , sendo  $\tilde{N}$  o número total de jabuticabas existente no pé, no início da colheita. A curva representativa da equação (1) tem a forma de sino. A velocidade de colheitas de jabuticabas é máxima quando a metade (50% das jabuticabas) estiver colhida, decrescendo depois até esgotar-se o estoque de frutas. Quando o número de jabuticabas restantes for muito pequeno, a velocidade de colheita se tornará cada vez menor - o tempo necessário para a colheita completa, tendendo, pois, para o infinito.

A fórmula 1 é uma equação diferencial não-linear de 1ª ordem. Devemos resolvê-la, já que desejamos  $N$  e sua evolução temporal, i.e.,  $N(t)$ .

A solução da equação 2 é:

$$N(t) = \frac{\tilde{N}}{1 - \exp(at + b)}$$

$$1 - \exp(at + b)$$

Se chamarmos  $F = (N/\tilde{N})$ , sendo  $\tilde{N}$  o tamanho do nicho normalizado para 1 ou 100, então a equação (2) toma a forma:

$$F = \frac{\exp(at + b)}{1 - \exp(at + b)} (2)$$

$$1-F$$

que é idêntica à anterior, e está representada na figura 2. Ela é a equação, logística ou epidemiológica, cuja representação gráfica tem a forma de S, bem conhecida. Ela, insistimos, diz que as novidades, os paradigmas de ação, nascem aleatoriamente e difundem-se pela sociedade, após seleção competitiva.

Frequentemente, é mais conveniente representar a equação logística, utilizando-se a transformada que a retifica (transformada de Fischer-Pry) e que se obtém

simplesmente por extração do logaritmo de (2). Vem então:

$$\ln \frac{F}{1-F} = (aT + b) \quad (3),$$

em que  $a$  é a constante de velocidade de difusão, frequentemente expressa por  $(\Delta T)$ , que mede o tempo necessário para que o processo evolua de 10% a 90% da ocupação do nicho (Figura 3).

Como dizem os ingleses, a prova do pudim está em comê-lo. Apliquemos, pois, a equação logística na descrição da peste que afetou dramaticamente Londres em 1666; o resultado está mostrado na figura 4. Representa-se o número de mortes, retendo como hipótese de base que o número de mortos seja uma fração constante do número de doentes. A descrição matemática da epidemia é simplesmente espetacular! Ela teria podido prever, a qualquer instante, e com grande precisão, a velocidade de propagação e o término da peste! Recorde-se que a difusão da doença (na descrição logística) torna-se extremamente lenta quando se atinge 90% do processo. Frequentemente, a esse nível, a precisão do fenômeno descrito diminui (pelo aumento do erro relativo), e, antropomorficamente, diz-se então que o sistema entra em fibrilação, quando a peste torna-se endêmica.

Não cabe aqui entrar em maiores detalhes sobre a conexão entre esse processo epidêmico e a difusão de paradigmas de ação na sociedade. Recordemos apenas que, ao analisar o grande número de dados obtidos por Mensch sobre a evolução temporal das inovações e invenções, ao longo de duzentos anos, e que ocorrem em ondas, Marchetti mostrou que:

1º Essas ondas também obedeciam à equação logística como mostra a figura 5.

Veja também a tabela 1.

2º Havia uma sincronização, em nível macroscópico, entre o crescimento do número de inovações e os momentos de introdução no mercado de novas formas de energias primárias; figuras 6 e 6a.

3º A própria energia total penetrava no mercado logisticamente, como demonstram as figuras 7, 7a, 7b e 7c, respectivamente, para o mundo, para os Estados Unidos e para o Brasil. Pode-se observar, como mostram as figuras 7d, 7e e 7f, a ocorrência de desvios frequentes que levam os planos, elaborados com base em tendências de curto prazo, a apresentar erros brutais de planejamento.

4º As flutuações mais pronunciadas que aparecem na descrição logística desse processo tinham caráter periódico, repetindo-se a cada cinquenta e cinco anos, identificados como manifestação dos ciclos longos que afetam a atividade econômica, descritos pela primeira vez em 1928 pelo economista Nicolai Kondratiev.

A esse respeito, permito-me fazer um parêntese, para mostrar o comportamento dos preços ao atacado, registrados na Inglaterra ao longo de cinco séculos, que ilustra perfeitamente os ciclos de Kondratiev.

Voltemos à energia. Sendo a energia, por definição, a capacidade de produzir trabalho, claro está que flutuações no consumo de energia refletem, e mais, são de fato uma medida do próprio ritmo acelerado ou recessivo da atividade econômica. A existência dos ciclos é demonstrada pela curva, devida a Stewart, mostrada na

figura 8. Ela representa o desvio percentual do consumo, obtido ao subtrair o consumo real dos valores calculados pelo melhor ajuste logístico do consumo secular de energia nos Estados Unidos. Os mínimos representam recessão, os máximos, expansão, “booms” econômicos. Podemos observar tanto os “trinta gloriosos” de que falam os economistas, quanto a recessão dos anos oitenta. Infelizmente, embora estejamos mal, como todo mundo, ainda nos falta chegar verdadeiramente ao fundo do poço - o que está previsto para 1995 ... Digo nós, porque o sistema “mundo” é sincronizado. O que é válido para os países industrializados é válido para nós. O que é válido para o todo é válido para as partes: a equação que descreve o todo é também boa para as partes. O comportamento dos diversos sistemas sociais é, pois, fractal, para usar um descritor matemático, em moda hoje em dia, e que significa que esses fenômenos são descritos por uma mesma expressão matemática, independentemente do nível hierárquico que ocupam. Bom exemplo de comportamento fractal é o sistema energia, mostrado anteriormente. Um mesmo tipo de equação descreve o crescimento do uso da energia no mundo, nos Estados Unidos e no Brasil.

Voltemos a insistir sobre a sincronização entre inovação-invenção e energia, mostrada nas figuras 9 e 9a.

Pode-se notar que:

1º As inovações ocorrem sempre nos períodos de recessão, nos mínimos dos ciclos de Kondratiev. Como diz Guimarães Rosa, “o sapo pula não é por boniteza, mas por precisão”. Além disso, os máximos das ondas de inovação também distam entre si de cinquenta e cinco anos, repetindo os mesmos ciclos longos anteriormente referidos. As inovações de nossa própria onda atingiram um máximo em 1993, havendo, pois, ainda mais dez anos para trabalhar ... quando sua intensidade estará esgotada.

2º A distância temporal entre as invenções e as inovações, em cada onda, reduzem-se, como é bem sabido, com o transcorrer do tempo. As invenções de que precisamos, as da nossa onda, já ocorreram com máxima intensidade em 1968.

Um outro exemplo concreto, entre centenas de outros estudados por Marchetti e colaboradores, para evidenciar a existência dos ciclos longos, é apresentado nas figuras 10 e 10a, que descreve a difusão de três tecnologias básicas, próprias dos grandes sistemas de transporte: - as ondas de construção, respectivamente, de canais, de estradas de ferro e de estradas pavimentadas, nos Estados Unidos, ao longo de mais de um século e, mais recentemente, a introdução do avião. Aqui, a representação é puramente logística, a ordenada representando a percentagem de ocupação do nicho, i.e., do mercado paulatinamente ocupado por diversas infraestruturas de transporte. Apenas por curiosidade e, parenteticamente, mostramos, para não perdemos o fio desta exposição, a competição entre essas mesmas tecnologias, no mercado russo. O sistema obviamente funciona também para o ex-regime comunista (figura 10b)...

Também não resisto a mostrar que a substituição de energias primárias segue as mesmas regras tanto para os Estados Unidos, como para o Brasil (figuras 11, 11a e 12). Trata-se de outros exemplos interessantes de competição, a longo prazo, examinados por Marchetti e por mim, utilizando teoria mais geral, devida

a Volterra, resumida basicamente em equação diferencial não-linear que leva o nome deste pesquisador, de que a equação logística é solução particular. A regra para a competição é a seguinte: qualquer tecnologia que tenha penetrado mais de 2-3% em certo nicho, (mercado) e que apresente vantagem de competitividade (maior eficiência) - por pequena que seja, em relação a outras tecnologias, virá a ocupá-lo inexoravelmente, no devido tempo. Por exemplo: aparentemente, não há nada que possa interromper o avanço da utilização da energia nuclear, em nível mundial, uma vez que essa tecnologia já é responsável por 13% do consumo de energia elétrica e por 5% da energia total consumida em nível mundial, tendo gasto cinquenta anos para atingir estes níveis de participação no mercado.

Todos esses fatos indicam que, contrariamente à nossa impressão, os sistemas sociais apresentam funcionamento extremamente inercial, regular e previsível, como se fossem dominados por inflexível lógica interna, obedecida tanto por grandes sistemas, “duros”, quanto pelas atividades essencialmente “intelectuais”. Contrariando o que se propala, as coisas mudam lentamente. São exemplos interessantes de sistemas soft:

a) construção de catedrais góticas ao longo de quase quatrocentos anos, mostrada na figura 13;

b) inspirado nesse surpreendente exemplo, foi examinada a construção de igrejas em Ouro Preto e Mariana. O resultado é apresentado nas figuras 14 e 15. 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 a máxima produção de ouro (1750) (figura 16). Com a descoberta do ouro, a construção de igrejas tornou-se rapidamente a principal atividade da Minas colonial. No início, contruíram-se igrejas para agradecer à Divina Providência o feliz achado; depois, era indispensável achar-se mais ouro para manter ativa a vasta humanidade de pedreiros, pintores, músicos, etc. Os Lobos de Mesquita e os Aleijadinhos da vida ... Afinal, acabou o ouro ou acabou a fé? Acabou-se o ouro de aluvião disponível à tecnologia então existente. Tendo ficado à margem da revolução industrial, não dispunha Portugal (e o Brasil) das tecnologias paradigmáticas da revolução industrial, como a máquina a vapor, os moinhos, a química, etc. Essas tecnologias propiciaram posteriormente a exploração do ouro na mina de Morro Velho que, não surpreendentemente, segue o mesmo comportamento (figura 16a);

c) a saga da descoberta dos elementos químicos pela comunidade científica em frenética demolição de moléculas, para identificar, ao longo de duzentos anos, os constituintes últimos da matéria, os átomos, é mostrada na figura 17. Para isso, organizaram-se associações científicas, editaram-se publicações periódicas, convocaram-se congressos e construíram-se laboratórios e sistemas educativos, envolvendo, no início do século XIX, talvez, milhares de pessoas, número que cresceu epidemicamente, até o esgotamento do nicho, do número de espécies atômicas distintas quando a moda acabou. Com Rutherford, inaugura-se nova mania - que continua - de quebrar os próprios átomos, seus núcleos em busca das partículas subnucleares ditas elementares. Mas essa é outra história, a ser examinada oportunamente.

Examinemos, finalmente, uma série de atividades industriais e científico-técnicas, com vistas a extrair informações úteis à formulação mais segura das políticas de ciência e tecnologia.

A primeira observação, abundantemente demonstrada em centenas de sistemas examinados é a de que, como parece óbvio, na competição entre sistemas, ganham aqueles que tem mais alta eficiência termodinâmica, a qual, aliás, também cresce logicamente, como mostra a figura 18.

A lição a extrair dessa evidência largamente acumulada, em estudos desse tipo, é a de que não há exemplo de penetração no mercado por sistemas menos eficientes do que os já existentes. Isso quer dizer que as chamadas tecnologias apropriadas, pobres ou “soft”, não têm futuro... O critério termodinâmico serve também para definir novos materiais. São aqueles que minimizam o crescimento da entropia, ( $\Delta q/t$ ), para trabalharem a temperaturas cada vez mais altas ou, à vista da conexão entre entropia e informação, por unidade de tempo. Exemplo: aços especiais e cerâmicas; fibras óticas e dispositivos à base do silício, arseneto de gálio, etc.

A segunda observação é que o exame da literatura científica, ou a de patentes, permite inferir o esgotamento e/ou a duração de certo campo de pesquisa e, logo, apontar o interesse de eventual envolvimento da comunidade técnico-científica em determinado campo de trabalho que, à luz do exame, seja promissor.

São exemplos, selecionados ao acaso, de campos já praticamente esgotados ou em acelerado processo de obsolescência os seguintes:

1. A figura 19 mostra que o estudo do metabolismo da vitamina D está esgotado, pois que já foi atingido o nível de 90% do nicho que dimensiona esse campo de investigações;

2. Pesquisas básicas sobre ímãs de terras raras - cobalto (figura 20), atingiram seu máximo em 1975, com ( $\Delta T$ ) de dez anos, não havendo, pois, qualquer interesse de ingressar nesse campo. O exame de patentes sobre o mesmo tema, apresentado na figura 20a, mostra, ao contrário, que ainda é possível e interessante trabalhar, pelo menos durante mais dez anos, no desenvolvimento de aplicações dessa classe de material;

3. Pesquisas científica e tecnológica sobre o PVC estão reunidas na figura 21. Ocorrem duas ondas: uma com máximo em 1976 e outra em 1986, havendo ainda, pois, limitada oportunidade para uns poucos anos de atividade nesse campo. Já a figura 21a indica, ao contrário, que ainda subsiste chance de pesquisa puramente tecnológica sobre o assunto por uns vinte anos, evidenciada, como se vê, pela evolução ainda incompleta do número de patentes concedidas no setor;

4. (Figura 22). Indica a intensidade da pesquisa científica sobre o efeito do CO<sub>2</sub> no clima, medida pelo número de trabalhos publicados em literatura especializada. É possível prever que o assunto estaria esgotado logo depois da ECO'92, a menos que haja novas descobertas fundamentais - verdadeiras mutações - para disparar nova onda de investigação sobre o tema;

5. (Figura 23). O número de trabalhos publicados sobre Supercondutividade Clássica aparece em duas ondas. A última terminou em 1990. - Assunto morto ... até novo “breakthrough”, se ocorrer;

6. Conclusão idêntica obtém-se da figura 24, que indica que as temperaturas de transição supercondutoras de materiais clássicos já não poderiam ser alcançadas pelo emprego continuado das tecnologias tradicionais, já que 90% do nicho representativo do tema já estão ocupados. Pode-se porém notar o surgimento, em fins dos anos oitenta, de nova onda de inventos, envolvendo o uso de materiais cerâmicos que, provavelmente, revolucionarão a tecnologia do setor ele-tromecânico. Há, entretanto, pouco tempo para participar dessa onda de pesquisa fundamental, à vista de acelerada ocupação do nicho correspondente. Assim, torna-se imperativo o exame da evolução do número de patentes que estão sendo concedidas nessa área para averiguar se ainda vale a pena investir no plano exclusivamente tecnológico, i.e., comercial, nesse campo.

Para finalizar, tomemos dois sistemas - um bem sedimentado no passado - a indústria automobilística, e outro contemporâneo - o da indústria de computadores.

A penetração de carros nos mercados europeu e americano é mostrada respectivamente nas figuras 25 e 26. Observam-se duas ondas, tornando manifesta a ocorrência de um ciclo de Kondratiev. O Brasil não é diferente, apenas chegou mais tarde, como mostra a figura 26a.

A figura 27 refere-se à Mercedes Benz - reflexo da penetração da imagem da Mercedes na cabeça dos consumidores - todo mundo quer carro fino, elegante.

Note-se também aqui a fractalidade do sistema automóvel, seja por nações, seja por marcas e modelos.

Examinemos agora o crescimento e a morte das empresas montadoras.

A figura 28 mostra a evolução do número de fabricantes de veículos (mil e quatrocentos) no início do século. A curva pontilhada representa a mortalidade das mesmas, - vê-se que sobraram apenas doze, i.e., o que significa 1% daquelas que pioneiramente ingressaram no mercado, mostrando que a vida média das empresas no ápice do desenvolvimento do setor era de quatro anos apenas.

Voltando nossa atenção para o setor industrial mais moderno, examinemos o setor de computação.

A figura 29 representa o número cumulativo de fabricantes de computadores de porte - quase setecentos que ingressaram no mercado até 1991. É de se esperar que a feroz competição ocasionará, como no caso dos automóveis, a sobrevivência futura, talvez, apenas de uma dúzia de fabricantes.

A inovação propriamente dita, nesse campo (figura 30), pode ser quantitativamente avaliada pelo número cumulativo de novos modelos lançados no mercado - três mil - em 1987, devendo alcançar o dobro, seis mil, lá pelo ano 2010! Há, pois, ainda lugar para entrar nesse jogo perigoso ... pelo menos no que se refere à variedade de modelos comerciais.

Cabe agora concluir, dizendo que:

1º é possível prever a duração e intensidade de pulsos de desenvolvimento científico e tecnológico. Para isso, é necessário criteriosa coleta de informação sobre aquelas invenções e inovações que já tenham penetrado no mercado no nível mínimo de 2 a 5%. É preferível utilizar as invenções e inovações do próximo!;

2º não é possível prever o aparecimento de uma invenção precisa no nasce-



douro, contrariamente à inovação que pode ser inferida da invenção, utilizando-se certos critérios técnicos descritos em seguida;

3º entre dois processos em competição, ganha aquele de maior eficiência termodinâmica;

4º os processos de difusão de grandes tecnologias são lentos, levando tipicamente cinquenta anos para participarem irreversivelmente do mercado. Exemplo: energia nuclear. O primeiro reator funcionou em 1941, mas somente em 1990 essa tecnologia pôde alcançar 5% do mercado mundial de energia;

5º devido à grande inércia na introdução dos grandes sistemas tecnológicos, é possível determinar a participação relativa futura dos mesmos no mercado. Por exemplo, do exame da figura 11 tornou-se evidente que o gás natural será o combustível dominante nos próximos cinquenta anos.

Da mesma maneira, pode-se prever que a produção futura de aço se fará cada vez mais pelo uso de pré-reduzidos em fornos elétricos, como se pode notar nas figuras 31 e 31a.

Ambos os casos, obviamente, interessam ao Brasil.

Poder-se-ia continuar citando indefinidamente exemplos das mais de três mil aplicações do modelo às mais diversas atividades.

Por exemplo:

- a evolução do número de televisores no Brasil (figura 32);
- a infra-estrutura de comunicação (figura 33);
- o uso de telegramas, ao longo de cem anos (2 ciclos)(figura 34);
- o espaço ainda existente para a produção de folha-de-flandres (figura 35);
- a projeção de produção de cimento e o erro de planejamento baseado em tendência de curto prazo (figura 36).

Quando olhamos em torno de nós, com as lentes dessa técnica, tudo o que parecia caótico revela-se impecavelmente organizado. Aliás, hoje até o caos é determinista...

Por exemplo, a descrição do insucesso no sistema financeiro mundial é perfeitamente previsível, como pode ser visto no tratamento de falências de empresas e bancos nos Estados Unidos (figuras 37 e 38).

Em conclusão, propõe-se: a criação de mecanismos institucionais de análise, providos de bancos de dados realmente poderosos, para proceder ao exame das inovações reportadas na literatura, cujo tipo e cuja intensidade de penetração revelem-se apropriados à estrutura econômica de nosso mercado. Essa iniciativa permitirá ao país o estabelecimento de política ágil de investimento tecnológico, tanto em capital quanto em recursos humanos necessários a nosso desenvolvimento. Somente assim poderíamos fazer frente aos grandes desafios que nos reservam o século XXI. Como vimos, perdendo-se uma onda de inovação, deve-se esperar meio século para participar - se o fizermos - da seguinte. As invenções da onda presente, em que vivemos, estão prontas, feitas, tendo ocorrido com o máximo de intensidade em 1968, como já mostramos. Resta-nos, assim, participar preferentemente do processo de inovação que ainda se estenderá até os anos de 2005 a 2010. Estaremos, assim, se formos atentos e decididos, participando da inevitável



onda de progresso a iniciar-se após 1995...

É triste recordar que boa centena de sistemas brasileiros investigados pelo uso da técnica que acabo de descrever revela que estamos atrasados de um Kondratiev (cinquenta e cinco anos) em relação ao mundo industrializa-do, particularmente aos Estados Unidos, atraso que se mede, por exemplo, pela comparação do panorama energético dos dois países: 41 MW, em 1940, para o potencial instalado nos Estados Unidos contra 43 MW para o Brasil, em 1985! É mesmo possível que tenhamos irremediavelmente perdido o bonde há quatro Kondratievs - i.e., a partir de 1780 -1790 - quando fracassamos na tentativa de libertarmo-nos do jugo colonial português, à época em que os Estados Unidos ascendiam a sua autodeterminação, ao mesmo tempo em que a Revolução Francesa fazia ruir o feudalismo na Europa, instaurando-se no continente a revolução industrial, demolidora de impérios caducos, como os ibéricos, que nos dominaram trezentos anos!

Tudo isso dá o que pensar e, talvez, como espero sinceramente, induza-nos à ação.

A oportunidade de falar aos dirigentes e técnicos da Secretaria de Assuntos Estratégicos permite evidentemente assumir fundadas esperanças de que esses instrumentos descritos brevemente aos senhores venham a ser utilizados para o planejamento e tratamento dos assuntos estratégicos para o desenvolvimento de nosso País.

## 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 (1977).
- 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 vettore 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).
- Mécanismes 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 universitaria Bresciana* 5(18):19-22 (1980).
- The evolution of the energy systems 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 dei 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 CO<sub>2</sub> 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 Alternativa 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. Veziroglu, N. Getoff, and P. Weinzierl (eds.). Oxford: Pergamon Press (1986).
- Automobiles: dans dix ans ce sera la saturation! *Le Temps Stratégique Printemps* 7:57-64 (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 Ap-

plied Systems Analysis (1986); and International Journal of Hydrogen Energy (forthcoming).

- Evoluzione probabile nei prossimi vent'anni del "sistema" italiano e dei principali sotto-sistemi 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 Dynamical Instabilities", organized by the Italian Physical Society, Varenna, Italy, June 24-July 4, 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 Phenomenological Analysis 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.

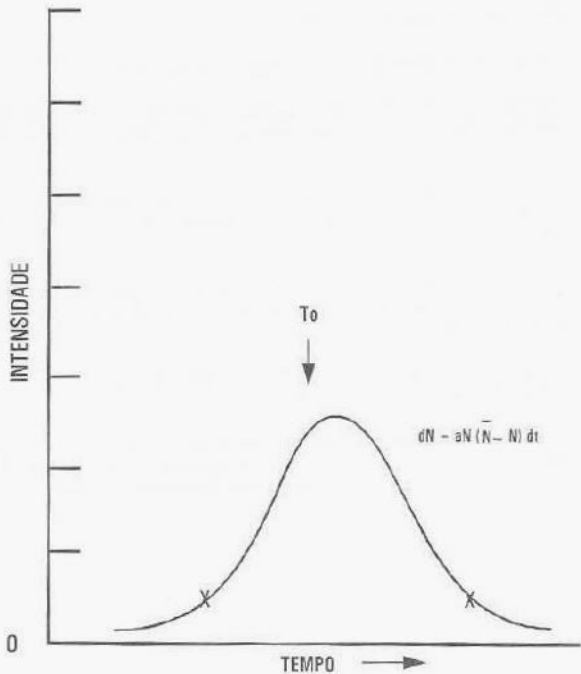


Figura 01



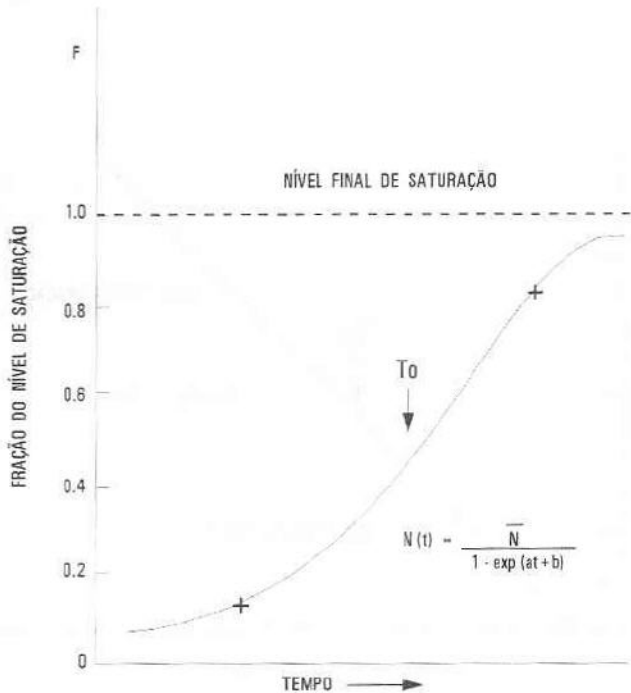


Figura 02

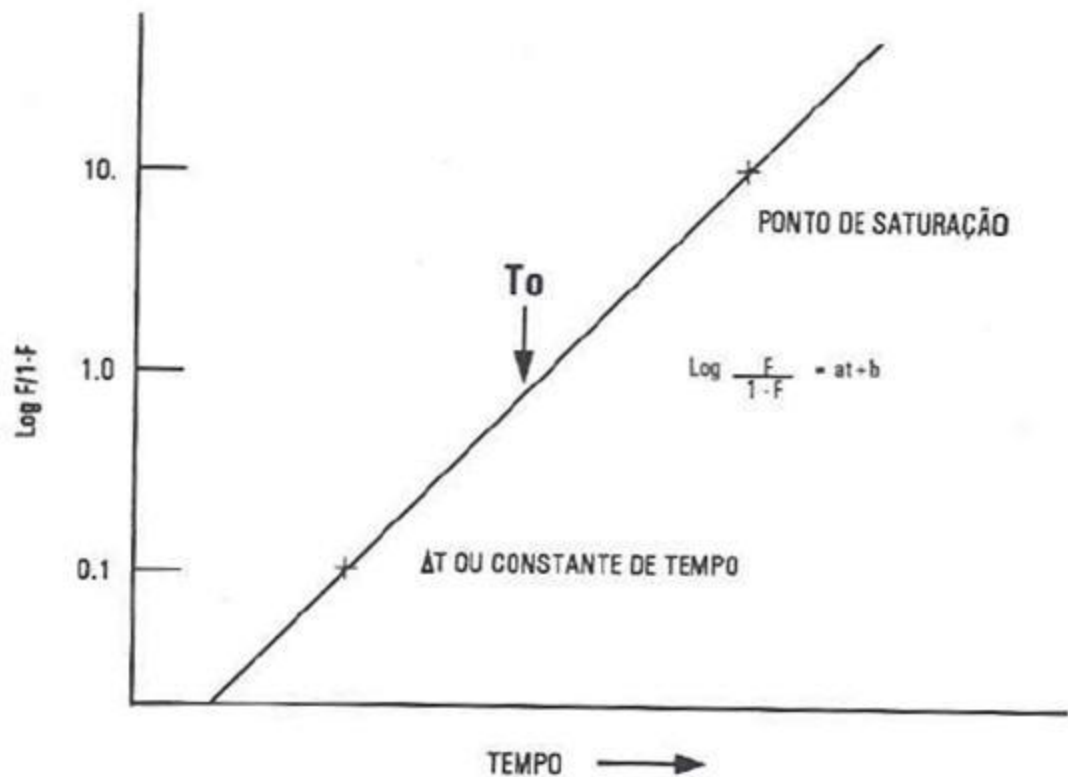


Figura 3

# A PESTE DE LONDRES (1665)

MORTES ACUMULADAS (Oficiais)

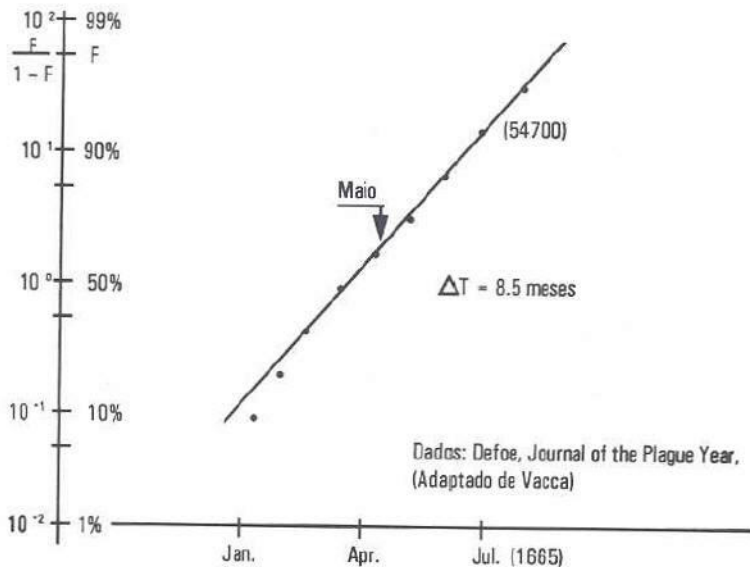
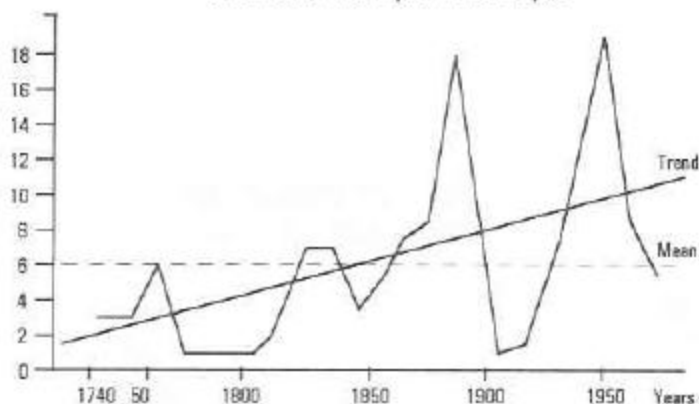


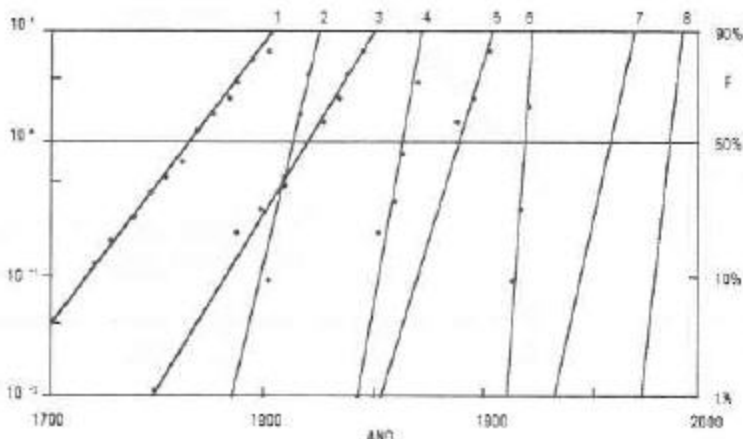
Figura 4

## ONDAS DE INOVAÇÃO E INVENÇÃO



- Frequência de inovações básicas (1740-1960). Os números citados representam grupos de 10 inovações. As inovações básicas originam indústrias pioneiras.

## TRATAMENTO LOGÍSTICO DAS ONDAS DE INOVAÇÃO E INVENÇÃO



- Invenções e inovações básicas aparecem em pulsos. Supondo-se que sejam "produtos" que respondem a uma demanda limitada, podem ser consideradas populações Malthusianas. De fato este comportamento é observado quando os dados são cumulativos. As curvas marcadas com números pares representam as inovações, e as ímpares, as invenções.

Figura 5

ONDAS DE INOVAÇÃO - CONJUNTO SECULAR

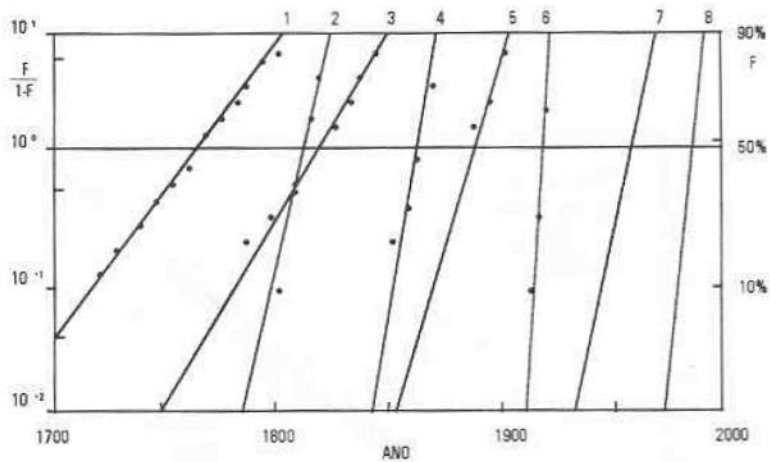


Figura 6

ONDAS DE INOVAÇÃO E O INÍCIO DE  
NOVAS FONTES DE ENERGIA

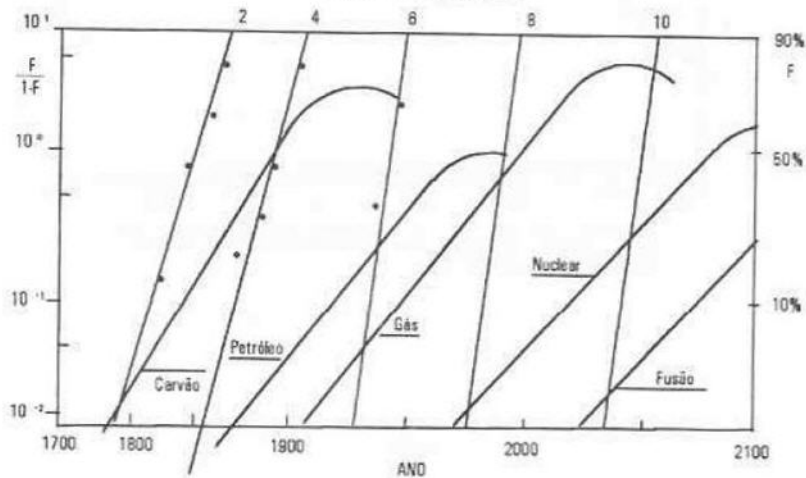


Figura 6A

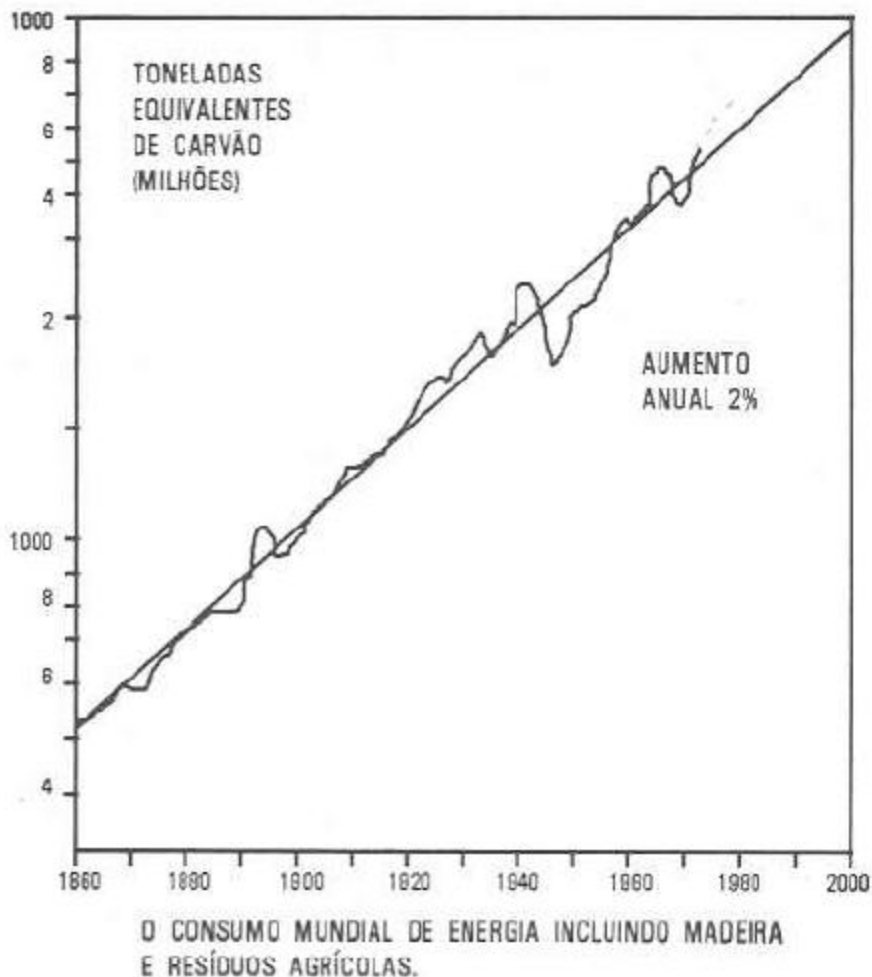


Figura 7



$10^{15}$  Btu

500

100

50

10

5

1

1880

1920

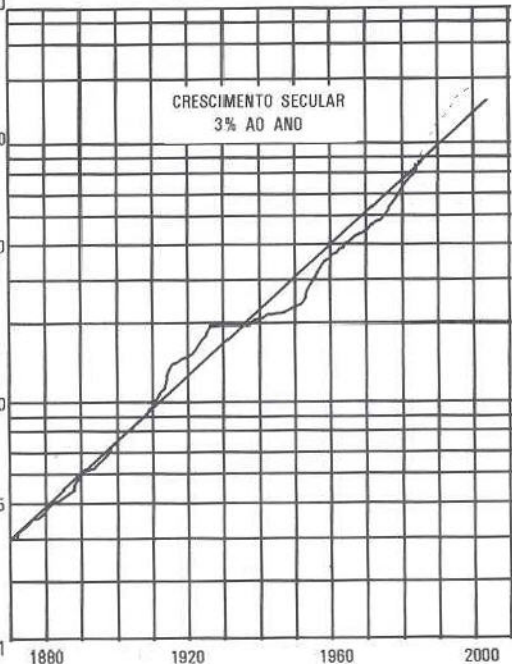
1960

2000

CRESCIMENTO SECULAR  
3% AO ANO

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA NOS  
ESTADOS UNIDOS (1870 - 1970)

Figura 7A



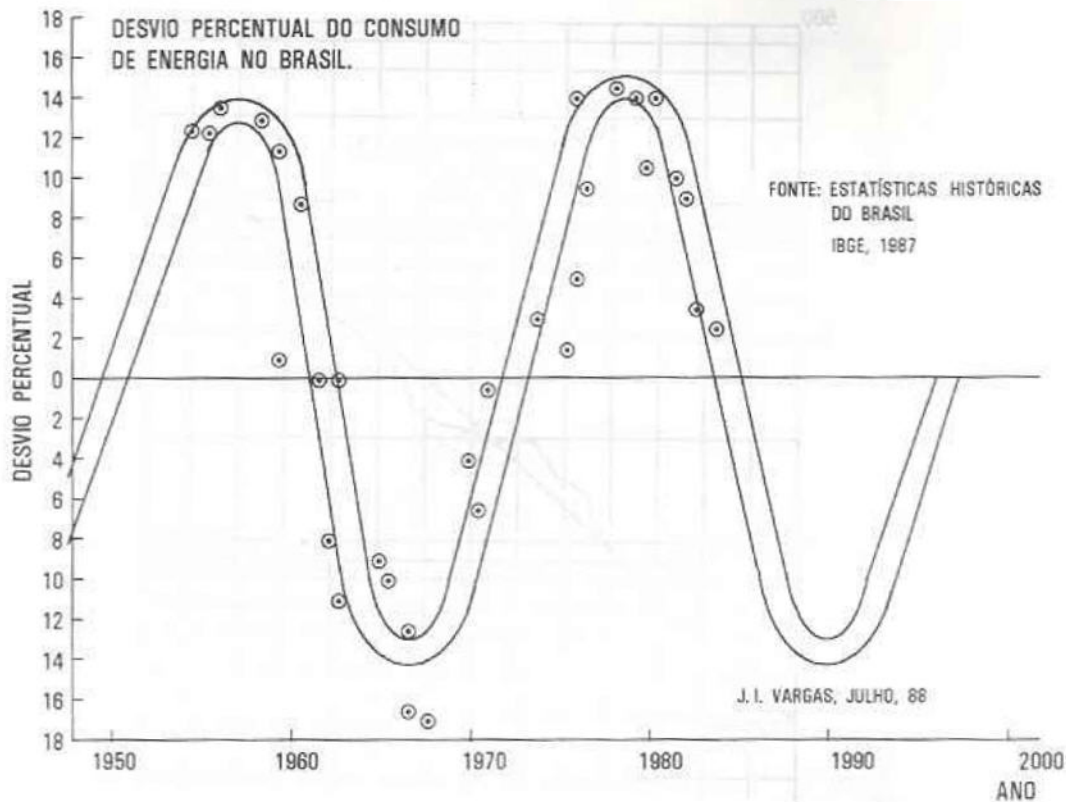
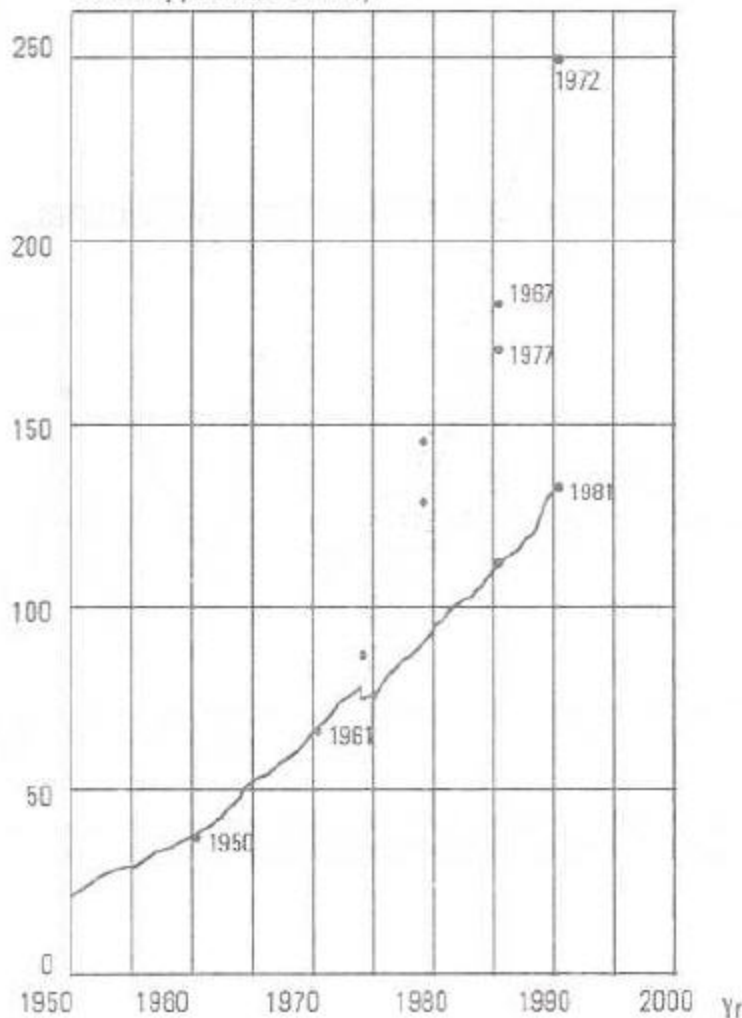


Figura 7B

Electricity production. TWH/yr

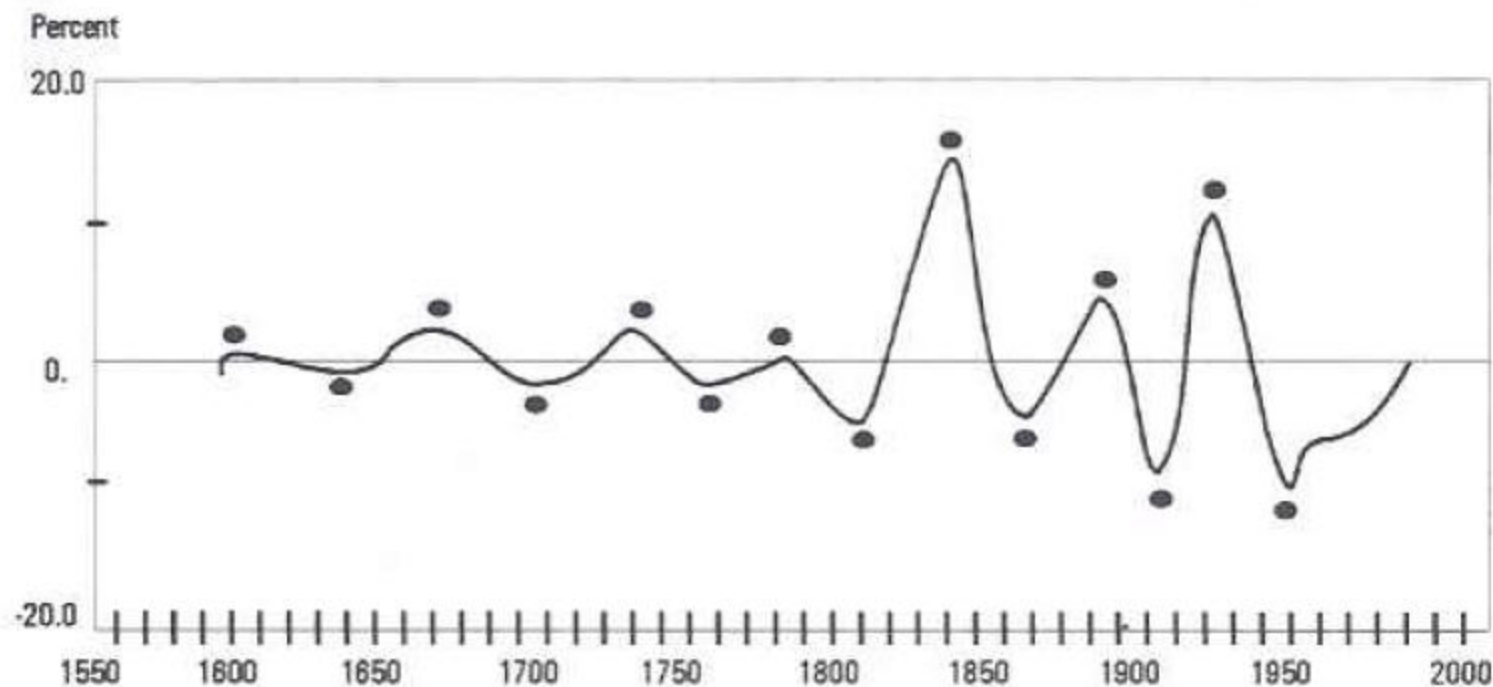


Official electricity demand forecasts for Sweden.

The years shown on the graph are the years the forecasts were made.

Figura 7C

## A PERIODIC OSCILLATION RECORDED OVER FIVE CENTURIES



The U.K. Wholesale Price Index smoothed over a rolling 25-year period with respect to a 50-year moving average. This procedure washes out small fluctuations and reveals a wave. The periodicity turns out to be 55.5 years.\*

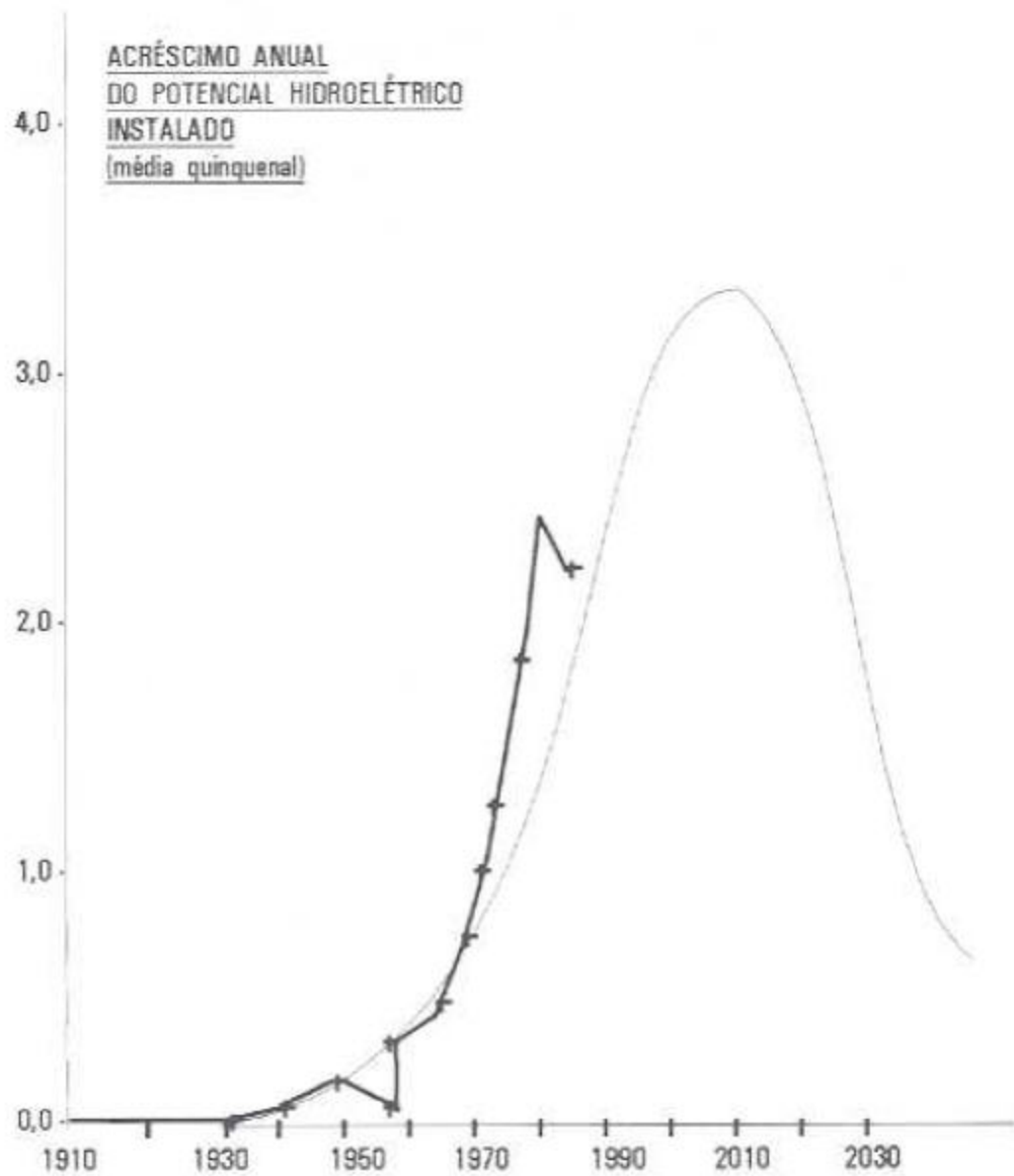


Figura 7E

# TRATAMENTO LOGÍSTICO DO POTENCIAL TOTAL INSTAL. E. ELÉTRICA - MW 1940/91

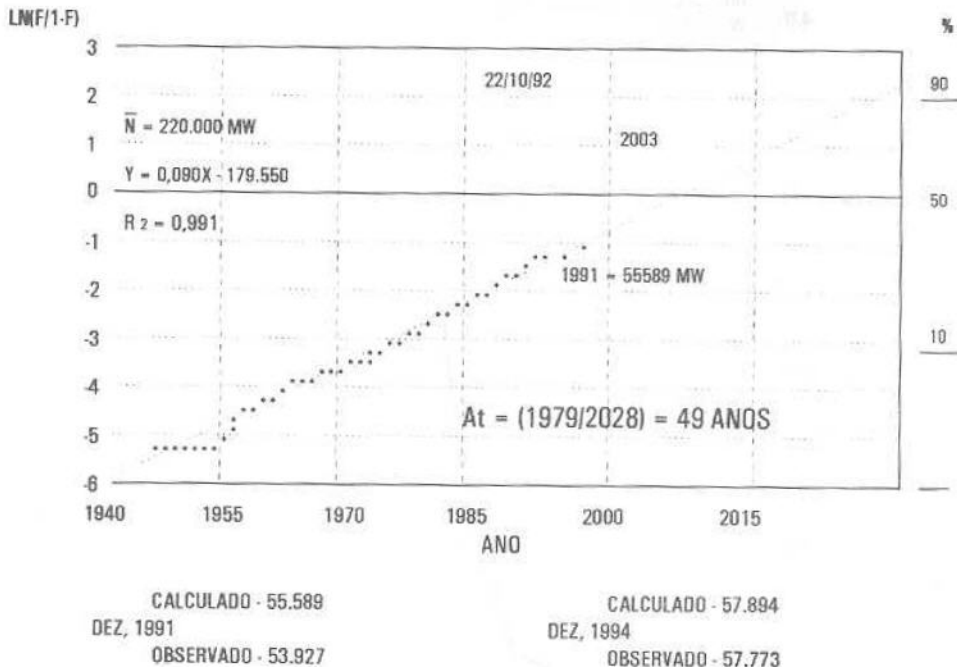


Figura 7F

# PERCENTAGEM DO USO DE LONGO TERMO DE ENERGIA NOS E. UNIDOS

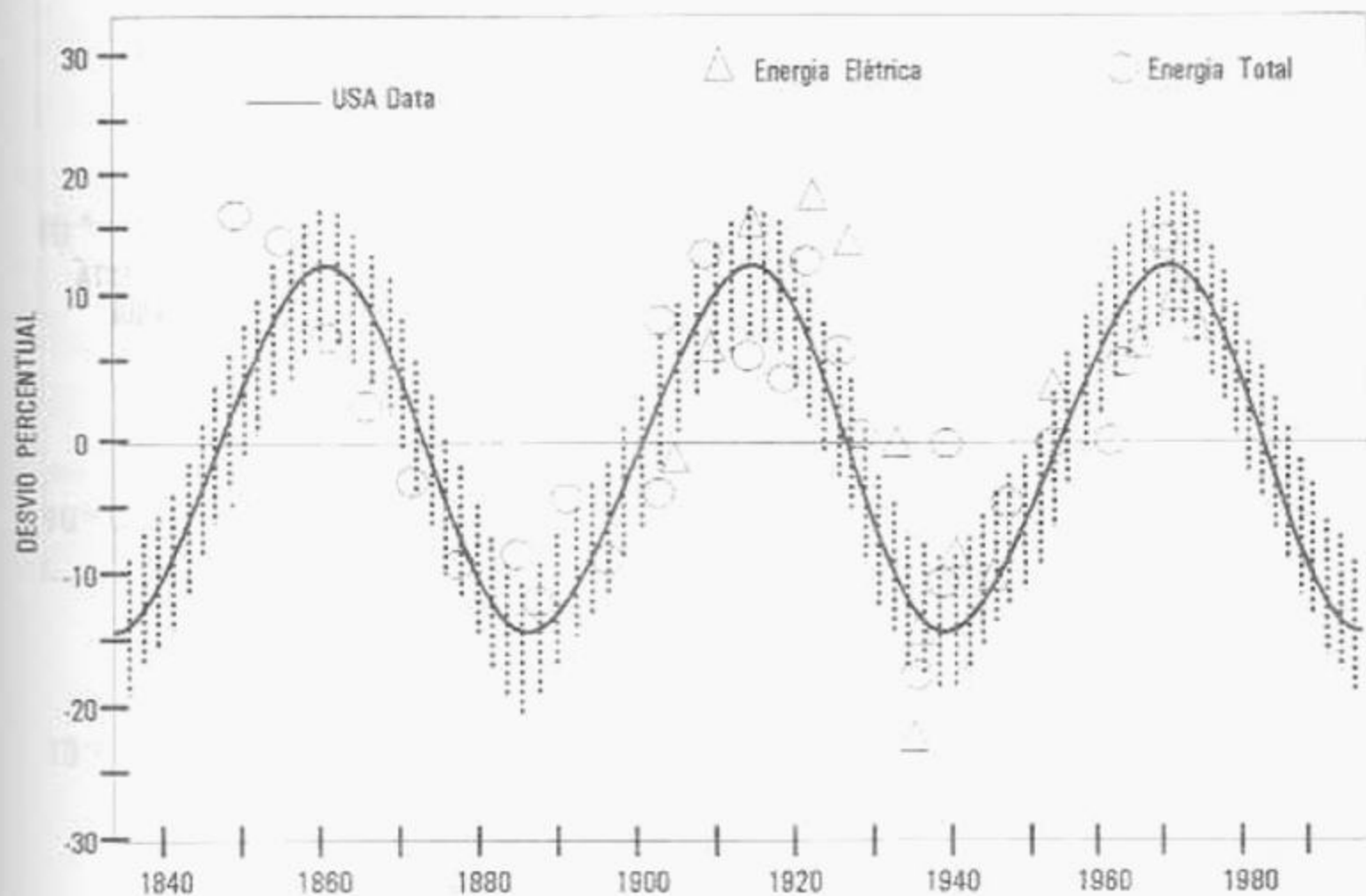


Figura 8

# OCORRÊNCIA DE MÁXIMOS DE INVENÇÃO E INOVAÇÕES SOBRE O INDICADOR ENERGÉTICO

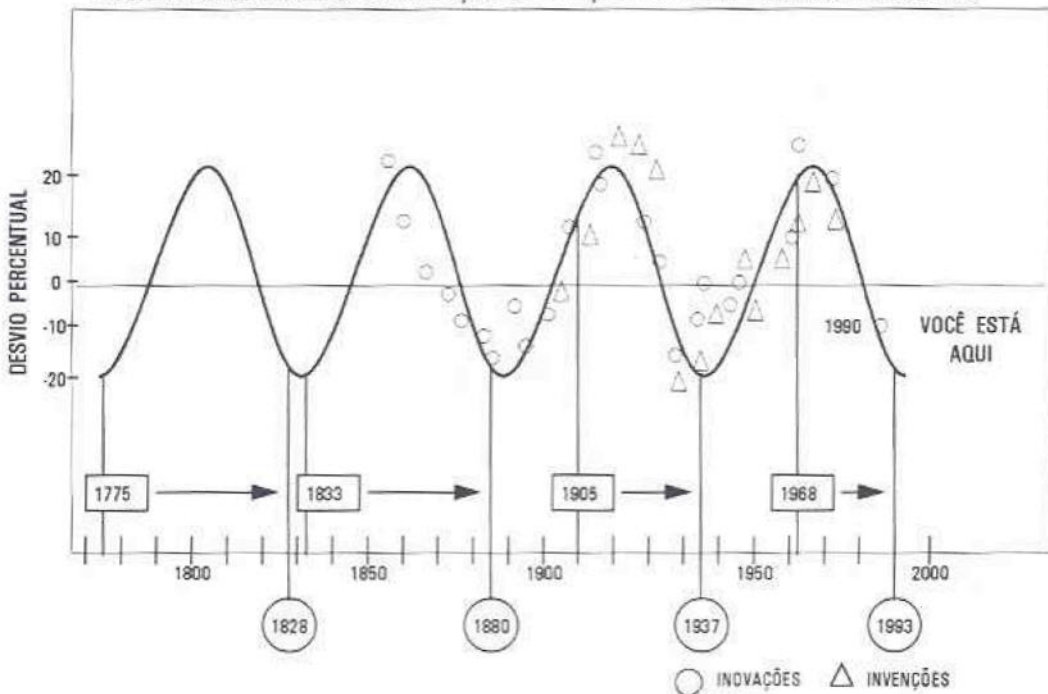


Figura 9



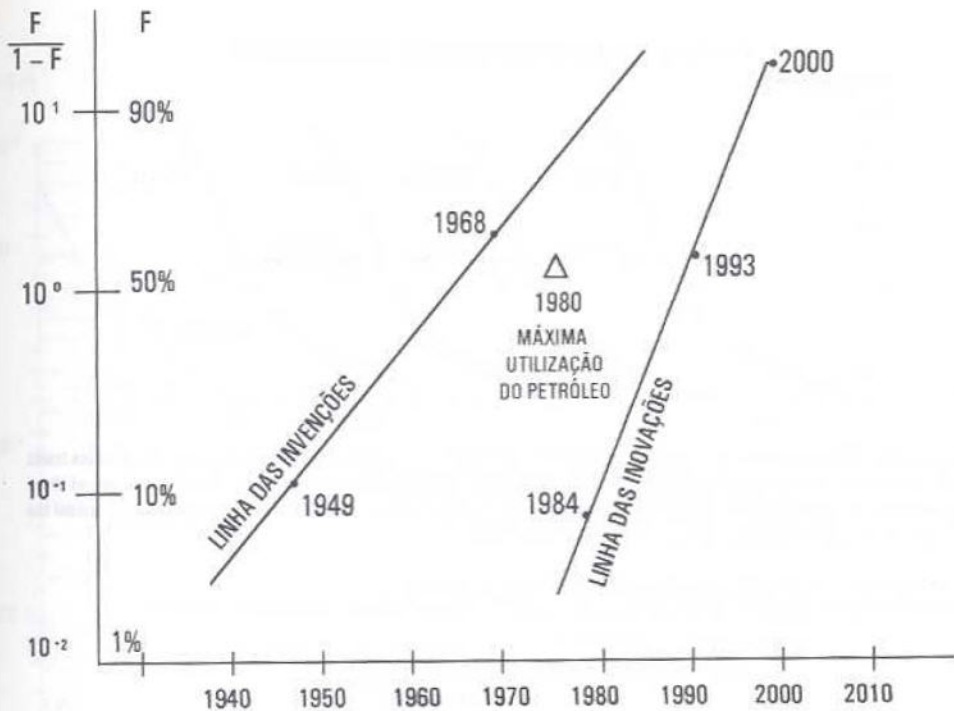


Figura 9A

# AN ORDERLY PARADE OF U.S. TRANSPORT INFRASTRUCTURES

Percentage of ceiling

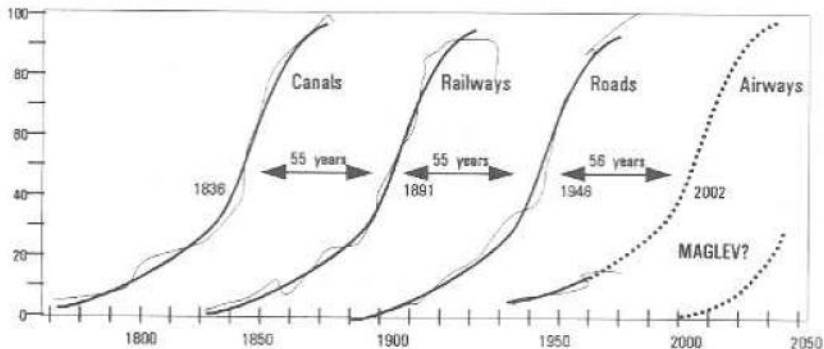


Figure 10 The growth in length of each infrastructure is expressed ..... percentage of its final ceiling. The absolute levels of these ceilings in miles are quite different (see text). For airways the ceiling has been estimated. The percent levels of these growth processes are regularly spaced 55 to 56 years. A future infrastructure (called Maglev) may start sometime around the ... the century, but its halfway point should be rather close to 2058.\*

\* Adapted from a graph by Arnulf Grubler in *The Rise and Fall Of Transport Infrastructure*

(Heidelberg: Physica-Verlag, 1990), excluding the lines labeled "airways" and "Maglev?." Reprinted by permission of the publisher.

| Infrastructure | Ceiling (total mileage)       |
|----------------|-------------------------------|
| Canals         | 4,000 miles                   |
| Railways       | 300,000 miles                 |
| Roads          | 3,4 million miles             |
| Airways        | 3,2 million miles (estimated) |

# USA - SUBSTITUTION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURES

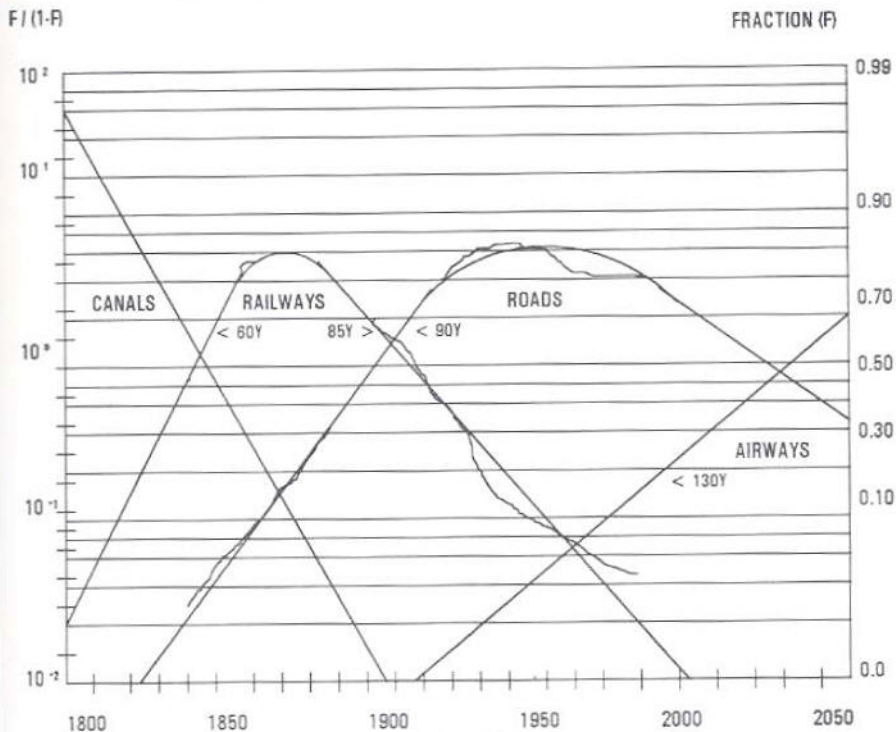
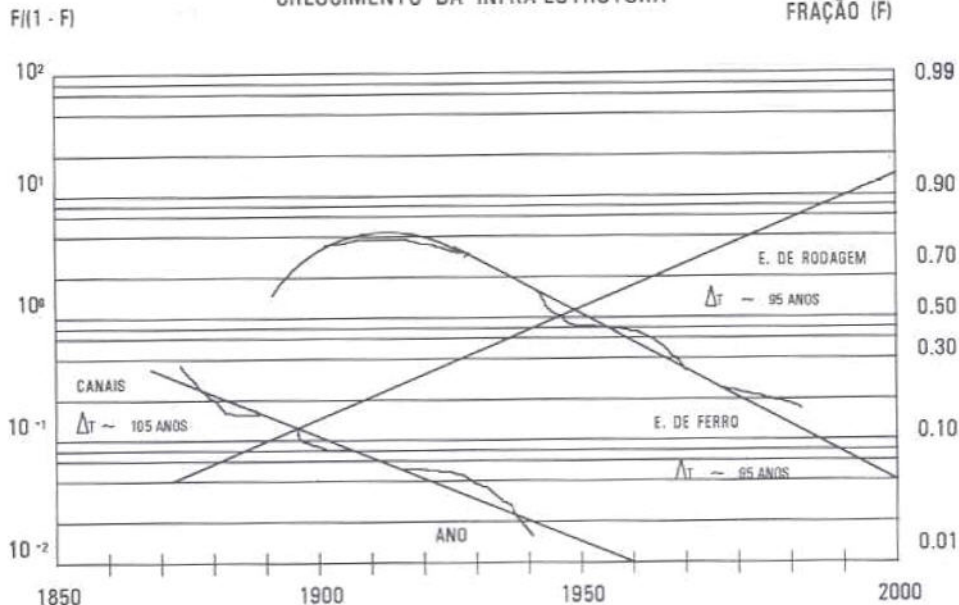


Figura 10A

# UNIÃO SOVIÉTICA: CRESCEMENTO DA INFRA-ESTRUTURA



R. GRUEBLER. 1937

Figura 10B

# SUBSTITUIÇÃO DE ENERGIA PRIMÁRIA A NÍVEL MUNDIAL

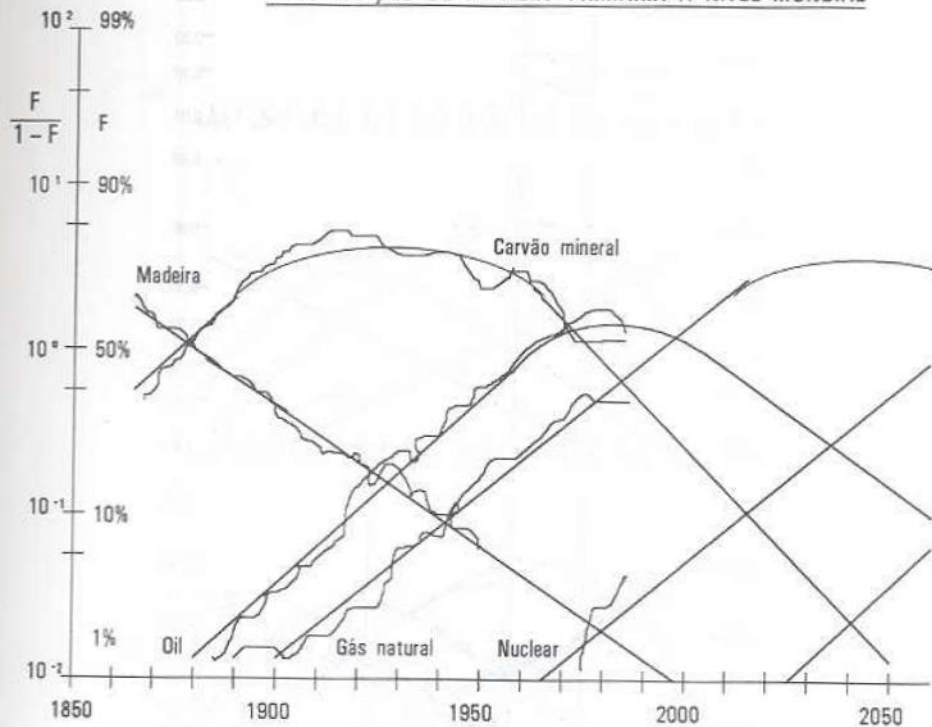


Figura 11

N. Nakicenovic, IIASA, 1984

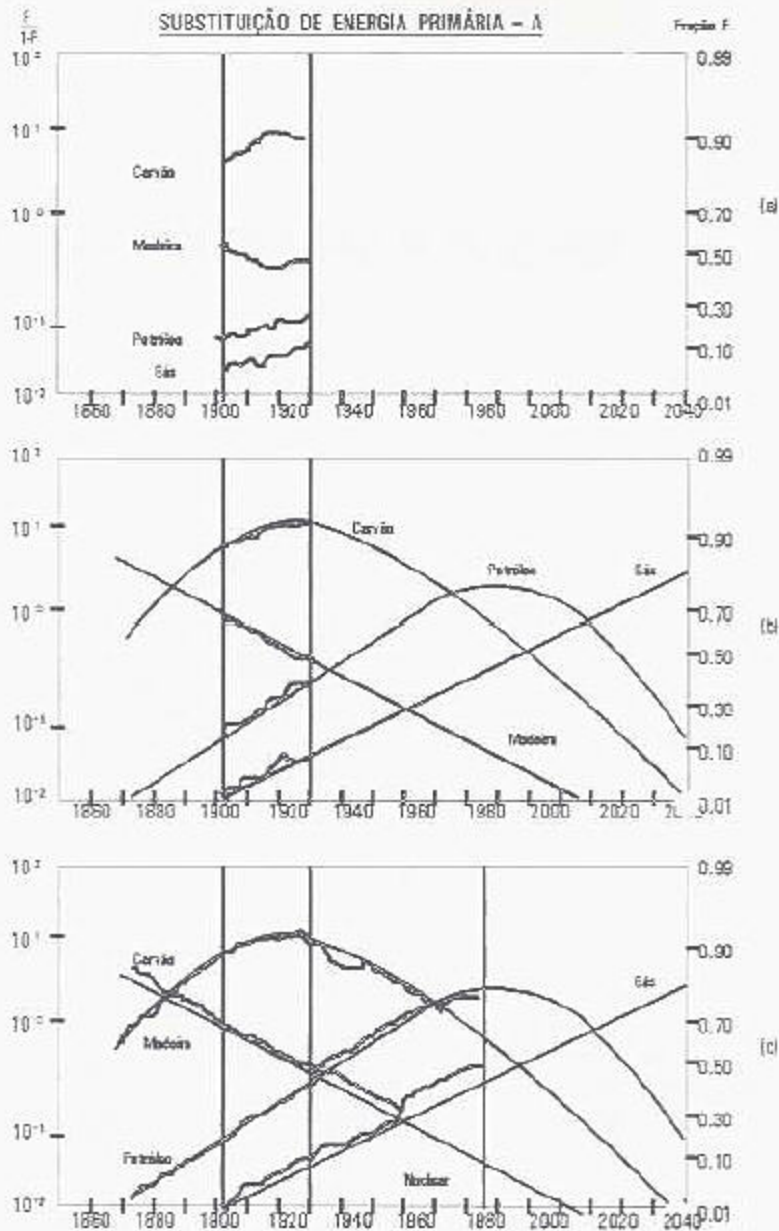


Figura 11A

# SUBSTITUIÇÃO DA ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL

(Evolução do consumo por fonte)

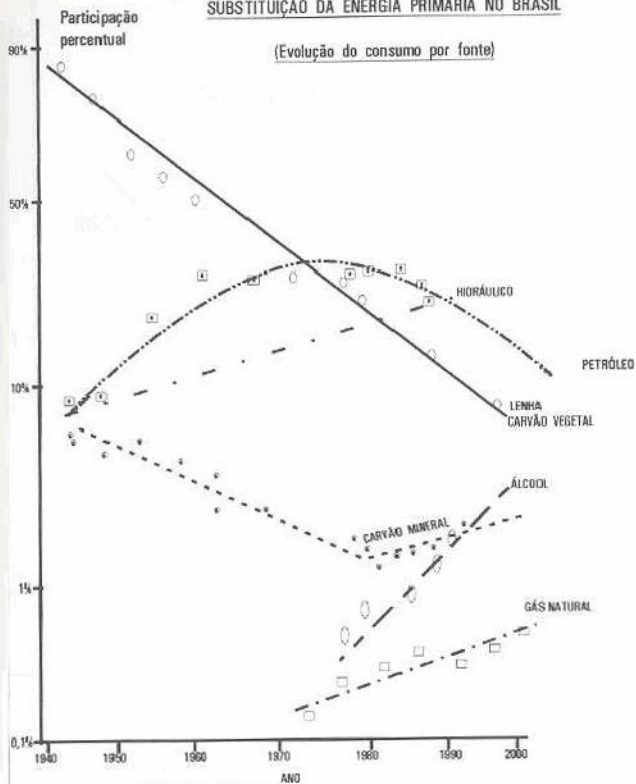


Figura 12

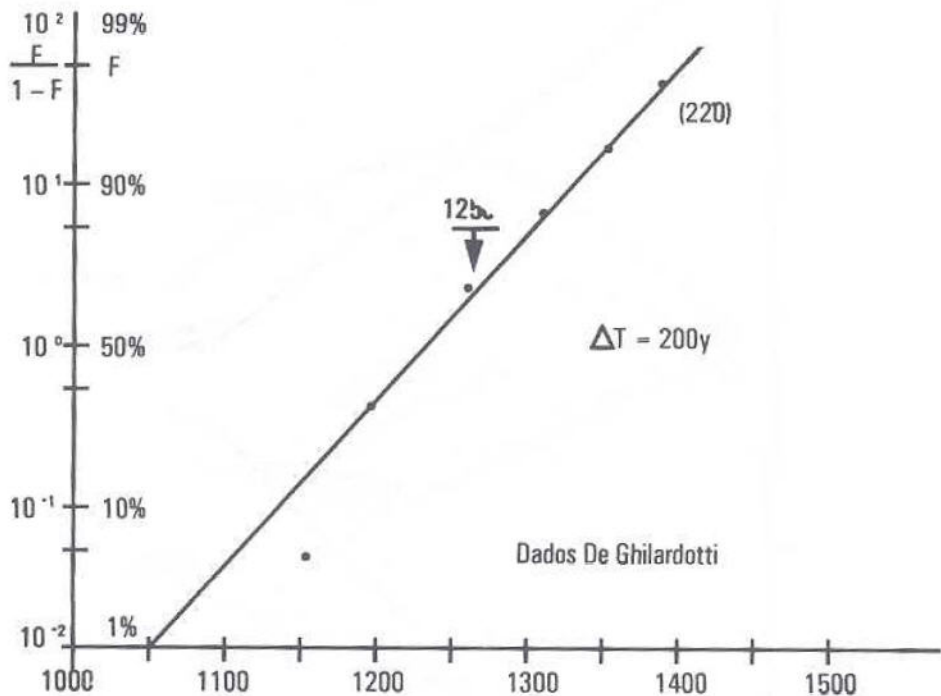


Figura 13



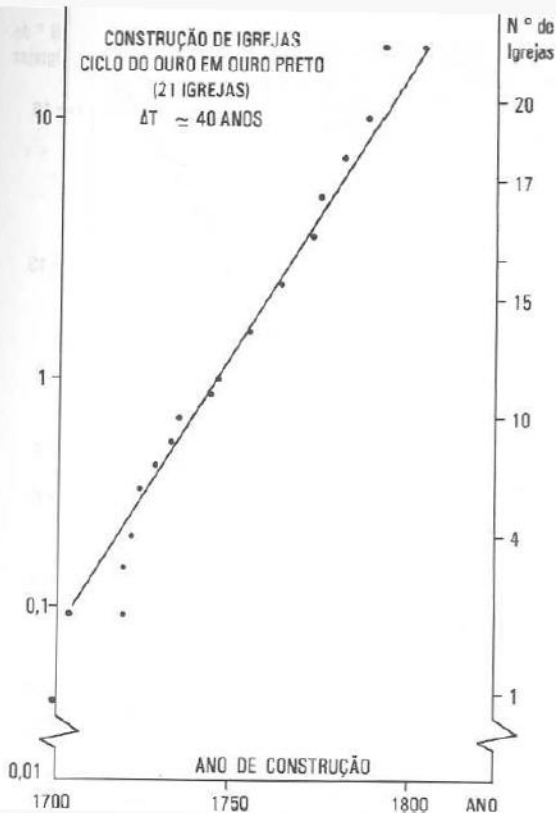


Figura 14

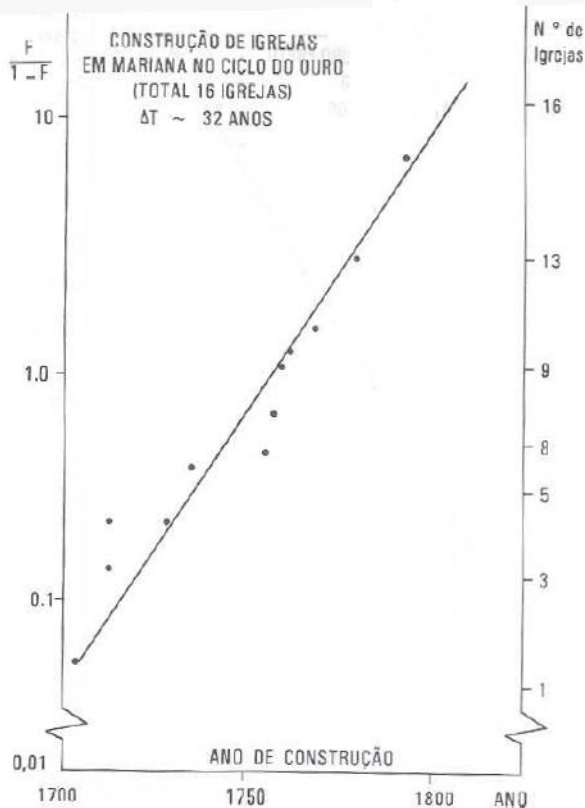


Figura 15

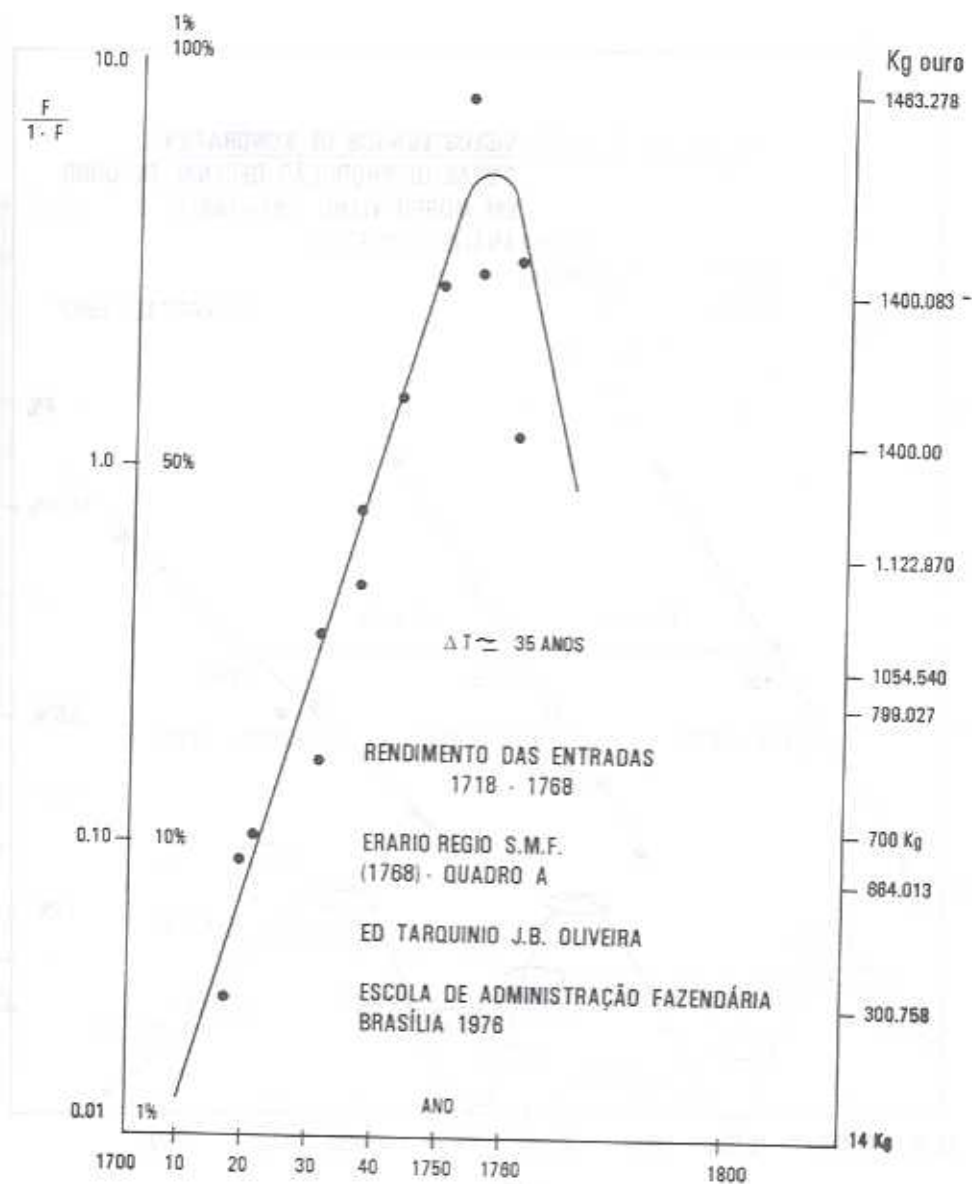


Figura 16

CICLOS LONGOS DE KONDRATIEV  
ONDAS DE PRODUÇÃO DECENAL DE OURO  
EM MORRO VELHO (1834-1991):  
ANÁLISE LOGÍSTICA

J.I. VARGAS. 1992

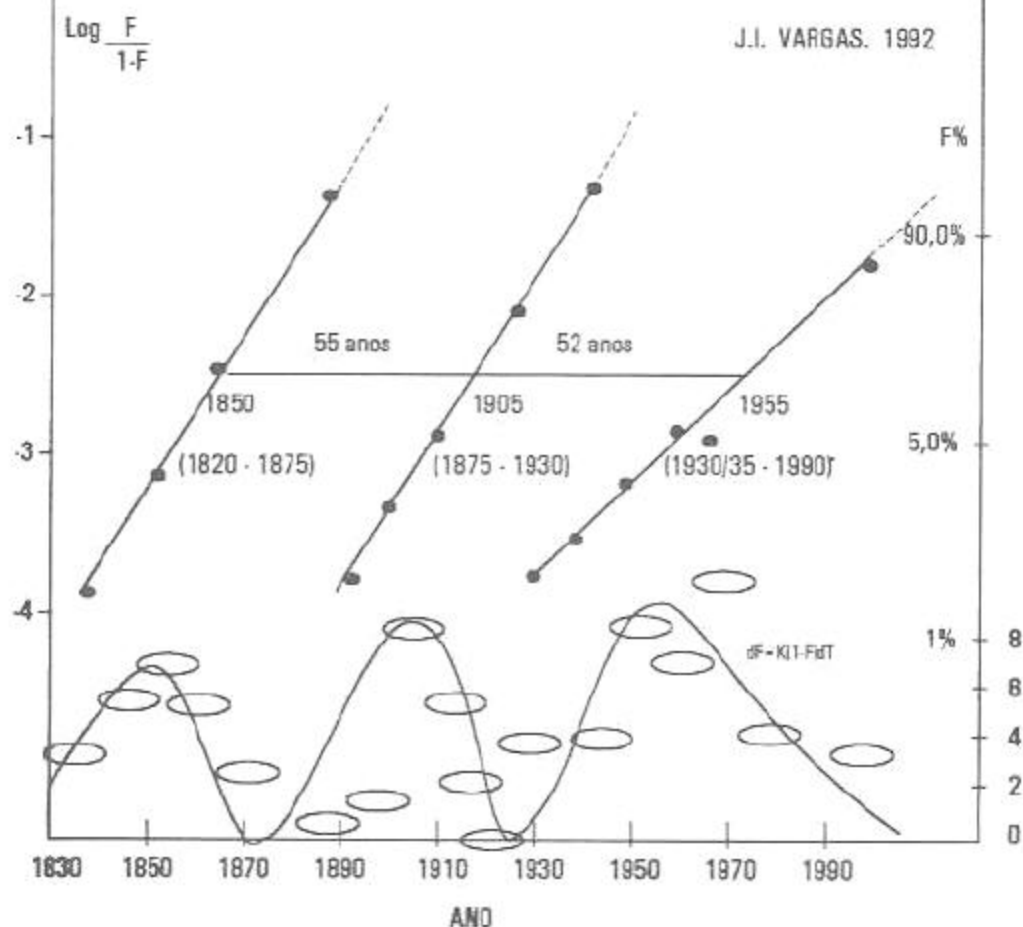
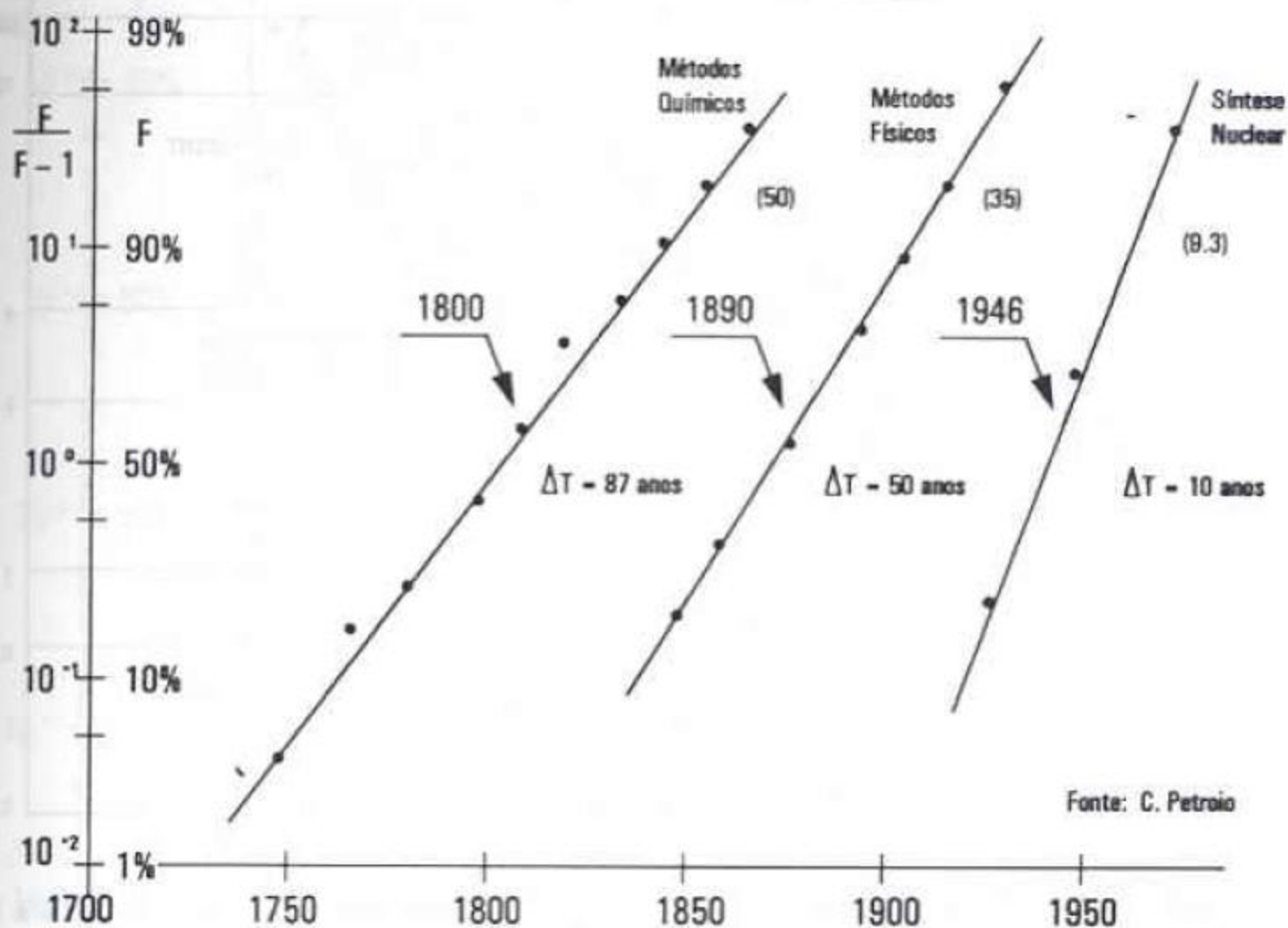


Figura 16A.

# DESCOBERTA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

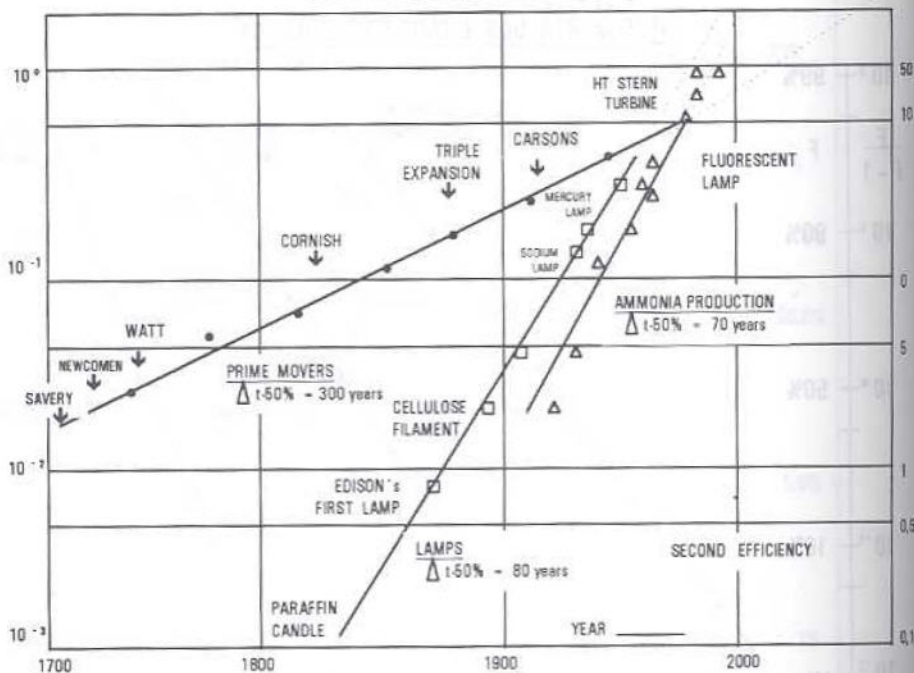


Fonte: C. Petroio

C. Marchetti - IASA

Figura 17

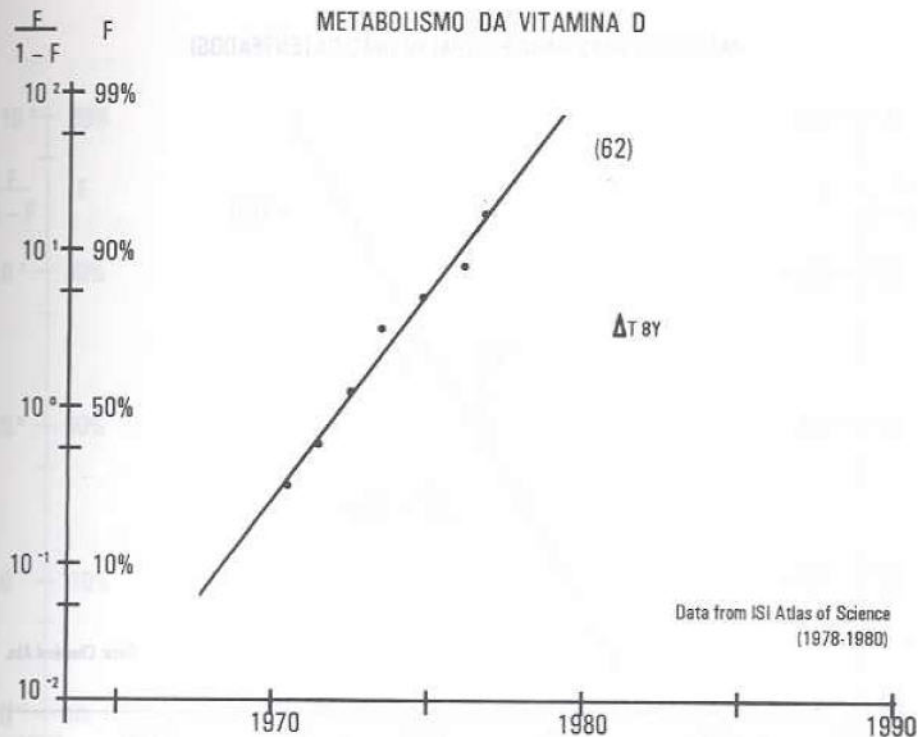
# EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EFICIÊNCIA



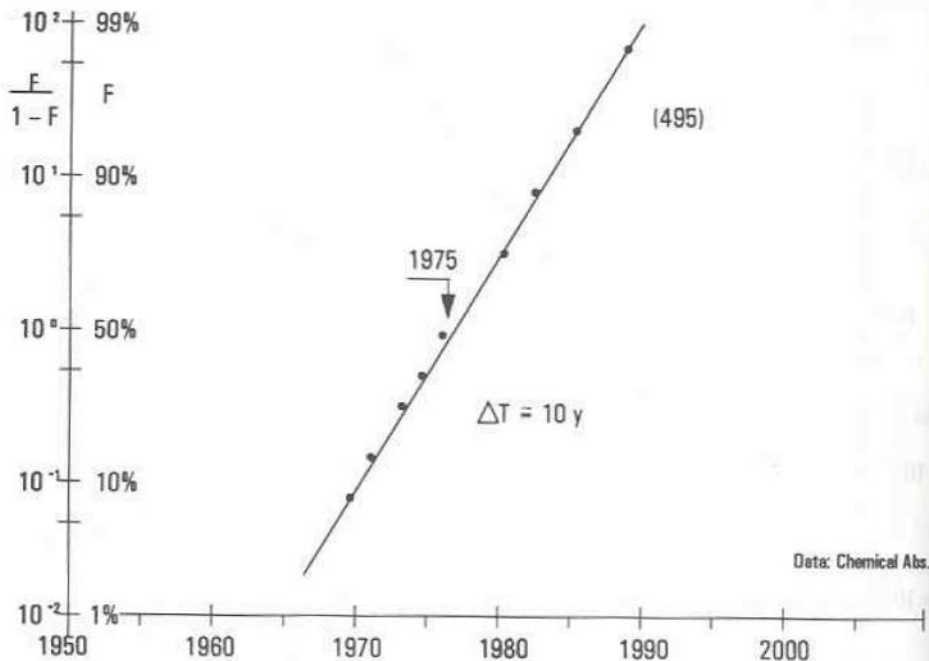
EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA EFICIÊNCIA DE 3 TECNOLOGIAS  $\Delta T$  É O TEMPO PARA A EFICIÊNCIA IR DE 1% A 50%

Figura 18

# METABOLISMO DA VITAMINA D



# ÍMÃS DE TERRAS RARA E COBALTO (NÃO PATENTEADOS)

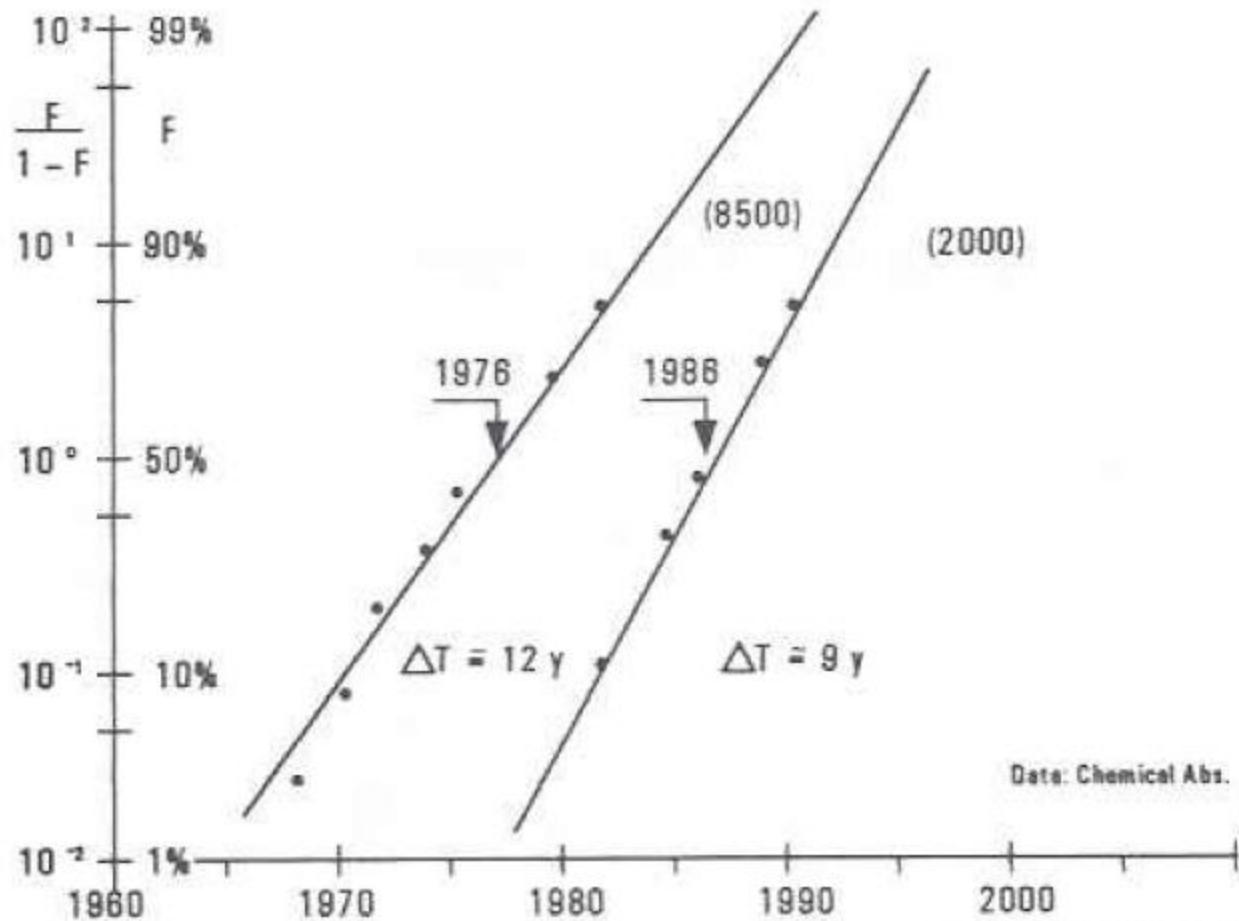


C. Marchetti - IIASA, 1990

Figura 20



# PVC - (SEM PATENTES)

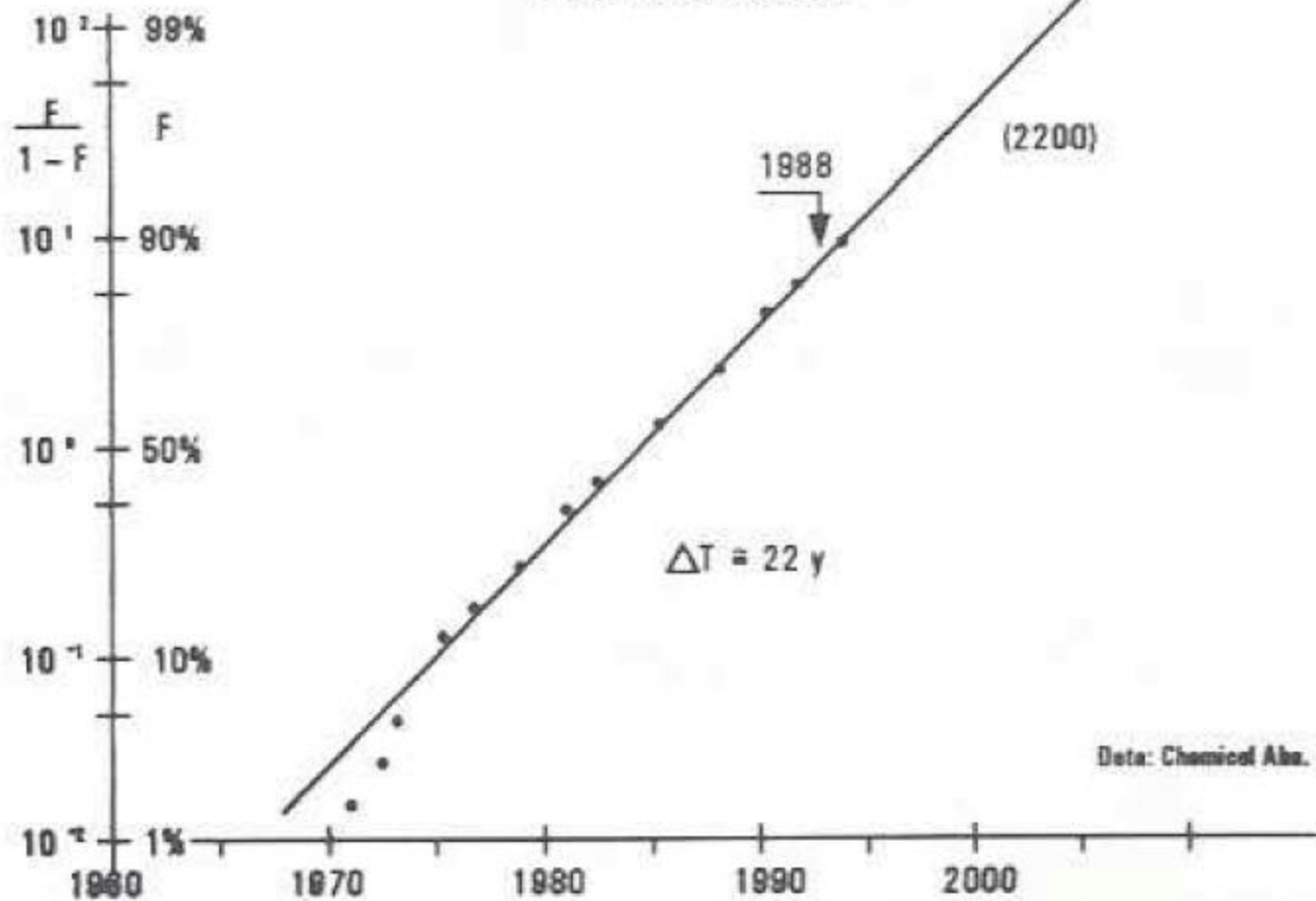


Data: Chemical Abs.

C. Marchetti - IIASA, 1991

Figura 21

# PVC · PATENTEADOS



Data: Chemical Abs.

C. Marchetti · IIASA, 1991

Figura 21A

# TRABALHOS SOBRE O CO<sub>2</sub> E O CLIMA (Número)

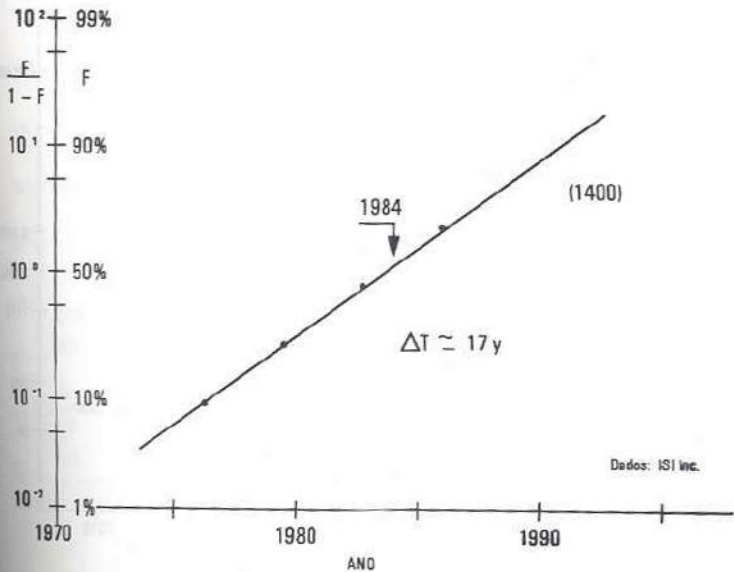


Figura 22

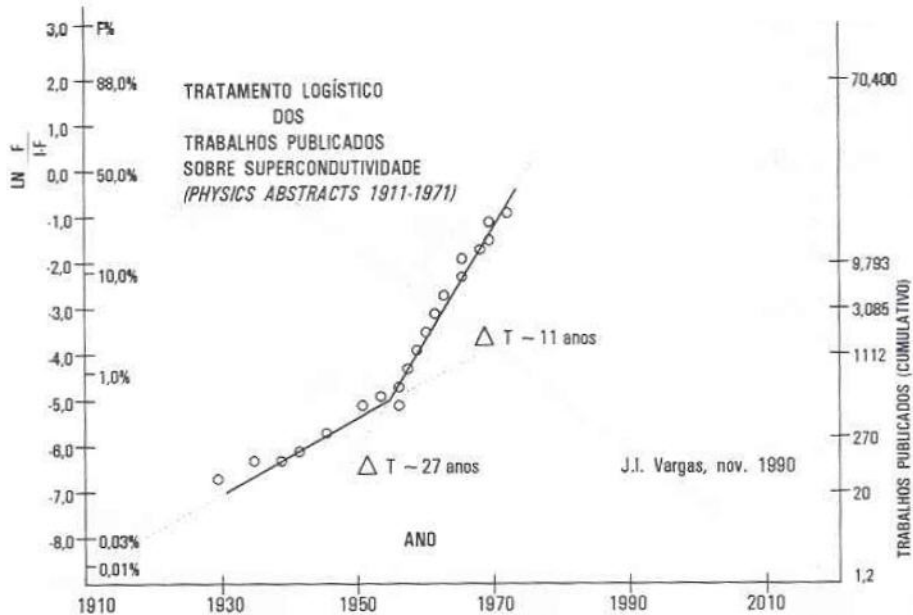


Figura 23

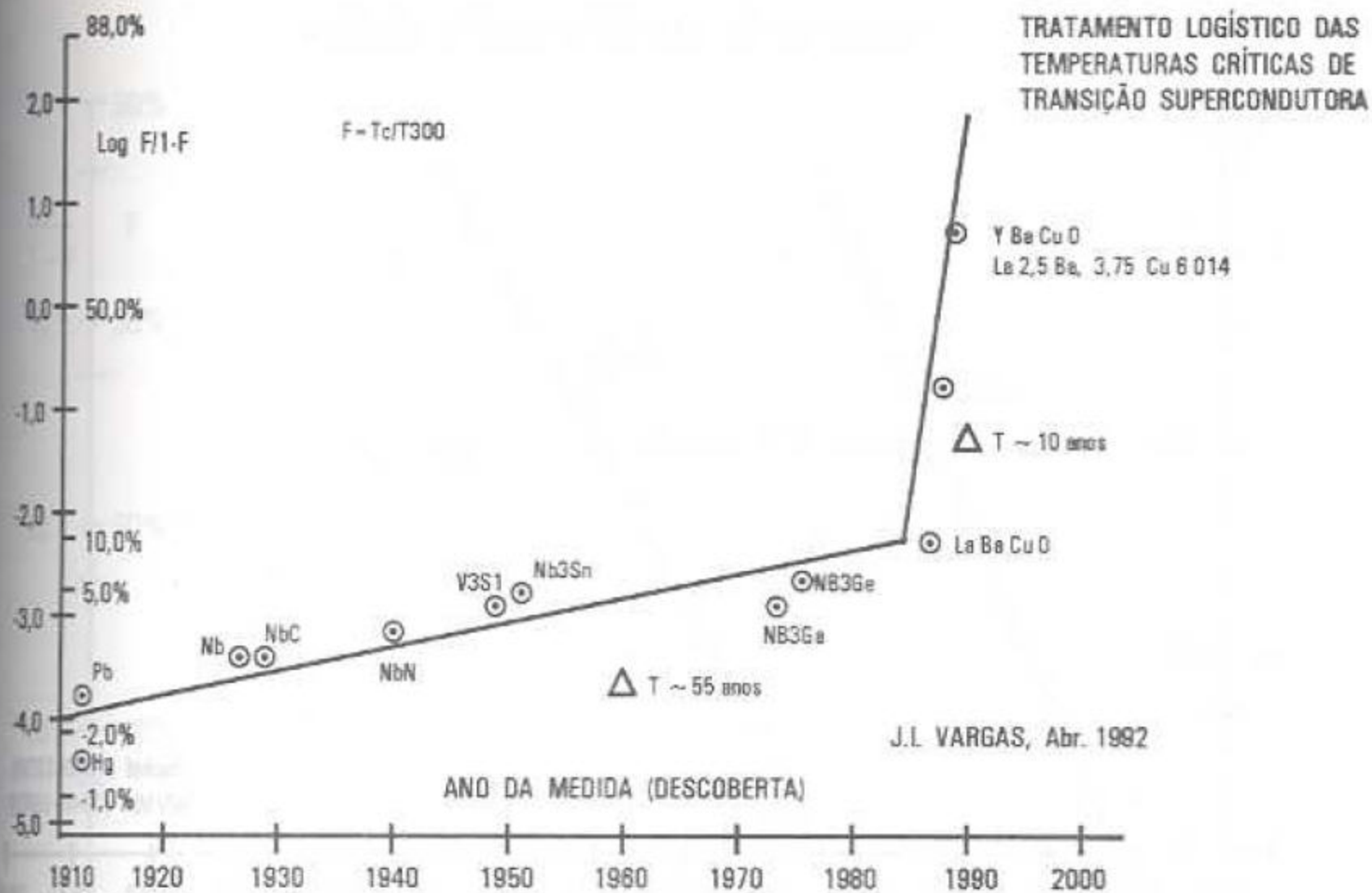


Figura 24

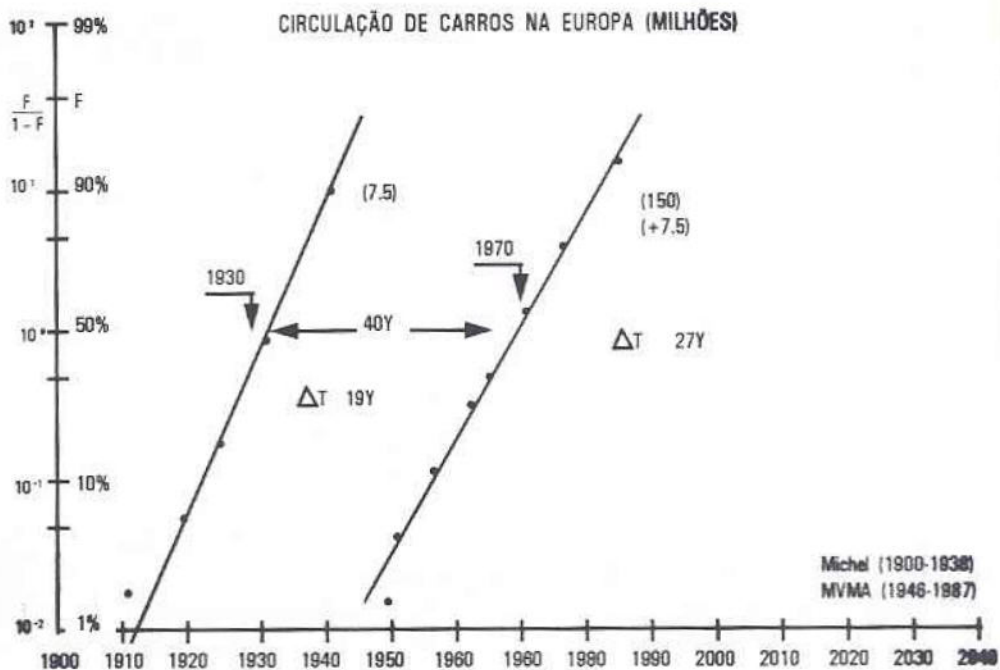


Figura 25

# CARROS NOS ESTADOS UNIDOS (Milhões)

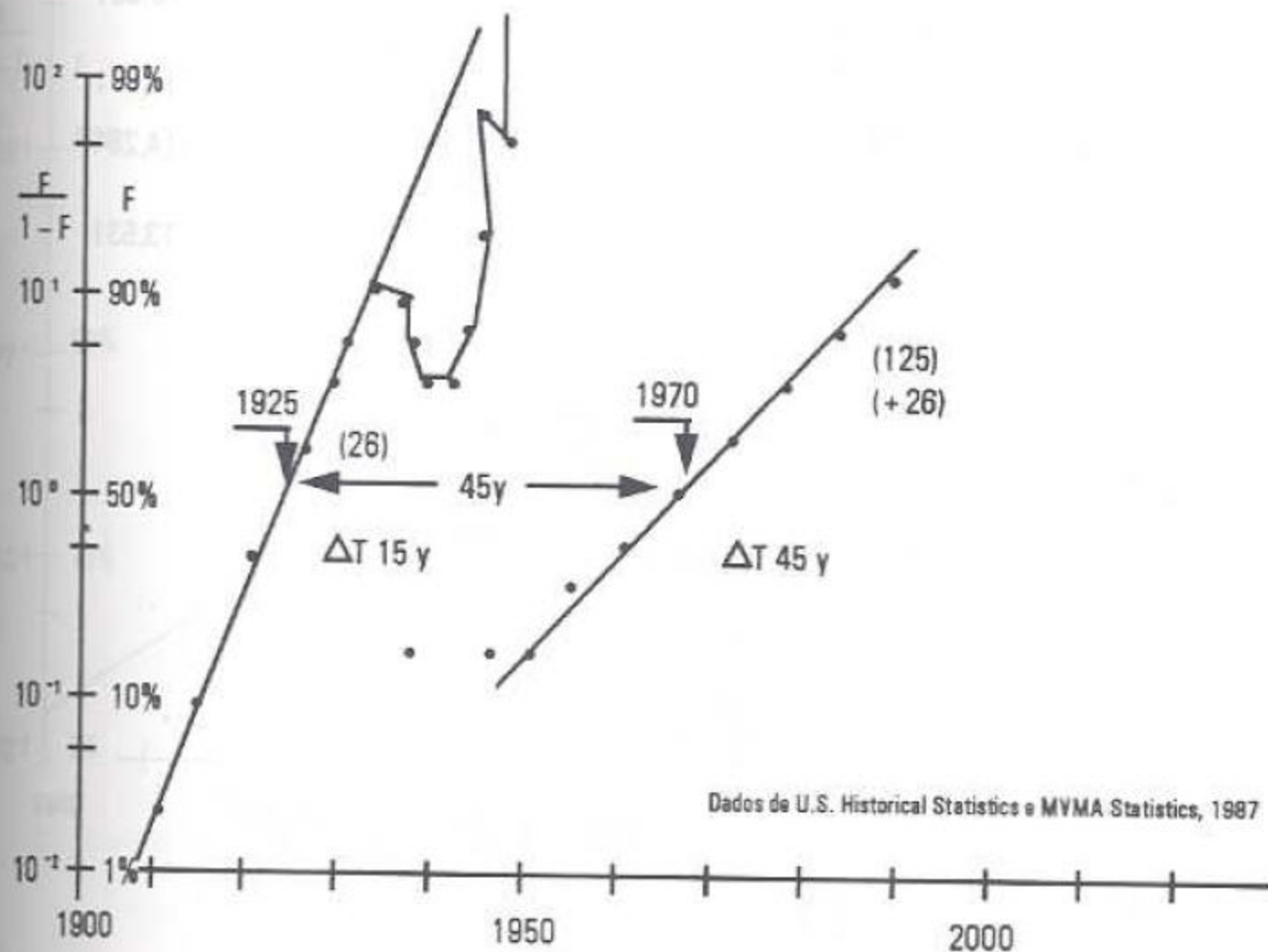


Figura 26

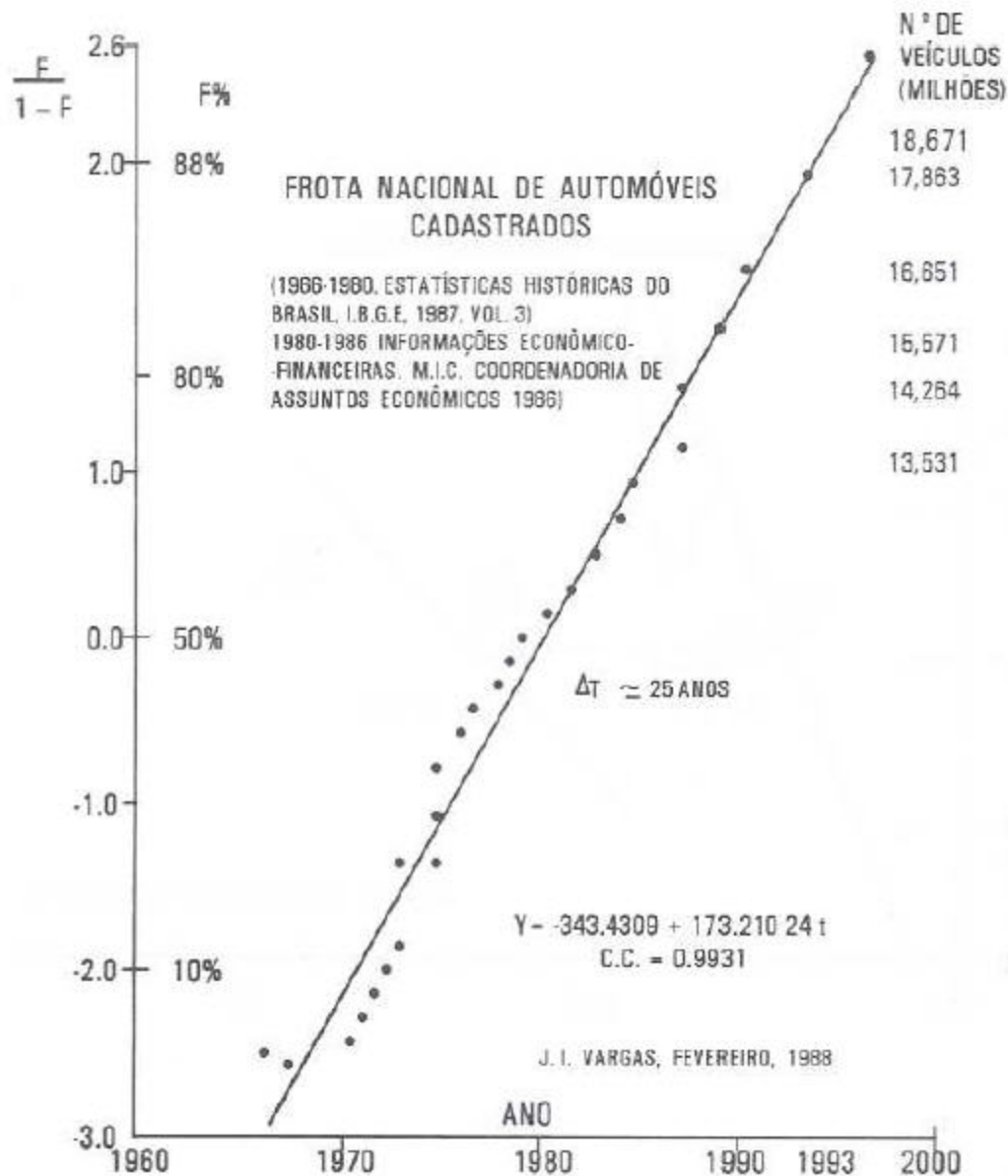


Figura 26A



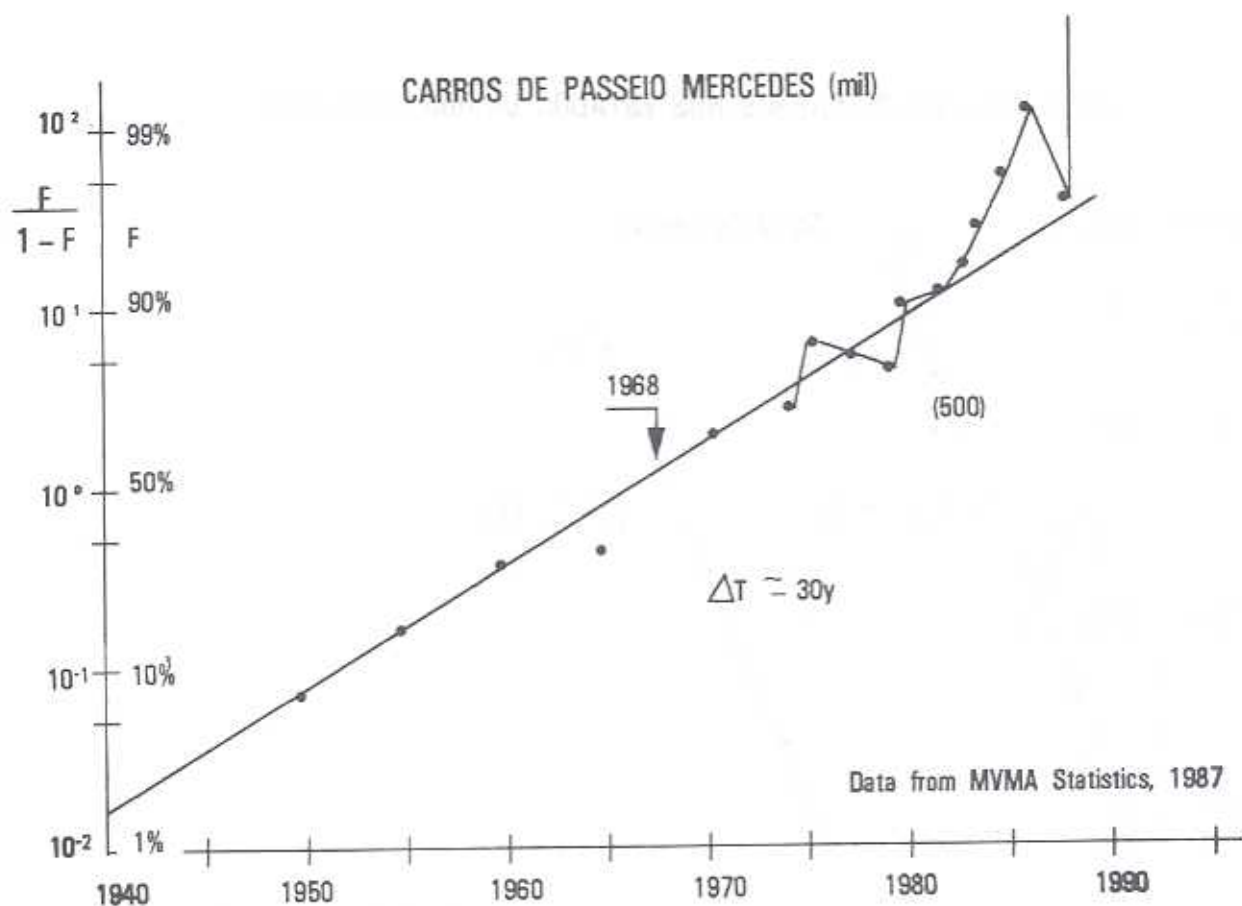
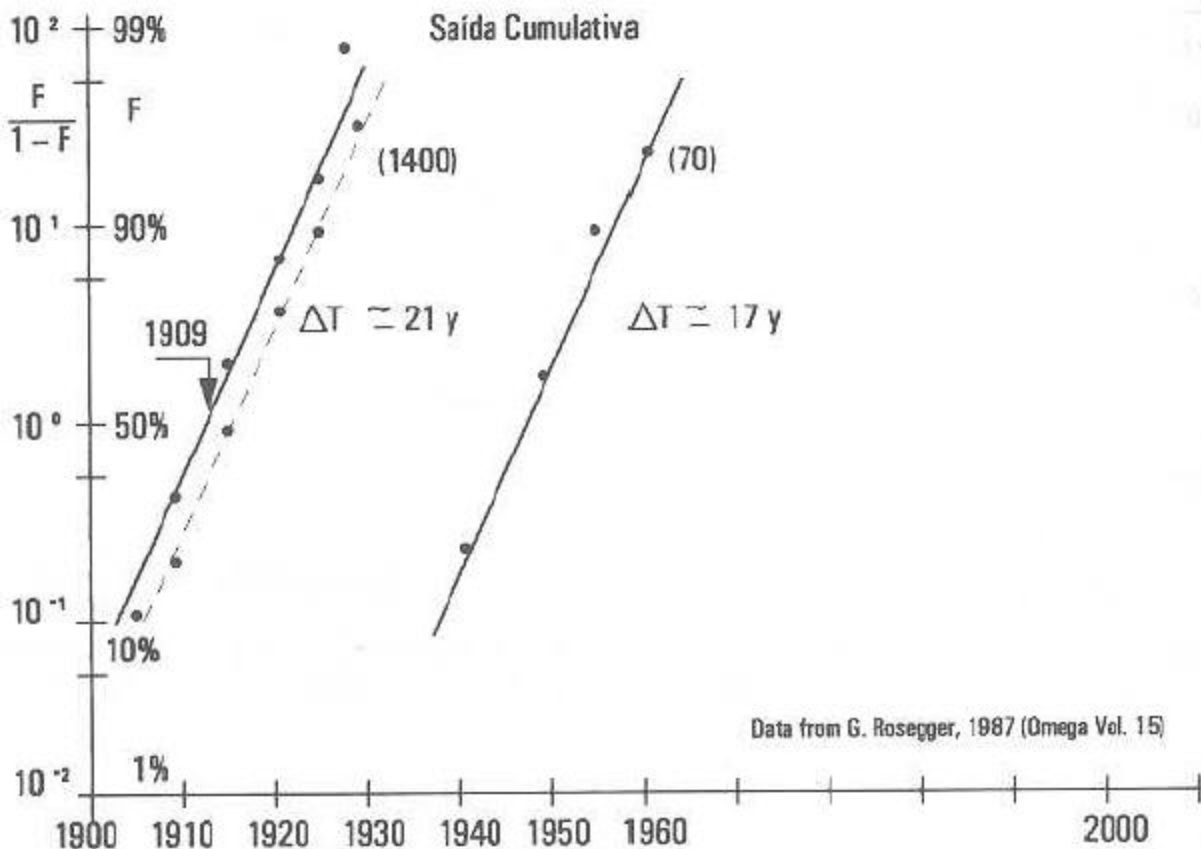


Figura 27

# NOVAS MARCAS DE CARROS NOS ESTADOS UNIDOS (Cumulativa)



C. Marchetti, IIASA, 1987

# POPULAÇÃO DE NOVOS FABRICANTES DE COMPUTADORES

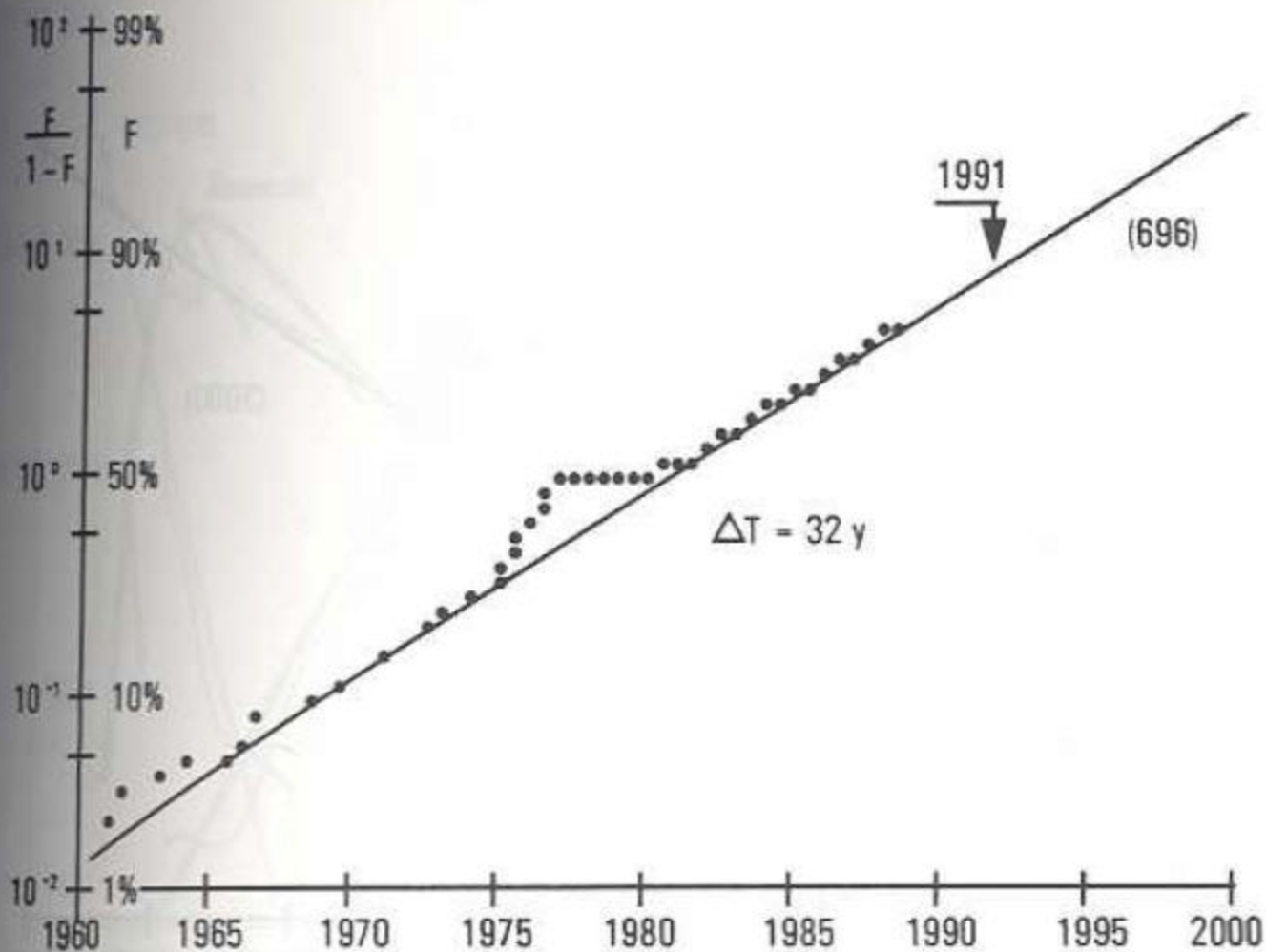


Figura 29

# INOVAÇÃO INDUSTRIAL - NOVOS MODELOS DE COMPUTADORES (Dados Fabricantes)

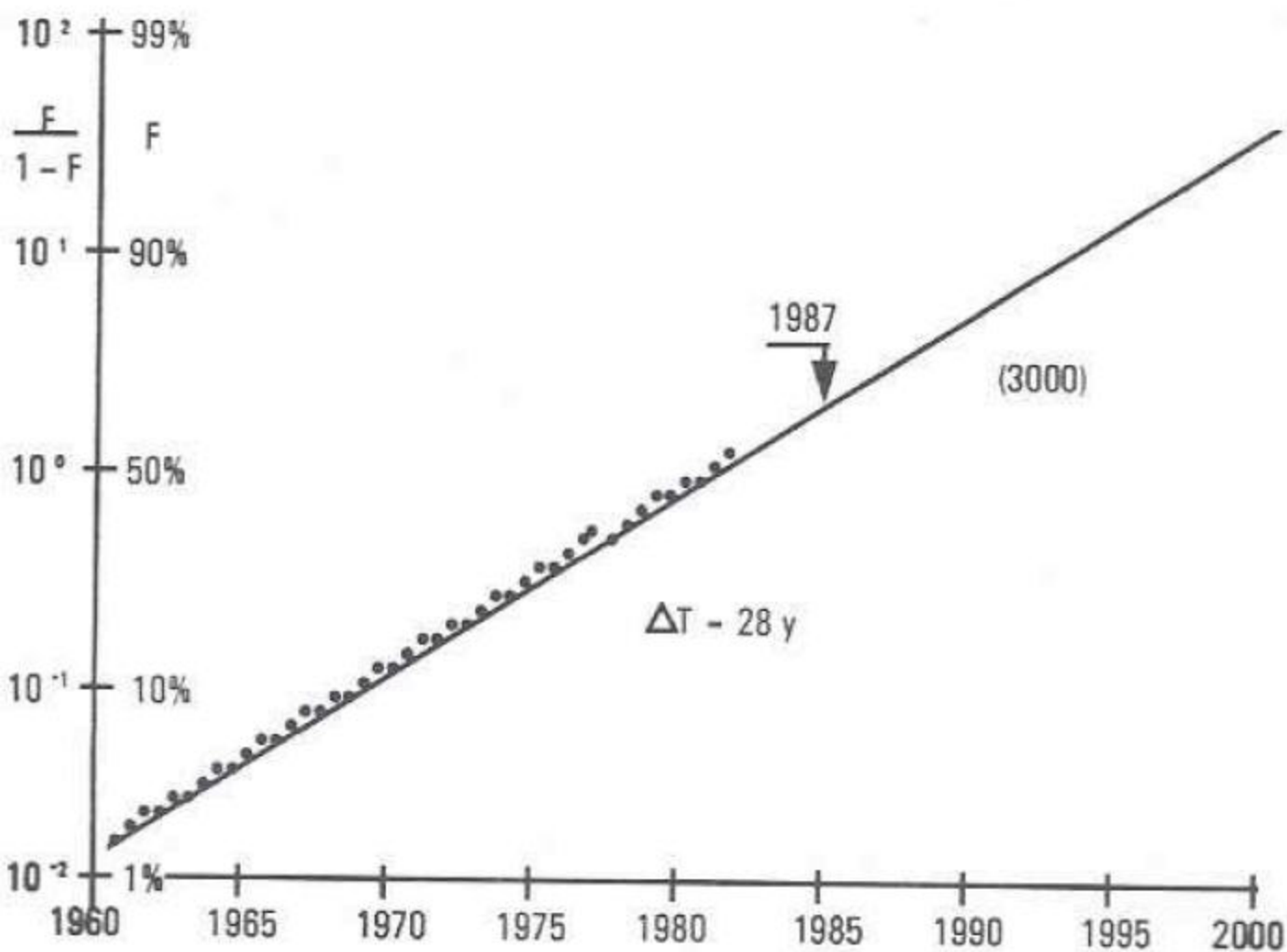
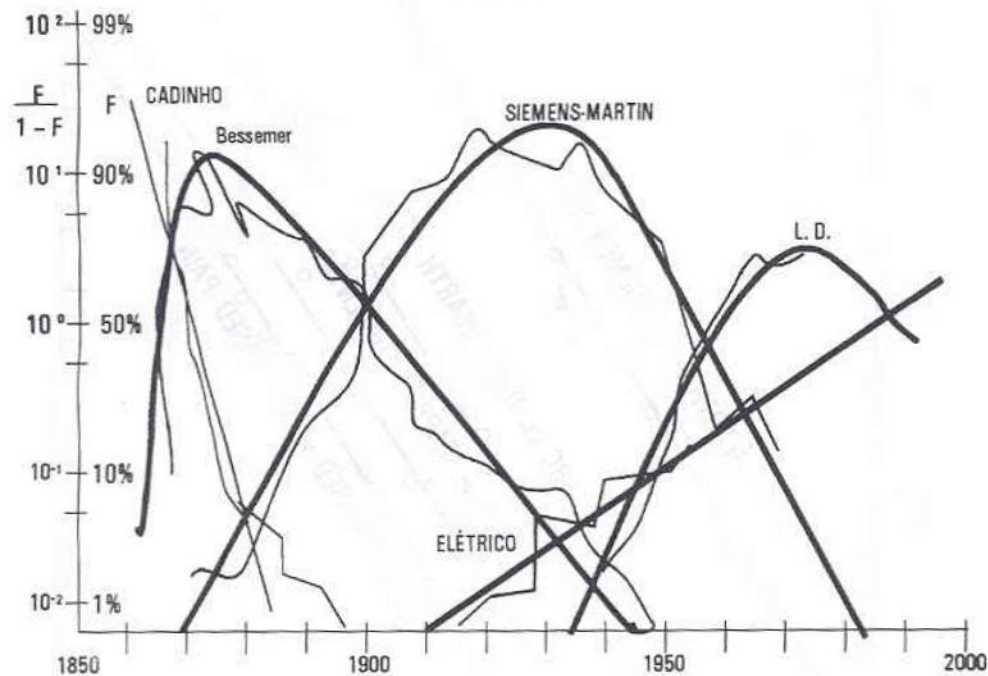


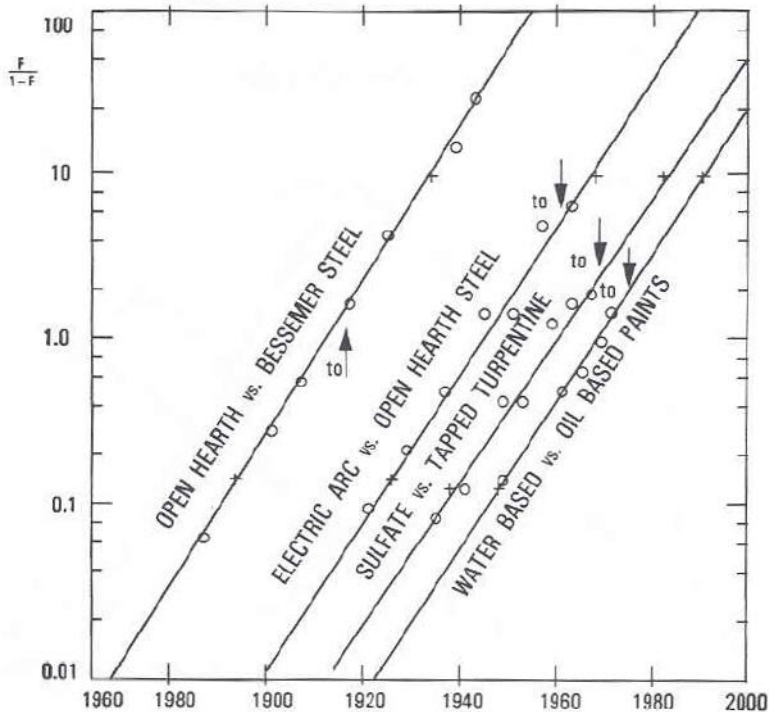
Figura 30

# E.U.A. - PRODUÇÃO BRUTA DE AÇO

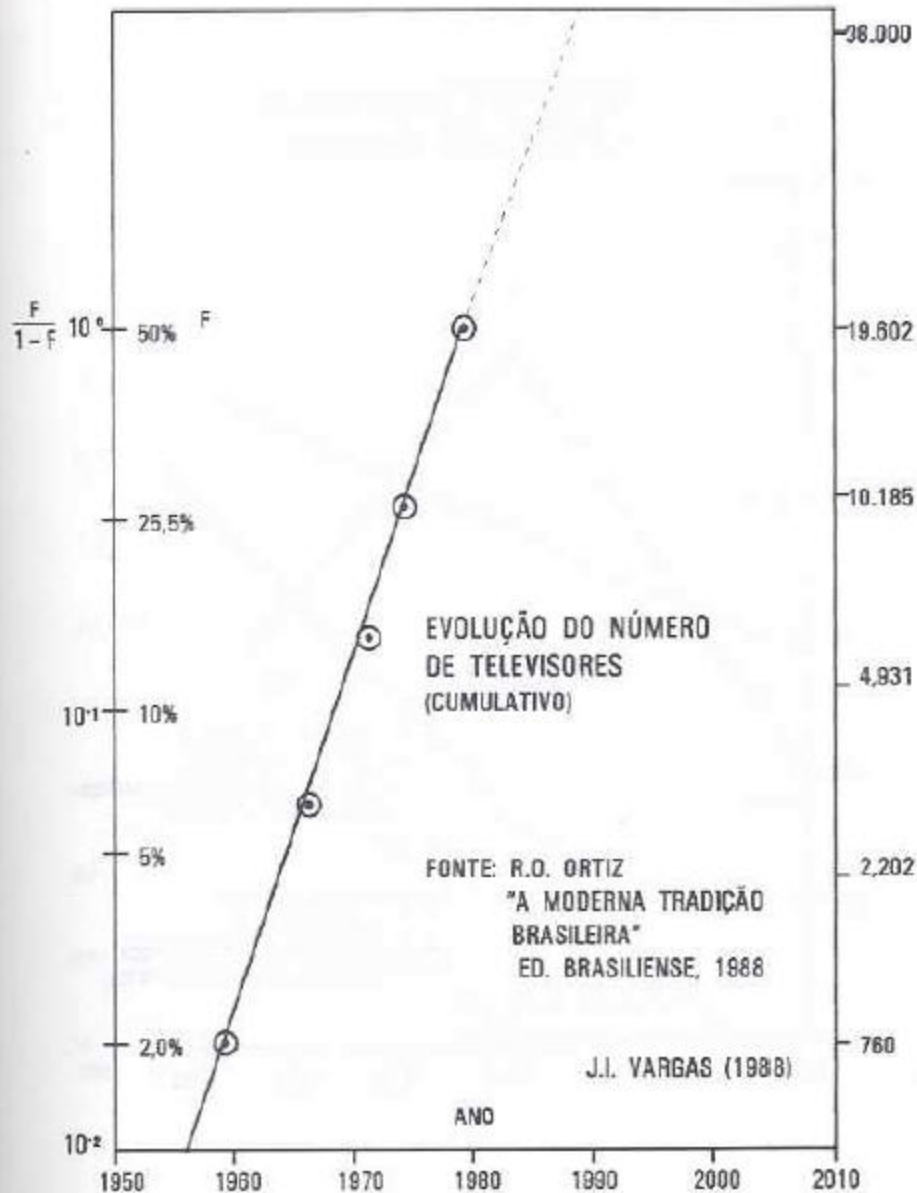


N. Nakicenovic, IIASA, 1984

Figura 31



Market penetration curves in the U.S.  
(From J. Fisher and R. H. Pry)



# INFRA-ESTRUTURAS PARA A COMUNICAÇÃO NO BRASIL

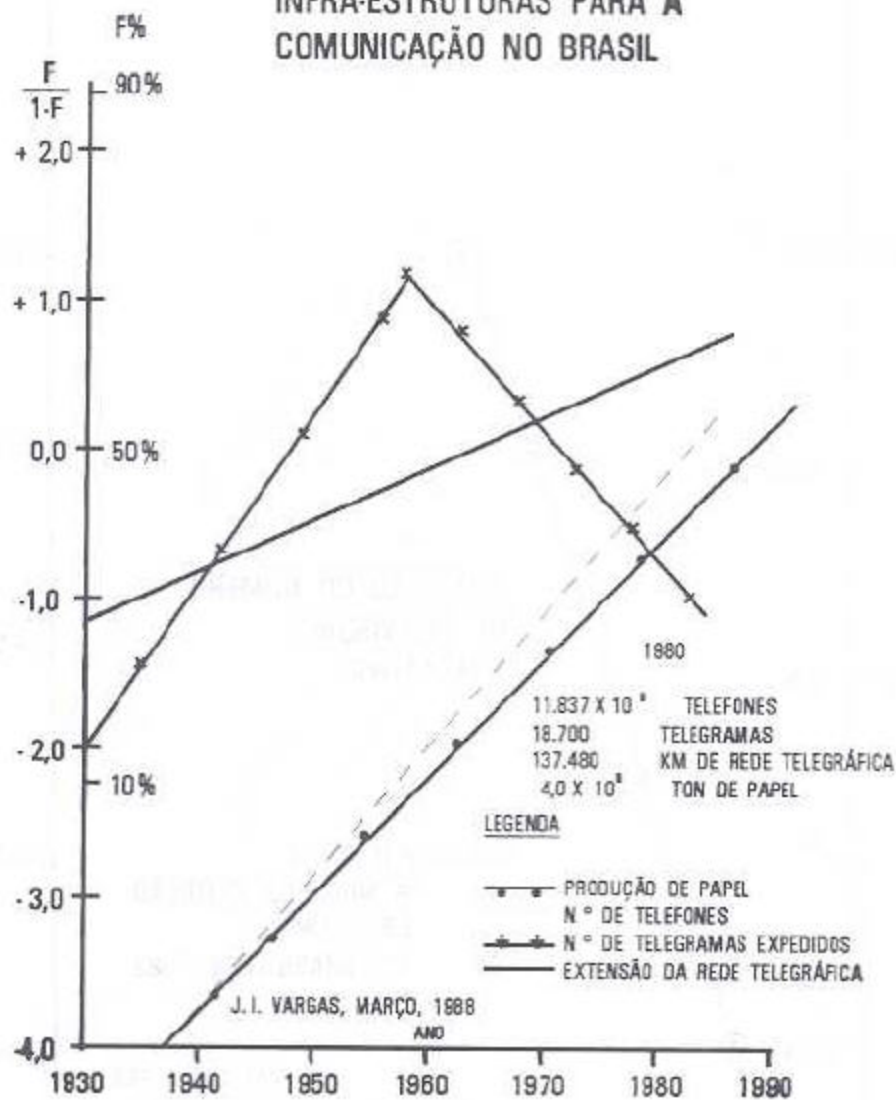


Figura 33



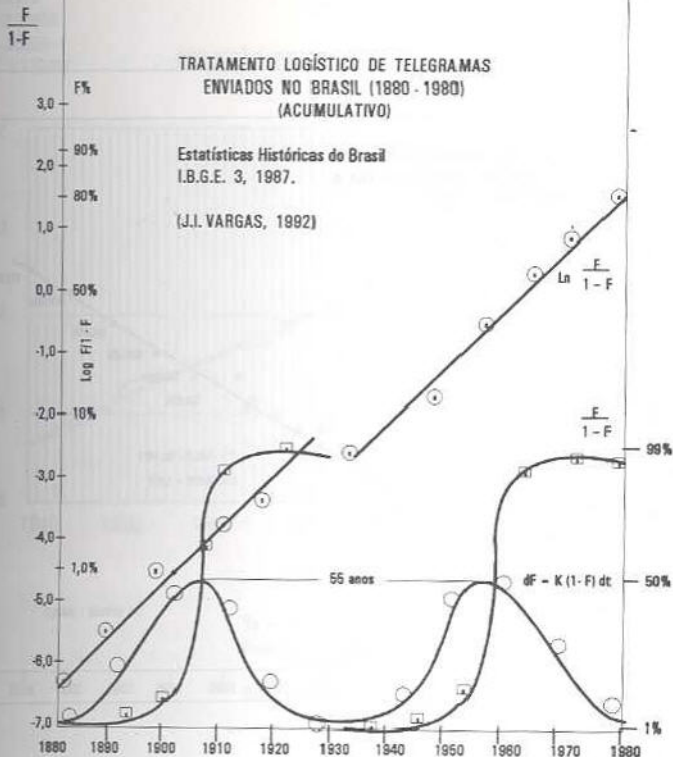


Figura 34

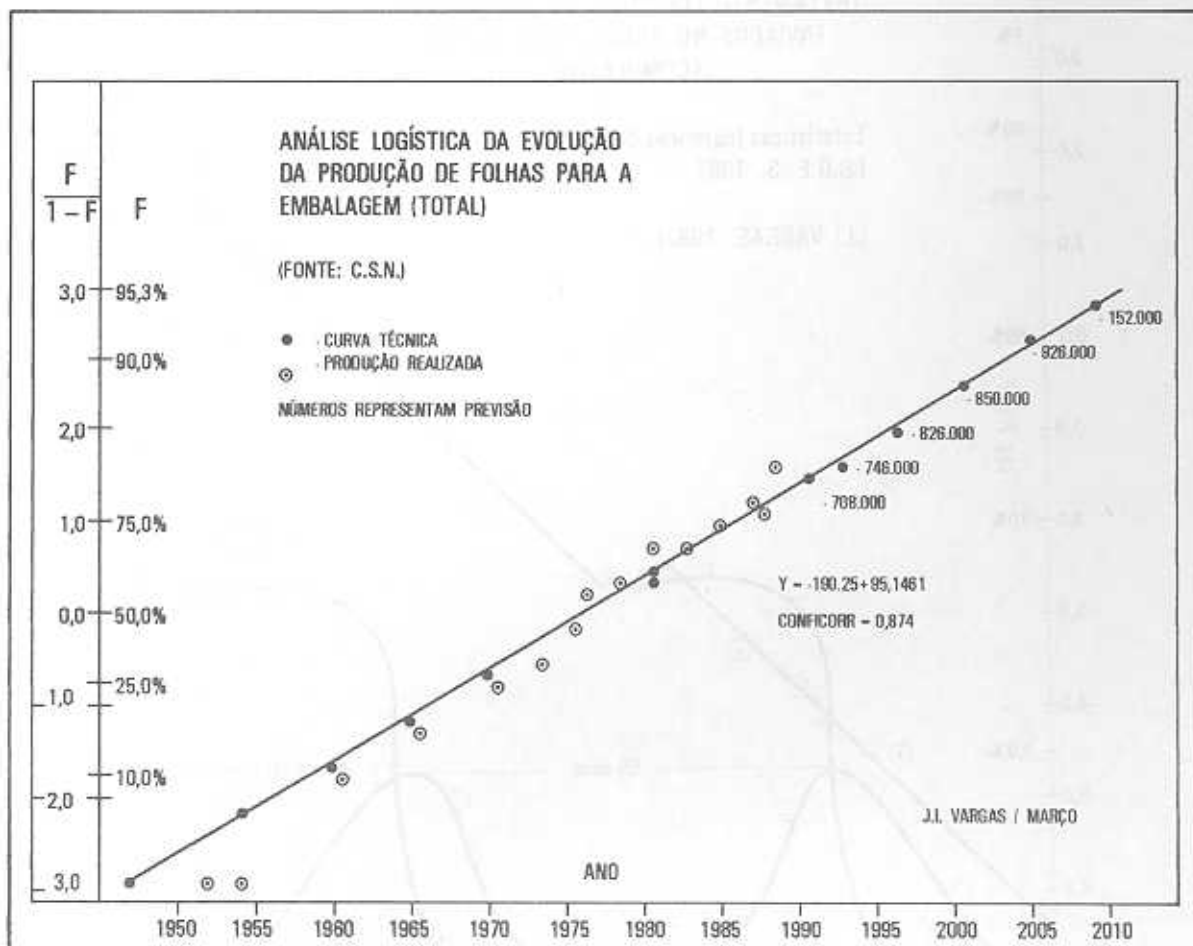


Figura 35

PARÂMETRO 80

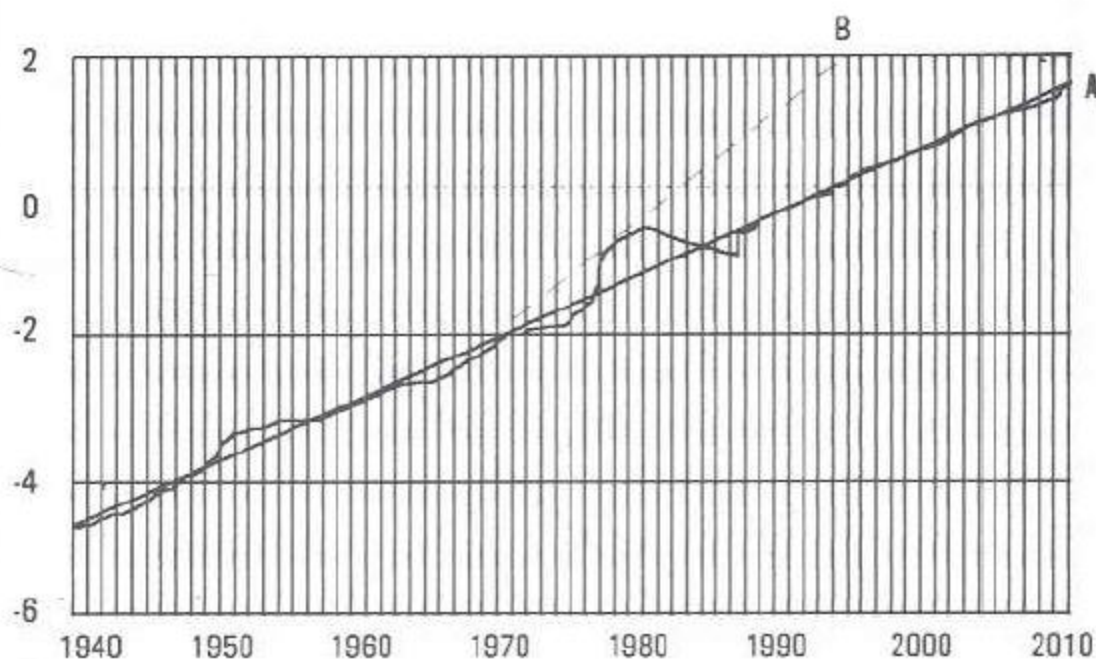
COEFICIENTES

A -2.70659

B -0.0955611

2008 1.736997

# PROJEÇÃO DE CONSUMO DE CIMENTO



1940 - 2008

$$Y_a = 0,0955611 \times t - 2,7065 \text{ g}$$

Projeção ano 2000 -  $60,134 \times 10^6$  ton.

$\approx 335,9$  Kg/hab

Projeção CEMIG  $\approx 379$  Kg/hab

Figura 36

# BANKRUPTCIES IN USA (10) ( Cumulative above 0.3 10 )

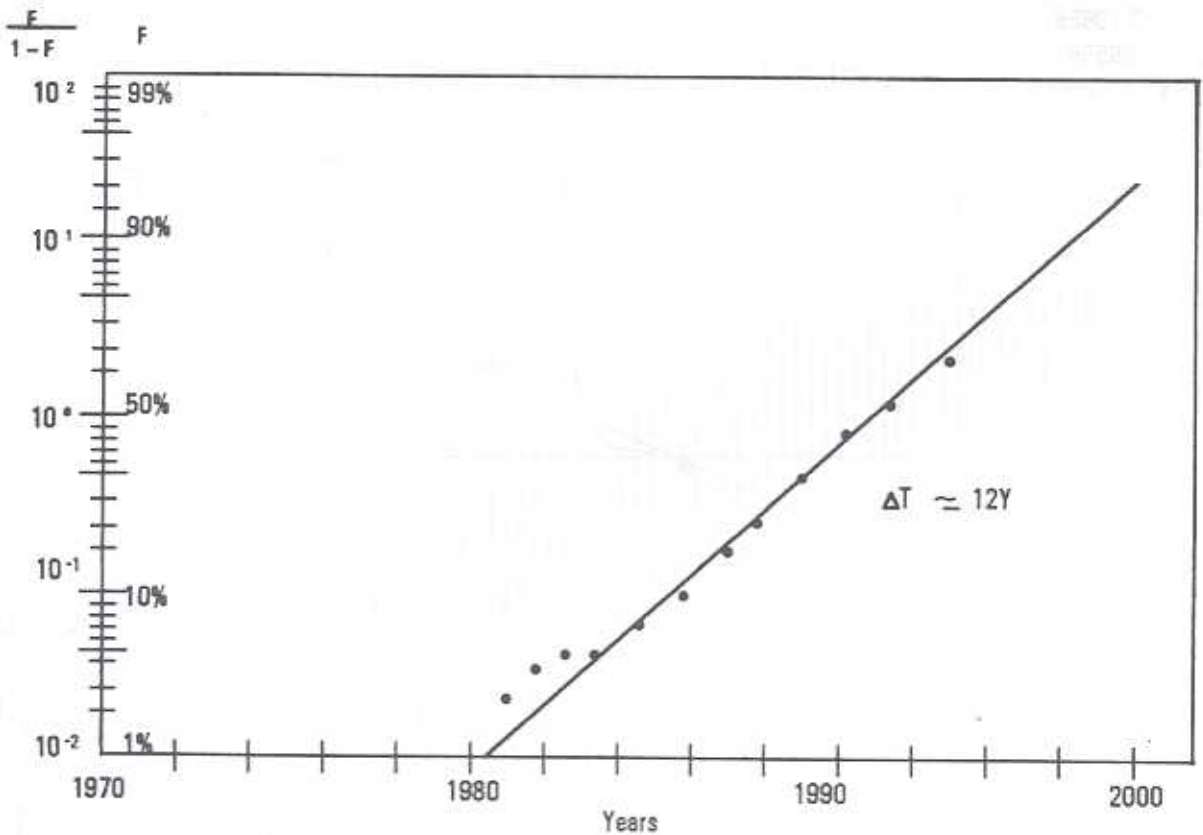


Fig. 37. Recession is a period of readjustment, change, and revolution. The firms which are not elastic enough to adapt to new circumstances fail. Rates of failure are a good indicator of the tensions in the economic system. We have analyzed bankruptcies in the USA larger than \$300,000. Their center point has just passed, in 1991, and the process should reach 90% in 1997 and end (99%) in 2003, implying a final total of 5.5 million bankruptcies.

Figure 37

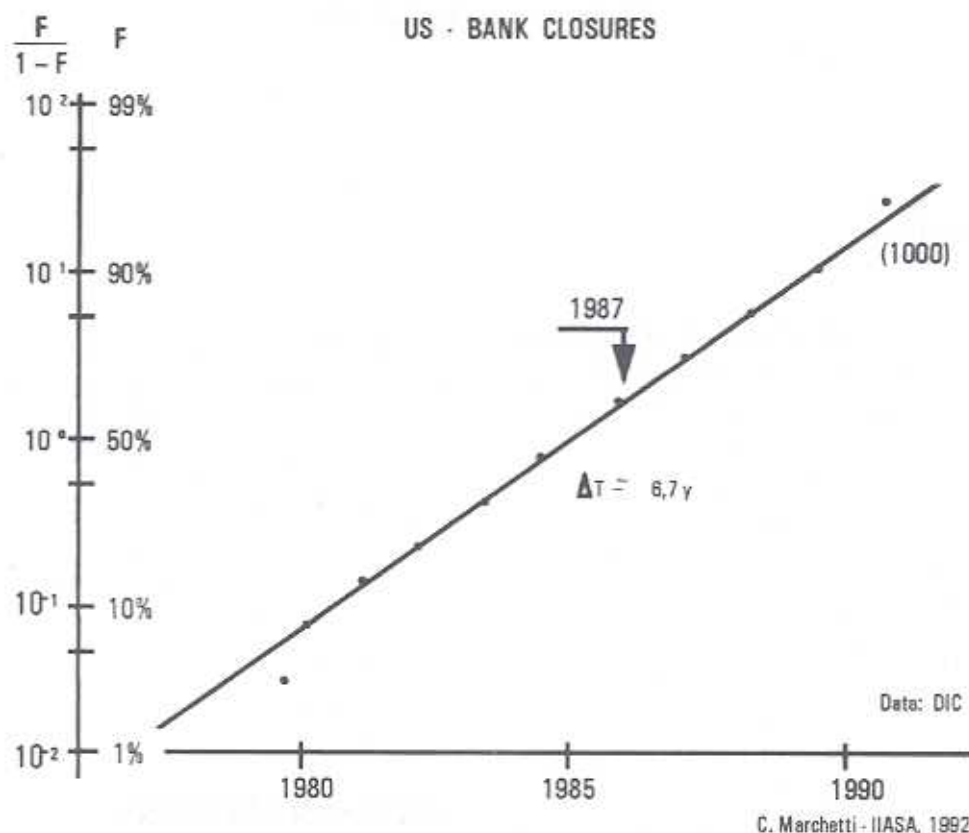


Figura 38

Fig. 38. Bank closures in the USA, as reported by the Federal Bank Watch, FDIC. The maximum failure rate is in 1987. The process should end in 1996 with a cumulated number of about 1600 bank failures.