UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A RELAÇÃO PROGRESSO TÉCNICO E EMPREGO NA ECONOMIA BRASILEIRA NO PERÍODO 1950-2000

Monografia submetida ao Departamento de Economia para a obtenção da carga horária na disciplina CNM 5420 – Monografia.

Por: FAIZAL RAMONJE CARSANE

Faizal Ramonje Carsane

Orientador: Prof. JEAN LUC SAMMY ROSINGER

Área de concentração: Macroeconomia

Palavras chave: 1. Emprego, 2. Progresso Técnico, 3. Função de Produção.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota ....9 (NOVE)........ ao aluno Faizal Ramonje Carsane, na disciplina CNM 5420 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

....
Prof. Dr. Jean Luc Sammy Rosinger
Presidente

....
Prof. Dr. João Rogério Sanson
Membro

....
Prof. Dr. Roberto Meurer
Membro

Agradecimentos

- *A Deus, por ter feito de mim um ser humano com condições de enfrentar a vida acadêmica.*
- *Aos meus pais e irmãos, pela força concedida ao longo do curso.*
- *A cinco amigos muito especiais: Abdou Sané, Claudina Reis, Iára Pedrosa, Iracema Pedrosa e Kleber Falchetti; pela agradável companhia ao longo do curso.*
- *Ao meu professor e orientador Jean Luc Rosinger, pela paciência no acompanhamento da realização deste trabalho.*
- *A Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade concedida.*
- *A todos os funcionários e professores da Universidade Federal de Santa Catarina, especialmente aos funcionários do Centro Sócio-Econômico e professores do Curso de Ciências Econômicas.*
- *A todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação.*

Dedicatória

Ao meu Pai,
Que tudo fez para que este momento acontecesse na minha vida, e que agora não pode presenciá-lo.
Que Deus o tenha.

SUMÁRIO

LISTA DE ANEXOS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

TEMA DA MONOGRAFIA

A Relação Progresso Técnico e Emprego na Economia Brasileira no período 1950-2000.

PROBLEMÁTICA

No acompanhamento do estudo das ciências econômicas é comum observar-se freqüentes e fortes debates sobre a influência do investimento e progresso técnico no emprego. Sendo o investimento (I) um fluxo de capital monetário que tem como finalidade o aumento da capacidade produtiva através do aumento do estoque de capital (K), pode-se dizer à priori que o aumento da capacidade produtiva aumenta o nível de emprego (N), uma vez que uma produção maior exigirá mais trabalho (N). Esta conclusão seria totalmente válida se a produção fosse somente afetada pelo estoque de capital (K) e pelo trabalho (N). Mas, sabe-se perfeitamente que a função de produção não depende exclusivamente do capital e do trabalho. Além destes fatores, acrescenta-se ainda o progresso técnico (A) como importante variável explicativa da produção, e que por vezes pode alterar a conclusão acima. As técnicas de produção aplicadas no processo produtivo de um país são determinadas pelo nível tecnológico existente no mesmo país. Um país com mais tecnologia poderá aumentar sua produção aplicando sofisticadas técnicas de produção e menos trabalho. Neste caso, estaria se chegando a uma outra conclusão, diferente da primeira, que considerou que aumentos na produção aumentam o nível de emprego.

A este propósito, a fim de analisar a influência do investimento e progresso técnico sobre o nível do emprego, o presente trabalho propõe fazer um estudo comparativo da evolução das variáveis progresso técnico e emprego na economia brasileira no período 1950-2000. Conforme visto, o investimento (I) provoca aumentos no estoque de capital (K), este aumenta o nível de emprego (N) devido à maior produção e esta por sua vez, é afetada pelo progresso técnico (A). O mecanismo de funcionamento entre estas variáveis remeterá o trabalho à análise da problemática do crescimento econômico e da produção. Analisando o crescimento econômico necessariamente ter-se-á de abordar as suas fontes de obtenção, quais sejam, a acumulação de capital e o progresso técnico. Procurar-se-á compreender o papel destas duas variáveis no contexto da produção e crescimento.

Após percorrer-se este caminho, estarão criadas condições para estabelecer-se relações entre estas variáveis e o emprego, especialmente entre o progresso técnico e esta última, objetivo a ser atingido neste trabalho. O primeiro capítulo do trabalho abordará uma breve introdução à problemática da discussão da teoria do crescimento econômico. Nele também será derivada a função de produção agregada. O segundo e terceiro capítulos ocupar-se-ão em discutir as fontes de obtenção do crescimento econômico; o segundo capítulo discutirá a acumulação de capital e o terceiro, o progresso técnico e crescimento econômico. No quarto capítulo far-se-á uma discussão sobre a influência do produto e produtividade no nível de emprego. No quinto capítulo estimar-se-á funções de produção da economia brasileira no período 1950-2000. Nestas funções de produção, os seus valores residuais serão interpretados como indicadores da taxa de progresso técnico da economia em cada década no referido período. Uma vez obtidos estes indicadores da taxa de progresso técnico, far-se-á uma comparação da sua evolução com a evolução da taxa de emprego também no período 1950-2000. A terminar, o sexto capítulo do trabalho apresentará as conclusões, limitações e recomendações.

CAPÍTULO I

A Função de Produção Macroeconômica

1.1 Crescimento Econômico

O crescimento econômico de um país é medido pela evolução do seu Produto Interno Bruto (PIB), isto é, pela soma de todos os bens e serviços produzidos internamente em seu território. Embora o PIB forneça uma informação em valores monetários do agregado da produção de bens e serviços, o crescimento de um país é melhor analisado quando se observa melhorias no padrão de vida da sua população. Para isto, os economistas fazem o cálculo do PIB per capita do país, que nada mais é do que o PIB total do país divido pelo total da sua população. Este dado estatístico indica em média a renda anual de cada habitante do país. É, portanto, um indicador técnico, pois representa a mesma renda anual para cada habitante e como se sabe, a renda anual não é a mesma para todos os habitantes de um país. Apesar das suas limitações, o PIB per capita é um dado estatístico que fornece uma boa idéia da melhoria do padrão de vida no país.

Neste trabalho representar-se-á muitas vezes o crescimento econômico a partir do PIB per capita, isto é, o produto por trabalhador.

1.2 A Função de Produção Agregada

Conforme visto, o produto agregado de uma economia é produzido pelos fatores capital (K) e o trabalho (N)[1]. Assim,

$$\mathbf{Y = F(K, N)} \qquad \mathbf{(1a)}$$

Esta equação mostra o produto agregado (Y) como sendo função do capital – a soma de todas as instalações físicas, máquinas e equipamentos e do trabalho – o montante dos serviços de trabalho por períodos (homens hora por ano). Ela diz a quantidade produzida na

---

[1] Nesta primeira fase da investigação omitir-se-á o fator progresso técnico, sua inclusão na função de produção acontecerá mais adiante. Por enquanto considerar-se-á a função de produção como dependente somente do capital e do trabalho. Na verdade, além destes fatores pode-se incluir outros como a terra, capital humano, etc.

economia para determinadas quantidades de capital e trabalho. Nota-se nesta função de produção que o produto agregado e o trabalho são considerados como fluxos e o capital como estoque.

A equação apresenta o capital e o trabalho como quantidades, e claro esta apresentação destes fatores de produção não passa de uma simplificação da realidade. O capital é tomado como um todo, como a soma de todo o estoque físico de capital existente na economia e obviamente, edifícios, máquinas e equipamentos não produzem a mesma quantidade. A realidade mostra que cada um deles desempenha papéis muito diferentes na obtenção do produto e o correto seria tratá-los como insumos diferentes. O mesmo acontece com os trabalhadores, que são tratados como idênticos e que uma vez mais a realidade mostra diferenças entre eles, uns mais produtivos e eficientes que os outros.

1.2.1 Derivação da Função de Produção Agregada

Neste primeiro estágio do trabalho considera-se o produto agregado como sendo produzido apenas pelo capital e trabalho. Deve-se impor à equação (1a) duas restrições, o fato de ela estar sujeita a rendimentos de escala e a lei dos rendimentos decrescentes. Poder-se-ia perguntar o que aconteceria com o produto se ambos os fatores de produção fossem duplicados ou triplicados. A resposta a esta pergunta seria que o produto também duplicaria ou triplicaria, isto é:

$$2Y = F(2K, 2N)$$
$$3Y = F(3K, 3N)$$

A esta propriedade denomina-se rendimentos constantes de escala e tomando de forma mais geral tem-se,

$$\eta Y = F(\eta K, \eta N) \qquad \textbf{(1b)}$$

onde η representa qualquer variação nos fatores de produção e no produto.

A mesma pergunta também poderia ser feita se apenas um dos fatores de produção fosse aumentado, ou seja, o que aconteceria com o produto se apenas o capital (ou o trabalho) fosse aumentado? Exemplificando, que aumentos esperar-se-ia se no produto se apenas o capital fosse aumentado? Numa primeira etapa o aumento do capital produziria grandes aumentos no produto e à medida que mais capital fosse adicionado ao processo produtivo, o produto continuaria aumentando, mas a ritmos decrescentes. De outro modo, mais capital estaria produzindo cada vez menores quantidades de produto. Esta é a famosa lei dos rendimentos decrescentes e é válida em quase todos os aspectos na produção, também aplicável ao fator trabalho.

1.2.2 Produto e Capital por Trabalhador

A função de produção agregada e as suas duas propriedades (rendimentos de escala constantes e rendimentos decrescentes) mostram uma relação clara entre o produto por trabalhador e o capital por trabalhador. Para observar esta relação tome-se η na equação (1b) igual a 1/N de forma a obter-se a relação entre o produto por trabalhador e capital por trabalhador:

$$Y/N = F(1,K/N)$$

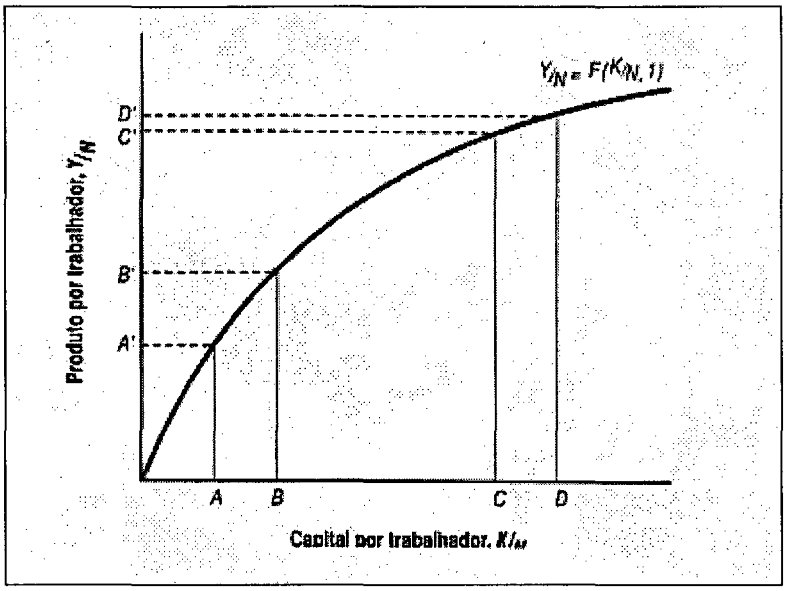
chamando $F(1,K/N)$ de $f(K/N)$

tem-se $\mathbf{Y/N = f(K/N)}$ **(1c)**

Esta equação diz que a quantidade do produto por trabalhador é função (ou depende) da quantidade de capital por trabalhador. A relação entre quantidades de produto e capital por trabalhador é mostrada no Gráfico 1.1, as quantidades do produto por trabalhador são representados no seu eixo vertical e as quantidades do capital por trabalhador no eixo horizontal. No gráfico pode-se ver que à medida que o capital por trabalhador aumenta, o produto por trabalhador também aumenta, mas (devido à lei dos rendimentos decrescentes) a ritmos decrescentes. Esta relação resulta, portanto, numa curva côncava com inclinação ascendente.

Gráfico 1.1

Relação Produto por trabalhador Y/N e Capital por trabalhador K/N



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 426.

Concluída a investigação da função de produção agregada[2], importante na análise do crescimento econômico, os próximos dois capítulos dedicar-se-ão à análise da acumulação de capital e do progresso técnico.

[2] Sem o fator progresso técnico.

CAPÍTULO II

A Teoria Neoclássica do Crescimento sem Progresso Técnico

2.1 A Acumulação de Capital e de Produto

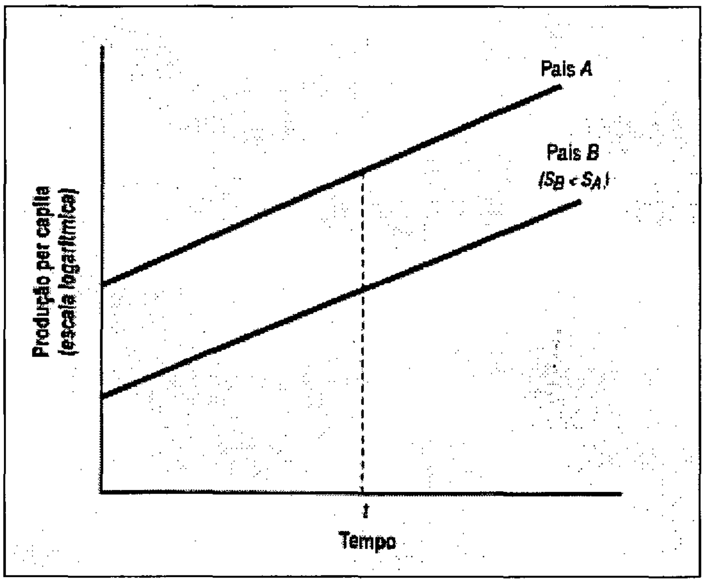
Após analisado o primeiro estágio da função de produção, a atenção volta-se agora novamente ao crescimento. Como gerar crescimento econômico ou de onde vem o crescimento tem sido um grande desafio às autoridades governamentais responsáveis pela adoção de políticas econômicas. A equação (1c) fornece uma primeira resposta à esta questão: o aumento do produto por trabalhador (Y/N) pode vir de aumentos do capital por trabalhador (K/N), aliás, esta foi a conclusão do capítulo I.

Conforme mostra o Gráfico 1.1, o aumento de K/N provoca aumentos em Y/N. A questão nestes aumentos é até que ponto o produto por trabalhador é acrescido em decorrência de aumentos no capital por trabalhador uma vez que, devido à lei dos rendimentos decrescentes este último aumenta a ritmos decrescentes. No Gráfico 1.1 pode-se ver que a equação Y/N = f(K/N) tende no longo prazo a um valor constante. Isto significa dizer que para altos valores de K/N, a acumulação de capital ou a taxa de poupança (proporção de renda que é poupada) não pode por si só sustentar um significativo crescimento no produto agregado.

O capítulo III reserva-se à análise do progresso tecnológico, fator de produção responsável pela sustentação de significativas taxas de crescimento. Enquanto o progresso tecnológico sustenta de forma permanente a taxa de crescimento da economia, a taxa de poupança pode apenas sustentar um nível mais alto do produto. Poder-se-á compreender os efeitos da poupança e do progresso tecnológico sobre o crescimento econômico da seguinte maneira: imagine-se dois países, A e B. O país A tem uma taxa de poupança maior do que a do país B e ambos apresentam um progresso tecnológico crescendo ao mesmo nível. O comportamento do produto per capita destes dois países está representado no Gráfico 2.1. Neste gráfico é representada a produção per capita em escala logarítmica no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal. Como o nível do progresso tecnológico nos dois países é o mesmo, os seus produtos per capita crescem à mesma taxa, isto é, paralelamente. O fato de o país A ter uma taxa de poupança maior do que a do país B reflete-se em a sua reta estar acima da reta deste último e, portanto, representando também um produto per capita maior do que o do país B.

Gráfico 2.1

Evolução do produto per capita dos países A e B (mesma taxa de progresso técnico)

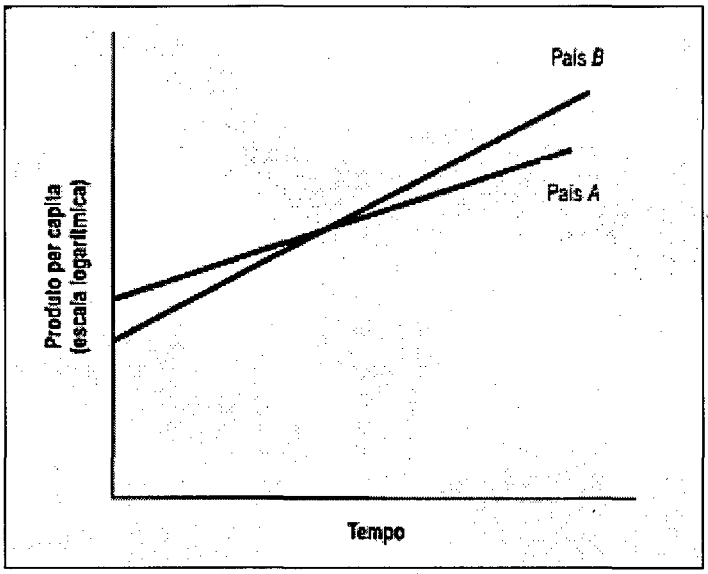


Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 428.

Imagine-se um outro caso, com os países A e B, mas agora com diferentes níveis de progresso tecnológico, o país B com um nível de progresso tecnológico maior que o do país A. Mesmo que numa primeira fase (quando ambos os países têm as mesmas taxas de progresso tecnológico e o país A maior poupança que o B) o país B saia atrás, se ele se adiantar no progresso tecnológico, a certa altura ultrapassará o país A. O comportamento do produto per capita destes países nesta situação se assemelhará ao representado no Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2

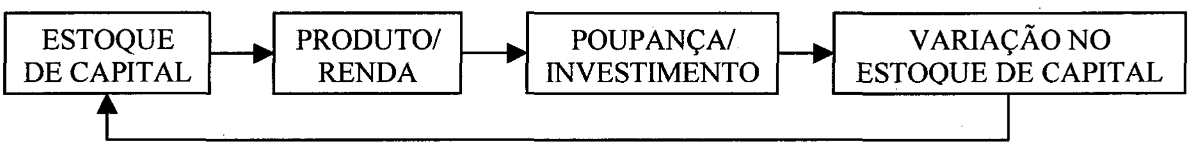
Evolução do produto per capita dos países A e B (taxas diferentes de progresso técnico)



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 428.

2.1.1 Relação entre Capital e Produto

A equação (1c) mostrou que a quantidade de capital em uma economia determina o nível de produto que a mesma pode alcançar. O nível de produto por sua vez determina os níveis de poupança[3] e investimento que a economia apresentará, isto é, quanto de capital será acumulado. Esquematicamente, tem-se:



[3] A poupança depende também da taxa de poupança, a propensão a poupar.

2.1.2 Efeitos do Produto sobre a Acumulação de Capital

Conforme o esquema do item 2.1.1, o nível de produto ou renda determina o nível de poupança que pode ser investido. Simplificando, tem-se a poupança[4] como proporcional à renda, isto é:

$$S = sY \qquad \textbf{(2a)}$$

onde Y representa o nível de produto ou renda da economia e s a proporção da renda que é poupada, ou seja, a proporção marginal a poupar. Supondo que a economia seja fechada[5], sem comércio com o resto do mundo, em equilíbrio macroeconômico toda a poupança privada é investida, isto é:

$$I = S \qquad \textbf{(2b)}$$

Substituindo S na equação (2b) pela sua equivalência na equação (2a), obtém-se a equação do investimento como sendo função do produto:

$$I = sY \qquad \textbf{(2c)}$$

Fazendo agora a relação entre o investimento (fluxo de capital que aumenta a capacidade produtiva) com o capital (fábricas, máquinas e equipamentos já existentes na economia num determinado tempo) e supondo que se este se deprecia a uma certa taxa (δ) a cada período de tempo, tem-se que a acumulação de capital é dada pela seguinte expressão:

$$K_{t+1} = (1-\delta)\, K_t + I_t \qquad \textbf{(2d)}$$

que em essência revela que a acumulação de capital no período t+1 é igual à acumulação de capital no período t abatida sua depreciação (δK_t) neste momento mais o fluxo de investimento feito no período t. Agora substituindo o investimento a equação (2d) pela sua equivalência na equação (2c) e dividindo ambos os lados da equação (2d) pelo número de trabalhadores (N), obtém-se:

$$K_{t+1}/N = (1-\delta)\, K_t/N + sY_t/N \qquad \textbf{(2e)}$$

fazendo transformações algébricas nesta equação, chega-se à seguinte equação:

$$K_{t+1}/N - K_t/N = sY_t/N - \delta K_t/N \qquad \textbf{(2f)}$$

---

[4] Refere-se aqui à poupança privada.

[5] Refere-se aqui a um país que não mantenha relações econômicas com o resto do mundo. Um país que seja aberto ao mundo não deve necessariamente ter a sua poupança igual ao investimento, pois, ele pode captar recursos do exterior para seu investimento ou pode transferir sua poupança para outros países.

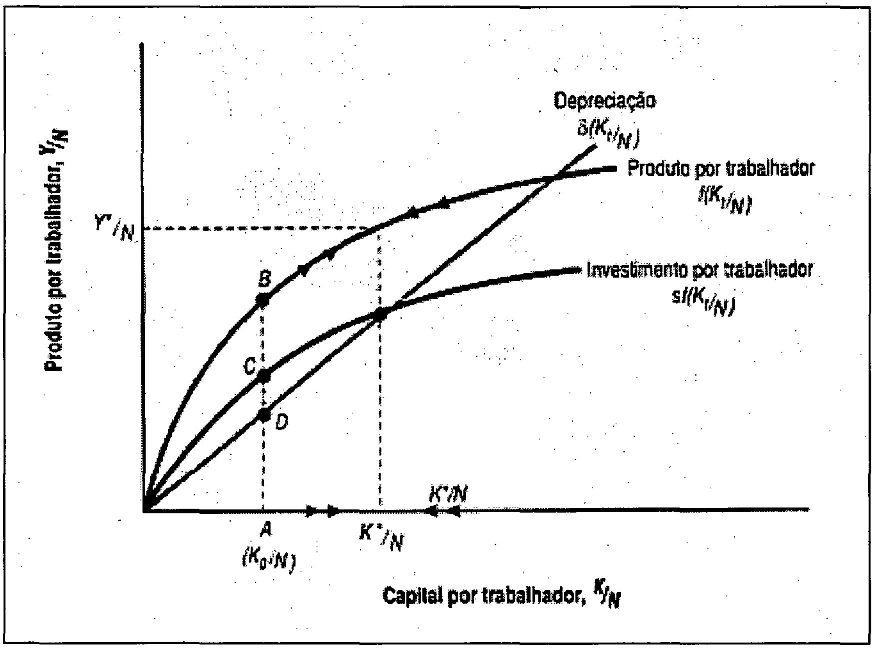
que revela a mesma conclusão da equação (2d) mas de forma mais precisa: a variação do estoque de capital por trabalhador nos períodos t e t+1 é igual à poupança por trabalhador no período t menos a depreciação por trabalhador também no período t.

A equação (1c) mostrou que o capital determina o produto e a equação (2f) mostra agora que o produto determina o capital. Juntando as duas equações obtém-se a seguinte equação:

$$K_{t+1}/N - K_t/N = sf(K_t/N) - \delta K_t/N \qquad (2g)$$

isto é, a variação no estoque de capital é igual ao investimento por trabalhador (o primeiro termo à direita da equação) menos a depreciação por trabalhador (o segundo termo à direita da equação). Assim, se o investimento for maior do que a depreciação, a variação no estoque de capital será positiva e se o investimento for menor do que a depreciação, o estoque de capital variará negativamente. Em outras palavras pode-se dizer que quando o investimento for maior do que a depreciação, o capital aumentará e quando for menor o capital diminuirá. O Gráfico 2.3 mostra os resultados das equações (1c) e (2g).

Gráfico 2.3



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 435.

No seu eixo vertical é representado o produto por trabalhador (Y/N) e no eixo horizontal o capital por trabalhador (K/N). Nele é traçado o comportamento do produto por trabalhador como função do capital por trabalhador, $Y_t/N = f(K_t/N)$. O produto por trabalhador aumenta com o aumento do capital por trabalhador, mas este aumento será tão menor quanto maior for o nível do capital por trabalhador. No mesmo gráfico também são representados os dois termos do lado direito da equação (2g), a curva do investimento por trabalhador, $sf(K_t/N)$ tem um comportamento semelhante ao da curva de função de produção, com a diferença de ser mais baixa do que esta. A curva da depreciação por trabalhador $\delta K_t/N$ é linearmente proporcional ao capital por trabalhador, pois, aumentos de capital aumentam de igual modo a sua depreciação. Os pontos de capital e produto de estado estacionário ocorrem em K^*/N e Y^*/N, respectivamente. Neste ponto o investimento é apenas suficiente para cobrir a depreciação e o capital por trabalhador permanece constante. Em níveis de capital por trabalhador inferiores a K^*/N o investimento por trabalhador é maior do que a depreciação por trabalhador e o capital por trabalhador aumenta. De outro modo, quando o capital por trabalhador atinge níveis superiores a K^*/N, o investimento por trabalhador passa a ser menor do que a depreciação por trabalhador e ocorre uma variação negativa do capital.

O estado estacionário da economia em que tanto o produto quanto o capital deixam de variar é uma tendência verificável somente no longo prazo. Por definição, no estado estacionário a variação do estoque de capital por trabalhador é nula, então, igualando-se o lado esquerdo da equação (2g) a zero, obtém-se:

$$\mathbf{sf(K_t/N) = \delta K_t/N} \qquad \textbf{(2h)}$$

com o fluxo de investimento apenas cobrindo a depreciação do capital.

CAPÍTULO III

Progresso Técnico e Crescimento

Este capítulo introduz a variável progresso técnico na função de produção agregada apresentada nos capítulos I e II. Nele, é feita uma discussão da representação e classificação do progresso técnico e crescimento econômico. Neste propósito, a intenção é mostrar as diferentes formas de representar e classificar o progresso técnico existentes na literatura e, a partir delas, adotar uma a ser utilizada no presente trabalho. Esta discussão da representação e classificação do progresso técnico apresentada neste capitulo está baseada na obra de Hywel Jones intitulada "Modernas Teorias de Crescimento Econômico"(ver referência bibliográfica desta obra na bibliografia deste trabalho). O item 3.1 apresenta as diferentes formas de representação do progresso técnico, o item 3.2 apresenta diferentes classificações do progresso técnico e o item 3.3 discute o crescimento econômico com o chamado progresso técnico Harrod-neutro.

3.1 Representação do Progresso Técnico

Como o progresso técnico é um importante fator no processo do crescimento econômico, torna-se necessário encontrar meios pelos quais ele possa ser representado. No modelo de crescimento de um único bem ou produto, o efeito resultante do progresso técnico é permitir que se produza maior quantidade do bem ou produto dados os insumos capital e trabalho ou, de outro modo, produzir a mesma quantidade do bem ou produto com menos insumos. Assim, em termos da função de produção por trabalhador obtida no capítulo I (Gráfico 1.1), o progresso técnico provoca um deslocamento para cima nesta função de produção por trabalhador. O Gráfico 3.1 mostra este efeito, a função de produção original é representada pela curva $f(k, t_0)$. Depois do progresso técnico, a curva desloca-se para cima, para a nova posição $f(k, t_1)$. Nesta nova curva pode-se observar que é possível produzir maior quantidade de produto por trabalhador $(Y/N)_2$ com a mesma quantidade de capital por trabalhador $(K/N)_2$ da função $f(k, t_0)$ ou, produzir a mesma quantidade de produto por trabalhador $(Y/N)_1$ desta função com menor quantidade de capital por trabalhador $(K/N)_1$.

Gráfico 3.1

Efeito do Progresso Técnico na Função de Produção por Trabalhador

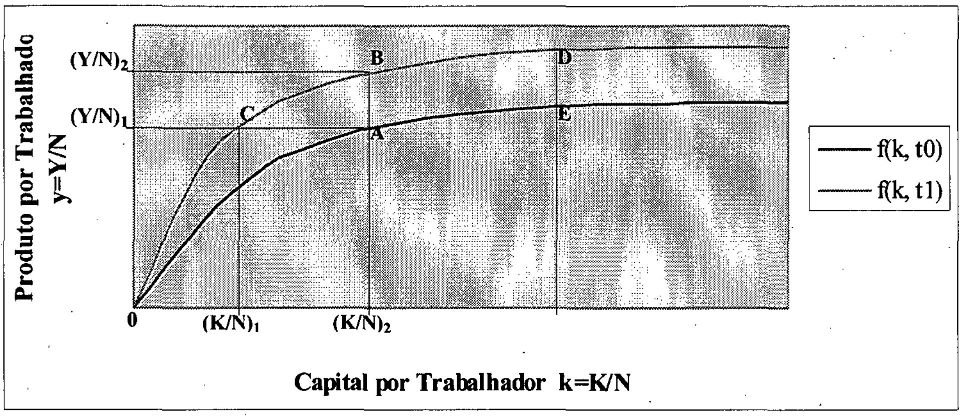


Gráfico: Elaboração própria.

Embora esta representação gráfica seja convencional na literatura, dois autores (Atkinson e Stiglitz) defendem que a curva de produção não deve necessariamente se deslocar toda para cima em decorrência do progresso técnico.

"Eles sugerem que o progresso técnico em qualquer dos processos separados de produção não precisa afetar nenhum dos outros processos e que, como conseqüência, o efeito do progresso técnico seria produzir um 'calombo' na função de produção por trabalhador em vez de mudar toda a curva." (JONES, 1979, pág.173). Esta idéia é ilustrada no Gráfico 3.2.

Contudo, a maneira mais geral de representar o efeito do progresso técnico no modelo de crescimento econômico é rescrever a função de produção agregada (1a) do capítulo I da seguinte forma;

$$\mathbf{Y = F\ (K, N, t)} \qquad \textbf{(3a)}$$

que mostra o produto agregado (Y) como sendo função do capital (K), dos trabalhadores (N) e agora também da variável tempo (t) – que pode ser interpretada como o progresso técnico, uma vez que este varia com o tempo. A equação diz quanto pode ser produzido em uma economia com determinadas quantidades de capital e trabalho, dado o seu estado de progresso tecnológico. Um país com uma tecnologia mais eficiente produzirá mais com as mesmas quantidades de capital e trabalho do que outro com menos tecnologia.

Gráfico 3.2

Efeito do Progresso Técnico na Função de Produção por Trabalhador segundo Atkinson e Stiglitz

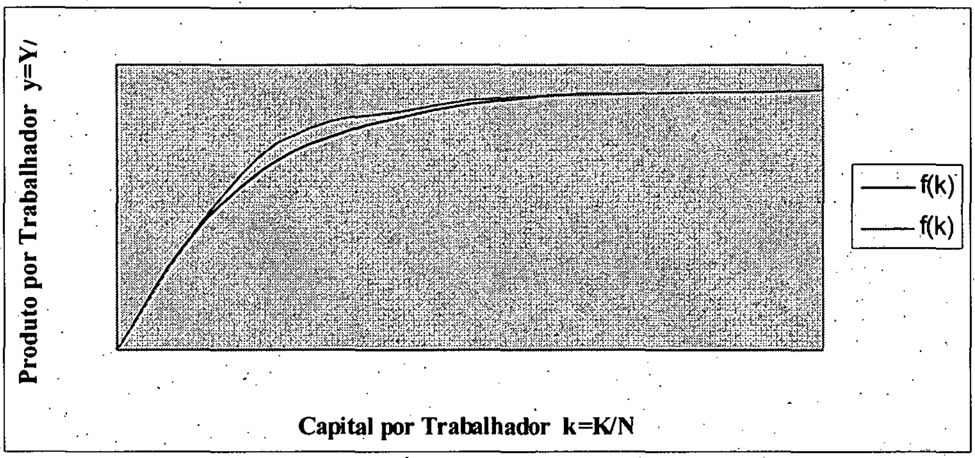


Gráfico: Elaboração própria.

Ainda que a equação (3a) seja a forma mais geral da função de produção agregada na presença do progresso técnico, uma formulação diferente é também muito utilizada na literatura;

$$Y = F(A(t)K, B(t)N) \qquad (3b)$$

Vale lembrar que esta função de produção se completaria com a inclusão do fator capital humano. O produto agregado de um país é diretamente proporcional ao nível de educação da sua população. Um país com trabalhadores altamente qualificados e habilidosos certamente será mais produtivo do que outro com trabalhadores pouco qualificados. Sendo o objetivo do trabalho analisar quantitativamente o comportamento no tempo de variáveis macroeconômicas e sendo o capital humano uma variável qualitativa e de difícil mensuração, tratar-se-á o produto agregado como sendo função de apenas o capital, trabalhadores e progresso técnico.

Na equação (3b) o produto agregado não é mais função simples das quantidades de capital e trabalho. O estoque de capital (K) e a força de trabalho (N) são multiplicados pelos fatores A e B que são funções do tempo. As expressões A(t)K e B(t)N são normalmente chamadas de capital efetivo e trabalho efetivo, respectivamente. A idéia é a seguinte:

Se A(t), a taxa de mudança de A, for positiva, então, com o decorrer do tempo, o estoque de capital efetivo aumenta, mesmo que o estoque de capital verdadeiro (real) tenha permanecido constante. De forma similar, se B(t), a taxa de mudança de B, for positiva, a força de trabalho efetiva estará crescendo, mesmo que a força de trabalho verdadeira permaneça constante. Em termos práticos, esta forma de progresso técnico (chamada de aumentador de fatores) quer dizer que, por exemplo, cinco homens podem hoje fazer um trabalho anteriormente feito por seis ou, duas máquinas podem atualmente produzir o que no passado exigia três máquinas para a sua produção. Se A(t) for positiva e B(t)=1, a mudança técnica é considerada como aumentadora de capital. De outro modo, se A(t)=1 e B(t) for positiva, a mudança técnica é considerada como aumentadora de trabalho. Se ambas as taxas, A(t) e B(t) forem iguais entre si e maiores que zero [A(t)=B(t)>0], então a mudança técnica é considerada como igualmente aumentadora de capital e trabalho.

É importante destacar que a representação aumentadora do fator progresso tecnológico ou técnico não resulta necessariamente de mudanças nos fatores de produção, isto é, se o progresso técnico por exemplo for representado como aumentador de trabalho, não pode-se afirmar categoricamente que houve mudanças na qualidade da força de trabalho. Poderia simplesmente tratar-se de uma melhoria na projeção de um computador que dá ao seu usuário uma produtividade de 1,10 usuários em computadores antigos.

A maioria dos modelos simples de crescimento econômico, que incluem a variável progresso tecnológico, supõem que o progresso técnico acontece a uma taxa exógena proporcional constante *m*[6]. Sendo assim, a representação do progresso técnico aumentadora de capital ou de trabalho, ou de ambos simultaneamente, pode ser rescrita da seguinte forma:

$$\mathbf{Y = F(A(t)K, N);} \qquad \mathbf{(3c)}$$

com $[dA(t)/dt]/[A(t)] = m$

que traduz progresso técnico *puramente aumentador de capital* a uma taxa proporcional constante *m*

$$\mathbf{Y = F(K, B(t)N)} \qquad \mathbf{(3d)}$$

com $[dB(t)/dt]/[B(t)] = m$

[6] Suposição esta passível de grandes críticas.

que traduz progresso técnico *puramente aumentador de trabalho* a uma taxa proporcional constante m e

$$Y = F(A(t)K, B(t)N) \qquad (3e)$$

com $[dA(t)/dt]/[A(t)] = [dB(t)/dt]/[B(t)] = m$.

A equação (3e) pode também ser escrita como

$$Y = A(t)F(K, N) \qquad (3f)$$

que traduz o progresso técnico *igualmente aumentador de capital e trabalho* a uma taxa proporcional constante m.

3.2 Classificação do Progresso Técnico

Existem na literatura dois importantes esquemas que classificam o progresso técnico desenvolvidos por John Hicks e Roy Harrod, que podem ambos ser interpretados em termos do efeito do progresso técnico sobre as participações relativas do capital e trabalho na renda nacional.

3.2.1 A Classificação de Progresso Técnico de Hicks

Hicks classifica o progresso tecnológico (invenções) de acordo com os seus efeitos na relação produto marginal do capital pelo produto marginal de trabalho. Segundo Hicks, o progresso técnico pode ser poupador de trabalho, neutro ou poupador de capital. Especificando:

Representando o produto marginal do capital antes e depois do acontecimento do progresso técnico como $F_K(0)$ e $F_K(t)$, respectivamente, e o produto marginal do trabalho também antes e depois da onda de progresso técnico como $F_N(0)$ e $F_N(t)$, respectivamente, a classificação de Hicks pode ser escrita da seguinte maneira:

- Se $F_K(t)/F_N(t) > F_K(0)/F_N(0)$, Hicks denomina o progresso técnico de *poupador de trabalho*.
- Se $F_K(t)/F_N(t) = F_K(0)/F_N(0)$, o progresso técnico é chamado de Hicks-neutro.
- Se $F_K(t)/F_N(t) < F_K(0)/F_N(0)$, Hicks denomina o progresso técnico de *poupador de capital*.

Sabe-se que em condições de competição, o produto marginal do capital é igual à remuneração (aluguel) do capital e o produto marginal do trabalho é igual à remuneração do trabalho (salários). Então, um progresso técnico poupador de capital aumenta a relação salários/ aluguel do capital (w/r) e um progresso técnico poupador de trabalho diminui esta relação (w/r). Um progresso técnico poupador de trabalho provoca uma diminuição no nível de salários porque em conseqüência dele o trabalho passa a ser mais abundante do que anteriormente.

É importante salientar que esta classificação de Hicks é baseada na comparação entre pontos na curva da função de produção por trabalhador nos quais a relação capital/ trabalho é constante, nos pontos A e B, ou D e E no Gráfico 3.1. Porém, no mesmo gráfico a razão do produto marginal do capital pelo produto marginal do trabalho é diferente a cada ponto em ambas as curvas. Tendo toda a função de produção por trabalhador de deslocado para cima em função da onda de progresso técnico, torna-se necessário especificar que ponto na nova curva pode ser comparado com outro na velha curva para que a classificação de Hicks tenha validade. Se, por exemplo, a razão do produto marginal do capital pelo do trabalho no ponto B em $f(k, t_1)$ é comparada com a mesma razão no ponto E em $f(k, t_0)$, então seria feita uma outra classificação diferente da classificação de Hicks, razão dos produtos marginais no ponto A (E) comparável com a mesma razão no ponto B (D). Fazendo este alerta, torna-se necessário redefinir o progresso técnico segundo Hicks:

Uma mudança para cima na função de produção por trabalhador, que represente uma onda de progresso técnico, é chamada de *poupadora de capital* se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão do produto marginal do capital pelo produto marginal do trabalho *diminui*. Por outro lado, uma mudança para cima na função de produção por trabalhador, que represente o progresso técnico, é chamada de *poupadora de trabalho* se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão dos produtos marginais (do capital e do trabalho) *aumenta*. Se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão destes produtos marginais (do capital e do trabalho) permanecer *constante*, a mudança para cima na função de produção por trabalhador representando o progresso técnico é chamada de *Hicks-neutra*.

Pode-se também interpretar a classificação de Hicks em termos do efeito do progresso técnico nas participações relativas do capital e trabalho na renda nacional. Conforme já analisado, em condições de competição e segundo Hicks, o progresso técnico poupador de capital provoca uma diminuição na relação entre a taxa de aluguel do capital e a taxa de salário (r/w), o progresso técnico poupador de trabalho provoca um aumento em r/w e o progresso técnico Hicks-neutro mantém r/w constante. A razão das participações relativas representada por π, é igual a rK/wN, isto é, π = rK/wN. O progresso técnico afetará então r/w, que por sua vez afetará as participações relativas do capital (rK) e do trabalho (wN) na renda nacional, por mais que a relação capital/ trabalho (K/N) permaneça constante. Assim, pode-se chegar às seguintes conclusões:

"O progresso técnico é chamado de 'poupador de trabalho' no sentido de Hicks se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão das participações relativas, π = rK/wN, cresce (isto é, π, a taxa de mudança das participações relativas, é positiva).

O progresso técnico é chamado de 'poupador de capital' no sentido de Hicks se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão das participações relativas, π = rK/wN, decresce (isto é, $\pi < 0$).

O progresso técnico é chamado 'Hicks-neutro' se, para qualquer valor constante da relação capital/ trabalho, a razão das participações relativas, π = rK/wN, permanece constante (isto é, $\pi = 0$)." (JONES, 1979, pág. 179).

O progresso técnico Hicks-neutro é ilustrado no Gráfico 3.3. Neste gráfico, $f(k, t_0)$ representa a função convencional de produção por trabalhador e considera-se que a economia tenha uma relação capital/ trabalho (K/N) igual a $(K/N)_1$. Assim, dada a relação capital/ trabalho, o produto marginal do capital é medido pela inclinação da tangente TA e a relação salário/ aluguel do capital (w/r) é medida pela distância 0T[7]. Se, pelo efeito do progresso técnico, a função de produção por trabalhador deslocar-se para $f(k, t_1)$, a neutralidade de Hicks exige que para a relação capital/ trabalho $(K/N)_1$, a razão do produto marginal do capital pelo produto marginal do trabalho, ou a razão da taxa de aluguel do capital pela taxa de salário (r/w) deve permanecer constante. Então, um deslocamento

[7] A explicação deste gráfico é apresentada na Parte I do Anexo Explicativo deste trabalho.

Hicks-neutro de $f(k, t_0)$ para $f(k, t_1)$ exige que a tangente de $f(k, t_1)$ para a relação capital/ trabalho $(K/N)_1$ deve originar-se em T, de modo que a distância 0T (igual a w/r) permaneça a mesma após a mudança. No Gráfico 3.3 estas condições são satisfeitas e a mudança do ponto C para o ponto D representa o progresso técnico Hicks-neutro.

Gráfico 3.3

O Progresso Técnico Hicks-neutro

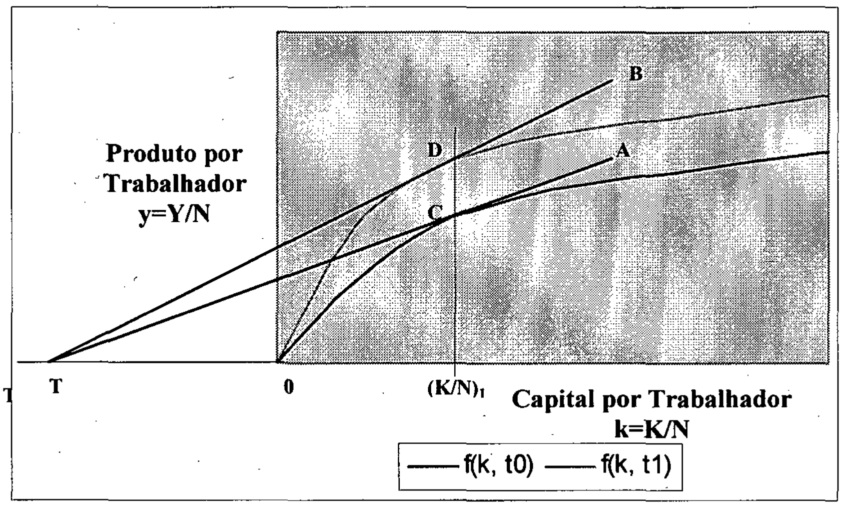


Gráfico: Elaboração própria.

A representação do progresso técnico de Hicks foi formulada no contexto de uma teoria de salários e distribuição, mas, para Jones, no modelo neoclássico de crescimento econômico[8] ela não é válida. O Gráfico 3.4 mostra o resultado de uma mudança na função de produção neoclássica causada pelo progresso técnico. Neste gráfico, $f(k, t_0)$ representa a função de produção por trabalhador antes do progresso técnico e $f(k, t_1)$, a mesma função após o progresso técnico. A linha reta (n/s)k representa a declividade da relação força de trabalho e propensão a poupar (n/s). Com uma taxa de crescimento da força de trabalho de n e a propensão a poupar de s sabe-se que o equilíbrio de longo prazo da economia é dado pela interseção de $f(k, t_0)$ e (n/s)k, isto é, com um nível de produto por trabalhador de $(Y/N)_1$ e um nível de capital por trabalhador de $(K/N)_1$. Se a função de produção se deslocar para f(k,

[8] A explicação da equação fundamental do crescimento econômico neoclássico é apresentada na Parte II do Anexo Explicativo deste trabalho. Sua explicação está baseada na já citada obra de Jones.

t_1) como resultado do progresso técnico, o novo ponto de equilíbrio de longo prazo da economia passará para $(Y/N)_2$ e $(K/N)_2$. Se a economia estava inicialmente no crescimento balanceado correspondente a $(K/N)_1$, com o progresso técnico, a tendência muda lentamente para um crescimento balanceado equivalente a $(K/N)_2$. Se as taxas de crescimento da força de trabalho e da propensão a poupar, n e s, respectivamente; são constantes, então qualquer mudança para cima na função de produção por trabalhador resulta, pelo modelo de crescimento neoclássico, num novo estado de crescimento balanceado estável, com maiores níveis nas relações capital/ trabalho (K/N) e produto por trabalhador (Y/N). Assim, como a classificação de progresso técnico de Hicks limita-se à comparação de pontos associados a uma relação capital/ trabalho constante, para Jones, ela não pode ser aplicada ao modelo de crescimento econômico neoclássico[9].

Gráfico 3.4

Não validade da representação do Progresso Técnico de Hicks no modelo de crescimento neoclássico

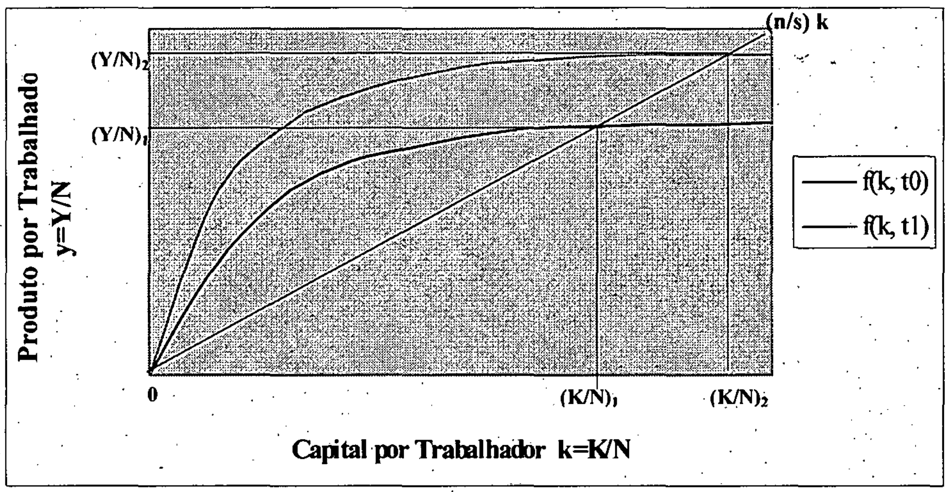


Gráfico: Elaboração própria.

[9] Não cabe aqui julgar a opinião de Jones quanto a não aplicabilidade do progresso técnico de Hicks no modelo de crescimento econômico neoclássico, mas apenas de expor a idéia deste autor.

3.2.2 A Classificação de Progresso Técnico de Harrod

Diferentemente de Hicks que compara pontos nos quais a relação capital/ trabalho é constante, Roy Harrod compara pontos nos quais a relação capital/ produto é constante. Sabe-se que em condições de concorrência, a taxa de juros é igual ao produto marginal do capital[10]. Então, segundo Harrod, o progresso técnico tem a seguinte classificação: uma mudança para cima na função de produção por trabalhador que represente progresso técnico, diz-se Harrod-neutra se, para qualquer valor constante da relação capital/ produto, o produto marginal do capital permanecer constante[11].

Igualmente à classificação de Hicks, a classificação de progresso técnico de Harrod também pode ser demonstrada em termos do efeito nas participações relativas sobre a renda nacional atribuídas ao capital e trabalho. Assim, conforme Jones;

"Diz-se que o progresso técnico é 'poupador de trabalho' ('poupador de capital'), no conceito de Harrod, se, para qualquer valor constante da relação capital/ produto, as razão das participações relativas, $\pi = rK/wN$, crescer (decrescer), isto é, se K/Y for constante e $\pi > 0$, então o progresso técnico será poupador de trabalho conforme Harrod. Se K/Y for constante e $\pi < 0$, então o progresso técnico será poupador de capital no sentido de Harrod.

Progresso técnico é dito 'Harrod-neutro' se, para qualquer valor constante da relação capital/ produto, a razão das participações relativas, $\pi = rK/wN$, permanecer constante (isto é, $\pi = 0$, quando K/Y for constante)." (JONES, 1979, pág. 182).

O progresso técnico Harror-neutro é ilustrado do Gráfico 3.5. Neste gráfico, $f(k, t_0)$ representa a curva da função de produção convencional por trabalhador antes do progresso

[10] Quando se assume ausência de risco na taxa de juros.

[11] É importante destacar que a classificação original de Harrod está modificada nesta definição. Jones questiona o que ocorre à taxa de juros quando a relação capital/ produto permanece constante, contrariamente a Horrod, que questiona o que acontece à relação capital/ produto quando a taxa de juros permanece constante.

técnico e a economia atinge nesta curva um nível de capital por trabalhador de $(K/N)_1$. Sabe-se que a relação capital/ produto (v) é dada pelo inverso da inclinação da linha 0BZ[12] e que o produto marginal do capital é igual à inclinação da tangente TT no ponto B de f(k, t_0).

Gráfico 3.5

O Progresso Técnico Harrod-neutro

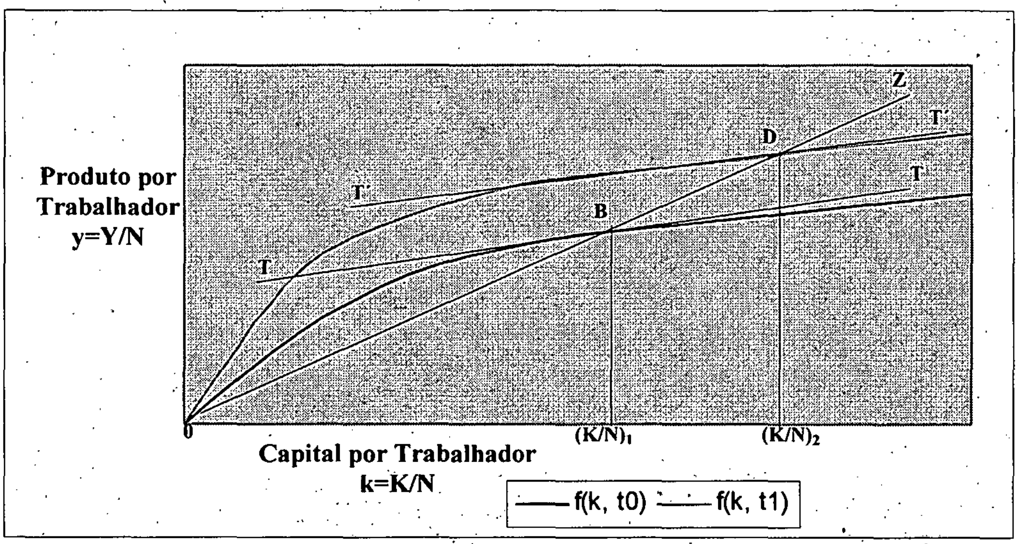


Gráfico: Elaboração própria.

O progresso técnico desloca a função de produção por trabalhador para cima, para f(k, t_1), e para que esta mudança na função de produção seja Harrod-neutra, o produto marginal do capital deve permanecer o mesmo dado pela inclinação da tangente TT e a relação capital/ produto (v) também deve ser a mesma dada pelo inverso da inclinação da linha 0BZ. No gráfico, estas condições são satisfeitas com o movimento do ponto B para o ponto D, isto é, da relação capital/ trabalho de $(K/N)_1$ para a relação capital/ trabalho de $(K/N)_2$. No ponto D, a relação capital/ produto é dada pelo inverso da inclinação da linha 0BZ sendo portanto igual à relação capital/ produto no ponto B. Ainda no ponto D, o produto marginal do capital é igual à inclinação da tangente T'T', paralela à tangente TT, sendo os produtos marginais iguais nos pontos B e D. Assim, o deslocamento do ponto B para o ponto D no Gráfico 3.5 representa o progresso técnico Harrod-neutro e para que a mudança em toda a curva satisfaça este progresso técnico, é necessário que o produto marginal do

[12] Se a inclinação de $0BZ = B(K/N)_1 / 0(K/N)_1 = y/k = (Y/N) / (K/N) = Y/K = 1/v$.

capital permaneça o mesmo para qualquer valor constante da relação capital/ produto (dado pelo inverso da inclinação de qualquer linha reta que saia da origem através da função de produção inicial e função de produção resultante do progresso técnico).

Joan Robinson provou que o progresso técnico Harrod-neutro é equivalente ao chamado progresso técnico aumentador de trabalho[13].
"uma invenção neutra, no sentido de Mr. Harrod, tem o mesmo efeito que um aumento na oferta de trabalho...e é vista como equivalente a um aumento integral na eficiência de trabalho"(Joan Robinson, In: JONES, 1979, pág. 182).

Então, se o progresso técnico Harrod-neutro eqüivale ao chamado progresso técnico aumentador de trabalho, o mesmo, ocorre a uma taxa constante proporcional m, e a função de produção agregada pode ser escrita como;

$$Y = F(K, B(t)N)$$

com $[dB(t)/dt]/[B(t)] = m$

Uma das aplicações da demonstração de Robinson é que o progresso técnico Harrod-neutro, pela vantagem da sua equivalência com o crescimento da força de trabalho, é fácil de ser inserido em vários modelos de crescimento econômico.

É interessante observar o nível tecnológico que é compatível com ambos os progressos técnicos neutros, o de Hicks e o de Harrod. Retornando aos Gráficos 3.3 e 3.5; observa-se que no Gráfico 3.3, $(K/N)_1$ é a relação capital/ trabalho inicial e o progresso técnico Hicks-neutro mantém a distribuição de renda constante nesse mesmo nível da relação capital/ trabalho. No Gráfico 3.5 $(K/N)_1$ é a relação capital/ trabalho inicial; como o progresso técnico Harrod-neutro implica que a distribuição de renda permaneça constante para um valor constante da relação capital/ produto e que como pode ser visto no gráfico, está associada a uma relação capital/ trabalho mais elevada, $(K/N)_2$. Se os progressos técnicos neutros de Hicks e Harrod são equivalentes, então, a distribuição de renda deve ser a mesma para qualquer nível da relação capital/ trabalho.

---

[13] A demonstração não é apresentada neste trabalho, mas pode ser vista em Joan Robinson (1938).

É demonstrado no Gráfico II do Anexo Explicativo que a relação taxa de salário e a taxa de lucro (w/r) é medida pela distância 0B neste mesmo gráfico. Considerando o efeito sobre a relação capital/ trabalho resultante de uma variação na distância 0B enquanto a linha AB é mantida tangente à curva f(k), pode-se observar que: quando a distância 0B aumenta, a relação capital/ trabalho também aumenta, isto é, um valor maior de w/r implica em um valor de k também maior. De forma similar, quando a distância 0B diminui, a relação capital/ trabalho também diminui, isto é, um valor menor de w/r está associado a um valor de k também menor. Portanto, a relação capital/ trabalho é uma função da relação salário/ taxa de lucro:

$$k = F(w/r)$$

invertendo w/r, obtém-se;

$$k = F(r/w)$$

A relação entre k e r/w (ou w/r) é ilustrada do Gráfico 3.6, um aumento em k provoca uma diminuição em r/w e um aumento nesta relação implica num decrescimento em k.

Gráfico 3.6

A Elasticidade de substituição entre capital e trabalho

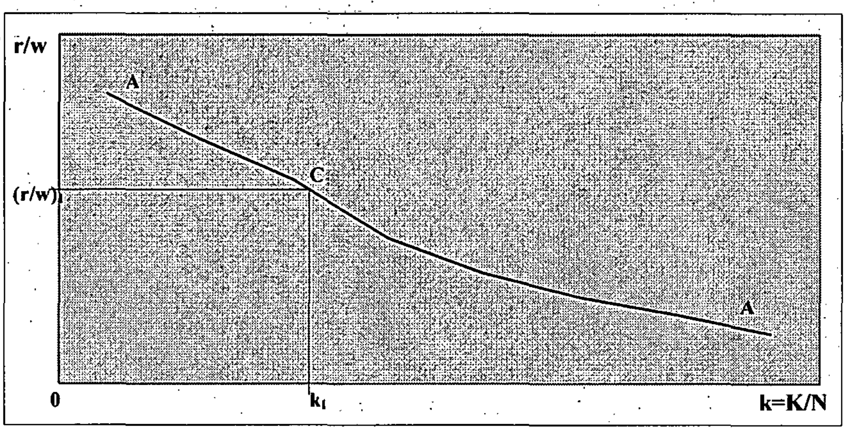


Gráfico: Elaboração própria.

A elasticidade de substituição entre capital e trabalho, representada por σ é definida como a elasticidade da curva AA.[14]

[14] A idéia na interpretação da elasticidade da curva AA é a mesma com a da elasticidade de uma cura curva de demanda.

Se denotar-se $\check{c} = r/w$, então a elasticidade de substituição pode ser definida como;

-(Mudança proporcional na relação capital/ trabalho / Mudança proporcional na relação dos preços dos fatores)

isto é,

$$\sigma = (\Delta k/k) / (\Delta\check{c}/\check{c})$$

onde Δ significa um pequena variação.

Rearrumando a equação, tem-se;

$$\sigma = (\check{c}/k).(\Delta k/\Delta\check{c})$$

Como a curva AA tem inclinação negativa e a elasticidade de substituição é também negativa, convenciona-se o uso do sinal negativo na equação acima de forma a tornar σ positivo:

$$\sigma = -(\check{c}/k).(\Delta k/\Delta\check{c})$$

Se a elasticidade de substituição que mede a sensibilidade da relação capital/ trabalho (k) à sensibilidade dos preços do capital e do trabalho (r/w) for igual a zero, então k será complemente insensível a qualquer mudança em r/w. Por outro lado, se a elasticidade de substituição for igual a 1, significará que um pequena queda em r/w estará associada a um aumento semelhante proporcional em k, e vice-versa.

É interessante observar a relação entre a elasticidade de substituição e a razão das participações relativas no produto nacional do capital e do trabalho. A área do retângulo $0k_1C(r/w)_1$ no Gráfico 3.6 é igual a (r/w).(K/N) = rK/wN, que é a razão das participações relativas. Portanto, se a elasticidade de substituição for igual a 1, vê-se que um aumento de 1% em r/w significará uma queda de 1% em K/N e a razão das participações relativas permanecerá constante. Se $\sigma > 1$, um aumento de 1% em r/w significará uma queda de mais de 1% em K/N e a relação rK/wN diminuirá. Se $\sigma < 1$, um aumento de 1% em r/w significará uma queda de menos de 1% em N/K e a relação rK/wN aumentará.

Voltando agora aos progressos técnicos neutros de Hicks e Harrod e após esta explicação da elasticidade de substituição, conclui-se que a distribuição de renda deve ser a mesma para qualquer nível da relação capital/ trabalho somente se a elasticidade de substituição entre capital e trabalho for igual a 1. A razão das participações relativas do capital e do trabalho na renda nacional pode ser escrita como:

$$\Pi = \check{c}.k$$

onde $\check{c} = r/w$ e $k = K/N$

Se $\check{c}$ e k crescerem, Π também crescerá. Pode-se então escrever a equação acima sob a forma de taxas de crescimento, obtida da seguinte transformação matemática:

$$\text{Log}\,\Pi = \log(\check{c}.k) \Longrightarrow \log \Pi = \log \check{c} + \log k$$

$$\Longrightarrow (1/\Pi).(d\Pi/dt) = (1/\check{c}).(d\check{c}/dt) + (1/k).(dk/dt) \Longrightarrow (d\Pi/dt)/\Pi = (d\check{c}/dt)/\check{c} + (dk/dt)/k$$

$$\Longrightarrow d\Pi/\Pi = d\check{c}/\check{c} + dk/k$$

Sendo d a variação das variáveis no tempo, pode-se representar esta variação pelo incremento (Δ), ou seja;

$$\Delta\Pi/\Pi = \Delta\check{c}/\check{c} + \Delta k/k$$

Se as participações relativas devem permanecer constantes, $\Delta\Pi/\Pi$ deve ser igual a zero;

$$0 = \Delta\check{c}/\check{c} + \Delta k/k \Longleftrightarrow \Delta k/k = -(\Delta\check{c}/\check{c})$$

Procedendo a divisão destas razoes, obtém-se;

$$(\Delta k/k) / -(\Delta\check{c}/\check{c}) = 1 \Longrightarrow -(\Delta k/k).(\check{c}/\Delta\check{c}) = 1$$

que também pode ser escrita como;

$$-(\check{c}/k).(\Delta k/\Delta\check{c}) = 1$$

O lado esquerdo da equação acima é claramente a elasticidade de substituição entre capital e trabalho. Se nos progressos técnicos Kicks-neutro e Harrod-neutro a distribuição da renda deve ser a mesma para qualquer nível da relação capital/ trabalho implicando numa razão constante das participações relativas na renda do capital e trabalho para qualquer nível da relação capita/ trabalho, a elasticidade de substituição deve portanto ser igual a 1. A única forma da tecnologia que tem a elasticidade constante de substituição igual a 1 para qualquer nível da relação capital/ trabalho é a função de produção agregada Cobb-Douglas.

A "neutralidade" dos progressos técnicos de Hicks e Harrod na função de produção Cobb-Douglas constitui um dos principais motivos da popularidade do uso desta função em muitos modelos de crescimento econômico. Este trabalho não fugirá à regra e estimará a função de produção da economia brasileira utilizando a função de produção Cobb-Douglas. Mais exatamente, o trabalho adotará a hipótese do progresso técnico neutro no sentido de Harrod na forma aumentadora de trabalho. O longo exercício feito até aqui neste capítulo, ao explicar as diferentes formas possíveis de progresso técnico foi para mostrar que o trabalho partirá de apenas uma delas, que não é necessariamente a única.

A equação (3d) será portanto a função de produção a utilizar neste trabalho. Por simplificação considerar-se-á B(t) igual a A, de modo que a equação (3d) possa ser escrita como;

$$\mathbf{Y = F\,(K, NA)} \qquad \mathbf{(3g)}$$

A função (3g) esta sujeita às mesmas restrições da função de produção agregada do capítulo I. Para um dado nível de progresso técnico (A), os aumentos do capital (K) e do trabalho (N) tendem a aumentar o produto na mesma proporção:

$$2Y = F(2K, 2NA)$$

$$3Y = F(3K, 3NA)$$

generalizando, tem-se;

$$\boldsymbol{\eta Y = F(\eta K, \eta NA)} \qquad \mathbf{(3h)}$$

que mostra a existência dos rendimentos constantes de escala.

Substituindo na equação (3h) η por 1/NA, obtém-se:

$$Y/NA = F(K/NA, 1)$$

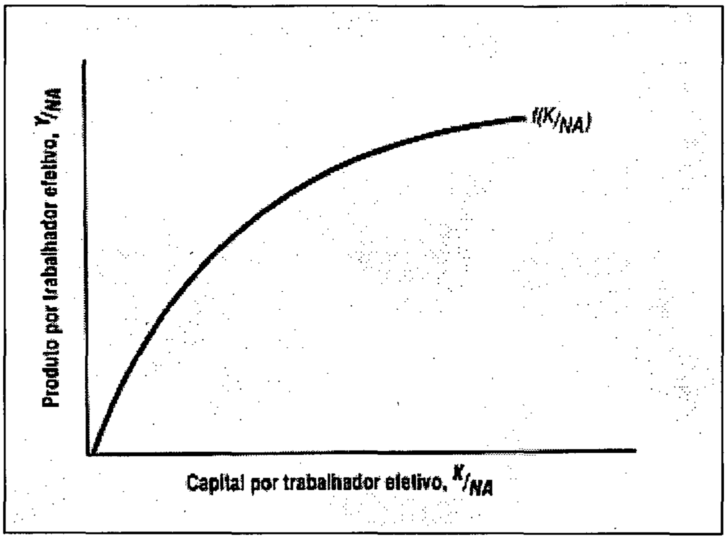
$$\text{considerando} \quad F(K/NA, 1) = f(K/NA)$$

$$\text{tem-se} \quad \mathbf{Y/NA = f(K/NA)} \qquad \mathbf{(3i)}$$

Na equação (3i) pode-se notar que o produto por trabalhador efetivo aumenta com o aumento do capital por trabalhador efetivo, mas devido a lei dos rendimentos decrescentes o aumento do produto por trabalhador efetivo faz-se a taxas decrescentes. Esta relação entre produto por trabalhador efetivo e capital por trabalhador efetivo é mostrada no Gráfico 3.7.

Gráfico 3.7

Relação entre Produto por trabalhador efetivo e Capital por trabalhador efetivo



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 457.

3.3 Crescimento Econômico com Progresso Técnico Harrod-neutro

3.3.1 Efeitos do Produto sobre a Acumulação de Capital

Fazendo neste capítulo as mesmas suposições do capítulo II, tem-se:

$$S = sY \quad e \quad I = S$$

Então:

$$I = sY$$

Dividindo esta equação pelo número de trabalhadores efetivos (NA), obtém-se:

$$I/\,NA = sY/\,NA$$

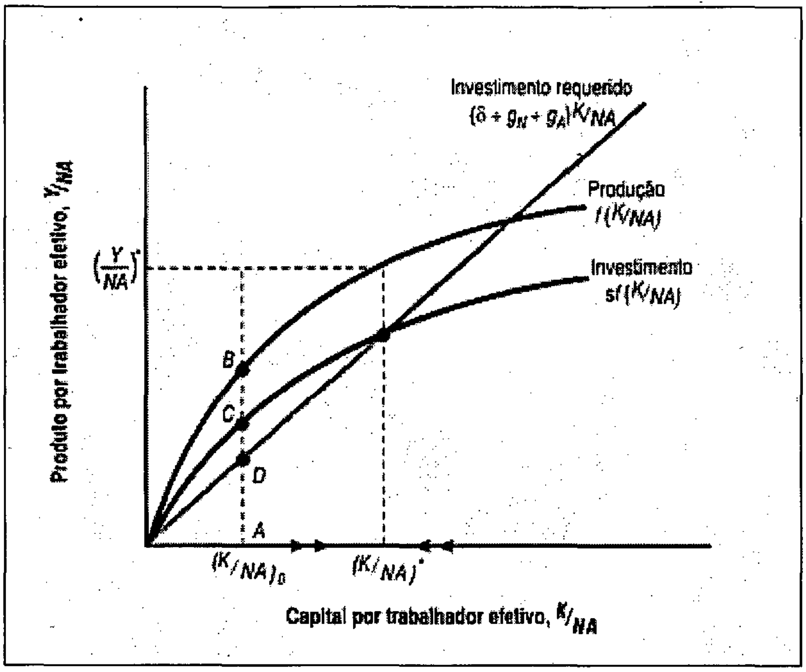
Substituindo agora Y/ NA pela sua equivalência na equação (3i), obtém-se a seguinte expressão:

$$\mathbf{I/\,NA = sf\,(K/\,NA)} \qquad \mathbf{(3j)}$$

A relação entre os dois termos desta equação (investimento por trabalhador efetivo e capital por trabalhador efetivo) é representada no Gráfico 3.8.

Gráfico 3.8

Relação Investimento realizado, Investimento requerido e Produção.



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 458.

Suas curvas assumem o mesmo comportamento das curvas de investimento por trabalhador e capital por trabalhador do Gráfico 2.3. Neste gráfico concluiu-se que a taxa de investimento necessária para manter o capital aumentando tinha que ser maior que a taxa de depreciação deste. Agora, com a inclusão do progresso técnico na função de produção a resposta a esta questão torna-se mais complexa.

Incluindo o progresso técnico na produção, o número de trabalhadores efetivos (NA) aumenta com o passar do tempo, uma vez que com o tempo novas técnicas de produção vão sendo incorporadas no processo de produção. Deste modo, para que a razão entre o estoque de capital e os trabalhadores efetivos se mantenha, o capital (K) também deve aumentar proporcionalmente ao aumento do número de trabalhadores efetivos (NA). Supondo que a razão entre o número de trabalhadores e a população total permanece constante, a taxa de crescimento da população total será igual à taxa de crescimento do número de trabalhadores (N), diga-se igual a g_N. Supondo agora que a taxa de crescimento do progresso técnico seja igual à g_A, estas duas hipóteses resultam numa taxa de crescimento do trabalho efetivo (NA) igual a $g_N + g_A$[15]. Exemplificando, se o progresso técnico e o número de trabalhadores crescerem diga-se, a 5% e 3% ao ano, respectivamente, a taxa de crescimento anual do trabalho efetivo será igual ao somatório destas duas, isto é, a 8%. Como anteriormente, considerando que o estoque de capital está sujeito a uma depreciação anual de diga-se δ%, o investimento necessário para manter um dado nível de capital por trabalhador efetivo será dado pela expressão:

$$(\delta + g_N + g_A)K$$

onde δK representa a quantidade necessária para manter o estoque de capital constante. Os termos $g_N K$ e $g_A K$ ($g_N K + g_A K$) serão a quantidade necessária para garantir que o estoque de capital aumente à mesma taxa do aumento do trabalho efetivo. Assim, o nível de investimento necessário para manter o estoque de capital (K) proporcional ao aumento no trabalho efetivo (NA) será dado por:

$$\mathbf{(\delta + g_N + g_A)K/NA} \qquad \textbf{(3k)}$$

No Gráfico 3.8 esta expressão é chamada de investimento requerido e assume o formato de uma linha reta mantendo, portanto, uma relação diretamente proporcional entre o capital e produto por trabalhador efetivo, K/NA e Y/NA. No gráfico, o estado estacionário do produto por trabalhador e capital por trabalhador é representado por $(Y/NA)^*$ e $(K/NA)^*$, respectivamente. Neste ponto a curva do investimento cruza a curva do investimento requerido, isto é, a variação do estoque de capital por trabalhador efetivo é nula. Para níveis inferiores a $(K/NA)^*$ o investimento realizado é maior do que o investimento requerido e o capital por trabalhador efetivo aumenta. Por outro lado, em níveis de capital por trabalhador efetivo superiores a $(K/NA)^*$ o investimento realizado é menor que o investimento requerido, o capital por trabalhador efetivo diminui. O ponto $(K/NA)^*$ e $(Y/NA)^*$ vem a ser portanto, no longo prazo, o estado estacionário do capital e produto.

[15] A taxa de crescimento do produto de duas variáveis é igual à soma das taxas de crescimento das suas variáveis individualmente. Matematicamente:

$$\log(NA) = \log N + \log A \implies (1/NA).(dNA)/(dt) = (1/N).(dN/dt) + (1/A).(dA/dt)$$

$$[(dNA)/(dt)]/NA = [(dN/dt)]/N + [(dA/dt)]/A \implies dNA/NA = dN/N + dA/A$$

CAPÍTULO IV

Progresso Técnico Emprego: uma abordagem simplificada

4.1 Influência do Produto e Produtividade no nível de Emprego

Até agora analisou-se a influência do capital, trabalho e progresso técnico na determinação do produto agregado. Este capítulo apresenta uma abordagem simplificada da influência do produto e produtividade na determinação do nível de emprego. Esta apresentação faz-se necessária pois a análise da evolução do emprego e produtividade (determinada pelo nível de progresso técnico) no tempo é o objetivo deste trabalho. Porém, a explicação aqui a apresentar dos efeitos do nível de produto e produtividade na determinação do nível de emprego, esta baseada numa análise simplificada desenvolvida por Olivier Blanchard em seu livro "Macroeconomia"[16].

Este capítulo resume portanto, a teoria de Blanchard quanto à explicação da influência do produto e produtividade na determinação do nível de emprego. Trata-se na verdade de uma abordagem simplificada de um assunto complexo e cuja explicação aqui apresentada não é consensual.

4.1.1 Efeitos no curto prazo

Para Blanchard, a presença da variável estoque de capital (K) na função de produção agregada não é essencial à explicação da determinação do nível de emprego no curto prazo. Então, omitir-se-á neste item o estoque de capital na função de produção a utilizar neste trabalho, de modo que esta passa a ser a seguinte:

$$Y = F(NA)$$

$$\mathbf{Y = NA} \qquad \mathbf{(4a)}$$

Nesta função simplificada, o produto agregado é obtido apenas com o uso do trabalho (N), dado um certo nível de progresso técnico (A). Com ela pode-se obter uma importante relação entre as suas variáveis;

---

[16] BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia: Teoria e Política Econômica.** Rio de Janeiro: 3ª Tiragem, Ed. Campus, 1999.

$$N = Y/A \qquad \textbf{(4b)}$$

A equação (4b) mostra outra importante relação: o nível de emprego é igual ao produto agregado dividido pela produtividade[17]. Dado o produto agregado (Y), quanto maior for o nível de produtividade (A), menor será o nível de emprego (N). De outro modo, o nível de emprego assumirá um comportamento inversamente proporcional ao nível de produtividade. Pode-se agora questionar que níveis de aumento na produtividade evitariam a diminuição do emprego. Ou, até que ponto a produtividade evitaria o aumento do desemprego? Para Blanchard, no curto prazo, a resposta a esta questão pode ser obtida na equação (4b) derivada neste capítulo. Aplicando o conceito de logaritmos nesta equação chega-se a uma resposta sobre os efeitos da produtividade na determinação do nível de emprego.

$$N = Y/A \Longrightarrow \log N = \log (Y/A) \Longrightarrow \log N = \log Y - \log A$$

$$\Longrightarrow (1/N).(dN)/(dt) = (1/Y).(dY/dt) - (1/A).(dA/dt)$$

$$\Longrightarrow [(dN)/(dt)]/N = [(dY/dt)]/Y - [(dA/dt)]/A$$

$$\Longrightarrow \mathbf{d_tN/N = d_tY/Y - d_tA/A} \qquad \textbf{(4c)}$$

d_t na equação (4c) representa a variação das variáveis no tempo.

A equação (4c) mostra que taxa de crescimento do emprego é igual à diferença entre as taxas de crescimento do produto agregado e do nível de produtividade. Assim, o efeito do progresso técnico (aumento de produtividade) no nível de emprego dependerá também da variação no produto agregado. Pode-se ver na equação (4c) que o emprego aumentará se a taxa de crescimento do produto for maior do que a taxa de crescimento da produtividade e diminuirá se a taxa de crescimento desta for maior do que a taxa de crescimento do produto. Exemplificando, se a produtividade aumentar diga-se, 5%, o produto agregado terá

---

[17] A variável A na equação (4b) mostra na verdade a produtividade do trabalho (produto por trabalhador) e não o progresso técnico. Vale lembrar que a produtividade do trabalho não é igual ao progresso técnico e vice-versa. A igualdade entre estas duas variáveis na equação (4b) aparece em razão da omissão do fator estoque de capital na função de produção. Recorde-se que no capítulo III, com a presença do capital na função de produção, observou-se que um aumento do produto por trabalhador efetivo pode ocorrer como resultado de um aumento do capital por trabalhador efetivo, mesmo que o nível tecnológico não se altere.

de aumentar em no mínimo 5% para evitar uma diminuição no nível do emprego. Para que este aumente, a variação percentual no produto agregado terá de ser maior do que a variação percentual no nível de produtividade.

4.1.2 Efeitos no longo prazo

Faz-se agora a mesma indagação, mas buscando neste caso respostas de longo prazo, isto é, qual o efeito do aumento da produtividade sobre o nível do emprego no longo prazo? Para responder esta questão Blanchard introduz a explicação da fixação dos preços e a determinação dos salários, determinantes da taxa natural do desemprego. No longo prazo, a economia retorna ao seu nível natural de produto, compatível com a taxa natural de desemprego. O emprego de longo prazo passa, portanto, a ser representado pela sua taxa natural de desemprego. Para investigar os efeitos da produtividade na taxa natural de desemprego, Blanchard primeiro explica como esta é determinada e depois estabelece relações entre os seus determinantes e a produtividade. Segundo Blanchard existem duas relações determinantes da taxa natural de desemprego, a fixação de preços e a determinação dos salários. Os sub-itens 4.1.2.1 e 4.1.2.2 investigam como ocorrem a determinação dos salários e a fixação dos preços, respectivamente. Após um entendimento destas duas relações volta-se à questão da determinação da taxa natural de desemprego.

4.1.2.1 Determinação de Salários

Para Blanchard o salário nominal, designado por W, depende de três fatores: do nível esperado dos preços (P^e), da taxa de desemprego (u) e de um conjunto de outras variáveis (z). A equação da determinação de salários é, portanto, a seguinte:

$$\mathbf{W = P^e F(u, z)} \qquad \textbf{(4d)}$$

Os salários nominais dependem do nível de preços porque os empresários e os trabalhadores preocupam-se com salários reais (W/P) e não com salários nominais (W). Os empresários não se preocupam com os salários nominais que pagam aos seus trabalhadores, mas sim com os salários nominais que pagam a estes em termos dos preços dos produtos que eles vendem. Se for possível aumentar os preços dos produtos que vendem, os empresários aceitarão também aumentar os salários dos trabalhadores, caso contrario, este aumento será duramente contestado pelos empresários. Portanto, os empresários preocupam-se com a relação entre salários nominais e o nível de preços, com W/P. Por outro lado, os trabalhadores não se preocupam com unidades monetárias que recebem de seus empregadores, mas sim com o poder de compra destas unidades monetárias, ou seja, com o quanto que a renda que recebem pode ser convertido em bens. Esta preocupação dos trabalhadores indica claramente que o nível de preços afeta os seus salários, preocupam-se então com W/P.

O nível de preços esperado (P^e) afeta a equação da fixação de salários porque como os salários são pagos em unidades monetárias (e não com bens), os empresários ao negociarem com os trabalhadores os salários que pagarão a estes, e os trabalhadores ao negociarem com os empresários os salários que receberão destes, incluirão nas suas negociações o nível de preços esperado, uma vez que os salários são reajustados periodicamente[18].

A taxa de desemprego (u) afeta a determinação dos salários e é inversamente proporcional ao nível de salários. Quando a taxa de desemprego aumenta, o poder de negociação dos trabalhadores é enfraquecido ("os empresários passam a falar mais alto") e quando a taxa de desemprego diminui, o poder de negociação dos empresários é enfraquecido ("os trabalhadores passam a falar mais alto"). A variável z na equação (4d) representa todos os demais fatores que afetam os salários e Blanchard a convenciona como diretamente proporcional aos salários. z pode ser a existência de seguro desemprego, o grau de dificuldade para conseguir emprego, a existência de um salário mínimo, etc.

Considerando que os empresários façam boas previsões do nível de preços esperado de modo que este seja igual ao nível de preços verificado, isto é, que $P^e = P$, a equação (4d) pode também ser escrita como:

$$\mathbf{W = P\,F(u, z)} \qquad \mathbf{(4e)}$$

dividindo ambos os lados da equação (4e) pelo nível de preços corrente (P), obtém-se;

[18] A duração dos períodos de reajuste salarial varia em cada país, em muitos países este período é de um ano.

$$W/P = F(u, z) \qquad (4f)$$

A função (4f) mostra que o salário real (W/P) é função de u e z.

4.1.2.2 Fixação de preços

A equação (4a) presume que a produtividade do trabalho, a razão entre o produto agregado e o número de trabalhadores (Y/N) seja igual a A, ou seja, Y/N = A[19]. Para explicar a relação da fixação de preços, Blanchard supõe que a produtividade do trabalho (A) seja constante,[20] de modo que cada trabalhador produza A unidades de produto e que para produzir-se uma unidade de produto seja necessário 1/A trabalhadores. Se o salário nominal dos trabalhadores for igual a W, o custo de produzir uma unidade de produto será de: (1/A)W = W/A. Supondo que as empresas fixam os seus preços considerando sua margem de lucro (markup) sobre seu custo, o nível de preços será dado pela seguinte expressão:

$$P = (1+\mu)W/A \qquad (4g)$$

em que μ é a margem de lucro, W os salários nominais e A o nível de produtividade. A equação (4g) mostra que um aumento no nível de produtividade (A) provoca uma diminuição no nível de preços (P). Dividindo ambos os lados desta equação pelo salário nominal (W), obtém-se;

$$P/W = (1+\mu)/A \qquad (4h)$$

invertendo agora ambos os lados da equação (4h) chega-se à seguinte equação;

$$W/P = A/(1+\mu) \qquad (4i)$$

que mostra o salário real envolvido na fixação de preços através da produtividade do trabalho e margem de lucro (markup).

---

[19] A equação (4a) não passa de uma função de produção simplificada pois apresenta o trabalho e o progresso técnico como únicos fatores de produção. Na verdade no processo de produção são incorporados muitos outros fatores como máquinas e fabricas (capital), matérias-primas, etc.

[20] Uma vez mais esta suposição não passa de uma simplificação, pois sabe-se que existe o progresso tecnológico e com o passar do tempo A aumenta.

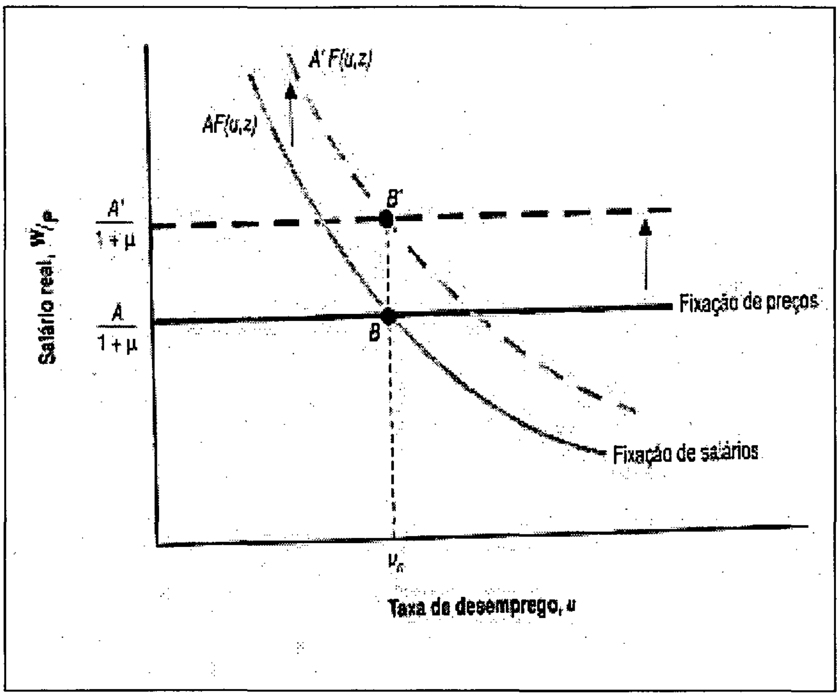
Conforme Blanchard, a taxa natural de desemprego é determinada pelas relações de fixação de preços e salários e pela condição de que as expectativas do comportamento dos preços e produtividade sejam corretas. Assim, a taxa natural de desemprego para este autor será dada pela igualdade do salário real decorrente da fixação de preços (o lado direito da equação 4i) e o salário real resultante da determinação dos salários (o lado direito da equação 4f), ou seja:

$$\mathbf{F(u, z) = A/(1+\mu)} \qquad \mathbf{(4j)}$$

O Gráfico 4.1 mostra a relação entre estas variáveis, o salário real é medido no seu eixo vertical e a taxa de desemprego é medida no eixo horizontal. As decisões de fixação de preços determinam, segundo Blanchard, o salário real pago pelas empresas. Se os custos das empresas, por exemplo, aumentarem, as empresas aumentarão também os seus preços para quaisquer salários dados, o que diminuirá o salário real. A fixação de preços para um dado nível de produtividade é representada no Gráfico 4.1 como uma linha reta horizontal. O salário real envolvido nesta fixação de preços é constante, igual a $A/(1+\mu)$, sendo portanto, independente da taxa de desemprego. A relação de fixação de salários também é representada no mesmo gráfico como uma curva contínua descendente, curva $W/P = F(u, z)$. Esta curva é negativamente inclinada porque o salário real resultante da fixação de salários é função decrescente da taxa de desemprego, isto é, quanto maior for a taxa de desemprego, menor será o salário real, e vice-versa. Como a taxa natural de desemprego é dada pela igualdade do salário real decorrente da fixação de preços e o salário real resultante da determinação dos salários, o equilíbrio no gráfico é encontrado no ponto B quando as curvas destas duas relações se interceptam e a taxa natural de desemprego é igual a U_n.

Gráfico 4.1

A Taxa Natural de Desemprego



Fonte: BLANCHARD, 1999, pág. 479.

Supondo um aumento no nível de produtividade para A', a curva de fixação de preços desloca-se para cima para refletir o aumento no salário real. Este aumento no salário real eleva na mesma proporção à curva de fixação de salários para cima. O novo equilíbrio encontra-se no ponto B' onde ambos a produtividade e o salário real aumentaram na mesma proporção, mas a taxa de desemprego manteve-se inalterada. O raciocínio de Blanchard é o seguinte:

Se a produtividade aumentar em diga-se, 3%, as empresas reduzirão os seus preços em também 3%, o que levará a um aumento nos salários reais de também 3%. Este aumento nos salários reais coincidirá com o aumento salarial acordado entre trabalhadores e empresários na taxa de desemprego inicial, uma vez que estes incluem nas suas negociações expectativas corretas em relação ao comportamento futuro da produtividade. Sucessivos aumentos na produtividade terão o mesmo efeito, diminuindo os preços, aumentando os salários reais e mantendo a taxa de desemprego inalterada.

Conclui-se, portanto que no longo prazo, segundo a hipótese de que o aumento de produtividade é repassado aos salários, aumentos no nível de produtividade não alteram a taxa natural de desemprego, passando os seus efeitos apenas para o nível de preços e consequentemente para os salários reais.

CAPÍTULO V

Exercício Econométrico

5.1 Introdução ao estudo econométrico

Este capitulo estima funções de produção da economia brasileira para cada década no período 1950-2000. Conforme mencionado, a função de produção a estimar será a do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala. Para a sua estimação será utilizada a técnica estatístico-econométrica da regressão, calculada através do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Ao estimar funções de produção, o objetivo será obter seus valores residuais na função de produção Cobb-Douglas[21], valores do coeficiente A nesta função, que serão aqui chamados de "coeficientes de eficiência técnica" e que serão interpretados como indicadores do nível tecnológico. Após obter estes valores para cada década no período acima referido, calcular-se-á a sua variação média geométrica anual em cada década. O objetivo final será comparar as taxas médias anuais do indicador do nível tecnológico com as taxas médias anuais do nível de ocupação da população (taxa de emprego) nos mesmos períodos. Desta comparação poderá se obter uma relação entre a evolução do nível de progresso técnico e o comportamento da taxa de emprego na economia brasileira no período 1950-2000.

O cálculo do coeficiente de eficiência técnica neste trabalho, via estimação de função de produção, está inspirado no estudo de Edmar Bacha e Régis Bonelli de 2001 entitulado "Crescimento e Produtividade no Brasil: o que nos diz o registro de longo prazo"[22]. Neste estudo, os autores estimam uma função de produção Cobb-Douglas da economia brasileira correspondente ao período 1940-2000. Para o efeito, são utilizados dados decenais do produto interno bruto, população empregada e estoque de capital neste período.

---

[21] A função de produção Cobb-Douglas a estimar será a seguinte: $Y = A.K^{\alpha}N^{1-\alpha}$

[22] BACHA, Edmar; BONELLI, Regis. **Crescimento e Produtividade no Brasil: o que nos diz o registro de longo prazo.** Maio de 2001 (Versão preliminar).

Os autores obtêm das contas nacionais e dos censos demográficos, respectivamente, os dados do produto interno bruto e da população empregada. Para o estoque de capital são utilizados dados estimados em um outro estudo entitulado "Estimativa do Estoque de Capital Fixo Brasil – 1950/2000" de Lucilene Morandi, pesquisadora do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Bacha e Bonelli em seu estudo estimam uma função de produção para o período 1940-2000 com oito pontos, um em cada ano delimitador de cada década no período, uma vez que os referidos autores trabalham com dados decenais. Supõem a existência de retornos constantes de escala no período todo o que significa que a distribuição de renda também é constante nesse período.

Seja a função de produção Cobb-Douglas, com retornos constantes de escala:

$$\mathbf{Y = A.K^{\alpha}N^{1-\alpha}} \qquad \mathbf{(5a)}$$

onde Y é o produto, K o estoque de capital, N o número de trabalhadores e A o valor residual da equação, aqui chamado de coeficiente de eficiência técnica e que será interpretado como o indicador do nível de progresso tecnológico. A existência de retornos constantes de escala na equação (5a) permite também escrevê-la da seguinte forma:

$$\mathbf{Y/N = A.(K/N)^{1-\alpha}} \qquad \mathbf{(5b)}$$

Aplicando logaritmos na equação (5a), tem-se;

$$\log Y = \log A + \alpha.\log K + (1\text{-}\alpha).\log N$$

calculando as derivadas em relação ao tempo das variáveis da equação acima, obtém-se;

$$(1/Y).(dY/dt) = (1/A).(dA/dt) + \alpha .(1/K).(dK/dt) + (1\text{-}\alpha).(1/N).(dN/dt) \Longrightarrow$$

$$\mathbf{(dY/dt)/Y = (dA/dt)/A + \alpha\ (dK/dt)/K + (1\text{-}\alpha)\ (dN/dt)/N} \qquad \mathbf{(5c)}$$

sendo $(dY/dt)/Y = \hat{U}$, $(dA/dt)/A = \hat{A}$, $(dK/dt)/K = \hat{O}$ e $(dN/dt)/N = \hat{E}$

onde $\hat{U}$, $\hat{A}$, $\hat{O}$ e $\hat{E}$ são respectivamente, as taxas de crescimento do produto, progresso técnico, estoque de capital e trabalhadores empregados.

Pode-se então, escrever a equação (5c) da seguinte maneira;

$$\mathbf{\hat{U} = \hat{A} + \alpha\hat{O} + (1\text{-}\alpha)\hat{E}} \qquad \mathbf{(5d)}$$

fazendo operações algébricas na equação (5d), pode-se transformá-la da seguinte forma;

$$\hat{U} = \hat{A} + \alpha\hat{O} + (1-\alpha)\hat{E} \Longrightarrow \hat{U} = \hat{A} + \alpha\hat{O} + \hat{E} - \alpha\hat{E}$$

$$\Longrightarrow \hat{U} - \hat{E} = \hat{A} + \alpha\hat{O} - \alpha\hat{E} \Longrightarrow \hat{U} - \hat{E} = \hat{A} + \alpha(\hat{O} - \hat{E})$$

como $\hat{U}-\hat{E} = \widehat{(U/E)}$ e $\hat{O}-\hat{E} = \widehat{(O/E)}$, então;

$$\mathbf{\widehat{(U/E)} = \hat{A} + \alpha\widehat{(O/E)}} \qquad \mathbf{(5e)}$$

e $\hat{A}$ será igual a;

$$\mathbf{\hat{A} = \widehat{(U/E)} - \alpha\,\widehat{(O/E)}} \qquad \mathbf{(5f)}$$

Bacha de Bonelli em seu estudo supõem que a distribuição de renda é constante no período por eles analisado, estimam o coeficiente α e calculam $\hat{A}$ a partir deste coeficiente (α), de [$\hat{U}/\hat{E}$] e de [$\hat{O}/\hat{E}$]. Diferentemente do estudo destes autores, o presente trabalho divide o período 1950-2000 em décadas e estima uma função de produção Cobb-Douglas com retornos constantes de escala para cada uma delas. Supõe que a distribuição de renda é constante em cada década e estima o coeficiente A da equação (5b) para cada década. O trabalho identifica a variação deste coeficiente A de uma década para outra como sendo o "progresso técnico" que desloca a função de produção de maneira "neutra" e calcula a taxa média anual de A para cada década. Contrariamente ao estudo de Bacha e Bonelli que trabalha com dados decenais, este trabalho utiliza dados anuais, embora as fontes dos dados sejam as mesmas, com a exceção dos dados do produto interno bruto que são obtidos nas publicações do Instituo de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Bacha e Bonelli consideram como variável relevante para medir o capital apenas o estoque líquido de capital fixo da construção de estruturas não residenciais e este trabalho agrega à este o estoque líquido de capital fixo de máquinas e equipamentos[23].

[23] Os valores são mostrados na Parte III do Anexo Explicativo (tabelas 5 e 6) e o agregado na tabela 2 do Anexo Demonstrativo. A metodologia de cálculo do estoque de capital pode ser vista em: MORANDI, Lucilene. **Estimativa do Estoque de Capital Fixo Brasil - 1950/ 2000.** Rio de Janeiro, IPEA/ Dimac, 2002. (Texto para discussão, no prelo) ou em BACHA, Edmar; BONELLI, Regis. **Crescimento e Produtividade no Brasil: o que nos diz o registro de longo prazo.** Maio de 2001 (Versão preliminar).

Os dados da população empregada são neste trabalho interpolados geometricamente para dados anuais, sendo que seus valores originais correspondem a cada ano censitário[24].

5.2 Estimativa das funções de produção

Considerando a seguinte função de produção Cobb-Douglas;

$$\gamma_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta 2} X_{3i}^{\beta 3} e^{ui}$$

onde:

γ_i – é a variável dependente (variável regressando),

X_{2i} e X_{3i} - são as variáveis explicativas (variáveis regressoras),

β_1 - é o termo de intercepto,

β_2 e β_3 - são os coeficientes de regressão parcial e,

e^{ui} - é o termo residual da equação.

Transformando a função de produção Cobb-Douglas para a forma logarítmica obtém-se:

$$\log\gamma_i = \log\beta_1 + \beta_2 \log X_{2i} + \beta_3 \log X_{3i} + u_i$$

sendo que **Y** representa o produto interno bruto da economia, X_2 o número de pessoas empregadas e X_3 o estoque de capital líquido existente na economia.

Impondo a condição da existência de retornos constantes de escala na função de produção do país em cada década no período 1950-2000, a teoria econômica sugere que $\beta_2+\beta_3=1$. Esta restrição linear entre estes dois coeficientes de regressão parcial significa que $\beta_2=1-\beta_3$. Substituindo esta igualdade na função de produção Cobb-Douglas na forma logarítmica, pode-se eliminar o coeficiente β_2 e estimar a equação resultante. Assim, pode-se rescrever a função de produção Cobb-Douglas como:

$$\log(\gamma_i/X_{2i}) = \log\beta_1 + \beta_3 \log(X_{3i}/X_{2i}) + u_i$$

[24] A data de referência dos Censos Demográficos é, geralmente, dia 1° de Setembro. A data do Censo do ano 2000 é, no entanto, 1° de Agosto.

em que (γ_i/X_{2i}) é a razão produto/ trabalho e (X_{3i}/X_{2i}) é a razão capital/ trabalho. Regredindo os logaritmos destas duas razões (produto/ emprego e capital/ emprego, cujos valores estão na Tabela 7 do Anexo Explicativo), sendo (γ_i/X_{2i}) a variável dependente e (X_{3i}/X_{2i}) a variável explicativa, para cada década no período 1950-2000, através do método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), obtém-se os seguintes resultados:

Período 1950-1959

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,96965586
R-Quadrado	0,940232487
R-quadrado ajustado	0,932761548
Erro padrão	0,013566116
Observações	10

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	0,02316174	0,0231617	125,85198	3,57581E-06
Resíduo	8	0,00147232	0,000184		
Total	9	0,02463405			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*
Interseção	0,303744424	0,04359804	6,966929	0,0001164	0,203207106	0,404281742
Log(K/N)	0,558500796	0,04978446	11,218377	3,576E-06	0,44369756	0,673304032

Interpretação dos coeficientes da regressão parcial (1950-1959)

log β_1 =0,303744. Este valor eqüivale ao coeficiente A da equação (5b) e mede portanto, o valor estimado da influência do progresso técnico no produto interno bruto per capita no período 1950-1959.

No mesmo período, a elasticidade da relação produto por trabalhador em relação à razão capital/ trabalho foi de aproximadamente 0,56%. Em outras palavras, um aumento de 1%

na razão capital/ trabalho provocou em média um aumento de aproximadamente 0,56% na relação produto por trabalhador.

R^2 ajustado=0,9328. Indica que aproximadamente 93,28% da variação na relação produto por trabalhador (no período 1950-1959) foi explicada pela influência exponencial da razão capital/ trabalho.

Teste de hipótese sobre os coeficientes individuais da regressão parcial (1950-1959)

$H_0:\beta_1=0$ e $H_1:\beta_1\neq0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como |6,97|>|2,306|, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_1 é, portanto, estatisticamente significante.

$H_0:\beta_3=0$ e $H_1:\beta_3\neq0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como |11,22|>|2,306|, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_3 é, portanto, estatisticamente significante.

Teste F da regressão parcial (1950-1959)

$H_0:\beta_1= \beta_3=0$

$H_1:\beta_1\neq \beta_3\neq0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de F é de 5,32.

Como 125,85 > 5,32 ; então $F_{CALC}> F_{TAB}$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula do teste. Conclui-se que o R^2 ajustado é estatisticamente significante.

Período 1960-1969

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9398695
R-Quadrado	0,8833546
R-quadrado ajustado	0,8687739
Erro padrão	0,0121303
Observações	10

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	0,0089145	0,008915	60,58394	5,31705E-05
Resíduo	8	0,0011771	0,000147		
Total	9	0,0100917			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*
Interseção	0,3718353	0,0754523	4,928082	0,001152	0,197841785	0,545828839
Log(K/N)	0,528664	0,0679205	7,783569	5,32E-05	0,372038934	0,685289148

Interpretação dos coeficientes da regressão parcial (1960-1969)

log $\beta_1 = 0{,}3718353$. Este valor eqüivale ao coeficiente A da equação (5b) e mede portanto, o valor estimado da influência do progresso técnico no produto interno bruto per capita no período 1960-1969.

No mesmo período, a elasticidade da relação produto por trabalhador em relação à razão capital/ trabalho foi de aproximadamente 0,53%. Em outras palavras, um aumento de 1% na razão capital/ trabalho provocou em média um aumento de aproximadamente 0,53% na relação produto por trabalhador.

R^2 ajustado=0,8688. Indica que aproximadamente 86,88% da variação na relação produto por trabalhador (no período 1960-1969) foi explicada pela influência exponencial da razão capital/ trabalho.

Teste de hipótese sobre os coeficientes individuais da regressão parcial (1960-1969)

$H_0{:}\beta_1=0$ e $H_1{:}\beta_1\neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|4{,}93|>|2{,}306|$, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_1 é, portanto, estatisticamente significante.

$H_0:\beta_3=0$ e $H_1:\beta_3\neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|7{,}78|>|2{,}306|$, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_3 é, portanto, estatisticamente significante.

Teste F da regressão parcial (1960-1969)

$H_0:\beta_1= \beta_3=0$

$H_1:\beta_1\neq \beta_3\neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de F é de 5,32.

Como 60,58 > 5,32 ; então $F_{CALC} > F_{TAB}$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula do teste. Conclui-se que o R^2 ajustado é estatisticamente significante.

Período 1970-1979

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9734564
R-Quadrado	0,9476174
R-quadrado ajustado	0,9410696
Erro padrão	0,0148069
Observações	10

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	0,0317296	0,03173	144,7225	2,10337E-06
Resíduo	8	0,001754	0,000219		
Total	9	0,0334835			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*
Interseção	0,249652	0,0766494	3,257062	0,011578	0,072897984	0,426406106
Log(K/N)	0,6725816	0,0559084	12,03007	2,1E-06	0,543656521	0,801506617

Interpretação dos coeficientes da regressão parcial (1970-1979)

log β_1=0,249652. Este valor eqüivale ao coeficiente A da equação (5b) e mede portanto, o valor estimado da influência do progresso técnico no produto interno bruto per capita no período 1970-1979.

No mesmo período, a elasticidade da relação produto por trabalhador em relação à razão capital/ trabalho foi de aproximadamente 0,67%. Em outras palavras, um aumento de 1% na razão capital/ trabalho provocou em média um aumento de aproximadamente 0,67% na relação produto por trabalhador.

R^2 ajustado=0,9411. Indica que aproximadamente 94,11% da variação na relação produto por trabalhador (no período 1970-1979) foi explicada pela influência exponencial da razão capital/ trabalho.

Teste de hipótese sobre os coeficientes individuais da regressão parcial (1970-1979)

H_0:β_1=0 e H_1:$\beta_1 \neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|3,26|>|2,306|$, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_1 é, portanto, estatisticamente significante.

$H_0: \beta_3=0$ e $H_1: \beta_3 \neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|12,03|>|2,306|$, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_3 é, portanto, estatisticamente significante.

Teste F da regressão parcial (1970-1979)

$H_0: \beta_1= \beta_3=0$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_3 \neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de F é de 5,32.

Como 144,72 > 5,32 ; então $F_{CALC} > F_{TAB}$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula do teste. Conclui-se que o R^2 ajustado é estatisticamente significante.

Período 1980-1989

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,2662444
R-Quadrado	0,0708861
R-quadrado ajustado	-0,0452532
Erro padrão	0,021394
Observações	10

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	0,0002794	0,0002794	0,610354	0,457148844
Resíduo	8	0,0036616	0,0004577		
Total	9	0,003941			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*
Interseção	0,6031028	0,8116795	0,7430307	0,478712	-1,268634669	2,474840234
Log(K/N)	0,4148146	0,5309615	0,7812517	0,457149	-0,809585559	1,639214666

Interpretação dos coeficientes da regressão parcial (1980-1989)

log β_1=0,603103. Este valor eqüivale ao coeficiente A da equação (5b) e mede portanto, o valor estimado da influência do progresso técnico no produto interno bruto per capita no período 1980-1989.

No mesmo período, a elasticidade da relação produto por trabalhador em relação à razão capital/ trabalho foi de aproximadamente 0,41%. Em outras palavras, um aumento de 1% na razão capital/ trabalho provocou em média um aumento de aproximadamente 0,41% na relação produto por trabalhador.

R^2 ajustado=0. Indica que no período 1980-1989 não houve explicação da razão capital trabalho na variação da relação produto por trabalhador.

Teste de hipótese sobre os coeficientes individuais da regressão parcial (1980-1989)

H_0:β_1=0 e H_1:$\beta_1 \neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|0{,}74|<|2{,}306|$, então $|t_{CALC}| < |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% não rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_1 não é, portanto, estatisticamente significante. Sua significância ocorre somente ao nível de 50%, quando o seu valor t_{CALC} passa a ser maior que o valor crítico deste percentual [$|0{,}74| > |0{,}706|$].

$H_0:\beta_3=0$ e $H_1:\beta_3\neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,306.

Como $|0{,}78|<|2{,}306|$, então $|t_{CALC}| < |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% não rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_3 não é, portanto, estatisticamente significante. Sua significância ocorre também somente ao nível de 50%, quando o seu valor t_{CALC} passa a ser maior que o valor crítico deste percentual [$|0{,}78| > |0{,}706|$].

Teste F da regressão parcial (1980-1989)

$H_0:\beta_1= \beta_3=0$

$H_1:\beta_1\neq \beta_3\neq 0$

O número de graus de liberdade é 8 (10-2=8). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de F é de 5,32.

Como 0,61 < 5,32 ; então $F_{CALC} < F_{TAB}$. Ao nível de significância de 5% não rejeita-se a hipótese nula do teste. Conclui-se que o R^2 ajustado não é estatisticamente significante.

Neste período os resultados da regressão são ruins, a significância dos seus coeficientes ocorre somente a um nível de 50% e o R^2 ajustado é nulo. Contudo, o valor do coeficiente β_1 (intercepto A) será utilizado mais adiante para efeitos de comparação.

Período 1990-2000

RESUMO DOS RESULTADOS

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,947917
R-Quadrado	0,8985466
R-quadrado ajustado	0,8872741
Erro padrão	0,0103052
Observações	11

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	1	0,008465	0,008465	79,71072	9,11676E-06
Resíduo	9	0,0009558	0,000106		
Total	10	0,0094208			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*
Interseção	-1,8652704	0,3493761	-5,33886	0,000469	-2,65561468	-1,074926043
Log(K/N)	2,0035364	0,2244083	8,928086	9,12E-06	1,495889201	2,511183551

Interpretação dos coeficientes da regressão parcial (1990-2000)

log β_1 =-1,86527. Este valor equivale ao coeficiente A da equação (5b) e mede portanto, o valor estimado da influência do progresso técnico no produto interno bruto per capita no período 1990-2000.

No mesmo período, a elasticidade da relação produto por trabalhador em relação à razão capital/ trabalho foi de aproximadamente 2,00%. Em outras palavras, um aumento de 1% na razão capital/ trabalho provocou em média um aumento de aproximadamente 2,00% na relação produto por trabalhador.

R^2 ajustado=0,8873. Indica que aproximadamente 88,73% da variação na relação produto por trabalhador (no período 1990-2000) foi explicada pela influência exponencial da razão capital/ trabalho.

Teste de hipótese sobre os coeficientes individuais da regressão parcial (1990-2000)

H_0:β_1=0 e H_1:$\beta_1 \neq 0$

O número de graus de liberdade é 9 (11-2=9). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,262.

Como |-5,34 |>|2,262|, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB.}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_1 é, portanto, estatisticamente significante.

$H_0:\beta_3=0$ e $H_1:\beta_3\neq0$

O número de graus de liberdade é 9 (11-2=9). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de t é de ±2,262.

Como |8,93|>|2,262|, então $|t_{CALC}| > |t_{TAB}|$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula em um teste bilateral. O coeficiente β_3 é, portanto, estatisticamente significante.

Teste F da regressão parcial (1990-2000)

$H_0:\beta_1= \beta_3=0$

$H_1:\beta_1\neq \beta_3\neq0$

O número de graus de liberdade é 9 (11-2=9). Com um nível de significância de 5%, o valor tabelado de F é de 5,12.

Como 79,71 > 5,12 ; então $F_{CALC} > F_{TAB}$. Ao nível de significância de 5% rejeita-se a hipótese nula do teste. Conclui-se que o R^2 ajustado é estatisticamente significante.

Neste período os resultados dos coeficientes β_1 e β_3 são incoerentes com a condição de rendimentos constantes de escala impostos a eles. Teoricamente tería-se $0<\beta_1< 1$ e $0<\beta_3<1$, o que não acontece nesta regressão. Consequentemente os seus resultados serão excluídos da comparação feita no item 5.3.

5.3 Cálculo das taxas médias anuais do coeficiente de eficiência técnica e do Emprego

Os resultados das regressões – embora frágeis devido ao pequeno número de valores observados[25], problemas de identificação dos parâmetros e eventuais existências de raízes unitárias – sugerem os seguintes valores aproximados do coeficiente β_3 com 95% de confiança: 0,44 a 0,67 no período 1950-1959; 0,37 a 0,69 no período 1960-1969; 0,54 a 0,80 no período 1970-1979 e 1,50 a 2,50 no período 1990-2000. No período 1980-1989 os resultados sugerem valores aproximados de β_3 de –0,81 a 1,64 com apenas 50% de confiança. Isto significa dizer que o coeficiente β_2 estaria entre 0,33 a 0,56 no período 1950-1959; 0,31 a 0,63 no período 1960-1969; 0,20 a 0,46 no período 1970-1979, ambos os períodos com 95% de confiança. No período 1980-1989 o coeficiente β_2 estaria entre –0,64 a 1,81, aqui com apenas de 50% de confiança. Estes resultados apresentam coerência com as estimativas das participações do capital e trabalho no PIB, uma vez que os coeficientes β_2 e β_3 além de medirem as elasticidades do produto em relação ao emprego e capital, respectivamente; medem também em condições de equilíbrio de concorrência perfeita, as parcelas do trabalho e capital, respectivamente, no PIB. Os resultados da regressão do período 1990-2000 apresentam valores estranhos à restrição da existência de rendimentos constantes de escala imposta a função, pois, o valor do coeficiente β_3 é maior que 1, o que estaria indicando um valor de β_2 negativo, incoerente com a elasticidade do produto em relação ao trabalho e a parcela do trabalho no PIB. Devido a esta "estranheza" no valor do coeficiente β_3, os resultados desta regressão serão excluídos do cálculo da taxa média anual do coeficiente de eficiência técnica, uma vez que a validade deste resíduo na função estimada para este propósito é automaticamente anulado pela "estranheza" no valor do coeficiente β_3.

Pelas regressões, pode-se ver que os valores do coeficiente A em cada período são:

	1950/ 1959	**1960/ 1969**	**1970/ 1979**	**1980/ 1989**	**1990/ 2000**
Resíduo	log 0,303744	log 0,371835	log 0,249652	log 0,603103	log -1,865271

[25] Dez observações em cada um dos seguintes períodos: 1950-1959, 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989 e onze no período 1990-2000.

Calculando as taxas médias geométricas anuais destes coeficientes, obtém-se:

- Do período 1950/1959 ao período 1960/1969 verifica-se uma variação de 0,68% ao ano ou; 7,05% no período todo nos coeficientes. Com efeito, considerando a média geométrica: [Coeficiente de 1960/69 ÷ Coeficiente de 1950/59]$^{1/10}$ = (anti log 0,371835 ÷ anti log 0,303744)$^{1/10}$ = 0,68% ao ano ou 7,05% no período todo.

- Do período 1960/1969 ao período 1970/1979 verifica-se uma variação de -1,21% ao ano ou; -11,5% no período todo nos coeficientes. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Coeficiente de 1970/79 ÷ Coeficiente de 1960/69]$^{1/10}$ = (anti log 0,249652 ÷ anti log 0,371835)$^{1/10}$ = -1,21% ao ano ou –11,5% no período todo.

- Do período 1970/1979 ao período 1980/1989 verifica-se uma variação de 3,6% ao ano ou; 42,40% no período todo nos coeficientes. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Coeficiente de 1980/89 ÷ Coeficiente de 1970/79]$^{1/10}$ = (anti log 0,603103 ÷ anti log 0,249652)$^{1/10}$ = 3,6% ao ano ou 42,40% no período todo.

Calculando a taxa de ocupação dada pela razão entre a população empregada e a população economicamente ativa (Tabelas 3 e 4 do Anexo Demonstrativo com seus respectivos valores originais, valores não interpolados) chega-se aos seguintes resultados:

	1950	**1960**	**1970**	**1980**	**1991**	**2000**
Emprego (pessoas)	17.117.000	22.750.000	29.339.000	42.272.000	55.293.000	59.196.000
PEA (pessoas)	17.117.000	22.750.000	29.557.000	43.236.000	65.229.000	75.644.000
Taxa de Ocupação	1	1	0,99262442	0,9777038	0,8476751	0,78256041

Fazendo agora cálculo das taxas médias geométricas anuais da taxa de ocupação (emprego), obtém-se:

No período 1950-1960, a taxa de ocupação não varia[26].

[26] Os dados sobre o emprego e população economicamente ativa em 1950 e 1960 são duvidosos. Tudo leva a crer que a distinção emprego e PEA inexistia nos censos destes anos.

- No período 1960-1970, verifica-se uma variação de –0,074% ao ano na taxa de ocupação. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Taxa de ocupação de 1970 ÷ Taxa de ocupação de 1960]$^{1/10}$ = (0,9926/1) $^{1/10}$ = -0,074% ao ano ou –0,74% no período todo.

- No período 1970-1980, verifica-se uma variação de –0,15% ao ano na taxa de ocupação. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Taxa de ocupação de 1980 ÷ Taxa de ocupação de 1970]$^{1/10}$ = (0,9777/0,9926) $^{1/10}$ = -0,15% ao ano ou –1,5% no período todo.

- No período 1980-1991, verifica-se uma variação de –1,29% ao ano na taxa de ocupação. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Taxa de ocupação de 1991 ÷ Taxa de ocupação de 1980]$^{1/11}$ = (0,8477/0,9777) $^{1/11}$ = -1,29% ao ano ou –13,3% no período todo.

- No período 1991-2000, verifica-se uma variação de –0,88% ao ano na taxa de ocupação. Com efeito, considerando a média geométrica:

[Taxa de ocupação de 2000 ÷ Taxa de ocupação de 1991]$^{1/9}$ = (0,7826/0,8477) $^{1/9}$ = -0,88% ao ano ou –7,68% no período todo.

Pode-se agora finalmente comparar a evolução do progresso técnico e a evolução do emprego ao longo do tempo:

Tabela 6.1

Progresso Técnico		**Emprego**	
Taxas		**Taxas**	
Período 1950/59 - 1960/69	0,68% ao ano ou 7,05% no período todo	Período 1960-1970	-0,074% ao ano ou -0,74% no período todo
Período 1960/69 - 1970/79	-1,21% ao ano ou -11,5 no período todo	Período 1970-1980	-0,15% ao ano ou -1,5% no período todo
Período 1970/79 - 1980/89	3,6% ao ano ou 42,40% no período todo	Período 1980-1991	-1,29% ao ano ou -13,3% no período todo

Tabela: Elaboração própria.

CAPÍTULO VI

Conclusões, Limitações e Recomendações

6.1 Conclusões

O cálculo das taxas de crescimento médias anuais do progresso técnico e do emprego no período em estudo (1950-2000) mostrou que o valor da primeira destas variáveis apresentou valores positivos (0,68% ao ano entre a década de cinqüenta e a década de sessenta e 3,6% ao ano entre a década de setenta e a década de oitenta) e valores negativos (-1,21% ao ano entre a década de sessenta e década de setenta). Quanto à taxa de emprego, os resultados mostram um claro decrescimento ao longo de todo o período, excluindo da década de cinqüenta para a de sessenta (-0,074% ao ano entre 1960-1970; -0,15 ao ano entre 1970-1980; -1,29% ao ano entre 1980-1991 e -0,88% ao ano entre 1991-2000). Contudo, pode-se também concluir, segundo os dados, que o emprego em termos absolutos aumentou no período todo. O decréscimo da taxa de emprego deve-se ao fato de a população economicamente ativa ter aumentado mais do que a população empregada.

Comparando a evolução do progresso técnico com a evolução da taxa de emprego no país, pode-se afirmar que, com a exceção da década de sessenta para a década de setenta, em todos os outros períodos, o aumento do nível tecnológico no país pode ter sido a causa da redução da taxa de emprego da população uma vez que, enquanto o primeiro aumentou, o segundo diminuiu, ou seja, houve uma relação inversa na evolução das taxas destas duas variáveis. Observando a simples evolução dos dados na Tabela 6.1 pode-se chegar a esta conclusão. Contudo, ela deve ser apresentada com muita cautela, pois, o coeficiente de eficiência técnica (coeficiente A na equação 5b) representa na verdade todas as outras variáveis explicativas do nível da produção e que são omitidas no modelo clássico da função de produção Cobb-Douglas estimada neste trabalho. Variáveis *mensuráveis* como taxa de juros e taxa de inflação e variáveis *imensuráveis* como expectativas em relação ao futuro e estabilidade (ou não estabilidade) política no país certamente afetarão a decisão dos agentes econômicos em quanto produzir. Portanto, o coeficiente de eficiência técnica não pode ser considerado como um indicador absoluto do nível de progresso técnico, limitando-se o seu resultado a poder ser interpretado apenas como um indicador relativo do nível deste. Os seus valores das décadas de sessenta e setenta estimados neste trabalho mostram esta restrição quanto à sua interpretação, pois, de uma década para outra, o seu valor estimado decresceu em cerca de 11,5%. Seria logicamente pouco provável que o nível tecnológico dos agentes econômicos no país tivesse decrescido a este nível em uma década, quando a história mostra que o nível de progresso tecnológico aumenta com o passar do tempo. Além disso, neste mesmo período o produto interno bruto do país apresentou altas taxas de crescimento que, na minha opinião não foram apenas desencadeadas pela simples mobilização da mão-de-obra.

6.2 Limitações

Para estimar as funções de produção neste trabalho utilizou-se o número de pessoas ocupadas em cada ano censitário[27]. O modelo utilizado na estimação de Bacha e Bonelli recomenda a utilização de horas trabalhadas principalmente em estudos de curto prazo, a menos que haja fortes mudanças institucionais na jornada de trabalho (BACHA e BONELLI, 2001, pág.15). Na falta de informações agregadas do número de horas trabalhadas, o presente estudo optou por trabalhar, conforme mencionado, com o número de pessoas ocupadas em cada ano censitário. Estes valores foram interpolados para que se obtivessem seus valores anuais, ou seja, até certo ponto estes valores são artificiais. O mesmo aconteceu com os valores da população economicamente ativa.

O uso dos estoques da mão-de-obra e capital é recomendável em estudos de longo prazo se o nível de atividade for elevado ou se os graus de utilização do capital e mão-de-obra forem constantes (BACHA e BONELLI, 2001, pág.15). Quanto ao capital, foram utilizados os valores dos estoques líquidos em cada ano, porém, a estimação das funções de produção (algumas delas com grande nível de atividade econômica) não correspondeu a períodos de longo prazo.

Finalmente, os dados obtidos nos censos demográficos mostram uma igualdade do número de pessoas empregadas com o número da população economicamente ativa de 1950 a 1960, o que significaria a existência do pleno emprego nestes anos. Admite-se que a taxa de desemprego nestes anos tenha sido muito baixa o que continuaria significando uma

[27] Ver nota 24.

situação técnica de pleno emprego. Porém, acredita-se que esta igualdade seja resultado de uma aproximação de valores, resultante provavelmente da inexistência da distinção população economicamente ativa e emprego nos registros estatísticos destes anos. As conclusões do trabalho, no entanto, não ficam alteradas devido a esta aproximação de valores.

6.3 Recomendações

Em estudos mais aprofundados sobre o tema aqui tratado recomenda-se a utilização de um maior número de observações na estimação da função de produção em cada período. Quanto maior for o número de observações melhor será a estimação, isto é, seus coeficientes apresentarão maior confiabilidade enquanto estimação dos verdadeiros coeficientes da função. É também altamente recomendável o uso de técnicas estatístico-econométricas mais sofisticadas. Tratando-se de uma análise de dados de séries temporais, o teste de estacionaridade é fundamental para que se possa obter resultados mais confiáveis. Se o objetivo do estudo for estimar uma equação para cada dez anos recomenda-se o uso do número de horas trabalhadas e se for estimar uma equação para o período como um todo, poder-se-á então ficar com o estoque de mão-de-obra em cada período observado, principalmente se o nível de atividade econômica for elevado ou se os graus de utilização do capital e mão-de-obra forem constantes ao longo do período.

Considerou-se neste trabalho máquinas e equipamentos e construção de estruturas não-residenciais como variáveis relevantes para medir o capital produtivo da economia. Partiu-se do princípio que aumentos no capital residencial (principalmente das famílias) não contribuem para o crescimento do produto agregado resultante da produção. Esta suposição sugere que se retire do PIB o valor dos aluguéis dos imóveis, o que não foi feito neste trabalho. Em trabalhos futuros ao utilizar-se o estoque de capital não-residencial recomenda-se a retirada do valor dos aluguéis de imóveis do PIB.

ANEXO DEMONSTRATIVO

Tabela 1

Produto Interno Bruto Anual (preços de 2001)			
Valor real R$ (mil)			
Ano	Valor	Ano	Valor
1950	90.546.582	1976	598.435.418
1951	94.983.364	1977	627.964.185
1952	101.917.150	1978	659.173.362
1953	106.707.256	1979	703.730.582
1954	115.030.422	1980	768.473.795
1955	125.153.099	1981	735.813.659
1956	128.782.539	1982	741.920.912
1957	138.698.794	1983	720.182.630
1958	153.678.264	1984	759.072.492
1959	168.738.734	1985	818.659.682
1960	184.600.175	1986	879.977.292
1961	200.475.790	1987	911.040.491
1962	213.707.192	1988	910.493.867
1963	214.989.436	1989	939.265.473
1964	222.299.076	1990	898.407.425
1965	227.634.254	1991	907.680.693
1966	242.885.749	1992	902.742.256
1967	253.086.951	1993	947.199.513
1968	277.889.472	1994	1.002.637.873
1969	304.288.972	1995	1.044.987.227
1970	335.935.025	1996	1.072.769.150
1971	374.039.873	1997	1.107.863.601
1972	418.701.535	1998	1.109.325.052
1973	477.188.788	1999	1.118.332.445
1974	516.098.469	2000	1.167.116.797
1975	542.763.466	2001	1.184.768.830

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
Comentário: Obs. Elaboração IPEA. Série estimada a partir do valor nominal de 2001 (Novo Sistema de Contas Nacionais do IBGE) e da taxa de variação real do PIB anual (IBGE).
Tabela: Elaboração própria.

Tabela 2

Estoque Líquido de Capital Fixo Produtivo Anual[1] (preços de 1999)			
Valor real R$ (mil)			
Ano	Valor	Ano	Valor
1950	88747700	1976	970219000
1951	102478500	1977	1059215200
1952	117048100	1978	1150917000
1953	128719700	1979	1240960700
1954	141930000	1980	1346337900
1955	153419800	1981	1423640500
1956	166071500	1982	1485728600
1957	182933600	1983	1522146000
1958	200868000	1984	1557158600
1959	221247100	1985	1603826800
1960	241463700	1986	1678010000
1961	257808800	1987	1744605300
1962	276414500	1988	1800016200
1963	295735800	1989	1852792100
1964	313435400	1990	1890905600
1965	334256800	1991	1917826200
1966	360567900	1992	1937193700
1967	386666800	1993	1959684000
1968	421940800	1994	1998885900
1969	462408100	1995	2044275700
1970	504854400	1996	2084701500
1971	555299800	1997	2134239700
1972	614769700	1998	2181079200
1973	690183500	1999	2208740800
1974	776721600	2000	2241692400
1975	871213800		

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
Comentário: Fonte: MORANDI, Lucilene. Estimativa do Estoque de Capital Fixo Brasil - 1950/ 2000. Rio de Janeiro, IPEA/ Dimac, 2002. (Texto para discussão, no prelo).
1/ Estão aqui incluídos a construção de estruturas não-residenciais e máquinas e equipamentos, ver os valores na PARTE III do Anexo Explicativo (tabelas 5 e 6).
Tabela: Elaboração própria.

Tabela 3

Pessoas Empregadas Anualmente[1]			
Ano	**Pessoas**	**Ano**	**Pessoas**
1950	17117000	1976	36526689
1951	17610962	1977	37885336
1952	18119180	1978	39294519
1953	18642063	1979	40756118
1954	19180035	1980	42272000
1955	19733533	1981	43316583
1956	20303003	1982	44386979
1957	20888907	1983	45483826
1958	21491719	1984	46607777
1959	22111927	1985	47759502
1960	22750000	1986	48939687
1961	23336063	1987	50149035
1962	23937223	1988	51388268
1963	24553870	1989	52658124
1964	25186402	1990	53959359
1965	25835229	1991	55293000
1966	26500770	1992	55713614
1967	27183457	1993	56137427
1968	27883730	1994	56564465
1969	28602042	1995	56994751
1970	29339000	1996	57428310
1971	30430293	1997	57865167
1972	31562179	1998	58305347
1973	32736165	1999	58748876
1974	33953820	2000	59196000
1975	35216766		

Fonte: Censos Demográficos, IBGE.

1/ A data de referência dos Censos Demográficos é, geralmente, dia 1^0 de Setembro. A data do Censo do ano 2000 é, no entanto, 1^0 de Agosto.

Os dados originais obtidos da fonte acima mencionada correspondem aos respectivos valores na tabela nos anos 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000. Os restantes valores na tabela foram obtidos pela interpolação geométrica dos valores originais.

Fórmula utilizada para a interpolação geométrica: $a_n = a_1 . q^{n-1}$ com $q = (X/a_1)^{1/t}$

Sendo:

a_n = o valor interpolado no ano n,

a_1 = o primeiro termo da progressão,

X = o último termo da progressão,

t = a diferença de anos entre o primeiro e o último termos originais da progressão.

Tabela: Elaboração própria.

Tabela 4

População Economicamente Ativa[1] (PEA)			
Ano	**Pessoas**	**Ano**	**Pessoas**
1950	17117000	1976	37133999
1951	17610962	1977	38573610
1952	18119180	1978	40069032
1953	18642063	1979	41622428
1954	19180035	1980	43236000
1955	19733533	1981	44882946
1956	20303003	1982	46592627
1957	20888907	1983	48367433
1958	21491719	1984	50209845
1959	22111927	1985	52122439
1960	22750000	1986	54107887
1961	23353353	1987	56168964
1962	23972707	1988	58308553
1963	24608487	1989	60529642
1964	25261129	1990	62835337
1965	25931079	1991	65229000
1966	26618797	1992	66311540
1967	27324755	1993	67412047
1968	28049434	1994	68530817
1969	28793333	1995	69668155
1970	29557000	1996	70824367
1971	30702866	1997	71999768
1972	31893154	1998	73194677
1973	33129588	1999	74409415
1974	34413956	2000	75644000
1975	35748116		

Fonte: Censos Demográficos, IBGE.

1/ Os dados originais obtidos da fonte acima mencionada correspondem aos respectivos valores na tabela nos anos 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000. Os restantes valores na tabela foram obtidos pela interpolação geométrica dos valores originais.

Fórmula utilizada para a interpolação geométrica: $a_n = a_1 . q^{n-1}$ com $q = (X/a_1)^{1/t}$

Sendo:

a_n = o valor interpolado no ano n,

a_1 = o primeiro termo da progressão,

X = o último termo da progressão,

t = a diferença de anos entre o primeiro e o último termos originais da progressão.

Tabela: Elaboração própria.

ANEXO EXPLICATIVO

Este anexo apresenta explicações de modelos econômicos e cálculos econométricos apresentados neste trabalho. As partes I e II resumem, respectivamente, a explicação matemática da demonstração gráfica do progresso técnico Hicks-neutro apresentada no capítulo III e a derivação matemática da equação fundamental do crescimento econômico neoclássico também apresentada no capítulo III. Ambas as explicações têm como fonte bibliográfica a obra de Hywel Jones, "Modernas Teorias de Crescimento Econômico". As partes III e IV contêm dados utilizados no exercício econométrico do capítulo V; na parte III são apresentados os dados utilizados para o cálculo do estoque líquido de capital fixo produtivo no país e na parte IV são apresentados os dados agregados utilizados no cálculo das funções de produção estimadas no trabalho.

PARTE I

Pela teoria da distribuição segundo a produtividade marginal, em condições de competição, o preço do aluguel do capital (taxa de lucro real) é igual ao produto marginal do capital e o preço do trabalho (taxa de salário real) é igual ao produto marginal do trabalho. Sendo que o capital e o trabalho são pagos segundo o seu produto marginal e considerando que a função de produção está sujeita a retornos constantes de escala, matematicamente o produto total é completamente esgotado pelo pagamento dos produtos marginais aos fatores de produção, ou seja;

Quantidade de Capital . Produto Marginal do Capital + Quantidade de Trabalho . Produto Marginal do Trabalho = Produção Total

matematicamente tem-se,

$$K(dY/dK) + N(dY/dN) = Y$$

onde (dY/dK) é a taxa de mudança do produto (Y) em relação a uma mudança no capital (K), mantendo constante o trabalho (N) e (dY/dN) é a taxa de mudança do produto (Y) em relação a uma mudança no trabalho (N), mantendo constante o estoque de capital (K).

A distribuição do capital e trabalho no produto total pode ser ilustrada no Gráfico 1.1 do capítulo I. Diferentemente deste gráfico, o Gráfico I deste anexo mede no seu eixo vertical o produto total (em vez do produto por trabalhador) e no eixo horizontal o estoque de capital (em vez do capital por trabalhador). Se o estoque de capital na economia for igual a K_1, pela função de produção o produto total produzido será igual a Y_1. Considerando um incremento no estoque de capital (ΔK) de K_1 para K_2, pela mesma função de produção o produto total sofrerá um incremento de ΔY, de Y_1 para Y_2. A razão do incremento do produto pelo incremento do capital ($\Delta Y/ \Delta K$) representa o produto marginal do capital e é medida pela inclinação da linha reta entre os pontos A e B no Gráfico I. À medida que o incremento do capital (ΔK) se torna cada vez mais menor, os pontos na linha reta se aproximarão, isto é, o ponto B estará se aproximando do ponto A. Assim, se ΔK ocorrer de forma infinitamente pequena, o produto marginal do capital no ponto A será medido pela inclinação da função de produção nesse mesmo ponto. Sendo a inclinação da curva em qualquer ponto igual à inclinação da tangente da curva nesse mesmo ponto, pode-se chegar à seguinte conclusão: no Gráfico I, a inclinação da tangente no ponto A mede o produto marginal do capital ($\Delta Y/ \Delta K$) nesse mesmo ponto. Pela teoria da distribuição segundo a produtividade marginal, em condições de competição e dada a quantidade de capital igual a K_1, a tangente no ponto A medirá também a taxa de lucro ou a taxa do aluguel do capital.

Gráfico I

Determinação do Produto Marginal do Capital

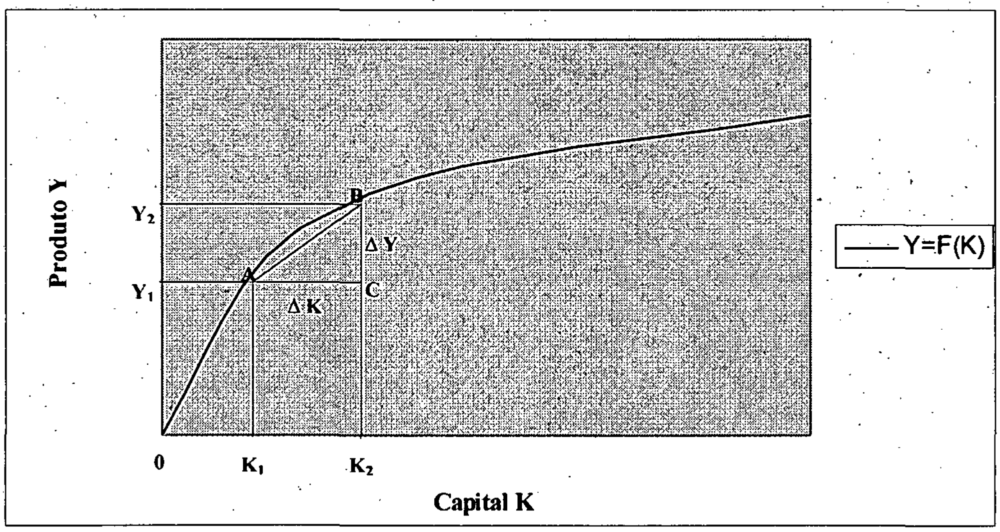


Gráfico: Elaboração própria.

Voltando às quantidades de produto por trabalhador (Y/N) e capital por trabalhador (K/N), Gráfico II deste anexo, pode-se observar que para uma dada relação capital/ trabalho igual a $(K/N)_1$, obtém-se um produto por trabalhador igual a $(Y/N)_1$. Igualmente à explicação do Gráfico I, deduz-se que a inclinação da tangente no ponto A no Gráfico II mede o produto marginal do capital nesse mesmo ponto. Pela teoria da distribuição segundo a produtividade marginal essa inclinação será igual à taxa de lucro (r). A inclinação da tangente CA (a taxa de lucro r) é igual a:

$$CA = r = C(Y/N)_1/A(Y/N)_1$$

como $A(Y/N)_1$ é igual a distância $0(K/N)_1$, que por sua vez é igual à relação capital/ trabalho $(K/N)_1$ da tangente CA, tem-se;

$$r = C(Y/N)_1/0(K/N)_1 = C(Y/N)_1/(K/N)_1 \quad \Longleftrightarrow \quad C(Y/N)_1 = r(K/N)_1$$

$r(K/N)_1$ é a taxa de lucro multiplicada pelo montante de capital por trabalhador, então, a distância $C(Y/N)_1$ mede o montante de lucros por trabalhador. Sendo que a distância $0(Y/N)_1$ mede o montante total do produto por trabalhador e assume retornos constantes de escala, matematicamente implicando no esgotamento por completo do produto, a parcela dos salários por trabalhador no produto, ou a taxa de salário (w) é dada por:

$$w = 0(Y/N)_1 - C(Y/N)_1$$

$$w = 0C$$

A inclinação da tangente CA pode também ser representada da seguinte maneira:

$$\text{Inclinação de CA} = r = 0C/0B$$

como 0C mede a taxa de salário (w), tem-se;

$$r = w/0B \quad \Longleftrightarrow \quad 0B = w/r$$

Portanto, se a teoria da distribuição segundo a produtividade marginal for aceita, pode-se resumir os resultados obtidos associados ao uso da função contínua de produção por trabalhador no Gráfico II:

- Lucros por trabalhador são medidos pela distância $C(Y/N)_1$.
- Salários por trabalhador são medidos pela distância 0C.
- A relação entre salários por trabalhador e a taxa de lucro (w/r) é medida pela distância 0B.

Gráfico II

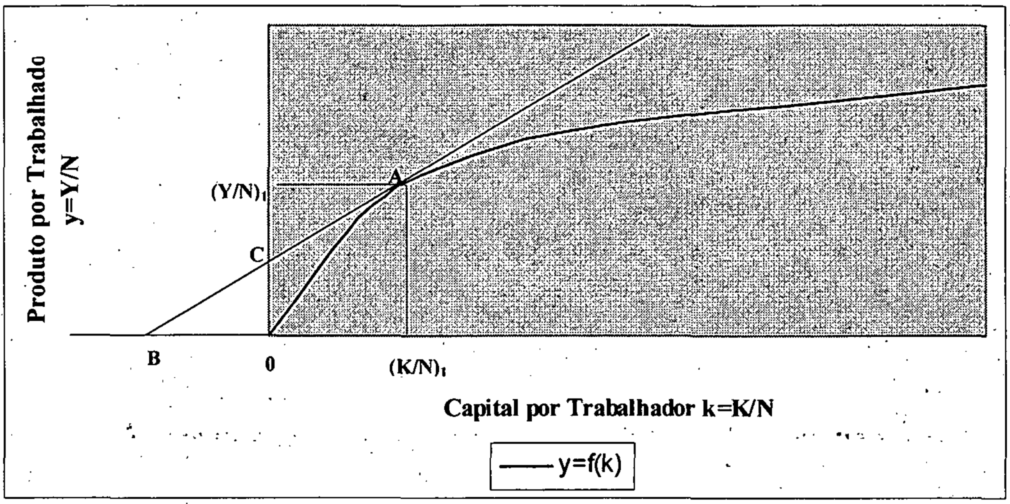


Gráfico: Elaboração própria.

PARTE II

O modelo de crescimento econômico neoclássico resulta de uma equação fundamental que relaciona as variáveis produto, capital e trabalho. Numa economia simplificada onde um só bem é produzido, a renda (medida em termos deste bem) é igual ao consumo agregado mais o investimento agregado, isto é:

$$Y \equiv C + I \qquad \textbf{(A1)}$$

onde Y é a renda (produto), C o consumo e I o investimento agregado.

Dividindo ambos os lados da equação (AI) por N (número de trabalhadores) transformando-a em unidades por trabalhador obtém-se;

$$Y/N \equiv C/N + I/N \qquad \textbf{(A2)}$$

ou mais precisamente;

$$Y(t)/N(t) \equiv C(t)/N(t) + I(t)/N(t) \qquad \textbf{(A3)}$$

onde o produto por trabalhador no período t [Y(t)/N(t)] é igual ao consumo por trabalhador no período t [C(t)/N(t)] mais o investimento por trabalhador também no período t [I(t)/N(t)].

Pela hipótese da existência de retornos constantes de escala (já discutida no item 1.2.2 do capítulo I) é possível simplificar a função de produção agregada, uma vez que ela pode ser escrita na forma "intensiva" ou na forma de "por trabalhador". Dada uma função de produção com retornos constantes, Y = F(K, N), multiplicando tanto K quanto N pelo mesmo número λ, obtém-se Y multiplicado pelo mesmo número λ. Tomando $\lambda = 1/N$ e multiplicando 1/N na função Y = F(K, N) obtém-se:

$$Y/N = F(K/N, 1)$$

A equação acima afirma que o produto por trabalhador (Y/N) depende do capital por trabalhador (K/N) e pode ser escrita simplesmente como;

$$y = f(k)$$

onde $y = Y/N$, $k = K/N$ e $f(k) = F(k, 1)$

Como Y/N = y, a equação (A3) pode ser escrita como;

$$f[k(t)] \equiv C/N(t) + I/N(t) \qquad \textbf{(A4)}$$

Considerando a relação capital/ trabalho $k = K/N$ e se o estoque de capital (K) e a força de trabalho (N) cresceram à mesma taxa, então a taxa de crescimento de k será nula, ou seja, permanecerá constante. Se a taxa de crescimento do capital (k) representada por $\hat{H} = K'/K$ for maior do que a taxa de crescimento do trabalho, $\hat{G} = N'/N$, então a relação capital/ trabalho também crescerá, isto é, $\hat{S} = k'/k > 0$. Similarmente, se a taxa de crescimento de K, $\hat{H}$ for menor do que a taxa de crescimento de N, $\hat{G}$; a relação capital/ trabalho decrescerá ($\hat{S} = k'/k < 0$). A taxa de crescimento da relação capital/ trabalho (K/N) deve então ser igual à taxa de crescimento do estoque de capital ($\hat{H}$) menos s taxa de crescimento da forca de trabalho ($\hat{G}$). Matematicamente tem-se:

$$k = K/N \Longrightarrow \log k = \log (K/N) \Longrightarrow \log k = \log K - \log N$$

calculando as derivadas;

$$\Longrightarrow 1/k.(dk/dt) = 1/K.(dK/dt) - 1/N.(dN/dt) \Longrightarrow (dk/dt)/k = (dK/dt)/K - (dN/dt)/N$$

ou

$$k'/k = K'/K - N'/N \qquad \textbf{(A5)}$$

ou ainda

$$\hat{S} = \hat{H} - \hat{G}$$

Considerando ainda que a força de trabalho cresce a uma taxa exógena proporcional n ($N'/N = n$), a equação (A5) pode ser escrita como,

$$k'/k = K'/K - n$$

Multiplicando ambos os lados da equação acima por $k = K/N$, obtém-se:

$$k' = (K'/K).(K/N) - n.(K/N)$$

anulando os K;

$$k' = K'/N - nk \qquad \textbf{(A6)}$$

que pode também ser escrita como:

$$K'/N = k' + nk \qquad \textbf{(A7)}$$

Simplificando, supõe-se que o capital não se deprecia de modo que o investimento é simplesmente a taxa de crescimento do estoque de capital do bem, ou seja, $K' = I$. Então, $K'/N = I/N$ e pode-se substituir I/N por $k' + nk$ na equação (A4) para se obter[28]:

[28] Por simplificação os t foram omitidos na equação (A8).

$$f(k) = C/N + k' + nk \qquad \textbf{(A8)}$$

A equação (A8) afirma que o produto por trabalhador [f(k)] é alocado para três fins: consumo por trabalhador (C/N); uma parte do investimento que mantém a relação capital/ trabalho constante em virtude de uma força de trabalho em crescimento (nk) e uma parte do investimento (k') que aumenta[29] a relação capital/ trabalho. O crescimento efetivo da relação capital/ trabalho é freqüentemente chamado de "aprofundamento do capital" e o processo de acumulação de bens de capital para acompanhar o crescimento da força de trabalho e manter a relação capital/ trabalho constante é freqüentemente chamado de "extensão do capital". Assim , utilizando essa expressões, a equação (A8) afirma que o produto por trabalhador é dividido entre consumo por trabalhador, "extensão do capital" e "aprofundamento do capital".

A equação (A8) pode agora ser transformada naquilo que é chamado de equação fundamental do crescimento econômico neoclássico:

$$k' = f(k) - C/N - nk$$

sendo f(k) = y = Y/N, a equação acima pode ser escrita como;

$$k' = Y/N - C/N - nk \qquad \textbf{(A9)}$$

A idéia do modelo neoclássico de um setor sugere que a diferença entre o produto por trabalhador (Y/N) e o consumo por trabalhador (C/N) é igual à poupança por trabalhador (S/N). Então, a equação (A9) pode ser escrita como:

$$k' = S/N - nk \qquad \textbf{(A10)}$$

Ainda no mesmo modelo, sabe-se que a poupança total (S) é proporcional à renda total (Y), isto é, S = sY. Substituindo S na equação (A10) obtém-se;

$$k' = sY/N - nk$$

como Y/N = y = f(k), obtém-se então a chamada equação fundamental do crescimento econômico neoclássico;

$$k' = sf(k) - nk \qquad \textbf{(A11)}$$

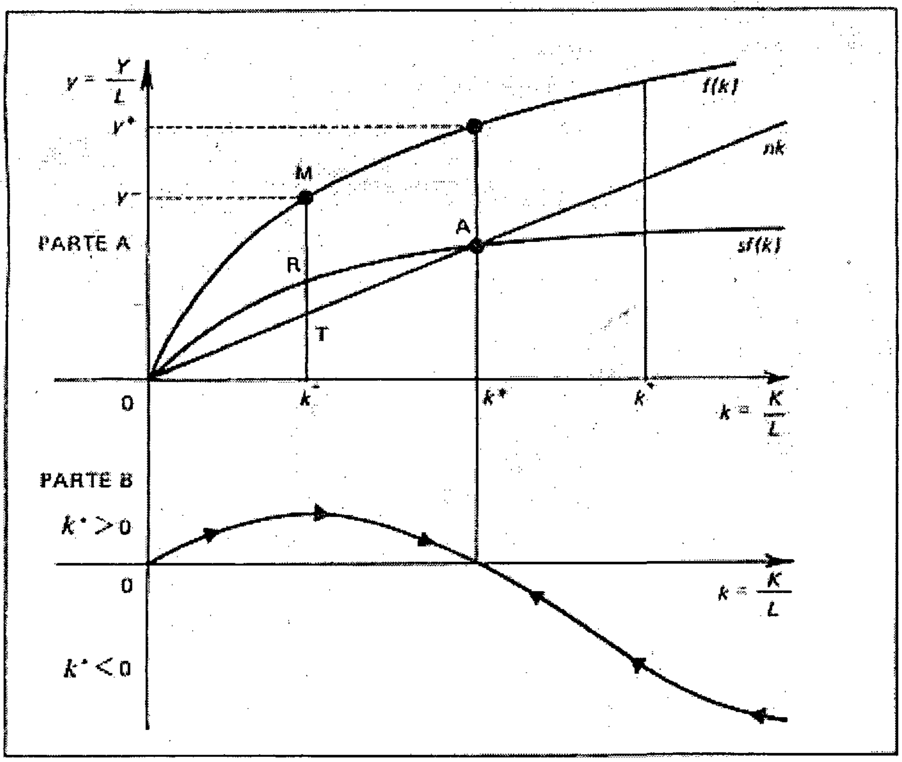
[29] k' pode também ser negativo, o que representaria reduções líquidas na relação capital/ trabalho.

O primeiro termo do lado direito da equação (A11), sf(k) é a poupança por trabalhador e desde que no modelo neoclássico toda a poupança é investida, este termo pode ser interpretado como o fluxo de investimento por trabalhador. O segundo termo do lado direito da equação, nk, como já foi visto é o montante de investimento necessário para manter a relação capital/ trabalho constante, uma vez que a força de trabalho cresce a uma taxa constante proporcional n. A equação (A11) diz portanto, que a taxa de mudança da relação capital/ trabalho (k) é igual à diferença entre o montante de poupança (investimento) por trabalhador e o montante de investimento necessário para manter a relação capital/ trabalho constante (nk) à medida que a forca de trabalho vai crescendo. Se a poupança por trabalhador na economia for maior do que nk, o estoque de capital crescerá mais rápido que a força de trabalho e a relação capital/ trabalho (K/N) também crescera.

A equação (A11) é ilustrada no Gráfico III. A parte A deste gráfico já foi apresentada várias vezes neste trabalho e nada mais representa do que a função de produção por trabalhador f(k).

Gráfico III

Representação da equação do Crescimento Econômico Neoclássico



Fonte: JONES, 1979, pág. 91.

A curva sf(k) indica diferentes níveis de poupança por trabalhador para diferentes níveis na relação capital/ trabalho e a linha reta nk reflete a taxa exógena proporcional de crescimento da força de trabalho. Assim, por exemplo, para a relação capital/ trabalho de k^{-} no gráfico, é alcançado um nível de Y/N igual a y^{-} (ponto M). Neste ponto, uma parte (s, a propensão a poupar) do produto por trabalhador é poupada equivalente à distância $k^{-}R$ e o restante (a distância RM) mede portanto o consumo por trabalhador. Pode-se ver na parte A do gráfico que, quando a poupança por trabalhador sf(k) é maior do que o montante requerido para manter a relação capital/ trabalho constante à medida que a força de trabalho cresce (nk), a taxa de mudança da relação capital/ trabalho é positiva (parte B). Por outro lado, quando sf(k) é menor que nk (parte A) vê-se na parte B que k'< 0 e quando sf(k) = nk (ponto A), k' = 0.

É interessante notar que quando a taxa de mudança da relação capital/ trabalho é igual a zero (k' = 0), isto é quando as poupanças por trabalhador alcançam a quantidade necessária para manter equipada a força de trabalho em crescimento, a relação capital/ trabalho permanecerá a um nível constante de k^{*}. Mas se k = K/N é uma constante e a força de trabalho (N) cresce a uma taxa n, então o estoque de capital tem também que crescer a esta taxa n, ou seja, quando a relação capital/ trabalho permanece a um nível constante de k^{*}, o estoque de capital deve crescer a uma taxa n (K'/K = n). Por outro lado, o nível constante da relação capital/ trabalho de k^{*} resulta num nível constante de produto por trabalhador de y^{*}, mas, se y = Y/N permanece constante e a força de trabalho cresce a uma taxa constante exógena n, então y deve também crescer a esta taxa n (Y'/Y = n). Demonstra-se, assim, que a um nível constante k^{*} da relação capital/ trabalho, todas as outras variáveis (estoque de capital e produto) crescem à mesma taxa de crescimento da força de trabalho. Esta situação traduz-se num estado estável de crescimento balanceado onde sf(k) = nk.

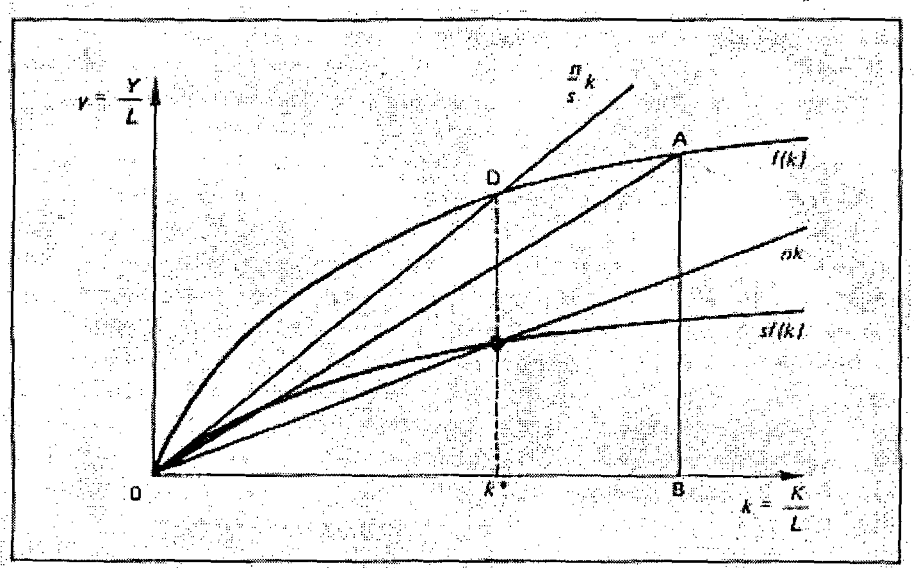
A condição para o crescimento balanceado no modelo neoclássico é, portanto, sf(k) = nk. Dividindo ambos os lados desta equação por s, obtém-se:

$$f(k) = (n/s)k$$

Graficamente pode-se ver (Gráfico IV) que esta equação é uma forma equivalente para mostrar a interseção entre sf(k) e nk.

Gráfico IV

Declividade da relação (n/s)



Fonte: JONES, 1979, pág. 98.

PARTE III

Valores utilizados para o cálculo do Estoque Líquido de Capital Fixo Produtivo

*Soma dos valores do estoque líquido de capital fixo da construção de estruturas não-residenciais e do estoque líquido de capital fixo de máquinas e equipamento (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5

Capital Fixo - Estoque Líquido			
Construção - Estruturas não-Residenciais (preços de 1999)			
Ano	Valor	Ano	Valor
1950	50905200	1976	607710600
1951	58334600	1977	665219600
1952	66444300	1978	723347800
1953	75275100	1979	781101800
1954	83399100	1980	848422300
1955	90828100	1981	908136800
1956	100065000	1982	964258500
1957	111291400	1983	1004628300
1958	124878400	1984	1045215700
1959	139012500	1985	1089660000
1960	153874500	1986	1145240200
1961	165211500	1987	1199569700
1962	179250700	1988	1249613400
1963	193422800	1989	1298845800
1964	207233500	1990	1342698800
1965	223857800	1991	1379741900
1966	241943100	1992	1412029800
1967	260834400	1993	1444381200
1968	284107100	1994	1480981200
1969	311551000	1995	1513497400
1970	337959700	1996	1546950200
1971	368299900	1997	1582568300
1972	404001600	1998	1620742800
1973	448400900	1999	1650661500
1974	497280900	2000	1681450600
1975	549985000		

Tabela 6

Capital Fixo - Estoque Líquido			
Máquinas e Equipamentos (preços de 1999)			
Ano	Valor	Ano	Valor
1950	37842500	1976	362508400
1951	44143900	1977	393995600
1952	50603800	1978	427569200
1953	53444600	1979	459858900
1954	58530900	1980	497915600
1955	62591700	1981	515503700
1956	66006500	1982	521470100
1957	71642200	1983	517517700
1958	75989600	1984	511942900
1959	82234600	1985	514166800
1960	87589200	1986	532769800
1961	92597300	1987	545035600
1962	97163800	1988	550402800
1963	102313000	1989	553946300
1964	106201900	1990	548206800
1965	110399000	1991	538084300
1966	118624800	1992	525163900
1967	125832400	1993	515302800
1968	137833700	1994	517904700
1969	150857100	1995	530778300
1970	166894700	1996	537751300
1971	186999900	1997	551671400
1972	210768100	1998	560336400
1973	241782600	1999	558079300
1974	279440700	2000	560241800
1975	321228800		

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
Comentário: Fonte: MORANDI, Lucilene. Estimativa do Estoque de Capital Fixo Brasil - 1950/ 2000. Rio de Janeiro, IPEA/ Dimac, 2002. (Texto para discussão, no prelo).
Tabela: Elaboração própria.

PARTE IV

Dados agregados para o cálculo da regressão

Seja o Produto Interno Bruto igual a **Y** (Tabela 1 do Anexo Demonstrativo), $\mathbf{X_2}$ igual ao número de pessoas empregadas (Tabela 3 do Anexo Demonstrativo) e $\mathbf{X_3}$ igual ao estoque de capital existente na economia (Tabela 2 do Anexo Demonstrativo). Fazendo as operações matemáticas exigidas pela função de produção Cobb-Douglas com a restrição da existência de rendimentos de escala constantes, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 7

Ano	Log(Y/N)	Log(K/N)	Ano	Log(Y/N)	Log(K/N)
1950	0,72	0,71	1976	1,21	1,42
1951	0,73	0,76	1977	1,22	1,45
1952	0,75	0,81	1978	1,22	1,47
1953	0,76	0,84	1979	1,24	1,48
1954	0,78	0,87	1980	1,26	1,50
1955	0,80	0,89	1981	1,23	1,52
1956	0,80	0,91	1982	1,22	1,52
1957	0,82	0,94	1983	1,20	1,52
1958	0,85	0,97	1984	1,21	1,52
1959	0,88	1,00	1985	1,23	1,53
1960	0,91	1,03	1986	1,25	1,54
1961	0,93	1,04	1987	1,26	1,54
1962	0,95	1,06	1988	1,25	1,54
1963	0,94	1,08	1989	1,25	1,55
1964	0,95	1,09	1990	1,22	1,54
1965	0,95	1,11	1991	1,22	1,54
1966	0,96	1,13	1992	1,21	1,54
1967	0,97	1,15	1993	1,23	1,54
1968	1,00	1,18	1994	1,25	1,55
1969	1,03	1,21	1995	1,26	1,55
1970	1,06	1,24	1996	1,27	1,56
1971	1,09	1,26	1997	1,28	1,57
1972	1,12	1,29	1998	1,28	1,57
1973	1,16	1,32	1999	1,28	1,58
1974	1,18	1,36	2000	1,29	1,58
1975	1,19	1,39			

BIBLIOGRAFIA

AMADEO J. E.; ESTEVÃO, M. A **Teoria Econômica do Desemprego.** São Paulo, Ed. Hucitec, 1994.

BACHA, Edmar; BONELLI, Regis. **Crescimento e Produtividade no Brasil: o que nos diz o registro de longo prazo.** Maio de 2001 (Versão preliminar).

BARROS, R.P.; FOGEL, M.; MENDONÇA, R. **A Estrutura do Desemprego no Brasil.** Rio de Janeiro, IPEA, nº 478, maio/97. 31p.

_______________**Perspectivas para o Mercado de Trabalho Brasileiro ao longo da Próxima Década.** Rio de Janeiro, IPEA, nº 526, nov/97. 29p.

BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia: Teoria e Política Econômica.** Rio de Janeiro: 3ª Tiragem, Ed. Campus, 1999.

Boletim do Banco Central do Brasil, vários números, de 1990 à 2000.

CASAGRANDE, Elton Eustáquio. **As Teorias Keynesiana do Investimento**. São Paulo: 1993. 113p. Dissertação (MS) – Fundação Getúlio Vargas.

Conjuntura Econômica, vários números, de 1990 à 2000.

DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley. **Macroeconomia.** Tradução e revisão técnica de Roberto Luis Troster.- 2ª Ed.- São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica.** Tradução de Ernesto Yoshida. 3ª Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

IEZZI, Gelson et al. **Fundamentos de Matemática Elementar.** 5ª Edição, V.1-10, São Paulo: Atual, 1985.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Várias publicações.

JONES, Hywel G. **Modernas Teorias do Crescimento Econômico: uma introdução.** Tradução de Maria Ângela Fonseca, Marcos Giannetti Fonseca. São Paulo: Atlas, 1979.

KALECKI, Michal. **A Teoria da Dinâmica Econômica**. Tradução de Paulo de Almeida. – São Paulo: Abril Cultural, 1983.

KEYNES, John Maynard. **A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda**. Tradução de Mário R. Da Cruz. – São Paulo: Abril Cultural, 1983.

KRUGMAN, Paul. **Uma nova recessão? O que deu errado.** Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. . Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1999.

LOPES, João do Carmo; ROSSETTI, José Paschoal. **Economia Monetária**. 7ª Ed.- São Paulo: Atlas, 1998.

MANKIW, N. G. **Macroeconomia.** Rio de Janeiro: LTC SA, 1995.

MARX, Karl. **O Capital, A Crítica e Economia Política.** Tradução de Reginaldo Sant'Anna -10ª Ed., Livro Primeiro, Vol. I, Ed. Difel, 1985.

__________**O Capital, A Crítica e Economia Política.** Tradução de Reginaldo Sant'Anna -10ª Ed., Livro Primeiro, Vol. II, Ed. Difel, 1985.

__________O Capital, A Crítica e Economia Política. Tradução de Reginaldo Sant'Anna -10ª Ed., Livro Primeiro, Vol. III, Ed. Difel, 1985.

MIGLIOLI, Jorge. **Acumulação de Capital e Demanda Efetiva.** 1ª Ed.- São Paulo, T. A. Queiroz Ed., 1995.

MOTTA, Alexandre Ribeiro. **Os Determinantes do Investimento nas Teorias Keynesianas e o Mundo Atual**. Piracicaba: 1998. Monografia (Graduação) – Universidade Metodista de Piracicaba.

NERI, Marcelo; CAMARGO, José Márcio; MAURÍCIO, Cortez Reis. **O Mercado de Trabalho nos Anos 90: Fatos Estilizados e Interpretações.** Rio de Janeiro, IPEA, nº 743, jul/2000. 31p.

OLIVEIRA, Carlos.W.de Albuquerque.; CRUZ, B. de Oliveira. **Desigualdades Regionais e Elasticidade de Longo Prazo no Emprego nos Estados do Nordeste com Relação ao Emprego Nacional.** Brasília, IPEA, nº 704, fev/2000.26p.

RAMOS, Lauro; REIS, José G. Almeida. **O Emprego no Brasil nos Anos 90**. Rio de Janeiro, IPEA, nº 468, mar/97. 35p.

SILVEIRA, João Serafim Tusi da. **Inflação: Contribuições Teóricas e Experiências "Construção, uso e Interpretação de Índices**. Florianópolis, Março de 1993.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economics growth. **Quarterly Journal of Economics,** V.70, 1956, pp. 65-94.

_______________Technical change and aggregate production function. **Review of Economics and Statistics,** V.39, 1957, pp. 312-320.

SPECHT, João Ademar. **Planos de Estabilização e Emprego na Economia Brasileira – 1986 a 1990.** Florianópolis: 1995. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina.