

## **UM MODELO DE CRESCIMENTO ECONÔMICO ENVOLVENDO O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS: O PREÇO DA ÁGUA COMO FONTE DE ENERGIA PRIMÁRIA E OUTROS RESULTADOS**

Alexandre Stamford da Silva e Fernando Menezes Campello de Souza<sup>1</sup>

**Resumo-** O estudo tem como base a elaboração e utilização de um modelo dinâmico de crescimento econômico ótimo. Uma vez feitas as hipóteses básicas e estruturado o modelo, é aplicado o princípio do máximo de Pontryagin ao sistema, para se obter as condições de otimalidade. O modelo envolve fatores geralmente tratados isoladamente: problemática energética, fatores econômicos (capital e trabalho) e água produtiva. Entende-se por água produtiva aquela que é usada para produzir bens não energéticos e que afeta negativamente a quantidade de energia produzida por usinas geradoras de energia hidráulica. São assim, águas que participam da troca entre águas – insumo produtivo e águas – geração elétrica. Os três fatores apontados envolvem também problemas de mercado dos energéticos e dos recursos hídricos. As indagações sobre como os preços dos energéticos devem se comportar, qual a relação entre os preços dos energéticos e o da água, quanto cobrar pela água, deve-se cobrar taxas, quais e porque, quem deve ou não pagar e porquê, quais as conseqüências de se trocar água para fins de irrigação por água para geração de eletricidade, como tratar as energias não convencionais, a escassez de recursos energéticos e de recursos hídricos, são questões que necessitam de respostas urgentes com o objetivo de dar respaldo científico às decisões das autoridades de planejamento e aos demais agentes econômicos.

São apresentados resultados teóricos gerais que permitem posições e oposições políticas pois os resultados são genéricos e servirão de subsídios para qualquer agente envolvido com as questões energéticas, hídricas e econômicas. Além disso, algumas evidências empíricas foram, surpreendentemente notadas, quando se confrontou o modelo com os dados do BEN1997 (Balanço Energético Nacional) do MME (Ministério das Minas e Energias). Observa-se uma convergência do sistema econômico para o curso ótimo. Foi possível, então, estimar um valor numérico para o preço da água. Essas evidências podem ser um ponto de partida para o tratamento deste modelo como um modelo descritivo, ao invés de normativo. Isso abre um grande campo para pesquisas, uma vez que pode-se elaborar modelos mais detalhados com o objetivo de descrever a realidade e estabelecer as políticas necessárias ao ajuste ótimo da economia.

### **1 - INTRODUÇÃO**

Esse trabalho tem como objetivo central abrir um campo de pesquisa onde existe a possibilidade dos modelos da teoria do controle ótimo, sempre tratados como modelos normativos, serem tratados como modelos descritivos.

Na seção 2 vê-se como abordar o problema em questão e discute-se um pouco sobre a maximização da função objetivo. Na seção 3, apresenta-se o modelo e suas hipóteses. O uso do modelo, a interpretação dos resultados e as evidências empíricas encontradas são apresentadas na seção 4.

Deve-se salientar que nenhum tratamento estatístico ou estimativa de parâmetros foram feitas no presente trabalho. Esse trabalho estatístico deverá ser feito futuramente como continuação da pesquisa.

### **2 - A ABORDAGEM DO PROBLEMA**

O modelo de crescimento econômico que será apresentado incorpora os aspectos de diversas fontes energéticas, bem como os aspectos da interferência em fontes energéticas da água – “insumo produtivo”, para estabelecer políticas de planejamento no problema. A abertura das economias, isto é, a globalização, está criando uma forte independência do sistema econômico geral; o sistema está seguindo trajetórias próprias às suas condições. Dessa forma, a mão invisível concebida por Adam Smith está cada vez mais forte, o sistema está ficando cada vez mais autônomo, e muito mais próximo da competição perfeita. É provável que com níveis de agregação menores isto não ocorra, mesmo porque o modelo não trata de outros problemas como, por exemplo, distribuição de renda, nível de pobreza, fatores ecológicos, etc.

Quando se tratava de um processo de otimização dinâmica, a abordagem tradicional geralmente impunha, para representação da função objetivo; ou um planejamento centralizado, ou uma atividade descentralizada por firmas e consumidores posteriormente agregadas como se o setor privado nacional

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco; Rua Des. Heráclito Cavalcanti, 403 apto 301; CEP: 52110-390, Recife, PE, Brasil

maximizasse esse funcional objetivo. O interesse de uma agência de coordenação é justificado por deficiências econômicas de mercado, informação, etc.

As interações entre economias tomaram as rédeas das mãos de qualquer agência coordenadora e alguns dados revelam que o sistema econômico está caminhando em direção às condições de otimalidade impostas pelo Princípio do Máximo de Pontryagin.

Usa-se aqui a abordagem descentralizada por firma e consumidores por ser a mais próxima de um sistema autônomo e atender a hipótese de concorrência perfeita, do modelo que será apresentado adiante. Não se acredita em empresas privadas preocupadas com o bem estar social da economia. Acredita-se porém que, na média, as interações entre os integrantes do sistema econômico, maximizando seu bem-estar, leve a economia rumo a autonomia.

O modelo é determinístico incluindo a representação das tecnologias relativas às diversas fontes de energia e uma representação geral para os múltiplos usos das águas que participam dos processos de trocas já discutidos. A formulação é a de um problema de controle ótimo.

### 3 - O MODELO

#### 3.1 - Hipóteses Básicas do Modelo Neoclássico de Crescimento

Adotam-se as seguintes hipóteses básicas: a) existem recursos ilimitados; b) o capital é um produto excedente acumulado do trabalho; e c) a função de produção é uma função apenas do capital e do trabalho. Usam-se, porém, funções que permitem extrapolar algumas delas. Pode-se então classificar o modelo apresentado como neoclássico.

#### 3.2 - Tecnologias de Produção

A tecnologia de produção do recurso energético  $E_i$  é expressa por:

$$E_i = F_i(K_i, L_i)h_i(D_i) \quad , i = H, R, NR$$

onde  $E_i$  = taxa anual de consumo do recurso energético  $i$ ;  $F_i$ =função de produção do recurso energético  $E_i$ ;  $L_i$  = trabalho para a produção do energético  $E_i$ ;  $h_i$  = função de ponderação que depende do tipo de recurso energético sendo produzido;  $D_i$  = depósitos (reservas naturais) do recurso energético  $E_i$ .

A tecnologia de produção da água  $A$  representa os meios de extração e disponibilização da água para produção de bens não energéticos. Essa tecnologia é expressa por:

$$A = F_A(K_A, L_A)h_A(D_A)$$

onde  $A$  = taxa anual de consumo de água produtiva;  $F_A$  = função de produção de  $A$ ;  $L_A$  = trabalho para a produção de  $A$ ;  $h_A$  = função de ponderação;  $D_A$  = depósitos do recurso  $A$ .

Quanto as funções  $h$ , de uma maneira geral pode-se supor que

$$\lim_{D_i \rightarrow 0} h_i(D_i) = 0; \quad \lim_{D_i \rightarrow \infty} h_i(D_i) = 1; \quad \lim_{D_i \rightarrow 0} \frac{\partial h_i}{\partial D_i} = \infty; \quad \lim_{D_i \rightarrow \infty} \frac{\partial h_i}{\partial D_i} = 0$$

#### 3.3 - Função Objetivo

"O funcional objetivo do problema será a função de bem estar (utilidade intertemporal) sendo  $d$  a taxa de desconto e  $u$  a função utilidade.

Supõe-se que a função utilidade  $u$  é bastante plana para uma grande faixa de valores de  $b$ . Mas deve crescer se  $b$  for muito pequeno ou muito grande. Com relação a  $c$  e  $a$  ela deve ser monotônica não decrescente." (Campello de Souza, 1997).

#### 3.4 - Colocação do Problema

O problema da interação entre energia, água e economia é o modelo:

$$\text{Max}_{I_i, L_i, E_0, a, b} J = \int_0^{\infty} e^{-dt} Lu(c, a, b) dt \quad (1)$$

sujeito à:

$$F(K_0, L_0, E, A) = I_0 + I_A + I_H + I_R + I_{NR} + s(E_0) + L.c \quad (2)$$

$$\frac{dK_i}{dt} = -m_i K_i + I_i; \quad i = 0, A, H, R, NR. \quad (3)$$

$$E = E_H + E_R + E_{NR} + E_0 - A - L.a \quad (4)$$

$$E_i = F_i(K_i, L_i)h_i(D_i) \quad , i = H, R, NR \quad (5)$$

$$\frac{dD_i}{dt} = -E_i \quad ; \quad i = R, NR \quad (6)$$

$$A = F_A(K_A, L_A)h_A(D_A) \quad (7)$$

$$\frac{dD_A}{dt} = \frac{dD_H}{dt} = -(E_H + A); \quad D_H = D_A \quad (8)$$

$$\frac{dL}{dt} = \mathbf{b} L \quad (9)$$

$$L = L_0 + L_H + L_R + L_{NR} + L_A \quad (10)$$

Onde  $F$  = função de produção de bens não energéticos;  $K_o$  = bem de capital para a produção de bens não energéticos;  $L_o$  trabalho para a produção de bens não energéticos;  $I_i$  = investimento para a acumulação e a reposição do capital  $K_i$ ;  $E$  = recursos energéticos totais;  $H$  = energia elétrica gerada por usinas hidráulicas;  $R$  = fontes de energias renováveis;  $NR$  = fontes de energias não renováveis;  $E_o$  recursos energéticos não produzidos pela economia em estudo (importados);  $s(E_o)$  = gasto para aquisição do recurso energético  $E_o$ ;  $L$  = força total de trabalho;  $c$  = consumo per capita de bens não energéticos.

Vê-se claramente pelas equações diferenciais do modelo que:

- as variáveis de estado são:

$$K_i, i = 0, R, NR, A; D_i, i = R, RN, A \text{ lembrando que } D_A = D_H; \text{ e } L.$$

- as forças de controle ( o que é controlado pelo sistema econômico) são:

$$I_i, i = 0, R, RN, H, A; L_i, i = R, RN, H, A; E_o; \mathbf{a}; \text{ e } \mathbf{b}.$$

- $L_o, E_i (i = R, NR, H), E, A$  e  $c$  dependerão do estado e do controle.

Os investimentos e o número de trabalhadores em cada setor são considerados como variáveis de controle. Isto foge ao caso clássico de se controlar o consumo por trabalhador e procura selecionar variáveis que seriam difíceis de serem controladas por uma entidade centralizadora. A maximização é supostamente feita pelas forças de mercado e interesses individuais.

#### 4 - O USO DO MODELO

Aplicando o princípio do Máximo de Pontryagin chega-se as condições necessárias e as relações de otimalidade aqui expostas.

##### 4.1 - Condições Necessárias e Relações de Otimalidade.

O hamiltoniano é dado por:

$$H = e^{-dt} [Lu(c, \mathbf{a}, \mathbf{b}) + \sum_{i=0, R, NR, H, A} q_i (m_i K_i + I_i) - \sum_{i=R, NR} p_i E_i - p_A (E_H + A) + q_L \mathbf{b}_L] \quad (11)$$

onde  $e^{-dt} q_i, e^{-dt} p_i, \text{ e } e^{-dt} q_L$  são as variáveis de co-estado, isto é, os preços sombra, descontadas no tempo.

No caso de uma solução interior, chega-se às seguintes conclusões:

$$q = \frac{\partial u}{\partial c} \quad (12); \quad \frac{\partial F}{\partial E} = \frac{ds}{dE_0} \quad (13); \quad \frac{\partial F}{\partial E} = \frac{\partial u / \partial \mathbf{a}}{\partial u / \partial c} \quad (14);$$

$$q_L = -\frac{\partial u}{\partial \mathbf{b}} \quad (15); \quad \Phi_L = \frac{\partial u}{\partial c} \left( \frac{\partial F}{\partial L_0} + c - \mathbf{a} \frac{\partial F}{\partial E} \right) - u - (\mathbf{b} + \mathbf{d}) q_L \quad (16);$$

$$\frac{\partial F / \partial L_0}{h_i (\partial F_i / \partial L_i)} = \frac{\partial F}{\partial E} - \frac{p_i}{q} \quad i = R, NR \quad (17); \quad \frac{\partial F / \partial L_0}{h_H (\partial F_H / \partial L_H)} = \frac{\partial F}{\partial E} - \frac{p_A}{q} \quad (18);$$

$$\frac{\partial F / \partial L_0}{h_A (\partial F_A / \partial L_A)} = \frac{\partial F}{\partial A} - \frac{\partial F}{\partial E} - \frac{p_A}{q} \quad (19); \quad \frac{\partial F}{\partial A} = 2 \frac{\partial F}{\partial E} \quad (20).$$

Se  $V(K, D, L) = \text{Max} \int_t^{\infty} e^{-dt} Lu(c, a, b) dt$

então  $\frac{\partial V(K, D, L)}{\partial K_j} = \frac{\partial u}{\partial c}$  (21) e  $\frac{\partial V(K, D, L)}{\partial L} = -\frac{\partial u}{\partial b}$  (22)

#### 4.2 - Resultados: Interpretação das Relações Obtidas

Muitos dos resultados apresentados aqui já foram encontrados nos trabalhos de Campello de Souza (1997). Porém, o modelo deste trabalho, incorpora problemas hídricos e retira do modelo original a função “*Learning by doing*” proposta por Arrow (1969). Para os resultados consistentes com a reformulação utilizam-se as mesmas palavras do trabalho citado e usa-se aspas.

- a) “A expressão (21) mostra que a utilidade marginal do investimento deve ser igual à utilidade marginal do consumo, para todos os tipos de investimento. Para aplicar esse resultado é necessário calcular  $V$ .”
- b) “A relação (14) significa que o preço dos recursos energéticos deve ser igual ao preço dos bens adicionais produzidos se a mesma quantidade de recursos energéticos é usada na produção. Ela representa o preço que os consumidores estão dispostos a pagar por recursos energéticos em termos de bens de consumo. Noutras palavras, não deve haver subsídios nem para o consumidor, nem para as indústrias que consomem recursos energéticos. Isso é válido numa condição de mercado livre para os recursos energéticos.”
- c) “O resultado (13) implica que as taxas usuais de importação devem ser aplicadas igualmente aos recursos energéticos.  $\partial F / \partial E$  é o preço doméstico e deve ser igual  $ads / dE_0$ , que é o custo marginal, por exemplo, do petróleo importado”. A equação também pode ser escrita nessa forma:

$$\frac{\partial F}{\partial E_i} = \frac{ds}{dE_0} \quad (33). \quad \text{Dado que } \frac{\partial F}{\partial E_i} = 1. \quad \text{Isso significa que para seguir-se o curso ótimo deve-se ter um único preço para todas as formas de energia primária. Relembrando-se o resultado da seção b), os preços de energéticos importados também devem ser iguais ao preço que os consumidores estão dispostos a pagar por recursos energéticos em termos de bens de consumo. Fica assim estabelecido que o preço de todos os energéticos, inclusive os importados, deve ser único.}$$

Com os dados de 1981 a 1996 fornecidos pelo BEN1997, construiu-se um gráfico, dos preços em Dólar (US\$) por barril equivalente de petróleo (bep) das energias primárias. O resultado está na Figura 1 abaixo. A Tabela 1 refere-se as séries históricas dos preços expostas no gráfico.

Os dados evidenciam que os preços das fontes de energia primária estão tendendo para a trajetória ótima imposta pelo modelo exposto.

A energia elétrica é uma energia secundária e tem, incorporado ao seu preço, custos de transmissão, distribuição, etc. A energia hidráulica, ou seja, a queda d'água, é uma energia primária e atualmente não tem preço estabelecido, ou seja não se ouve falar de BEP de queda d'água. Através do resultado, aqui discutido, pode-se estimar um valor de convergência dos preços para um preço unificado de energéticos e então estabelecer o preço da queda d'água.

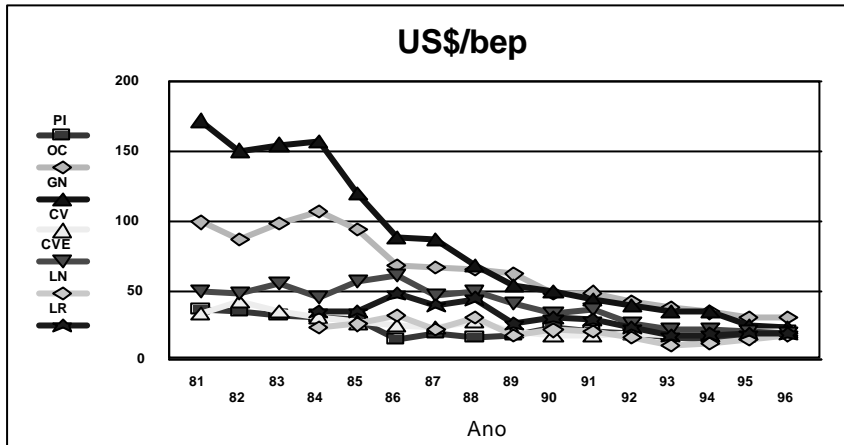


Figura 1 – Evolução dos Preços dos Energéticos

Tabela 1 - Tabela da Evolução dos Preços da Figura 1

Ano	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
PI	36,6	35,3	31,9	30,9	29,7	15,1	119,4	15,9	18,1	23,2	20,4	18,8	16,3	15,5	16,9	20,3
OC	99,1	86,6	98,8	107	94,2	68,4	66,3	65,3	61,6	48,1	48,6	41,8	37,6	34,3	30,7	30,4
GN	173	151	155	157	120	88,6	86,9	68,1	53,4	48,8	43,6	38,8	35,3	34,9	25,3	23,4
CV	33,5	41,9	35,5	31,3	27,1	25,0	22,9	28,2	20,7	18,0	18,1	19,4	17,1	21,0	21,0	20,4
CVE	49,5	48,0	55,5	45,3	56,0	60,4	46,7	48,7	40,2	34,0	36,4	26,2	22,2	22,6	20,0	18,4
LN				22,9	25,6	31,7	22,5	30,2	18,2	21,3	20,2	16,7	10,5	11,7	15,0	17,1
LR				35,0	35,4	47,9	39,8	44,3	25,8	30,3	28,7	23,7	17,1	18,3	19,5	18,5
<b>Méd</b>	-	-	-	<b>59,5</b>	<b>53,9</b>	<b>44,9</b>	<b>41,4</b>	<b>40,2</b>	<b>32,6</b>	<b>31,5</b>	<b>29,9</b>	<b>25,8</b>	<b>21,7</b>	<b>21,7</b>	<b>20,7</b>	<b>21,1</b>

Onde: **PI** = Petróleo Importado (US\$ corrente); **OC** = Óleo Combustível BPF; **GN** = Gás Natural; **CV** = Carvão Vapor; **CVE** = Carvão Vegetal; **LN** = lenha nativa; **LR**=lenha reflorestamento.

Obs: Excetuando-se o petróleo importado, que está em dólar corrente, os outros combustíveis foram convertidos da seguinte forma: moeda nacional corrente convertida a real constante de 1996 pelo IGP-DI, convertido a dólar de 1996 pelo câmbio médio de venda de 1996 (R\$1,005/US\$)

O melhor método para a estimativa deste valor não é o tema. Usa-se aqui uma média aritmética simples na estimativa e através da série das médias, mostrada na Tabela 1, observa-se uma convergência em torno do valor 21,00 US\$/BEP. Pode-se porém, politicamente ou cientificamente, optar-se por outra metodologia de estimação, cada decisor faz sua opção. Seja qual for o procedimento adotado o resultado dirá quanto custa uma queda d'água, ou seja quanto custa um barril equivalente de petróleo de queda d'água.

Com essa estimativa, também pode-se dizer qual o preço de um barril equivalente de energia solar ou eólica antes de serem convertidas respectivamente em outras formas de energia.

d) A expressão (20) estabelece que as águas com as propriedades já discutidas devem ter exatamente o dobro do preço dos energéticos. A expressão fornece o valor de um barril equivalente de petróleo de água – produtiva, isto é, o valor da quantidade de água extraída de um rio. Usando a estimativa feita acima, esse valor estaria próximo de US\$ 42,00 / bep.

Uma justificativa possível para esse resultado é o fato de se poder usar toda a água para outros fins substituindo-se a energia hidráulica por outra fonte de energia qualquer. Não se está levando em conta as implicações sociais e políticas, mas apenas, explicitando-se um fato.

Pode-se ainda dizer que existe um custo de oportunidade quando se usa a água para geração de energia elétrica ao invés de usá-la de outra forma. Quando se “fabrica” energia elétrica por meios hidráulicos, vende-se um produto por metade do preço do seu valor.

e) “  $(\partial F/\partial L_0) = w$  é o salário do trabalhador que produz bens gerais. Supondo uma substitutibilidade entre os trabalhadores, esse deve ser também o salário dos outros trabalhadores ( $L_i$ ). Esses trabalhadores  $L_i$  produzem marginalmente  $(\partial F_i/\partial L_i) h_i(D_i)$  em termos do recurso energético  $E_i$ ”. En-

tão "a firma produtora do recurso energético  $E_i$  (que usa trabalho  $L_i$ ) poderia cobrar pelo produto um preço dado pela expressão (17), e sendo  $\partial F/\partial E$  o preço de mercado, na verdade a firma teria um "lucro extra"  $p_i/q_i$ . Sabe-se também que  $p_i = (\partial V/\partial D_i)$  indica o decréscimo na utilidade total, quando  $D_i$  decresce. Tem-se que investir mais para restaurar o valor de  $V$ . Isso é feito com  $q_i$ , e  $p_i/q_i$  seria esse investimento. Quem deveria fazer esse investimento? A firma produtora foi quem, por exemplo, escavacou a mina, ou usou terra arável (talvez exaurindo-a), e vendeu o recurso energético com fins lucrativos. Tudo indica que  $p_i/q_i$  deve ser uma taxa a ser cobrada com relação à exploração do recurso  $E_i$ . No caso da energia solar seria o contrário; isto é,  $p_i/q_i$ , o "lucro extra", deveria ficar mesmo com a firma, pois neste caso  $D_i$  nunca decresce, e a utilidade total não decresce.  $p_i/q_i$  funcionaria como um incentivo."

Fica claro que as firmas produtoras de energéticos limitados devem pagar uma taxa por essa utilização, para que a economia siga seu curso ótimo. Essa taxa deve ser usada para restabelecer o valor do bem estar social ou seja, deve ser revertida para restabelecer o nível de energia potencial que foi retirado das minas. Uma maneira de se fazer isso é utilizar essas cobranças para financiar energias não convencionais. Assim, se restabeleceria o nível de energia necessário para o crescimento ótimo.

A cobrança dessas taxas deve ser feita à firma produtora sem que esta repasse esse valor para os preços. Acontecendo o repasse o consumidor estaria sendo duplamente penalizado.

Tudo isso implica que  $p_i/q_i$  deve ser um investimento em energia.

- f) A expressão (18) mostra que as firmas produtoras de energia hidrelétrica também devem pagar a taxa de utilização. Já as firmas produtoras de disponibilização de água deveriam pagar duas taxas, como mostra a expressão (19). Uma delas devido a redução do recurso e a outra pela redução da energia do sistema.

A expressão (19) explica finalmente porque o preço da água é o dobro do preço dos energéticos. O preço da água deve ser suficientemente alto para que dele se possa retirar dois financiamentos: um para repor a energia (através de investimentos em outro tipo de energia) e outro para repor as reservas (através de investimentos em, p. ex., gerenciamento de recursos hídricos).

- g) As relações (15), (16) e (19) dizem respeito a força de trabalho total. Vê-se que o aumento da taxa de crescimento causa uma desutilidade ou seja, o custo de oportunidade, ou preço sombra, de um aumento da taxa de crescimento é negativo. Isso estabelece que deve haver um decréscimo nesta taxa de crescimento.

Mais uma vez as forças do sistema já se ajustaram a essa condição pois, a taxa de crescimento da população (usada como uma *proxy* para a força de trabalho) vem caindo no decorrer dos anos, como mostra os dados do BEN1997.

O que levou a população a seguir essa trajetória? É muito pouco provável que a população tenha conhecimento do Princípio do Máximo de Pontryagin. Acredita-se que as condições do sistema econômico é que devem ter criado esse curso na taxa de crescimento. Não se crê que uma agência centralizadora tenha imposto tal caminho, se existe uma agência centralizadora ela seria o sistema econômico.

Tabela 2 – Evolução da Taxa de Crescimento da População em Percentual

Ano	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
%	2,30	2,25	2,12	2,00	1,96	1,85	1,74	1,64	1,54	1,66	1,56	1,47	1,38	1,37	1,28

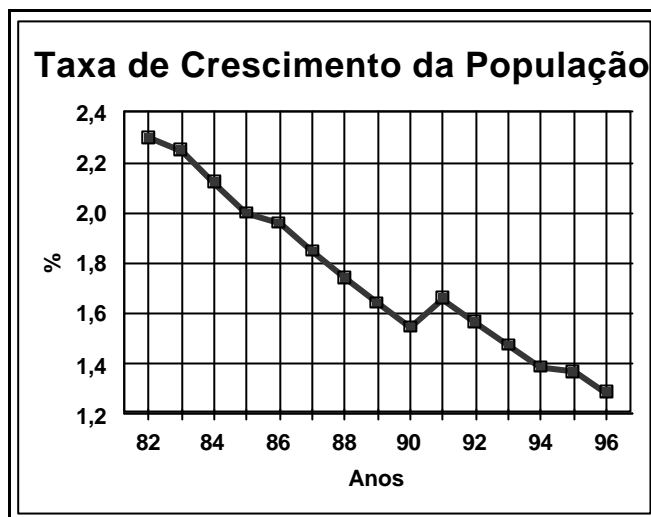


Figura 2 – Taxa de Crescimento da População

## 5 - CONCLUSÃO

Os resultados apresentados podem ser usados no gerenciamento de recursos hídricos e a continuação desse tipo de pesquisa dará respostas concretas para isto. Em parte, as contribuições estão presentes neste trabalho.

## 6 - REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Tarcísio Patrício (1998). "Mercado de Trabalho: Teoria e Realidade". Gazeta Mercantil, suplemento gazeta do nordeste, Ano I, no. 12, pg.2, 16/04/98.
- ARROW, K. J. (1969) "The Economic Implications of Learning by Doing"; (Review of Economic Studies) vol XXIX, 155, 173.
- BURMEISTER, Edwin (1980). "Capital Theory and Dynamics"; Cambridge University Press - Cap. 1, 2, 3, 4, 5 ; pp.1 - 211.
- CAMPELLO DE SOUZA, Fernando (1970). "Sistemas de Controle Auto Adaptativos"; Notas de Aula do curso de especialização em Sistemas de Controle (Section Spéciale d'Automatique); Toulouse, École Nationale Supérieure d'Electronique, d'Informatique et d'Hydraulique de Toulouse (ENSEEIH), França.
- CAMPELLO DE SOUZA, Fernando (1996). Notas de aula do curso de sistemas dinâmicos- Departamento de Eletrônica e Sistemas"; UFPE, Recife.
- CAMPELLO DE SOUZA, Fernando (1997). "Introdução do Aquecimento Solar na Matriz Energética"; Projeto de Pesquisa Cnpq, Recife.
- CHIANG, Alpha C.(1992). " Elements of Dynamics Optimization "; Mc Graw - Hill - part 3, Cap 7, 8, 9, 10 (pp. 159- 313)
- DORFMAN, Robert (1969). "An Economic Interpretation of Optimal Control Theory";The American Economic Review, vol LIX, nº 5, dez, pp.817-831
- EDMONDS, Jae e REILLY, John M.(1997). "Global Energy Assessing the Future"; New York-USA, Oxford University Press, Cap. 1-5 (pp. 3-64), 1985.
- FIDELES DA SILVA, Neilton. "Conservação de Energia Elétrica no Setor Residencial: Um Fator de Qualidade"; Revista da ETRN, Ano 13 Vol. 2, Setembro, Rio Grande do Norte.
- INTRILIGATOR, Michael D.(1971). " Mathematical Optimization and Economic Theory"; Prentice - Hall, Inc., englewood cliffs - part four, Cap11 (pp. 291-302), Cap 14 (pp. 344-362); part five, Cap 16 (pp. 398-435), New J.
- LEITE, Antônio Dias (1997). "A Energia do Brasil": Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (1997). "Balanço Energético Nacional - BEN"; Edição 1997.
- RIBEIRO FILHO, Ary Pinto (1997). "Prováveis características estratégicas básicas da indústria de energia elétrica no novo cenário institucional: o caso do sistema interligado do norte-nordeste brasileiro". Tese de Mestrado em Administração-UFPE, Recife.
- STAMFORD DA SILVA, Artur (1998). "A Decisão Judicial: Dogmatismo e Empirismo"; Tese de Mestrado em Direito-UFPE, Cap7, pp. 61-74, Recife.