UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MAURÍCIO ASSUERO LIMA DE FREITAS

CRESCIMENTO ECONÔMICO ÓTIMO: A INFLUÊNCIA DO SETOR DE SAÚDE

RECIFE

2009

MAURÍCIO ASSUERO LIMA DE FREITAS

CRESCIMENTO ECONÔMICO ÓTIMO:
A INFLUÊNCIA DO SETOR DE SAÚDE

Tese apresentada à Universidade Federal de Pernambuco e a Comissão Permanente do Programa de Doutorado em Economia, como exigência parcial para obtenção do título de Doutor em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Souza Ramos

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Stamford da Silva

RECIFE
2009

Freitas, Maurício Assuero Lima de
Crescimento econômico ótimo: a influência do setor de saúde / Maurício Assuero Lima de Freitas. – Recife: O Autor, 2008.
152 folhas : fig. e tabela.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2008.

Inclui bibliografia, apêndice e glossário.

1. Desenvolvimento econômico. 2. Economia da saúde. 3. Tecnologia em saúde. 4. Macroeconomia. I. Título.

330.35	CDU (1997)	UFPE
330	CDD (22.ed.)	CSA2009-10

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO DOUTORADO EM ECONOMIA DE

MAURICIO ASSUERO LIMA FREITAS

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Maurício Assuero Lima Freitas **APROVADO.**

Recife, 11/02/2009.

Prof. Dr. Francisco de Souza Ramos
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Stamford da Silva
Examinador Interno e Co-Orientador

Prof. Dr. Nélson Leitão Paes
Examinador Interno

Prof. Dr. Fernando Menezes Campello de Souza
Examinador Externo/Depart° de Engenharia de Produção/UFPE

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Junior
Examinador Externo/UFPB

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de expressar minha gratidão à minha família pelo apoio que recebi em todos os momentos de minha vida, inclusive agradeço imensamente pela compreensão devido a minha ausência, pela minha falta de tempo de cuidar mais de cada um deles. É difícil ver um filho crescer sem participar mais intensamente desse crescimento e eu me sinto culpado por isso. Gostaria de registrar minhas desculpas por essa falha.

Agradeço, imensamente, ao professor Alexandre Stamford da Silva, que ao longo de sete anos tem me aturado. Digo, de todo coração, que sem sua presença amiga, seu apoio, suas críticas, sugestões, orientação, compreensão, etc. eu não teria chegado nem ao primeiro degrau dessa escala.

Agradeço a professora Monaliza Ferreira pelo apoio que me deu no curso de Economia da UFPE, Campus Caruaru. Sem esse apoio eu não teria tido tempo necessário para me dedicar a tese, diante das obrigações que a coordenação do curso exigia.

Agradeço a professora Maria Fernanda Gatto, que vendo meu tempo exíguo para concluir esse trabalho, deixou seus afazeres para aplicar minhas provas em Caruaru.

Agradeço a Adelma Ferreira de Araújo, pela orientação nas referências bibliográficas.

Agradeço ao Paracetamol, ao Carisoprodol, ao Diclofenaco Sódico e a Cafeína, que formam o princípio ativo do tandrilax e afins – remédio para dores musculares – que me permitiu andar após ficar diante de um computador por quase doze horas diárias.

Agradeço a todos os professores do PIMES, em particular Francisco de Sousa Ramos, Hermínio de Sousa Ramos, Lamartine Távora Jr, Roberto Alves e Policarpo Lima. Agradeço também aos professores Osvaldo Sarmento, Ana Petry e Walter Morais, pelo apoio e confiança no meu trabalho como docente.

Agradeço a Deus por ter permitido tudo isso.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Ao professor Alexandre Stamford da Silva, com quem aprendi que o impossível fica "*logo ali*"

A uma equipe de gente boa formada por Antônio, Adail e Zuleide (que foram convidados a deixar minha vida de forma abrupta, mas tenho certeza que estão felizes de saber que mais essa etapa foi vencida), Martha, Olga, Estela (filhos e neta), Diego, Maria José, Sílvia, Daniel, Abigail, Hamilton, Júnior, Priscila, Mariana, Maria Auxiliadora Cordeiro Pires, Maria das Neves Pires, Eugênia Magalhães, José Expedito Queiroz de Brito, Afonso Alexandre do Amaral e Luís Lucildo Cordeiro Cavalcanti.

RESUMO

Esse trabalho analisa a influência do setor de saúde no crescimento econômico ótimo. Discute as propriedades desejáveis de uma função que represente o esforço do sistema de saúde na recuperação dos doentes e chega a resultados tais como: nos modelos utilizados, o tamanho ótimo do setor de saúde limita o crescimento tecnológico do setor de produção, o sistema de saúde aumenta o bem estar social, a taxa de morbidade tem um custo relacionado com os preços relativos de capital e mão-de-obra, e o trabalho fornece uma alternativa de crescimento econômico com crescimento populacional negativo. O trabalho utilizou as ferramentas da teoria do controle ótimo para encontrara condições necessárias que justificam a existência de crescimento balanceado.

Palavras chaves: Economia da Saúde, Função esforço do sistema de saúde, modelos de crescimento econômico ótimo

ABSTRACT

This work analyzes the influence of the sector of health in the optimum economic growth. It argues the desirable properties of a function that represents the effort of the system of health in the recovery of the sick people and arrives the results such as: in the used models, the optimum size of the health sector limits the technological growth of the production sector, the health system increases the welfare state, the morbidity tax has a cost related with the relative prices both capital and labor, and the work supplies an alternative of economic growth with negative population growth. The work used the tools of the theory of the optimum control for finds conditions necessary that they justify the existence of balanced growth

Key words: Health Economics, health system´s effort function, optimum economic growth models

LISTA DE SIGLAS

LISTAS DE GRÁFICOS

Sumário

Introdução

Esse trabalho trata de Economia da Saúde. Não especificamente das questões relacionadas com a demanda por serviços de saúde, nem também com aspectos de regulamentação, equidade, fontes de financiamento do setor de saúde, gastos do governo com saúde ou mesmo gastos com saúde como participação do *PIB*. Esse trabalho discute a Economia da Saúde do ponto de vista macroeconômico e avalia o impacto que o sistema de saúde causa na taxa de crescimento do produto da economia. Para avaliar esse impacto, foram construídos modelos com algumas alternativas da eficiência da produção do sistema de saúde.

Inicialmente considerou-se uma economia com um setor, o setor produtivo, com suas hipóteses tradicionais constante na literatura da teoria do crescimento econômico, e uma hipótese adicional: parte da mão-de-obra adoece e fica impedida, pelo menos um período tempo, de participar da produção de bens finais e serviços. Isto implica existir uma taxa de extração que afeta um dos insumos de produção, a mão-de-obra, a qual foi denominada taxa morbidade. Formalmente, a doença é um selecionador aleatório que tem distribuição de probabilidade bem definida (Freitas, 2002), no entanto, nesse trabalho foi considerado que, em cada instante do tempo, uma fração constante da população adoece. Essa hipótese foi bastante simplificadora nas análises e, como conclusão do modelo, percebe-se que, sem um mecanismo que possa recuperar o trabalhador doente, a tendência do sistema é a exaustão.

Posteriormente, dividiu-se a economia em dois setores: o setor produtivo e o setor de saúde. Este último tem a finalidade de recuperar pessoas doentes usando capital, trabalho e tecnologia. As dificuldades, teórica e analítica, de se atribuir um formato para a função de produção, do sistema de saúde geraram dois modelos gerais, alternativamente usando capital e trabalho para representar a função esforço do sistema de saúde, subdividiram-se de acordo com as hipóteses de ocorrência ou não de crescimento populacional ou de o sistema de saúde ser rudimentar ou não. O sistema de saúde rudimentar pode ser entendido como aquele no qual o nível da tecnologia é, quase, inexistente e o processo de recuperação do doente é feito, nas clínicas, por médicos. A dinâmica mostrou-se muito complexa, a exemplo da própria complexidade do sistema de saúde.

Para entender a equação de movimento da população, fez-se uso da função esforço, a qual representa o efeito gerado pelo sistema de saúde. Essa função depende da tecnologia, do capital e do trabalho alocado no sistema de saúde e não se confunde com a função de produção do sistema de saúde. Apesar de não se ter, ainda, uma forma analítica para representar tal função, o trabalho aponta para algumas propriedades que seriam desejáveis, sendo uma das mais importantes, a necessidade de estar limitada ao intervalo [0,1].

Os modelos mostraram o tamanho que deve ter o sistema de saúde, bem como situaram a extensão da tecnologia de cada um dos setores. O que se observou foi que a tecnologia do sistema produtivo está inserida num intervalo, designado por intervalo tecnológico e isto difere da maioria dos trabalhos sobre crescimento econômico que apresentam, geralmente, o crescimento tecnológico livre – não limitado superiormente – como, por exemplo, no modelo de Solow (1956), no qual a tecnologia é a variável que explica o crescimento econômico. Na verdade, a taxa de crescimento tecnológico pode crescer acima do limite máximo estipulado nos modelos, no entanto, isso inviabiliza o tamanho do sistema de saúde e do sistema produtivo. De modo igual, encontrou-se que o nível tecnológico do sistema de saúde está limitado superiormente pela combinação da taxa de morbidade com a taxa de impaciência e o trabalho sugere maior investigação nas relações entre as tecnologias de ambos os setores, a partir, por exemplo, da construção de um modelo com tecnologia endogenizada. Os resultados obtidos nos modelos decorreram do arcabouço matemático utilizado e não do interesse pessoal do autor. Dentre estes resultados decorrentes dos modelos encontra-se o impacto negativo da tecnologia do sistema de saúde sobre crescimento econômico.

O trabalho está organizado da seguinte forma: uma introdução que inclui os objetivos do trabalho, o método e uma breve justificativa. O primeiro capítulo destina-se a caracterização do sistema de saúde. Nele se discute as questões relacionadas com o fluxo trabalho e capital entre os sistemas produtivo e de saúde, a complexidade do sistema de saúde e se faz uma introdução aos modelos de crescimento econômico, para tratar das características entre modelos com recursos exauríveis e com recursos renováveis, devido a semelhança da taxa de extração com a taxa de morbidade, que aparece aqui como negativa. O capítulo se encerra com uma justificativa da necessidade de se estudar, mais profundamente, o sistema de saúde devido as relações que ele mantém com o sistema produtivo.

O segundo capítulo contém a revisão literária, quando se discute o estado da arte, mostrando a literatura até o momento, na abordagem do sistema de saúde. O capítulo atesta a larga abordagem da economia da saúde do ponto de visto microeconômico e destaca que os trabalhos enquadrados no âmbito macroeconômico são pontuais porque discutem mais regulamentação, fontes de financiamento do sistema, etc. de modo que a proposta da elaboração de um modelo macroeconômico para o sistema de saúde é a principal contribuição da tese.

O terceiro capítulo trata essencialmente dos modelos construídos. As deduções matemáticas usadas na resolução dos modelos estão nos apêndices, ficando no texto apenas os resultados. No apêndice referente a cada modelo está a orientação de como os resultados foram obtidos. O primeiro modelo usa trabalho como argumento da função esforço do sistema de saúde enquanto o segundo modelo usa capital. Finalmente, O quarto capítulo traz considerações e impressões sobre os resultados obtidos com os modelos e alguns argumentos teóricos que ajudam a entender os resultados, incluindo sugestões para trabalhos futuros. Esse capítulo conclui o trabalho.

Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo principal estudar os impactos do sistema de saúde no crescimento econômico através da inclusão do sistema de saúde em modelos de crescimento neoclássico. Especificamente, o trabalho pretende avaliar o impacto do crescimento populacional e do crescimento tecnológico do sistema de saúde sobre o sistema econômico.

Método

Esse trabalho não envolveu a coleta, tratamento e análise de dados, por ser um trabalho puramente teórico. Sua construção se fez baseada na leitura e no uso da ferramenta matemática conhecida como controle ótimo. Trata-se de um trabalho científico e não meramente empírico.

Ao longo da elaboração foram observados vários trabalhos sobre a moderna teoria do crescimento econômico construída a partir do modelo de Solow (1956)[1]. Essa análise permitiu adequar comentários, resultados, críticas geradas por esses trabalhos na formatação dos modelos utilizados, à ferramenta matemática, principalmente, na aplicação do principio do máximo. A revisão de literatura foi feita de forma continuada ao longo do tempo, concomitantemente, à tese e outras contribuições foram se somando até se atingir a estrutura presente. Os textos utilizados como suporte ou fundamentação teórica do trabalho estão referidos ao longo do texto.

---

[1] O modelo de Solow referido ao longo da tese é o trabalho *A Contribution to the Theory of Economic Growth,* 1956. Qualquer outra referência a Solow será especificada.

Justificativa

Na maioria dos países, a evolução da tecnológica trouxe mais sofisticação para o sistema de saúde. Houve uma troca natural entre o médico generalista e o especialista, que passou a usar equipamentos mais modernos e a tomar decisões com base na utilização de programas computacionais capazes de emitir um diagnóstico preciso e, quiçá, o tipo de droga a ser utilizada no combate àquele mal. Por um lado isso contribui bastante para que o paciente se restabeleça mais rapidamente e isso é uma grande vantagem para o sistema produtivo porque reduz a permanência do paciente no sistema de saúde dado que ele é capaz de retornar as suas atividades normais e voltar ao processo de produção.

O grande problema é que essa tecnologia custa caro[2] e, geralmente, está disponível apenas para uma parcela da população que são as pessoas que dispõe de um seguro de saúde. Ocorre, naturalmente, que esse custo onera a atividade de saúde privada e só não afeta mais o nível de preços porque o sistema de saúde tem regulamentação específica que obedece a preceitos constitucionais. De questões conflitantes como esta, surge a necessidade da presença da Ciência Econômica mostrar a aplicabilidade dos seus conceitos e se esmiuçar nas relações entre as entidades que compõe, diretamente, o sistema de saúde, a saber: governo, prestadores de serviços (hospitais, clínicas, laboratórios, etc.), indústria de fármacos e a indústria de equipamentos. Cabe à Ciência Econômica arbitrar sobre os interesses conflitantes gerados por essas entidades.

Já existe a preocupação de se estudar o sistema de saúde[3] do ponto de vista econômico, no entanto algumas questões parecem necessitar de respostas mais precisas, dentre as quais:

a) A formação de poupança insuficiente para cobrir procedimentos médicos no setor de saúde suplementar ou setor privado (Freitas, 2002)

b) A precificação de procedimentos médicos através de critérios econômicos, visto que a regra de igualar o preço ao custo marginal para definir a quantidade que maximiza o lucro não parece ter aplicabilidade no setor de saúde (além desse preceito econômico ser aplicado em mercados competitivos, deve-se levar em conta a função social de um hospital. Por exemplo, se a quantidade que maximiza o lucro de um hospital privado fosse 10 atendimentos/dia, o hospital iria deixar de atender o 11º paciente?).

---

[2] Vide exemplo da embolização percutânea na página 69.

[3] O capítulo três discorre mais detalhadamente os estudos na área de economia da saúde.

c) O papel da tecnologia do sistema de saúde salva vidas, mas encarece o procedimento.

Cumpre dizer, no entanto, que existe preocupação econômica com o setor de saúde, haja vista os inúmeros modelos econométricos, ou seja, não científicos, disponíveis na literatura que tratam de questões microeconômicas, e por isso, mais específicas. Dessa forma, esse trabalho se justifica pela contribuição que pode trazer para ampliar o debate sobre o lado econômico do sistema de saúde, trazendo sugestões para atenuar os problemas causados pelo excesso de serviços médicos, pela falta de poupança, pelas escassas fontes de financiamento.

1 Caracterização do problema

Esse item foi dividido em quatro subitens. O primeiro item explora a complexidade do sistema de saúde enfatizando suas relações com o sistema econômico e faz uma preparação para entender a dificuldade em expor de forma analítica uma função de produção para o sistema de saúde. O segundo item faz um breve comentário sobre modelos no que concerne às características, propriedades e o que se espera de um modelo; o terceiro item procura explicar as características de uma economia com recursos renováveis, enquanto no quarto item é feita uma explanação de uma economia com recursos *recuperáveis*. Dois objetivos decorrem desse item: o primeiro é mostrar que o sistema de saúde atua como um instrumento recuperador de um insumo de produção, no caso, a mão-de-obra; o segundo é mostrar que existem diferenças precisas entre recurso renovável e recurso recuperável, ou seja, mostrar que a taxa de morbidade se assemelha, mas não é igual, a taxa de extração dos sistemas com recursos renováveis. O tópico termina com uma justificativa sobre a necessidade de se estudar o sistema de saúde.

1.1 – A complexidade do sistema de saúde

O sistema de saúde, em qualquer país, está inserido num grau de complexidade muito grande, não apenas pelo fato de salvar vidas, ou pelo menos tentar, mas também porque o âmbito de sua atuação extrapola os serviços de saúde prestados pelos hospitais, clínicas e afins, para discutir questões relacionadas ao cuidado com alimentação, lazer, meio ambiente, transporte, saneamento básico, etc. que fazem, claramente, parte do sistema econômico. Com isso surge, de forma natural, uma relação entre o sistema de saúde e o sistema econômico, cujo desdobramento tem impacto no crescimento econômico.

Em uma economia capitalista o sistema de saúde se desenvolve por um conjunto de ações praticadas por entidades de interesses conflitantes, a saber:

- Hospitais, clínicas, laboratórios, consultórios, etc. genericamente denominados de prestadores**.**
- Usuário, que demanda serviços de saúde e se constitui como a matéria prima do setor de saúde;

- Médico, que compõe a mão-de-obra qualificada do setor de saúde. Entre o médico e o usuário se estabelece uma relação que transcende certos padrões do entendimento racional. Dependem da ação do médico a intensidade e a quantidade de serviços de saúde que o usuário irá utilizar no sistema de saúde;
- Empresas de planos de saúde e seguradoras de saúde são aquelas que credenciam os prestadores de serviços onde o usuário deve ser atendido. As empresas de plano de saúde só admitem atendimento através da rede conveniada, enquanto que no caso da seguradora, quando o usuário é atendido fora da rede credenciada, a seguradora faz o ressarcimento do valor pago pelo procedimento. Essas empresas são fundamentais para o setor de saúde suplementar ou setor privado, porque representam a fonte de financiamento desse sistema. A relação entre usuário e empresa de seguro saúde nem sempre é tranqüila e amistosa, sendo objeto de demandas judiciais cujo desfecho tem sido mais favorável ao usuário[4]. As empresas que trabalham com seguro saúde são classificadas, no Brasil, da seguinte forma:

    - Empresas de medicina em grupo atendem através de rede credenciada ou de unidades próprias;
    - Empresas de autogestão são caracterizadas pela assistência à saúde dos seus empregados e dependentes;
    - Cooperativas são constituídas a partir de um número determinado de integrantes. No Brasil, o maior exemplo de cooperativa médica são as Unimed's;

- A indústria de equipamentos médicos fornece ao sistema de saúde o que há de mais moderno, principalmente, para o diagnóstico de doenças. O setor privado toma decisões mais rápidas do que o setor público para adquirir tecnologia de ponta porque não depende de autorização legal nem de licitações. Apesar de ter

---

[4] Em 22/03/07, por decisão unânime, a Terceira Turma do TSJ, deu provimento ao recurso de um usuário contra a Itaú Seguros S/A, obrigando-a pagar as despesas referente a um tratamento médico. O entendimento jurídico enfatiza que é o médico, não a empresa de seguro saúde, quem deve decidir o tipo de tratamento e que a empresa de seguro saúde pode especificar as doenças que serão cobertas pelo contrato, mas não o tipo de tratamento. O caso, além de abrir jurisprudência, reforça ainda mais o papel do médico na determinação da extensão do caminho que o usuário vai percorrer no sistema de saúde.

a sua produção contabilizada no sistema produtivo, essa indústria trabalha exclusivamente para o sistema de saúde porque produz capital fixo que só tem utilização no setor de saúde (por exemplo, um tomógrafo só pode ser utilizado no sistema de saúde). O avanço tecnológico do setor de saúde, apesar de ser o responsável pelo aumento da eficácia e da produtividade do setor, tem a característica indesejável de encarecer os serviços de saúde porque, aparentemente, o preço do procedimento médico toma como referencial o valor da vida e não o valor do procedimento em si. Uma conseqüência disso é que as inovações tecnológicas são acessíveis, diretamente, apenas a uma parte da população (parcela da população que tem renda e que é beneficiária de um seguro saúde). Isso contradiz o caráter universal do sistema público de saúde;

- A indústria de fármacos fornece a droga. Essa indústria tem uma forte atuação na divulgação das drogas através do relacionamento direto com o médico, patrocinando a distribuição de remédios denominados "amostras grátis". Utilizando esse meio de divulgação de produto a indústria farmacêutica americana investiu, em 2001, valor equivalente, a US$ 11 bilhões (Angell, 2007, p. 131). Existem várias críticas a atuação dessa indústria, principalmente quando se trata da ocorrência de eventos científicos. Botsaris (2001) sugere que a participação de alguns grandes nomes da medicina em eventos científicos é patrocinada por grandes laboratórios. Outro objeto de crítica nessa indústria é o lucro atribuído principalmente à venda unitária e não fracionária do remédio[5].
- O governo interfere no sistema de saúde de diversas formas. A mais importante, provavelmente, seja a regulamentação, mas também existe interferência do governo quando ele oferta medicamentos e serviços de saúde através estabelecimentos numa concorrência direta com a iniciativa privada. O governo muda as relações de consumo no setor quando:

➢ Por conta da regulação do setor de saúde, proíbe o reajuste da parcela do plano de saúde para pessoas com mais de 65 anos ou libera aumento uniforme dos preços do plano de saúde levando empresas com alto custo, por ser detentora de uma grande carteira de clientes, a ter o mesmo tratamento que uma empresa de baixo custo.

[5] O governo brasileiro determinou a venda de remédios de forma fracionada em 2003.

- Obriga as empresas de seguro saúde a inserir novos procedimentos para atendimentos dos usuários dos planos de saúde, mediante legislação própria, a exemplo da Resolução Normativa 167 de 10 de janeiro de 2008, da ANS, que criou 100 (cem) novos procedimentos;
- Tributa o setor recolhendo ISS – Imposto sobre Serviços, COFINS – Contribuição Social e PIS – Programa de Integração Social, retirando entre 10% e 12% do faturamento bruto das empresas do setor privado. Além disso, cobra IR – Imposto de Renda sobre o lucro líquido. Ou seja, o fato de ter uma reconhecida função de utilidade pública não traz qualquer benefício fiscal para um estabelecimento de saúde.
- Sob certas circunstâncias bem definidas no *TRIPS –Trade Related Intellectual Property Rights* (tratado de propriedade intelectual) de responsabilidade da OMS, da qual o Brasil é um dos países signatários, de quebrar a patente de um remédio[6]. Essa ação pode afetar o sistema produtivo no que concerne ao comportamento do investidor estrangeiro que poderia ver com desconfiança as ações do governo e retirar investimentos do país. Todavia, cabe salientar que toda quebra de patente será avaliada pela OMC – Organização Mundial de Comércio, e se não for acordada, o país poderá sofrer um painel, que é uma sanção econômica por parte dos demais países signatários do TRIPS;
- Formula e implanta políticas públicas no setor de saúde, transfere recursos e decreta intervenção em unidades hospitalares[7].

A complexidade do sistema de saúde aumenta quando se observa que a doença, instrumento pelo qual o indivíduo entra no sistema de saúde, é um seletor aleatório. Ressalve-se: em alguns casos o indivíduo tem uma patologia congênita como a diabetes, que é aleatória, em princípio, mas que, desde que ocorra, passa a ser determinística, do ponto de vista do

---

[6] O governo brasileiro quebrou a patente do medicamento Efavirenz, do laboratório americano Merck, em 05/05/2007.

[7] Em 26 de fevereiro de 2007, funcionários do Hospital do Câncer de Pernambuco, umas das principais referências em oncologia no Brasil, decretaram greve por 38 horas suspendendo 30 cirurgias e quase mil atendimentos, para denunciar a falta de remédios, de descartáveis, etc. e o atraso dos salários. O HCP tem uma deficiência de caixa mensal da ordem de R$ 1 milhão e tem um passivo de cerca de R$ 30 milhões. Através do decreto n.º 30.336 de 10 de abril de 2007, publicado no Diário Oficial do Estado em 11 de abril de 2007, o governador decretou intervenção no Hospital do Câncer de Pernambuco, objetivando restabelecer o fornecimento dos serviços da entidade de modo eficiente.

sistema de saúde, para o resto da vida do indivíduo portador; em outros casos, o individuo pode ser acometido por uma doença ou sofre um acidente de trabalho. Em ambos os casos o indivíduo ***está*** doente. A demanda por serviços de saúde é composta pelas duas situações, sendo a segunda puramente aleatória sob o ponto de vista tratado aqui. Esse pensamento é referendado em Freitas (2002) quando se mostra que todas as doenças apresentam distribuição normal[8].

Finalmente, a complexidade do sistema de saúde se estende até o desfecho de um procedimento médico que, sob certas condições, pode ser até esperado (como por exemplo, uma cirurgia simples para correção de catarata), mas que tem seu grau de incerteza envolvido, pois as suas conseqüências estão relacionadas com a capacidade de regeneração do indivíduo, posto que, indivíduos diferentes reagem de modo diferente a qualquer procedimento médico, mesmo que realizado em idênticas condições. Cabe então indagar: quais as possíveis saídas de um indivíduo que está no sistema de saúde e qual o impacto que isso gera no sistema produtivo? Algumas respostas podem ser:

- O indivíduo sai mediante óbito e para o sistema produtivo trata-se tão somente de uma substituição de um insumo ou da perda deste;
- O indivíduo sai do sistema de saúde com uma capacidade de trabalho inferior a que tinha, como por exemplo, o caso de uma pessoa acometida de diabetes e que por essa razão necessita amputar um membro. Em casos assim, o sistema produtivo sofrerá o impacto da redução na produção além da perspectiva de um aumento nos custos diretos de produção se não substituir imediatamente esse recurso.
- O indivíduo sai do sistema de saúde com uma capacidade idêntica a que entrou, isto é, o sistema teve um percentual de eficiência igual a 1. Em casos assim, não deverá ocorrer perdas adicionais além daquelas verificadas enquanto o recurso humano esteve ausente do processo de produção. Isto significa que o tempo de recuperação também é uma variável importante;
- O indivíduo sai do sistema de saúde em condições superiores a que entrou. Por exemplo, o caso de um paciente que faz transplante de um órgão qualquer e passa a ser mais produtivo do que era. Neste caso, haverá aumento de produtividade no sistema de produção;

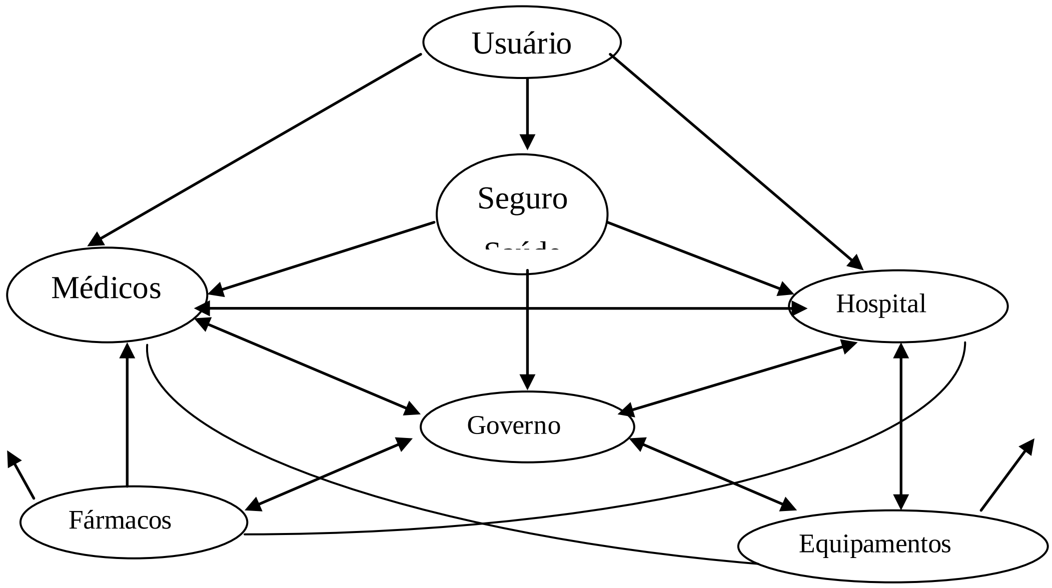
---

[8] Com exceção de lesões por envenenamento e algumas outras conseqüências (CID 19) e Causas externas de morbidade e mortalidade (CID 20). Em tempo: CID – Codificação Internacional de Doenças.

- O individuo não sai do sistema de saúde. Como exemplo, cite-se o caso dos portadores de doenças crônicas, como AIDS, que necessitam de medicação específica e por essa razão continuam usando os serviços do sistema de saúde na realização de exames clínicos periódicos, ou o caso dos hemofílicos que necessitam de tratamento de hemodiálise semanalmente. Considere-se, ainda, o caso em que o indivíduo pode adquirir outras doenças enquanto está em tratamento.

O gráfico 1, mostra a forma de circulação de recursos financeiros e serviços médicos no sistema de saúde, As explicações complementares encontram-se logo a seguir:

Gráfico 1: Fluxograma das entidades do sistema de saúde.



(b) Em troca do atendimento, o usuário paga ao médico ou ao hospital (entendido como qualquer estabelecimento de saúde) diretamente, ou o usuário paga ao seguro saúde e este paga ao médico ou ao hospital;

(c) A empresa de seguro saúde paga ao governo quando um dos seus usuários é atendido num hospital público;

(d) O médico paga ao hospital pela utilização de suas instalações para procedimentos cirúrgicos e o hospital paga salário ao médico;

(e) O governo paga ao médico e ao hospital conveniado e compra remédios e equipamentos;

(f) A indústria de fármacos fornece, para os médicos, remédios gratuitos, financia pesquisas e vende seus produtos ao usuário ou ao hospital quer seja público quer seja privado.

(g) Os médicos adquirem equipamentos que serão utilizados em seus consultórios ou nos hospitais.

(h) A indústria de fármacos e a indústria de equipamentos remetem seus lucros para o exterior, mas pagam tributos ao governo.

1.2 Modelando

Assim, para estudar o sistema de saúde com esse nível de complexidade é necessário a elaboração de um modelo. Nas palavras de Goldbarg e Luna (2000, p. 2), “os modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada”. Os modelos são utilizados para evitar a manipulação direta da complexidade da realidade que envolve aspectos relacionados com:

- O ambiente periférico que busca entender qual o impacto que uma externalidade gera sobre o objeto de estudo ou, em outras palavras, de que forma as perturbações exteriores afetam o objeto de estudo;
- A estrutura interna que analisa as ligações entre as diversas engrenagens que compõe a peça principal, ou seja, qual o impacto que uma variável exerce sobre as demais;
- A análise dinâmica que busca o entendimento do comportamento temporal das variáveis em estudo quando se considera a passagem do tempo.

Deve-se primar pela simplicidade quando se propõe um modelo, isto é, o modelo deve sofrer pouca influência das perturbações ocorridas no ambiente; deve ser composto de tão poucas variáveis quanto possível; deve permitir que estas variáveis sejam homogêneas e bem definidas e que o comportamento das mesmas seja de fácil previsão. Portanto, fica claro que um modelo simples não tem a complexidade do mundo e pode omitir particularidades, mas deve ser preferível em relação a um modelo complexo no que concerne a evidenciar relações que não são facilmente observáveis quando se observa o todo. Falando dessa necessidade simplista de um modelo, Romer (1996, p.11), ao expor o modelo de Solow, destaca que:

> This natural to think of these features of the model as defects: the model omits many obvious features of the world, and surely some of those features are important to growth. But the purpose

> of a model is not be realistic. After all, we already possess a model that is completely realistic – the world itself[9].

É, finalmente, sob essa ótica da simplicidade que se pretende propor um modelo de crescimento econômico para uma economia com um setor de saúde.

1.3 – Sistemas com recursos renováveis

Num sistema produtivo, a mão-de-obra é vista como um recurso necessário à produção, fato que permite, na maioria dos modelos, a função de produção ser escrita como $Y = F(K, L)$ [10]. Ocorre que as pessoas adoecem, e morrem, e isso enseja sugerir um modelo de crescimento econômico que se preocupe com o "destino" do trabalhador no sistema econômico. De uma forma mais objetiva: pretende-se analisar os impactos sobre o crescimento econômico de uma economia com um sistema de saúde recuperador da mão-de-obra doente, fazendo eventuais comparações com as características de uma economia com recursos renováveis[11]. Num primeiro instante, é importante entender o que é considerando como recurso *renovável*. Uma definição para recurso renovável, usualmente aceita na literatura, é que os recursos renováveis são aqueles providos pela natureza e que não são produzidos por qualquer processo de produção. Stiglitz sugere uma definição para recurso renovável, nos seguintes termos:

> Presumably a renewable natural resource is any commodity or factor which is provide by nature and not producere, or producible, by man. Although such a definition is not very precise, it will suffice for our purposes (Stiglitz, 1980, p. 37)[12]

---

[9] Natural pensar nas características de um modelo como defeito: o modelo omite muitas características óbvias do mundo e realmente algumas dessas características são importantes para o crescimento. Mas a proposta de um modelo é não ser realista. Além disso, nós já possuímos um modelo que completamente realista – o próprio mundo. (Tradução livre).

[10] No modelo AK, representado por Y = AK, a função de produção depende da tecnologia e do capital. Uma das críticas a esse modelo é de que o capital, por si só, não seria capaz de gerar produção. Isso faz ser aceita a idéia de que o capital representa, inclusive, o capital humano.

[11] É possível analisar, sob certas condições e adaptações, a economia sem o sistema de saúde como uma economia com recursos exauríveis.

[12] Tradução: Presumivelmente, um recurso natural renovável é um bem ou fator fornecido pela natureza, e não produzido, ou produzível pelo homem. Embora, tal definição não seja precisa, será suficiente para nossos propósitos.

Dessa definição decorre a imediata conseqüência de que o sistema de saúde não é, propriamente, um sistema com *recursos renováveis,* mas pode ser visto como um sistema de *recursos recuperáveis*. Considerando que há diferença entre ambos, cumpre relacionar as principais características de cada um.

Normalmente, a função de produção de uma economia com *recursos renováveis* se expressa como $F(K, L, R)$ onde R denota o recurso natural a ser extraído. O recurso é considerado renovável quando existe uma força de crescimento natural que repõe o estoque inicial, mas não necessariamente em quantidade igual a que foi extraída para consumo da população ou que foi usada como bem intermediário num processo de produção. Uma das funções utilizadas para representar essa força natural de crescimento é a função logística de Verhulst (1837) dada por:

$$\dot{S} = rS\left(1 - \frac{S}{\bar{S}}\right), r > 0$$

onde r é denominada taxa intrínseca de crescimento do recurso. Observe que $S = \bar{S} \Rightarrow \dot{S} = 0$, ou seja, o recurso pode variar, mas não infinitamente. De um modo geral, uma maneira de expressar, matematicamente, a variação do estoque é escrever $\dot{S} = F(S) - R$, onde $F(S)$ representa a taxa de crescimento natural e R é a taxa de extração. A renovação do estoque é fruto de uma força que faz o *estoque* se renovar, permitindo que ***novas quantidades do recurso***[13] sejam utilizadas nas etapas subseqüentes da produção. Esse processo de renovação não envolve qualquer combinação de capital, trabalho ou tecnologia. Decorre, portanto, que $F(S)$ é não controlável enquanto que R é um dos objetos de controle nos modelos de crescimento com recursos renováveis. Destaque-se, ainda, que se ocorrer $F(S) < R$, o recurso se exaure e isso faz a linha demarcatória entre recursos renováveis e recursos exauríveis ser bastante tênue. No caso extremo, tem-se $F(S) = 0$, isto é, não há uma força natural que reponha o estoque e nessa situação, $\dot{S} = -R$, o recurso é considerado exaurível. A discussão que se faz gira em torno da taxa ótima de extração que mantém o sistema econômico sustentável. Finalmente, um dos resultados interessantes dos modelos de recursos renováveis

[13] O grifo é para enfatizar que a renovação ocorre no estoque e não no recurso já utilizado na produção.

é que a produtividade marginal do capital é igual, na ausência de depreciação do capital fixo, a taxa de crescimento do produto marginal do recurso renovável.

1.4 – Sistemas com recursos recuperáveis

Um *recurso recuperável* é aquele que não se extingue ao ser utilizado no sistema produtivo e que, mediante uma combinação de tecnologia, capital e trabalho re-adquire sua capacidade funcional. Diferentemente do que foi tratado anteriormente, o processo de recuperação não ocorre pela ação de forças naturais. Nesse contexto, cabe refletir sobre a composição dos insumos da função de produção de um sistema com recursos recuperáveis. Escrevendo $Y = F(K, L, R)$, assume-se que o recurso recuperável não está inserido no capital físico da firma, assim como ocorre no sistema anterior e nesse caso, a diferença fundamental entre os dois sistemas se reduz ao fato de que, agora, é necessário um sistema de processamento ou de recuperação. Obviamente que não se descarta a possibilidade de se ter $Y = F(K, L)$ e K ou L ser o recurso recuperável.

De modo igual à preocupação com a taxa de extração de um modelo com recursos renováveis, surge uma similar taxa de recuperação, que busca identificar o ponto ótimo da recuperação dos recursos e qual o impacto que isso teria no crescimento econômico, porque um recurso recuperado implica na não criação de novos insumos, cujo impacto é uma redução na produção (do mesmo modo que o recurso exaurível). Por outro lado, é importante destacar que no caso do recurso *recuperável*, existe uma atividade econômica empregando capital, trabalho e tecnologia. Portanto, determinar uma taxa ótima de recuperação torna-se importante porque esse problema é o extremo oposto dos recursos renováveis. Observe-se, ainda, que de modo semelhante ao recurso renovável, existe uma equação que mostra a variação do recurso no tempo, dada por $\dot{S} = -M() + F()$, onde $-M()$ é a taxa de depreciação ou de desgaste do recurso de produção e diferentemente do sistema anterior é não controlável[14] . Essa equação quer dizer que primeiro há o desgaste para haver posteriormente a recuperação (note que nos recursos renováveis a extração vem depois). Observe, também, que mesmo escrevendo a equação de movimento como $\dot{S} = F() - M()$, não significaria uma adequação ao modelo com recursos renováveis porque a diferença entre ambos está na

---

[14] É importante destacar que o controle de que se fala aqui tem o significado visto na teoria do controle ótimo. Na essência sabe-se que dentre as políticas públicas estão programas de vacinação para evitar determinados tipos de doenças. No entanto, a doença surge de diversas formas e meios diferentes.

essência das variáveis envolvidas e não na forma funcional[15]. Nesse sistema, se pretende que $F(t)$ seja controlável, direta ou indiretamente dependente dos recursos alocados no setor. Note que, a equação de movimento do capital no modelo de Solow é dada por $\dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t)$, guarda semelhança funcional com a equação de movimento dada por $\dot{S} = F(t) - M(t)$.

Note-se que *o sistema de saúde desempenha, precisamente, a função de setor reparador da mão-de-obra do sistema produtivo, favorecendo a recuperação do trabalhador doente e possibilitando sua reutilização no sistema de produção*. Por essa razão, a presença do sistema de saúde na economia, traz uma grande contribuição para o estudo do crescimento econômico porque cria novas discussões e estende as oportunidades para outros segmentos, posto que o texto em itálico pode ser reescrito como**:**

a) O sistema de manutenção desempenha a função de setor reparador do capital do sistema produtivo, favorecendo a recuperação do capital avariado (quebrado) e possibilitando sua reutilização no sistema de produção;
b) O sistema de fertilização desempenha a função de setor reparador da terra do sistema produtivo, favorecendo a recuperação do solo fértil e possibilitando sua reutilização no sistema de produção;
c) O sistema de reciclagem desempenha a função de setor reparador do recurso utilizado do sistema produtivo, favorecendo a recuperação das sobras dos recursos e possibilitando sua reutilização no sistema de produção.

Assim, as oportunidades que surgem para estudar crescimento econômico, através da utilização de recursos recuperáveis, são amplas. Cabe salientar que o relaxamento de algumas hipóteses do modelo (que serão vistas adiante) tal como a formação de estoque no sistema de saúde vai permitir que sejam avaliados sistemas similares, como o sistema previdenciário, onde o estoque formado corresponde ao trabalhador inativo

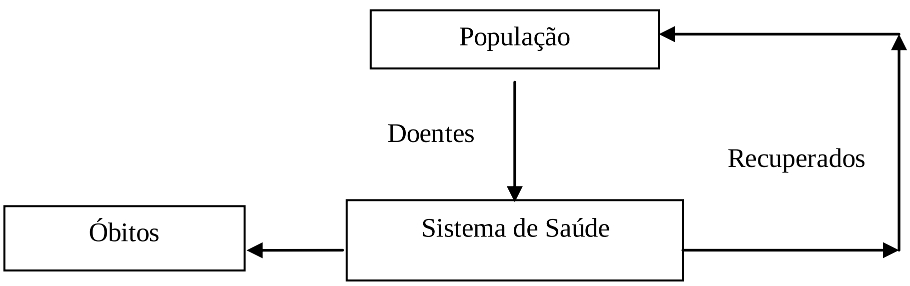
---

[15] Tome-se como exemplo o montante obtido por um capital aplicado à taxa i no regime de juros compostos e esse mesmo capital corrigido monetariamente por uma taxa de inflação θ. No primeiro caso tem-se $M = C(1+i)^n$ e no segundo $VCM = C(1+\theta)^n$. Matematicamente são duas fórmulas iguais, mas os significados são absolutamente diferentes.

1.4.1 – Sistema de Saúde como um sistema de recursos recuperáveis

Considere uma função de produção dada por $Y = F(K, L)$. A força de trabalho, constituída por pessoas ativas, está sujeita a adoecer em algum momento. Se for considerado que o trabalhador doente é afastado do sistema de produção, então a morbidade pode ser interpretada como um fator de extração da mão-de-obra do sistema produtivo. Se não houver um sistema que recupere esse trabalhador ou se o crescimento populacional for inferior à taxa de morbidade, então a população e, por conseguinte, a força de trabalho (ou a quantidade de horas disponíveis para o trabalho, no longo prazo tenderá a zero e esse processo tem características semelhantes a um sistema produtivo com recursos exauríveis. Note que o afastamento do trabalhador do sistema produtivo também pode ser visto com redução na quantidade de horas disponíveis para o trabalho. Se houver um sistema de saúde, o trabalhador doente será tratado de modo que possa readquirir sua capacidade produtiva e voltar para compor a força de trabalho disponível para ser alocada no sistema de produção ou no sistema de saúde. Esse fluxo pode ser visto no gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2: Fluxo população x sistema de saúde



Em cada instante de tempo, a fração da população que adoece vai servir de matéria prima para o sistema de saúde. Sobre o total de doentes existirá um esforço realizado no sistema de saúde para recuperá-los. Alguns voltarão a compor a população, os recuperados, e outros, apesar do esforço, morrerão. Daí decorre que o número de recuperados será menor ou igual ao número de doentes em cada instante e se não houver crescimento populacional, a população vai cair a uma determinada taxa, caso o sistema de saúde não recupere 100% dos doentes (nesse caso a população permaneceria constante).

2 Estado da arte

A idéia de crescimento econômico, historicamente, tem origem no pensamento da Escola Clássica, notadamente nos trabalhos de Adam Smith (1776), Thomas Malthus (1798) e David Ricardo (1817)[16]. No entanto, o trabalho que serviu como base para o aprofundamento dos estudos nessa área, atualmente conhecida como *nova teoria do crescimento econômico*, deve-se a Ramsey (1928), que propôs um modelo para maximizar a utilidade das famílias baseado numa função de utilidade de aversão a risco constante[17], à luz de um recurso matemático inovador, até então, para Ciência Econômica: a otimização dinâmica, que colocou as discussões sob a égide do equilíbrio dinâmico. Ressalte-se, também, o início das discussões a cerca dos retornos de escala, da importância do progresso tecnológico e a eclosão de novos produtos e de novas formas de produção, discutidas exaustivamente sob vários ângulos e por diversos autores, como fatores preponderantes para a formatação dessa nova *teoria do crescimento econômico,* onde as contribuições surgiam de forma gradativa, mas continuamente.

Dentre os vários trabalhos pode-se citar, por exemplo, Schumpeter (1933) que trouxe uma importante contribuição à teoria do desenvolvimento econômico fazendo uma defesa do papel do empresário ousado que utiliza novas tecnologias para produzir novos produtos e de um sistema de crédito que sustentasse os planos empresariais. Suas idéias foram estudadas não apenas sob o aspecto da contribuição do sistema financeiro para o crescimento econômico, onde o crédito (e não a poupança) é fundamental para financiar as inovações, mas principalmente, pelo enfoque das inovações tecnológicas e sua contribuição para a industrialização de algumas economias, inclusive o Brasil do início do século XX (Carraro e Fonseca, 2003). Na sua visão, a inovação tecnológica é o motor de desenvolvimento da economia e esse sentimento ficou retratado, nas suas palavras, numa comparação *sui generis* entre diligências e estrada de ferro quando diz: “adicione sucessivamente quantas diligências quiser, com isso nunca terá uma estrada de ferro” (*apud* Barcelos da Costa, 2006, p. 22).

---

[16] Barro – Sala-I-Martin (2003) fazem um breve histórico da teoria do crescimento econômico destacando os principais trabalhos sobre o assunto.

[17] A função de utilidade com aversão a risco constante é dada por $U\left(c(t)\right) = \frac{\left(c(t)\right)^{1-\theta}-1}{1-\theta}$. Essa função é chamada de aversão a risco constante porque $-c\frac{u''}{u'} = \theta$.

Após Schumpeter, tem-se os trabalhos de Harrod (1939) e Domar (1936), que fazem uma integração da análise keynesiana com a teoria do crescimento econômico. Harrod-Domar, utilizaram uma função de produção com baixa substitutibilidade dos insumos e propuseram um modelo para renda (Weber, 1996, p. 503) que não tem equilíbrio no longo prazo e este modelo foi utilizado como uma defesa de que o sistema capitalista era insustentável. O modelo ganhou num determinado momento, vários adeptos, no entanto, o sentimento posterior era que o ambiente pós II Guerra teve muito mais impacto no trabalho de Harrod-Domar do que as argumentações do mesmo. (Barro & Sala-I-Martin, 2003, p. 17).

A seqüência dos trabalhos sobre a nova teoria do crescimento econômico vai formando gradativa e cronologicamente, até a primeira metade do século XX, um arcabouço teórico que serviu como base para a farta discussão sobre o assunto que se estendeu pelas décadas seguintes. Todavia, foi na metade da década de 50 do século XX que surgiu o principal trabalho na área da teoria do crescimento econômico, elaborado por Solow. Focando quatro variáveis, a saber: produto (Y), capital (K), trabalho (L) e tecnologia (A), o modelo se baseia em hipóteses simples[18] que foram propagadas em outros modelos subseqüentes[19], apesar das inúmeras críticas recebidas dentre as quais o fato de o modelo negligenciar outros recursos naturais, como a terra, e não considerar as flutuações no emprego (Romer, 1996 p. 11). No entanto, alguns dos aspectos mais criticados em Solow foram:

a) A hipótese de retornos constantes de escala para a função de produção conduz, pelo teorema de Euler[20], à exaustão da produção pelo valor marginal dos insumos de produção. Assim, segundo Romer (1991, p. 86), a exaustão da produção pela remuneração dos fatores de produção não permite canalizar nada para a tecnologia que é uma variável de fundamental importância no modelo. Isso transmite a sensação de que a tecnologia está disponível como um bem público, não rival, plenamente acessível a qualquer economia, o que é não ser verdadeiro porque que existe restrição de uso de tecnologias respaldada pelos

---

[18] Economia sem governo, com um único setor e produzindo um bem homogêneo; função de produção com retornos constantes de escala; as taxas de poupança, crescimento da população e depreciação do capital são constantes; a tecnologia cresce a uma taxa exógena.

[19] Alguns autores iniciam seus trabalhos dizendo: "tomando como base as hipóteses de Solow".

[20] Se $F(x,y)$ é homogênea de grau *n*, então $F(x,y) = x\frac{\partial F}{\partial x} + y\frac{\partial F}{\partial y}$. No modelo de Solow a função de produção é homogênea de grau 1 e com isso $F(K,Y) = rK + wL$, onde r, w são as remunerações do capital e do trabalho, respectivamente, que se igualam as suas produtividades marginais.

direitos de propriedade (patentes). A questão crucial do modelo de Solow é o fato de, no estado estacionário, a renda *per capita* crescer à mesma taxa da tecnologia e desse ponto de vista, o modelo sugere que todos os países poderiam crescer com igual taxa, fato não corroborado por trabalhos empíricos (Mankiw,1992; Fonseca e Oreiro, 2004). Assim, a ausência de uma definição mais precisa do que seria a tecnologia fez surgir a idéia de que tecnologia é *informação*, que está associada com a capacidade das pessoas em criar equipamentos novos e que tem a facilidade de se espalhar rapidamente.

b) As diferenças na taxa de crescimento da renda *per capita* entre países não são captadas pelo modelo (Oreiro, 1999 p. 9) e nem tampouco a magnitude da taxa de crescimento (Rodrigues, 2003, p. 7).

Como alternativa a hipótese de tecnologia e poupança exógenas, surgiu a literatura do crescimento endógeno. A idéia de internalizar a tecnologia levou ao estudo da importância do capital humano e sua importância no crescimento econômico teve início com Schultz (1961). Sem querer questionar muito a importância da razão capital-renda, Shultz[21] afirma que os economistas negligenciaram, particularmente, o capital humano. Diante da dificuldade de mensurar o que é investimento em capital humano o autor aborda cinco pontos que formariam a estrutura básica para investimento em capital humano, a saber[22]:

a) Instalações sanitárias e de serviços de saúde, concebidas incluindo as despesas relacionadas com a expectativa de vida, com vigor e vitalidade das pessoas;
b) Dedicação ao treino, incluindo os programas das firmas;
c) Educação formal em todos os níveis;
d) Programas de estudo para adultos que as empresas organizam, incluindo conhecimento em agricultura;
e) Migração da mão-de-obra para equalizar as oportunidades de trabalho.

Dentre as preocupações do autor destaca-se a importância de se ter boa saúde e de se ter serviços de saúde que aumente a expectativa de vida das pessoas. Ressalte-se, todavia, que o

---

[21] "Are we to infer that the ratio capital to income has no relevance in explaining either poverty or opulence? Or that a rise of this ratio is not a prerequisite to economic growth?"(Schultz, 1961, p. 5)

[22] Os itens de "a" a "e" acima são traduções aproximadas do texto original.

trabalho não traz nenhum escopo de um sistema de saúde nem tampouco tangencia sua importância, ou não**,** no crescimento econômico.

No ano seguinte surge a teoria do *learnig-by-doing* (Arrow, 1962), na tentativa de endogenizar a tecnologia. Na defesa de que a aprendizagem é fundamental para o crescimento econômico Arrow conclui seu trabalho dizendo:

> It has been assumed here that learning takes place only as a by – productor of ordinary production. In fact, the society has created institutions, education and research, whose purpose it is no enable learning to take place more rapidly. A fuller model would take account of these as additional variables (Arrow, 1962)[23].

Nota-se que uma preocupação direta do autor com os modelos futuros, principalmente, que tais modelos incorporassem variáveis adicionais como educação e pesquisa. Essa fase inicial do debate sobre capital humano se encerra com Becker (1963) cujo objetivo inicial era estudar o retorno financeiro na educação nos Estados Unidos. No entanto, seu trabalho torna-se mais profundo e insere uma análise da questão do investimento em capital humano através de ações relacionadas com os cuidados com a saúde, investimento em educação, em treinamentos, etc. e sugere investigação em fenômenos como: correlação entre taxa de desemprego e nível de conhecimento ou capacidade do indivíduo, visão dos países subdesenvolvidos em relação aos países desenvolvidos no que concerne a política de empregos, a possibilidade dos jovens trocarem mais de emprego que os demais e com isso adquirirem mais conhecimento através dos treinamentos ofertados pelas próprias empresas. Becker conclui o seu trabalho destacando que há investimentos em capital humano que se refletem no salário enquanto outros investimentos não mostram esse mesmo impacto. O que difere, para ele, uma situação da outra é o fato dos retornos serem adicionados à condição salarial, ou seja, o ganho em conhecimento e em capacidade técnica se traduz na forma de melhores salários para o trabalhador, enquanto no segundo caso, os retornos não são revertidos para o trabalhador, mas para a empresa, indústria ou país. Os trabalhos de Schultz e Becker são referidos como a base inspiradora de Lucas (Rodrigues, 2003, p. 6) ao propor um modelo onde o motor propulsor do crescimento econômico seria o capital humano,

---

[23] Tradução livre: Foi assumido aqui que aprendizagem toma lugar apenas como fruto de produção ordinária. De fato, a sociedade tem criado instituições, educacionais e pesquisa, cujo propósito é capacitar a aprendizagem para ocupar lugar mais rapidamente. Um modelo completo levará em conta essas variáveis adicionais.

alternativamente ao progresso tecnológico**.** No entanto, antes de Lucas outras investigações sobre o assunto foram realizadas com destaque para Romer (1989) que apresentou um trabalho na Conferência da *Carnegie-Rochester* sobre crescimento econômico em abril de 1989[24].

Pelo exposto até aqui, a importância do capital humano é tratada, na maioria das vezes, sob o aspecto da contribuição da educação para formação – entendida como a obtenção de graus escolar e qualificação através de cursos e treinamentos técnicos – da mão-de-obra e não há, nas referências apresentadas, nenhum indicativo explícito sobre o sistema de saúde e sua importância para economia. O capital humano é tratado, como reserva ou estoque de conhecimento inerente a cada trabalhador, cada indivíduo, que lhe permite criar máquinas e equipamentos novos, que serão utilizados no sistema produtivo, através de mecanismos como a aprendizagem contínua que leva a redução de erros e a melhoria na produção; que incentiva a busca de um nível de educação maior, permitindo retornos financeiros e, por conseguinte, maior possibilidade de adquirir novos conhecimentos tanto pelo investimento direto quanto pelo desafio de novos empregos. Essa linha de raciocínio permite mensurar o capital humano através do investimento bruto. Note-se que, apesar da beleza teórica, a questão é bastante subjetiva porque supõe, ou aceita, que o trabalhador treinado vai contribuir, necessariamente, para o crescimento econômico de forma direta, ou dito de outro modo: basta dar o treinamento e a educação necessária ao trabalhador que a renda *per capita* crescerá. Qual a o impacto na taxa de crescimento da renda *per capita* se, por exemplo, o trabalhador treinado não tiver interesse em criar novas máquinas?

Um fato convergente na literatura é que o uso do capital humano tem, de fato, sua importância no crescimento econômico, até mesmo porque a utilização de novas tecnologias requer um estoque mínimo de capacidade sem o qual os recursos mais avançados tornam-se inoperantes. Ademais o conhecimento adquirido é inerente a cada indivíduo e não há nada que garanta sua transmissão para gerações futuras[25]. Ressalte-se, porém, que a forma como essa importância aparece gerou um debate extenso na literatura e criou um divisor teórico entre micro e macroeconomistas. O principal ponto de discórdia está associado, precisamente, com a correlação entre capital humano e crescimento econômico.

---

[24] O trabalho apresentado por Romer recebeu comentários de autores como Robert Barro, Gary Becker, Robert King, Paul Krugman, Alan Meltezer, Kevin Murphy e Jim Porteba (NBER, 1989)

[25] No dia 22 de agosto de 2003 a base de Alcântara, no Maranhão, explodiu matando 16 técnicos. O conhecimento tecnológico dessa mão-de-obra, altamente qualificada, perdeu-se entre os destroços sem que houvesse tempo para transmissão às gerações vindouras.

> Os estudos microeconométricos baseados na função minceriana fornecem dados consistentes com a idéia de retornos ao investimento em capital humano. No entanto, as regressões do crescimento econômico não produziram resultados concludentes, sugerindo que os retornos em investimento em educação ficam aquém das previsões fornecidas pela microeconomia. (Rodrigues, 2003, p. 12)

As palavras em destaque externam a divergência entre micro e macroeconomia no que concerne a importância do capital humano. Cabe perguntar: onde está a razão da divergência? Como pode dois ramos de uma mesma ciência obter resultados diversos quando se estuda o mesmo assunto? Pode parecer uma forte contradição científica, no entanto, basta observar que as conclusões de Becker, acima citadas, favorecem duas análises quando mostra que o investimento em capital o humano pode ou não aumentar o retorno financeiro. No primeiro caso tem-se uma visão microeconômica e no segundo é o exercício da macroeconomia que avalia o crescimento de um país e não de um indivíduo.

A despeito das divergências, o capital humano continuou sendo estudado e uma importante contribuição vem com Mankiw, Romer e Weil (1992) que adequaram a função de produção do modelo de Solow para $Y(t) = K(t)^{\alpha} H(t)^{\beta} \left(A(t)L(t)\right)^{1-\alpha-\beta}$, introduzindo o capital humano, H (as demais variáveis são produto, capital físico, tecnologia e força de trabalho). Com esse modelo os autores obtiveram resultados que corroboraram as idéias de Solow, mas também encontraram fragilidades. A principal constatação, que se deixou transparecer foi que o modelo de Solow é realmente um marco na teoria do crescimento econômico e serviu como base para estudos expansionistas na área do crescimento econômico quando favoreceu o aparecimento dos modelos de crescimento endógenos, onde se sobressaíram os trabalhos de Romer (1990), Grossman e Helpman (1999, *a*, *b*) e Aghion e Howitt (1999), mas que o modelo não é capaz de explicar as razões que fazem países diferentes crescerem à taxas diferentes.

Muito se discutiu sobre a importância do capital humano, mas não se expressou explicitamente o cuidado que se deve ter para que o trabalhador tenha vigor, vitalidade, longevidade, expressos na literatura. Na essência, faltou discutir o sistema de saúde como um determinante do crescimento econômico e isso não foi feito nos trabalhos acima citados, ou seja, esses trabalhos não especificam o papel do sistema de saúde dentro do sistema produtivo.

A preocupação com a saúde da população, e com as diversas políticas de saúde no mundo, passou a ter maior destaque a partir da criação da *OMS*, em abril de 1938. No entanto, um dos primeiros trabalhos que associou saúde ao desenvolvimento sócio-econômico foi apresentado por ocasião da 5ª Assembléia Mundial de Saúde realizada em Genebra no ano de 1952, quando Myrdal (*apud* Duarte de Araújo, 1975, p. 2) analisou, em linhas gerais, as relações existentes entre o nível de saúde e o desenvolvimento econômico. A autora concluiu que o desenvolvimento econômico é um determinante do bom nível de saúde da população. De modo claro, o trabalho sugere que a população de países desenvolvidos possui melhor nível de saúde e esse pensamento pode ter sido importante na época em que foi defendido porque há exemplos irrefutáveis de que o desenvolvimento econômico gera externalidades negativas, como a poluição que afeta a saúde da população (Moraes e Jordão, 2002). Nesse mesmo evento, Winslow (1951) trouxe uma contribuição inovadora apresentando um artigo onde enfatizava os custos da doença e a necessidade de a saúde ter um valor econômico. Há um consenso de que a vida não tem preço[26], mas o serviço de saúde deve ser precificado de acordo com os moldes pertinentes a Ciência Econômica[27].

Ao longo dos anos de 1960, e no início dos anos 1970, houve uma gama de trabalhos que na essência procuravam melhor qualificar a saúde do indivíduo, não a indústria da saúde, no desenvolvimento sócio-econômico. Tanto autores brasileiros (Novaes, 1961, 1963; Costa, 1961, Mello, 1966) quanto internacionais (Taylor & Hall, 1967, Muskhin, 1962, Griffith et al, 1971, Wolf, 1971)[28] trouxeram contribuições importantes que lastrearam a Economia da Saúde. No entanto, um trabalho usado como referência no setor de saúde, elaborado por Arrow (1963), mostrou preocupações com a incerteza no setor de saúde e bem estar econômico dos cuidados médicos. O pensamento de Arrow parece caminhar no seguinte sentido: se existe incerteza no setor de saúde porque há investimentos em hospitais, equipamentos e mão-de-obra? Do ponto de vista racional, o empresário investe pensando no retorno do capital investido (e não deve ser diferente no setor de saúde), logo, para ele, há

---

[26] É bom lembrar que trabalhos de Atuária valoram a vida das pessoas. As indenizações pagas em caso de acidentes levam em conta uma estimativa da expectativa de vida, salários e benefícios atuais, etc. No entanto, isso não paga uma vida.

[27] As Constituições Federais, ou sua lei equivalente, dos diversos países asseguram a saúde como um direito do cidadão e um dever do Estado. Isso leva ao equívoco de aceitar a idéia de que o hospital privado deve prestar atendimento sem se preocupar em receber por isso, ou que é desumano um hospital cobrar por prestar socorro a um paciente.

[28] Os resultados dos trabalhos destes autores são comentados por Duarte de Araújo (1975).

certeza de que as pessoas ficarão, em algum momento, doentes. A doença, sim, é um selecionador aleatório. Cabe, também, destacar sua preocupação ao explicar:

> It should be noted that the subject is the *medical-care industry,* not *health.* The causal factors in health are many, and the provision of medical care is only one. Particularly at low levels of income, other commodities such as nutrition, shelter, clothing, and sanitation may be much more significant[29]. (Arrow, 1963. p. 931)

Nitidamente, Arrow busca diferençar a *indústria da saúde* do *cuidado médico* com a *saúde* indicando um problema natural da escolha do consumidor. Entre bens, de primeira necessidade, como alimentação, moradia, roupas e um seguro saúde, qual será a escolha da população de baixa renda? Essa questão tem um impacto direto nas políticas públicas porque a saúde é um direito do cidadão a ser provido pelo Estado de forma universal e igualitária. No entanto, a preocupação de Arrow antecipa a atuação da iniciativa privada no sistema de saúde, pois se há investimento privado é porque se espera retorno do capital investido. Foi essa necessidade de prever a demanda por serviços de saúde um fato motivador do modelo proposto por Grossman (1972) para avaliar o estoque de saúde do indivíduo. Dessa forma, o setor de saúde poderia ser avaliado como uma atividade econômica comum sujeita aos diversos resultados econômicos e financeiros como lucros, prejuízos, investimentos públicos e privados, intervenções governamentais.

Portanto, se observa que a preocupação econômica com a saúde é antiga, mas nos trabalhos que tratam do assunto, de uma forma bastante intensiva, abordaram mais aspectos microeconômicos, freqüentemente, utilizando modelos econométricos. Nesse sentido, Monheit & Vistnes, (2005), utilizaram um modelo econométrico para atestar que a expansão do *Medicaid*[30] foi responsável por 13% da redução na demanda por seguro saúde para dependentes familiares. Osterdal (2002) examinou a alocação de recursos em saúde baseado nos axiomas das preferências individuais e em justiça distributiva, obtendo como resultado uma função de bem estar social, ponderada.

---

[29] Deve-se notar que o assunto é a indústria do cuidado médico, não a saúde. Os fatores causais na saúde são muitos e a provisão dos cuidados médicos é somente uma. Particularmente para baixos níveis de renda, outros bens tais como nutrição, moradia, roupas, e o saneamento podem ser mais significativos.

[30] O *Medicare* é o setor do sistema de saúde americano que se destina ao atendimento da população pobre e está sob a responsabilidade dos estados.

Especificamente, no Brasil, pode-se dizer que os estudos em Economia da Saúde tiveram como marco o I Workshop Internacional realizado em novembro de 1989, em Brasília – DF, do qual participaram as Associações Português (APES) e Espanhola (AES) de Economia da Saúde (Piolla e Vianna, 1995), resultando, dois anos depois, na criação da Associação Brasileira de Economia da Saúde (ABrES). Ao longo da década de 90 do século passado, foram surgindo alguns trabalhos publicados na área com temas relacionados com financiamento do SUS (Melamed e Costa, 2001), avaliação de programas de saúde (Hartz, 1999)[31], distribuição e alocação dos recursos e outros relacionados com normatização e descentralização do SUS (Ugá, 2003), dentre outros[32].

No final da década de 90, do século passado, passou-se a construir fronteira de eficiência para unidades hospitalares. Uma primeira tentativa nessa linha de pesquisa deve-se Zucchi, *et all* (1998) que tratou da produtividade nos hospitais universitários tomando por base os indicadores hospitalares (leitos-dia, pacientes-dia, etc). Posteriormente, Marinho (1998), com a mesma base de dados dos hospitais universitários, utilizou programação fracionária, mais precisamente, DEA – *Data Envelopmente Analisys*, para construir a fronteira de eficiência daquelas unidades hospitalares. Trabalho semelhante foi aplicado por Tsaprounis (1997) que usou como unidades de decisão 83 hospitais do Canadá. Outros trabalhos seguiram essa mesma linha, sendo aplicados em regiões diferentes do Brasil e outros modelos alternativos foram surgindo utilizando novas ferramentas como Teoria dos Jogos a exemplo de Teixeira, Mac Dowell e Bugarin (2002) que analisaram o consórcio intermunicipal de saúde utilizando essa técnica. Posteriormente, Arruda, Stamford da Silva e Souza Ramos (2003) utilizaram jogos de sinalização para avaliar a eficiência dos laboratórios farmacêuticos não do ponto de vista de produção, mas sim de qualidade do produto. O trabalho mostrou que um laboratório produz um medicamento não eficiente, mas através de sinalização ele passa uma imagem de eficiência.

Trabalhos mais recentes, como o de Bloom *et all* (2001), fugiram um pouco ao que enfoque microeconômico. Seguindo o modelo de Solow com capital humano e usando mínimos quadrados em dois estágios eles mostraram que capital saúde é uma variável significativa no crescimento econômico, no entanto, geraram controvérsias ao declara ser

---

[31] Os trabalhos de avaliação geralmente envolvem a relação benefício/custo, custo efetividade ou custo utilidade.

[32] Os trabalhos que tratam do setor de saúde suplementar ou setor privado, geralmente, abordam o mercado das empresas de seguro saúde. Trabalhos voltados para os serviços de saúde privado são raros.

insignificante a influência de outras variáveis, como nível de instrução, no crescimento econômico. Posteriormente, uma pesquisa da Organização Pan-Americana de Saúde indicou a relevância no nível de instrução (Mayer *et al*, 2000) utilizando dados coletados na América Latina.

Com isso, pode-se destacar que na maioria das vezes concebeu-se uma visão microeconômica da economia da saúde, com foco nas relações entre os agentes, produtores e consumidores, que avaliaram o *moral harzad,* a informação assimétrica, a construção de fronteiras de eficiência com modelos paramétricos ou não paramétricos para hospitais ou estabelecimentos de saúde, o consórcio intermunicipal de saúde sob a ótica da teoria dos jogos, etc. Os trabalhos foram surgindo, expandindo a literatura e trazendo uma significativa contribuição para a sociedade. Destaque-se, também, que o método econométrico foi o principal instrumento utilizado na formulação dos modelos considerados como microeconômicos. Assim, se do ponto de vista microeconômico a Economia da Saúde tem sido bastante explorada, o mesmo não se pode dizer em termos macroeconômicos. Sob essa ótica, os principais trabalhos centraram a atenção ora nas despesas da população com serviços de saúde (Silveira, Osório e Piolla, 2002) ora nos gastos do governo através de contas de transferências de recursos para os chamados programas sociais. A discussão tem sido acalorada ao longo das últimas décadas e um dos trabalhos básicos dessa nova fase de pesquisas foi realizado por Sorkin (1977) no qual concluiu que a saúde, vista como um recurso para reduzir a taxa de mortalidade, teve impacto no crescimento econômico no século passado[33] (embora não situe precisamente aonde) mas, ele o *status* de saúde tem pouco impacto no crescimento econômico de países desenvolvidos e tem sofrido alterações diante das novas tendências econômicas, incluindo, globalização.

A visão macroeconômica da saúde no crescimento econômico tem sido abordada pela importância do capital humano. Relatório do Banco Mundial (1993), também usa o capital humano como sendo a principal ferramenta para o crescimento econômico, embora não apresente um modelo específico. O mais importante, é que a discussão está ampliando a possibilidade de um melhor entendimento do setor de saúde nas diversas economias. A idéia de que a saúde é uma variável importante para o crescimento econômico, é bem aceita, mas a forma de como essa variável influencia o crescimento econômico tem sido alvo de grandes divergências de pensamento. O que se sabe, e se concorda, é que uma população doente não pode gerar um grande produto para a economia. Na África, o nível de contaminação pelo

[33] O trabalho não deixa claro qual foi a abrangência geográfica da pesquisa.

vírus da *AIDS* na população economicamente ativa é expressivo (Ainswort e Over, 1993) e isso afeta diretamente taxa de produtividade, a taxa de poupança, enfim, afeta diretamente a taxa de crescimento dos países africanos. Ninguém questiona que isso é verdadeiro e o pensamento de que "indivíduos saudáveis são mais eficientes para assimilar conhecimentos" (Bloom & Canning, 2000) é uma premissa aceita por todos os pensadores. Deve-se a esses autores (Bloom & Canning, 2005) uma tentativa de reconciliação das evidências micro e macroeconômicas da saúde no crescimento econômico. Com base numa função de produção expressa por $Y = AK^{\alpha}(L\nu)^{\beta}$, onde K é capital, L, é a força de trabalho e ν é o nível do capital humano descrito em termos *per capita*, eles fizeram comparações das estimativas, micro e macroeconômica, dos efeitos da saúde na função de produção, não encontrando diferenças significativas entre ambos os casos.

Analisando outros trabalhos produzidos por organismos de abrangência internacional como a OPAS, o Banco Mundial e a OMS, verifica-se que a principal linha de pesquisa adotada é a abordagem do capital humano como um fator determinante do crescimento econômico. Howitt (2005) elaborou para a OPAS um modelo de crescimento baseado em Schumpeter cuja proposta é distinguir capital físico de capital intelectual e poupança (que influencia o capital físico) de inovação (que influencia no capital intelectual). Ele apresenta um modelo composto de oito equações, das quais as quatro primeiras reproduzem o modelo de crescimento neoclássico adaptado pela inclusão do estoque de conhecimento, ou capacidade, como capital físico. As demais equações endogenizam a taxa do progresso tecnológico. A dinâmica do modelo mostra que a taxa de crescimento é constante, dada por $s = \frac{\lambda\varepsilon(1-\varepsilon)}{\phi+\eta}$, onde λ é a eficiência na aprendizagem; ε é freqüência escolar (suposta inferior a 50%); ϕ é a de habilidade ajustada, uma espécie de "habilidade líquida", e η é a taxa de crescimento da população. Fica claro que o modelo converge no longo prazo. Num momento posterior, Howitt (2005) analisa o efeito da saúde na trajetória do crescimento de longo prazo dos países, mas transmite um elevado grau de subjetividade visto que trata dos seguintes aspectos:

a) eficiência produtiva – o trabalhador necessita de vigor, resistência atenção, perseverança, criatividade, dentre outras prerrogativas;
b) Expectativa de vida – aumentos na expectativa de vida influenciam o estado estacionário, porque afetam a taxa de habilidade ajustada;

c) Capacidade de aprendizagem – nesse item a saúde é colocada como um fator determinante na educação. Essa variável guarda uma associação direta com o parâmetro λ do modelo;
d) Criatividade – as pessoas saudáveis tendem a ser mais criativas;
e) Habilidades – as pessoas desenvolvem habilidades para contornar situações estressantes e se adaptam com facilidades a novas tecnologias;
f) Desigualdade – esforço para reduzir a desigualdade de renda na população terão impacto positivo no crescimento econômico dos países.

O modelo de Howitt (2005) representa uma inovação em relação aos modelos de capital humano, até então conhecidos, por trazer um esclarecimento melhor em relação às variáveis que compõe o capital humano, ao invés de usar indiscriminadamente essa variável omitindo suas características. Observe-se que, ao tratar da saúde o autor não considera o *sistema* de saúde e sim, o *estado* de saúde das pessoas. Também se sobressai uma leve fragilidade na tentativa de explicar a influência da saúde na trajetória do crescimento econômico porque suas conclusões não são matemáticas, são mais qualitativas. Por exemplo, uma pessoa saudável pode não ter um bom nível de educação, mas a recíproca é mais provável porque o bom nível de educação tende fazer a pessoa buscar hábitos salutares de comportamento alimentar, de atividades físicas e cuidados médicos, o que pode favorecer um bom nível de saúde. Entretanto, o trabalho sugere que a saúde é uma condição necessária para o bom nível de educação[34].

Outro organismo de fundamental importância que tem ampliado as discussões, e construído um formato próprio, é visto na atuação da *OMS* que fixa[35] normas de qualidade dos serviços de saúdes, baseada em estudo comparativo do montante gasto com saúde como percentual do *PIB* dos países; que elabora estudos e projetos para controlar o surgimento de novas doenças; que elabora programas visando o controle das doenças infecciosas ou crônicas, dentre outras atividades. Os trabalhos da *OMS*, freqüentemente, são apresentados de forma descritiva e por isso acabam expondo um cenário mais qualitativo num sistema que é

---

[34] O físico inglês Stephen Hawking sofre de uma doença denominada ELA – Esclerose Lateral Amiotrópica, também conhecida por doença de Lou Gehrig (jogador americano de beisebol que registra, historicamente, o primeiro diagnóstico dessa doença), não tem um estoque de saúde, mas é dono de uma genialidade impar. Acrescente-se, agora, que há pessoas com doenças crônicas, altamente cultas, por isso a necessidade destacada por Howitt é relativa.

[35] O verbo correto seria sugere. A OMS cria parâmetros de qualidade no setor de saúde e sugere adequação de políticas por parte dos países participantes da ONU, mas não tem o poder de impor que tal política seja adotad**a**.

altamente dinâmico e que, além do mais, não permitem agregar outras informações que poderiam contribuir para melhor avaliar o sistema de saúde nos diversos países. Por exemplo, verifica-se que o relatório da *OMS* (2003) diz que, neste ano, os Estados Unidos[36] gastaram 15,2% do *PIB* em saúde e o Canadá gastou apenas 9,9%. Note-se que nenhuma informação adicional é captada sobre a alocação mais eficiente dos recursos; não se sabe se os gastos maiores nos Estados Unidos foram decorrentes de novas doenças, ou se são devidos ao aumento das doenças crônicas na população cujo tratamento é mais dispendioso ou, ainda, se houve aumento nos casos de corrupção e desvios de dinheiro do sistema ou decorrente da elevação de preços dos procedimentos. Por outro lado, se um país tem um gasto menor isso não significa, necessariamente, que a política adotada esteja equivocada e que a saúde da população esteja correndo risco. Em algumas situações a razão dos gastos ocorre por conta de uma medida salutar ao sistema que gera redução nos gastos como no caso do Brasil que quebrou a patente de um remédio contra a *AIDS* obtendo redução nos custos, da ordem de 67%, com as despesas de importação desse produto. Nesse caso, os gastos com saúde menores estão associados a um ganho de escala.

Assim, resumir os estudos macroeconômicos em Economia da Saúde à Estatística Descritiva tem-se a sensação de que as respostas não foram plenamente obtidas, que poderia ter sido feito um pouco mais, visto que a principal questão é conduzir o processo investigativo na absorção de novas linhas de pesquisas com a utilização de outras ferramentas matemáticas.

Outras linhas de pesquisas bastante exploradas e classificadas como abordagem macroeconômica do sistema de saúde tratam do crucial problema do financiamento do setor de saúde[37] (problema comum às diversas Economias), da alocação e distribuição dos recursos públicos, da avaliação econômica de programas e de serviços de saúde e, principalmente, da regulação do setor, que no caso do Brasil ganhou espaço após a criação da *ANS* – Agência Nacional de Saúde. Em termos de modelos macroeconômicos, propriamente ditos, não se observa, ainda, trabalhos inovadores tais como os modelos de crescimento endógenos já discutidos que, cabe lembrar, avaliaram o crescimento econômico com a inserção do capital humano, todavia, essa metodologia leva, no máximo, a uma noção de como deveria ser a saúde da população, mas não como deveria ser o sistema de saúde que produzisse para a

---

[36] World Health Organization. www.who.int/en.

[37] A Norma Técnica 12 da OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde traz 13 capítulos agregados por assuntos comuns em quatro tomos, sobre saúde na América Latina. As impressões coletadas fizeram parte do método desse trabalho. Disponível em www.opas.org.br

população vigor, vitalidade e longevidade necessárias para influenciar o crescimento econômico.

No caso do Brasil, especificamente, o estudo de Economia da Saúde é bem mais recente do que em outros países, sendo um referencial histórico o I Workshop Internacional de Saúde realizado em novembro de 1989, em Brasília – DF, do qual participaram as Associações Português (APES) e Espanhola (AES) de Economia da Saúde (Piola & Vianna, 1995), resultando, dois anos depois, na criação da Associação Brasileira de Economia da Saúde (ABrES), que tem por objetivo pesquisa, divulgar e promover debates sobre saúde, mas numa abordagem econômica. Esse novo segmento científico fez surgir, ao longo dos anos 1990, alguns trabalhos abordando financiamento e gasto em saúde, avaliação de programas de saúde (geralmente envolvendo relação benefício/custo, custo efetividade ou custo utilidade), distribuição e alocação dos recursos, etc. A década terminou com a eclosão de vários trabalhos cuja base teórica era promover a avaliação de unidades hospitalares mediante o uso de fronteira de eficiência, a exemplo do que já se havia feito fora do Brasil. Esses trabalhos se enquadraram no estudo microeconômico da economia da saúde e contaram com ferramentas econométricas na formulação de seus modelos e propostas. A crítica que se faz aqui é o fato de a grande maioria dos trabalhos não abordar o setor de saúde complementar ou, mais simplesmente, a iniciativa privada. O sistema de saúde público brasileiro tem uma estrutura altamente propícia à discussão e, aparentemente, a preferência do debate recai sobre as questões tradicionais da fonte de financiamento, descentralização do sistema ou assuntos afins. Os estudos focam maciçamente o *SUS* e deixam de lado questões práticas do setor privado, a exceção dos trabalhos que abordam as questões dos planos de saúde, entretanto, de uma forma mais qualitativa que quantitativa.

Numa alternativa aos estudos microeconômicos surge um relatório com diagnósticos e perspectivas para a política de saúde no Brasil (Barros et al, 1996), tratando de aspectos relacionados com epidemiologia, descentralização do *SUS* e questões relacionadas com o modelo de gestão adotado no Brasil. O trabalho tem visão macroeconômica do sistema de saúde público e guarda um perfil semelhante àqueles que buscam avaliar a economia do setor público naquilo que se refere ao impacto sobre o gasto do governo das transferências para as áreas sociais, incluindo saúde. Enfim, verifica-se que no Brasil, a análise macroeconômica do sistema de saúde não foge muito ao que tem sido feito no resto do mundo e de modo igual não há um modelo macroeconômico para o setor de saúde, ou um modelo que retrate a atuação do sistema de saúde, avaliando sua importância, ou não, para o sistema econômico.

Finalmente, é importante destacar que o interesse em Economia da Saúde tem crescido bastante em diversas partes do mundo. Esse interesse pode ser fruto das ações de países como Estados Unidos, Canadá e Austrália, dentre outros, que passaram a ofertar cursos com programas específicos a título de pós-graduação ou programas de pesquisas por parte de universidades ou de instituições como a *OMS*, que sob a égide da *ONU* discute e publica temas relevantes sobre saúde desde 1938.

3 Formatação dos modelos

Esse capítulo visa propor modelos alternativos para estudar o impacto sobre o crescimento econômico. Inicialmente, elabora-se um modelo de uma economia com um único setor, o setor produtivo, e com uma taxa de morbidade que assume as características de uma taxa de extração presente nos modelos neoclássicos com recursos exauríveis. Posteriormente, a economia será dividida em dois setores: o setor produtivo e o setor de saúde que vai agir como um sistema recuperador de um recurso de produção, a população. Assim, a influência do sistema de saúde será vista num segundo momento[38].

3.1 – A economia com um único setor

Esse item está dividido em duas partes: na primeira se discute a trajetória do crescimento balanceado e se faz uso de algumas demonstrações de lemas. Na segunda parte é apresentado o conjunto de hipóteses que norteiam o modelo de uma economia com morbidade e sem sistema de saúde e a discussão sobre os resultados encontrados.

3.1.1 – A Trajetória do crescimento balanceado

O estado estacionário, *steady state,* é caracterizado pela situação em que as taxas de crescimento das variáveis do modelo são constantes (eventualmente nulas), conforme define Barro e Sala-I-Martin (2004, p. 33)[39]. Na literatura, alguns chamam de *Balanced Growth Path* – *BGP*, ou caminho (ou trajetória) do crescimento balanceado, o caso em que as taxas de crescimento das variáveis de interesse são constantes (esta será a opção desse trabalho) e chamam de estado estacionário quando as mesmas são nulas; outros tratam BGP como estado estacionário. A construção de um *BGP* envolve a definição de taxas de crescimento relativas. A taxa de crescimento de uma variável será denotada por $g_H = \frac{\dot{H}}{H}$, onde *H* representa uma

---

[38] A idéia é usar a função esforço do sistema de saúde é intensiva em mão-de-obra e depois considerá-la intensiva em capital.

[39] Em Barro e Sala-I-Martin (2003, p. 33) há uma nota de rodapé cuja tradução é: “alguns economistas usam a expressão trajetória do crescimento balanceado para descrever o estado em que todas as variáveis crescem a taxa constante e usam estado estacionário para descrever o caso particular quando a taxa de crescimento é zero”.

variável genérica e $\dot{H} = \dfrac{dH}{dt}$. Considerando, agora, que o objetivo é estudar o comportamento de longo prazo do produto *per capita* (ou consumo *per capita*), a exemplo de Groth (2002), busca-se analisar, o comportamento das quantidades $z = \dfrac{Y}{K}$ e $x = \dfrac{C}{K}$. Pelas contas nacionais tem-se $Y = C + I = C + \dot{K}$. Isso implica dizer que:

$$\frac{Y}{K} = \frac{C}{K} + \frac{\dot{K}}{K} \Rightarrow z = x + g_K \qquad \textbf{(3.3)}$$

ou simplesmente,

$$g_K = z - x \qquad \textbf{(3.3a)}$$

Pela definição de *BGP*, g_K, é positiva. Com isso, fica excluída a possibilidade de $x > z$, pois usando as definições de z e x, dadas acima, decorre das contas nacionais que $I = (z - x)K$ e se $x > z \Rightarrow I < 0$. No modelo aqui proposto isso não é possível porque não há depreciação, ou seja, não há uma forma do investimento ser "consumido". A seguinte definição de *BGP* foi adaptada de Groth (2002, 2003) e Stamford da Silva (2008).

Definição 1 : Um caminho, ou trajetória, $\{C, Y, K, R, L\}_{t=0}^{\infty}$ é dito viável se:

a) K e L são funções contínuas do tempo;
b) C, Y e R são funções contínuas por intervalos do tempo;
c) Para valores não negativos de *t*, o caminho satisfaz a equação da função de produção e as equações de movimento do capital e mão-de-obra para $t \geq 0$, exceto nos pontos de descontinuidades de C, Y e R;
d) O caminho satisfaz as condições de não negatividade tanto para as variáveis de controle (C, Y e R), quanto para variáveis de estado K e L para todos os valores de $t \geq 0$.

onde R representa a_L ou a_K, conforme o modelo usar trabalho ou capital, respectivamente.

Definição 2: Um caminho viável é uma trajetória do crescimento balanceado se C, Y, K, R e L são estritamente positivas para qualquer instante de tempo e suas taxas de variação são constantes.

Lema 1: No *BGP* será válido $g_C = g_Y = g_K = \bar{g}$, onde $\bar{g}$ é uma constante positiva.

Prova: Considere um *BGP*. Diferenciando a equação (3.1.5a), obtém-se $\dot{g}_K = \dot{z} - \dot{x}$. Como $\dot{z} = \dfrac{\dot{Y}K - \dot{K}Y}{K^2} = \dfrac{Y}{K}(g_Y - g_K) = z(g_Y - g_K)$, e no *BGP* tem-se $\dot{z} = 0$, portanto, $g_Y = g_K$. Por analogia, pode-se demonstrar que $\dot{x} = x(g_C - g_K)$. Com isso, $\dot{g}_K = \dot{z} - \dot{x}$, pode ser escrita como:

$$\dot{g}_K = z(g_Y - g_K) - x(g_C - g_K) \qquad \textbf{(3.4)}$$

Como se tem $g_Y = g_K$ é fácil ver que $g_C = g_K$. Isso pode ser reforçado pelo fato de (3.4) ser escrita como $(g_Y - g_K) = \dfrac{x}{z}(g_C - g_K)$. Essa igualdade é possível, para quaisquer valores de z e x , se $g_Y - g_K = g_C - g_K = 0$. Isso prova que $g_C = g_Y = g_K$, e esse fato será expresso como $g_C = g_Y = g_K = \bar{g}$. Groth (2002) afirma que "uma condição suficiente para $g_Y = g_K$ é $I \neq 0$". Essa condição aqui é imediata pelo fato de não haver depreciação no modelo ou dito de outra forma: o fato de não haver depreciação impõe, naturalmente, a necessidade de o investimento líquido ser positivo para que haja movimento no capital[40].

Lema 2: As razões z e x são constantes no *BGP*.

Prova: Por definição, $z = \dfrac{Y}{K}$, $x = \dfrac{C}{K}$. Segue que $g_Z = g_Y - g_K$ e $g_x = g_C - g_K$. Mas pelo resultado do lema 1, tem-se $g_z = g_x = 0 \Rightarrow z, x$ são constantes.

---

[40] Nos modelos que consideram a equação de movimento do capital dada por $\dot{K} = I - \delta K$, o fato de o investimento ser nulo faz o capital diminuir exponencialmente à taxa de depreciação.

3.1.2 – Hipóteses e Discussão do modelo

Considere uma economia simples, fechada, sem governo, sem sistema de saúde e com as hipóteses do modelo de Solow. A estrutura dessa economia vai se basear nas seguintes premissas:

H_1: Existe uma taxa de morbidade, $m \in [0,1]$, que faz a população diminuir, ou que reduz a quantidade de horas disponíveis para o trabalho. A quantidade de doentes, ou de horas perdidas, a cada instante de tempo, será dada por $M = mL$.

H_2: Supõe-se que toda população está disponível para ser alocada no setor produtivo. Isso elimina o desemprego e não considera as patogenias congênitas.

H_3: O modelo despreza a depreciação do capital, considera o volume de capital inicial dado e admite uma taxa de poupança exógena.

H_3: A tecnologia é exógena e cresce a uma taxa g, admitida constante. Essa idéia de tecnologia exógena vem de Solow e recebeu críticas em diversos momentos pelo fato de que o estado estacionário depende da taxa de tecnologia. Ressalte-se, entretanto, que a moderna teoria do crescimento tenta explicar o crescimento econômico endogenizando a tecnologia, a exemplo do que se observa em Romer (1990) e Jones (1995). Logo, existe a preocupação em explicar as causas do crescimento tecnológico, visto que a tecnologia tem um papel preponderante no crescimento econômico. Esse modelo inicial opta por tratar a tecnologia exógena.

H_5: O produto é repartido entre consumo e investimento, $Y = C + I$. Assume-se que a função de produção, a exemplo de outros trabalhos de teoria do crescimento econômico, é do tipo Cobb-Douglas, com retornos constantes de escala. Ao admitir uma função de produção com retornos constantes de escala, incorpora-se a teoria econômica marginalista, além de considerar os desdobramentos relacionados com o papel da tecnologia no modelo e também com as taxas de crescimento dos modelos conhecidos como modelos de teoria moderna do crescimento econômico.

Algumas considerações sobre esse conjunto de hipótese são necessárias. A hipótese H_5, que considera retornos constantes à escala em modelos de crescimento econômico, mereceu por parte de Jones (1998) uma codificação dos principais modelos de crescimento denominando-os de R/GH/AH, J/K/S e Y/P/AH/DT, os quais foram aglutinados pelos resultados comuns baseado nos efeitos de escala. Suas conclusões estão resumidas a seguir:

- Os modelos propostos por Romer (1999), Grossman e Helpman (1991) e Aghion e Howitt (1992) – R/GH/AH –, apresentam retornos constantes de escala e a taxa de crescimento do produto *per capita* dependente da taxa de crescimento da tecnologia, portanto, se não houver crescimento tecnológico, a taxa de crescimento do produto *per capita* será nula;
- Os modelos propostos por Jones (1995), Kortum (1997) e Segerstrom (1998), identificado por J/K/S, trazem a particularidade de expressar a variação tecnológica como $\dot{A} = \delta L_A A^{\phi}$,onde L_A representa o estoque de conhecimento. Ou seja, esses modelos endogenizam a tecnologia. Se $\phi > 0$, tem-se retornos crescentes de escala e se $\phi < 0$, tem-se retornos decrescentes de escala. A taxa de crescimento da tecnologia desses modelos é dada por $g_A = \frac{\eta}{1-\phi}$ e a taxa de crescimento do produto é dada por $g_Y = \sigma g_A = \frac{\sigma\eta}{1-\phi}$. Se ocorrer $\phi = 1$, as taxas de crescimento da tecnologia e do produto *per capita* serão infinitas e os modelos J/K/S se resumem aos modelos R/GH/AH, que apresentam retornos constantes de escala;
- Os modelos Young (1998), Peretto (1998), Aghion e Howitt (1998), Dinopoulos e Thompson (1998a, 1998b) – Y/P/AH/DT – utilizam uma função de consumo com elasticidade constante (CES), dada por $C = \left(\int_0^B Y_i^{1/\theta} di \right)^{\theta}$, onde *B* representa a quantidade de bens viáveis na economia e é expresso por $B = L^{\beta}$, com *L* representando a população. Com base nas premissas do modelo, obtém-se taxa de crescimento do consumo *per capita* dada por $g_c = \theta\beta\eta + \sigma\delta s L^{1-\beta}$. Os modelos Y/P/AH/DT assumem $\beta = 1$, o que mostra a taxa de crescimento dependendo da taxa de crescimento da população, η.

Os modelos discutidos por Jones (1999) mostram que o crescimento sustentável está fortemente associado com efeitos de escalas na função de produção. Uma constatação dos modelos é que retornos constantes de escala geram duas conseqüências: ou a taxa de crescimento do produto *per capita* é zero – se a taxa de crescimento da tecnologia for nula – ou é infinita. Outro resultado decorrente é que o crescimento da população é fundamental para a sustentabilidade dos modelos.

No apêndice A resolve-se o problema do planejador social, demonstrando-se as equações. No texto constarão, apenas, os comentários sobre os resultados obtidos. Nesse sentido, a primeira observação que se faz está relacionada com a função de produção utilizada. A literatura usa, largamente, a Cobb-Douglas como padrão de função de produção porque essa função apresenta diversas vantagens de manipulação e resultados econômicos interessantes. Dasgupta e Heal (2001, p. 198), por exemplo, fazem uma abordagem sobre a essencialidade de um recurso de produção a partir da função de elasticidade de substituição constante – função *CES* – mostrando que na função dada por $Y = F(K, R) = \left[\alpha_1 K^{(\sigma-1)/\sigma} + \alpha_2 R^{(\sigma-1)/\sigma} + (1-\alpha_1-\alpha_2)\right]^{\sigma/(\sigma-1)}$ R não é essencial se $\sigma > 1$. Em contrapartida, se ocorrer $\sigma < 1$, a economia se condena por conta da limitação na possibilidade de substituição dos insumos porque a acumulação do capital não compensa a utilização dos recursos. Com isso resta o caso $\sigma = 1$, em que a função *CES* é uma Cobb-Douglas e, neste caso, é preciso resolver o problema para saber se o recurso *R* é essencial à produção ou não. Por isso, utilizou-se aqui a função de produção tipo Cobb-Douglas. A função utilidade, a exemplo do que se faz na literatura (Barbier, 1999; Groth, 2002; Marquéz e Ruiz-Tamariti, 2005), é dada por

$$U(C(t)) = \frac{(C(t))^{\varepsilon} - 1}{1-\varepsilon} \qquad \textbf{(3.1.2.1)}$$

Alguns trabalhos (Solow, 1956; Stiglitz, 1973; Barbier, 1999) admite que a população, em qualquer tempo, é dada por $L(t) = L_0 e^{\eta t}$, ou seja, a população (por conseguinte, a força de trabalho) cresce a taxa η. Essa hipótese está presente na maioria dos modelos de crescimento econômicos e nada mais é do que o modelo de crescimento populacional proposto por Malthus (1798). Alternativamente, poderia ser utilizado qualquer modelo de crescimento populacional dentre os quais: Gompertz (1825), Smith (1963), Goel, Maitra e

Montroll (1971), Ayala, Ehrenfel e Gilpin (1973)[41] – dependendo do interesse – porque aquilo que deve ser destacado é o *crescimento* da população e não a *forma* como a população cresce, *em outras palavras:* na literatura, a ênfase é *sobre o valor da taxa de crescimento populacional e não sob a forma do crescimento da população*. Assim, esse trabalho vai apresentar a taxa de variação da população aumentando com seu crescimento natural da população (aumenta com a taxa de crescimento vegetativo) e diminuindo com a taxa de morbidade, através de:

$$\dot{L} = G(L) - M \tag{3.1.2.2}$$

onde a função $G(L)$, nesse modelo, representa a taxa de reprodução da população[42]. Tendo em vista que o modelo visa avaliar os impactos no crescimento econômico decorrente da utilização de um recurso exaurível no sistema produtivo, será considerado $G(L) = 0$. Com isso, a equação de movimento da populacional é $\dot{L} = -M = -mL$. A morbidade age, indistintamente sobre todas as pessoas muito embora, na realidade, as pessoas idosas apresentam uma maior predisposição para contrair doenças. As informações sobre a morbidade, no Brasil, estão disponíveis em www.datasus.gov.br e tanto o SUS, quanto a *OMS*, referem-se a taxa de morbidade de uma doença específica (taxa de morbidade da malária, da *AIDS*, da tuberculose, etc.), tomando como base o número de internações (não se considera, por exemplo, a produção ambulatorial) para representar a taxa de morbidade. Geralmente, divulga-se a morbidade por tipo de doença (classificação *CID*), por sexo, por idade, por região, por período, etc. e, no caso brasileiro, essas informações são tratadas tanto por local de internação quanto por local de residência[43]. De modo igual, essas informações estão disponíveis na *OMS* (www.hwo.org) referente aos diversos países.

---

[41] Todos esses modelos de crescimento populacional citados podem ser vistos em Bassanezi e Ferreira Jr, (1988, p.53).

[42] Elíasson e Turnovsky (2004) tratam de recursos renováveis considerando que função de crescimento natural do recurso renovável depende de uma função logística do segundo grau dada por $\dot{S} = rS(1 - S/\bar{S}), r > 0$. Eles consideram que o recurso é floresta ou peixe. A fonte desse modelo é Verhulst (1837).

[43] Em 2006 o DATASUS registrou 11 milhões de internações (por local de residência), logo, considerando a população brasileira com 189 milhões de habitantes (IBGE, 2007), em 2006, tem-se que a taxa de morbidade é 0,0582. A taxa de morbidade, na prática, é maior do que a taxa de crescimento populacional, por conta da multiplicidade de doenças.

Obviamente, poderia ser posta uma hipótese mais próxima da realidade e se pensar na morbidade como uma função inversa do estoque de saúde do indivíduo (Hall e Jones, 2007), e propor uma relação analítica entre variação da população e morbidade, no entanto essa alternativa não será cogitada nesse trabalho.

A linha de investigação agora é descobrir se há caminhos que levem ao *BGP*. No apêndice A, as condições para um ótimo interior levam para a seguinte equação:

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial K} = -\frac{\lambda \alpha Y}{K} + \rho\lambda \qquad \textbf{(3.1.2.3)}$$

Dividindo a equação (3.1.2.3) por λ, se obtém uma relação conhecida na literatura como regra de Ramsey. Esta é uma das regras padrão de modelos de crescimento com recursos exauríveis (Barbier, 1999) e sempre será obtida quando a função de produção for do tipo Cobb-Douglas e a função utilidade seja a intertemporal com elasticidade constante. A regra de Ramsey diz que a taxa do consumo *per capita* se igual a diferença entre a taxa de impaciência e a produtividade marginal do capital relativamente a elasticidade da utilidade marginal do consumo. A equação (3.4a) diz que a variação do preço sombra do capital é igual a taxa de impaciência (taxa de juros) menos a produtividade marginal do capital. Se a produtividade marginal do capital crescer, então a variação do preço sombra diminui em relação a taxa de juros.

A equação de movimento da variável de co-estado, μ, preço sombra da mão-de-obra é dada por:

$$\dot{\mu} = -\frac{\partial H}{\partial L} = -\left[\lambda F_L - \mu m\right] + \rho\mu \qquad \textbf{(3.1.2.4)}$$

Barbier (1999) afirma que duas regras são obtidas nos modelos neoclássicos de crescimento com recursos exauríveis: a regra de Ramsey e a regra de Hotelling, que de uma forma geral diz que "a taxa de crescimento do recurso exaurível se igual a diferença entre a taxa de crescimento do produto e a produtividade marginal do capital físico". Observe que nesse modelo, apesar de ter o padrão neoclássico de crescimento, a regra de Hotelling não é válida porque a variável L não pode ser controlada e também pelo fato de *L*, ser o próprio recurso exaurível. No caso de Stiglizt (1972), Groth (2002), Stamford da Silva (2008) a função de produção é dada por $Y = F(K, L, R)$, ou seja, o recurso exaurível é independente de capital e trabalho e por essa razão os autores encontraram a regra de Hotelling.

Dividindo ambos os lados da equação (3.1.2.4) por μ, obtém-se:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = -\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L} + m + \rho \qquad \textbf{(3.1.2.5)}$$

Esse resultado mostra que o preço sombra do trabalho depende dos preços relativos de capital e trabalho e das taxas de impaciência e morbidade. Essa equação tem uma interpretação econômica interessante que será objeto de discussão nos modelos com sistema de saúde.

A taxa de crescimento do produto é dada por:

$$g_Y = g + \alpha g_K + \beta \mathrm{g}_{\mathrm{L}} \qquad \textbf{(3.1.2.6)}$$

Agora, dado que $z = \frac{Y}{K}$, tem-se que $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$. No apêndice *A* tem a dedução matemática mostrando que se pode escrever:

$$\frac{\dot{z}}{z} = g - (1 - \alpha) g_K - \beta m \qquad \textbf{(3.1.26a)}$$

Agora, usando o fato de que $g_K = z - x$, pode se escrever,

$$\frac{\dot{z}}{z} = -\beta z + \beta x + g - \beta m \qquad \textbf{(3.1.2.6b)}$$

Isso significa que, no *BGP*, $\dot{z} = 0$, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\beta} + x^* - \beta m \qquad \textbf{(3.1.2.6c)}$$

A taxa de crescimento do consumo agregado é dada por:

$$g_C = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(3.1.2.cd)}$$

Por outro lado, usando o fato de que

$$\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K = -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z - \frac{\rho}{\varepsilon} + x \qquad \textbf{(3.1.2.6e)}$$

Tem-se, no *BGP*, $x^* = 0$, ou seja,

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(3.1.2.6f)}$$

Com isso, a fração de produto por unidade de capital é dada por:

$$z^* = \frac{1}{\alpha}\left[\frac{g\varepsilon}{\beta} + \frac{\rho}{\beta} - m\varepsilon\right] \qquad \textbf{(3.1.2.6g)}$$

e,

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) \frac{1}{\alpha}\left[\frac{g\varepsilon}{\beta} + \frac{\rho}{\beta} - m\varepsilon\right] + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(3.1.2.6h)}$$

Agora, levando as equações (3.1.2.6g) e (3.1.2.6h) na equação (3.1.2.6), tem-se:

$$g_Y^* = \frac{g}{\beta} - m = \frac{g}{1-\alpha} - m \qquad \textbf{(3.1.2.7)}$$

Portanto, a taxa de crescimento do produto depende da taxa de crescimento da tecnologia, da elasticidade do produto em relação ao capital e da taxa de morbidade. A taxa do produto diminui se a morbidade aumentar e aumenta se a elasticidade do produto em relação ao capital aumentar (isso quer dizer que se houver aumento na elasticidade do produto em relação a mão-de-obra, o produto cai). Observe também que a taxa de crescimento tecnológico é de fundamental importância para a sustentabilidade da economia. A equação

(3.1.2.7) deixa claro que a taxa de crescimento do produto, será positiva se, e somente se, $g > (1-\alpha)m = \beta m$, ou seja, o crescimento tecnológico tem que superar a morbidade ponderada pela elasticidade do trabalho. É importante destacar que a tecnologia tem um limite inferior, mas não superior.

Considerando, agora, as equações de movimento das variáveis z, x, dadas por (3.1.2.6b) e (3.1.2.6e), é possível formar um sistema de equações diferenciais com quatro pontos de equilíbrio. Esses pontos são dados por: $P_1 = (0,0)$, $P_2 = (0, x^*)$, $P_3 = (z^*, 0)$ e $P_4 = (z^*, x^*)$, onde z^*, x^* são dados por (3.1.2.6g) e (3.1.2.6h), respectivamente. Dos pontos citados, apenas o ponto $P_4 = (z^*, x^*)$ tem interpretação econômica, porque nele estão bem definidas as quantidades do produto e do consumo por unidade de capital. No ponto $P_2 = (0, x^*)$, o produto é zero e ainda assim há consumo (a economia deve consumir seu capital inicial) enquanto que em $P_3 = (z^*, 0)$, há produto, mas não há consumo. No ponto $P_1 = (0,0)$ a economia simplesmente não existe. O apêndice A, mostra os detalhes da análise do tipo de equilíbrio desses pontos, a partir da aproximação linear do sistema, portanto, enfatizando apenas o ponto com interpretação econômica tem-se que no ponto $P_4 = (z^*, x^*)$ os autovalores decorrem da resolução do sistema $\det(A - \lambda I) = 0$, que conforme pode ser visto no apêndice, tem dois autovalores com sinais contrários. Assim, $P_4 = (z^*, x^*)$ é um ponto de sela, ou seja, existe política que conduza a economia para esse ponto de equilíbrio.

Agora, considerando a taxa de crescimento do consumo[44] *per capita*, $c = \dfrac{C}{L}$ tem-se que:

$$g_c = g_C - g_L = \bar{g} + m = \bar{g} = \frac{g}{1-\alpha} \qquad \textbf{(3.1.2.8)}$$

Portanto, a taxa de crescimento do consumo *per capita* depende da taxa de tecnologia e da elasticidade do trabalho (ou do capital). Stamford da Silva (2008), ao tratar de crescimento com recursos exauríveis e taxa de extração endógena, determinou que a taxa do consumo *per capita* como sendo $g_c = \dfrac{g - n(1-\alpha-\beta)}{1-\alpha}$. Se for suposto $n = 0$ tem-se, exatamente, a taxa encontrada em (3.1.2.8). Stiglitz (1972,1973), tratando de crescimento com recursos naturais

---

[44] Observe-se que o consumo e o produto *per capita* possuem a mesma taxa de crescimento no *BGP*, pois $y = \dfrac{Y}{L}$ e, portanto, $g_y = g_Y - g_L = g_C - g_L = g_c$ pelo resultado do lema 2.

exauríveis, encontrou que a taxa de consumo *per capita* converge para $\frac{\alpha_2 n+\lambda}{(1-\alpha_1)(\alpha_1+\alpha_2)}$, onde λ, α_1 e α_2, representam o crescimento tecnológico e as elasticidade, respectivamente. Note que sob a hipótese de retorno constante de escala e crescimento populacional nulo, a taxa determinada em (3.1.2.8) é exatamente o ponto de convergência do trabalho de Stiglitz**.**

Proposição: Haverá *BGP* se a taxa de crescimento da tecnologia for maior que a taxa de morbidade ponderada pela elasticidade do produto em relação a mão-de-obra e se o capital tiver rendimento decrescente, ou seja, se:

$$g > (1-\alpha)m = \beta m \quad \text{e} \quad \alpha < 1.$$

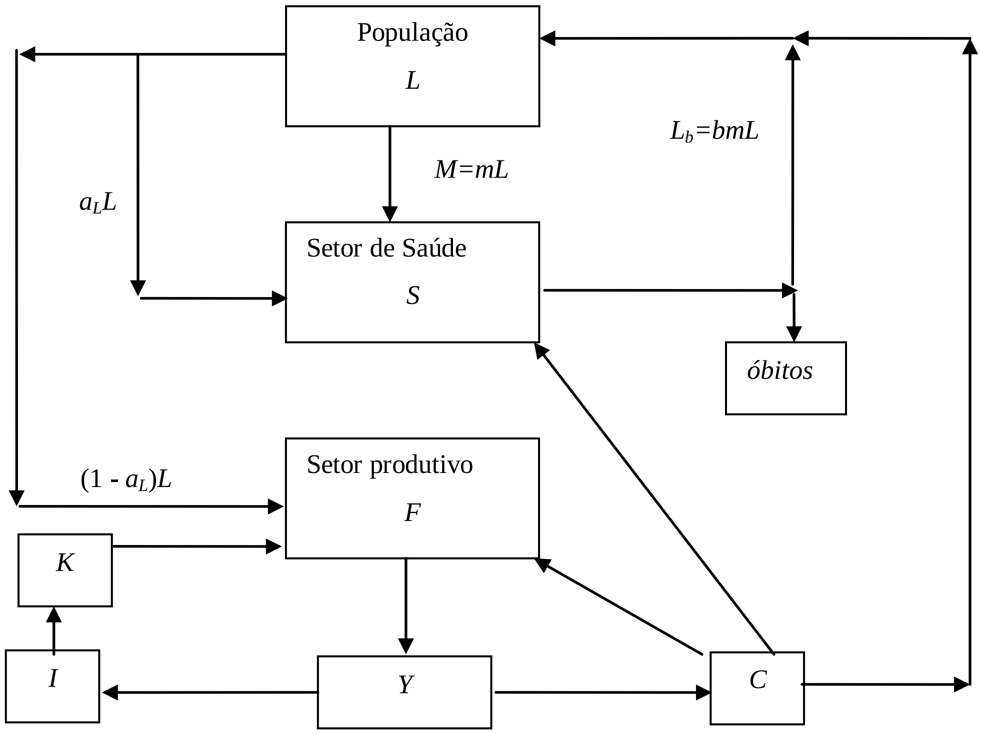
Prova: A demonstração dessa proposição é imediata se considerando as equações (3.1.2.6) e (3.1.2.7).

Finalmente, é preciso esclarecer que a taxa de morbidade m age de modo semelhante a taxa de extração dos modelos de crescimento com recursos exauríveis. Em tais modelos, o interesse de pesquisa é descobrir a taxa ótima de extração para não inviabilizar o crescimento econômico. (Groth, 2002), Stamford da Silva (2008), dentre outros, definem $u \equiv \frac{R}{S}$ quando a função de produção é dada por $Y = F(K, L, R)$ onde R é o recurso exaurível. Nesse caso, determina-se também a dinâmica de u. Aqui, optou-se assumir que a taxa de morbidade é constante, pela hipótese H_1 do modelo e dada pela relação $M = mL$**.** Note-se que M deve cair a mesma taxa que L para manter m constante.

4 – Modelo com sistema de saúde: função esforço intensiva em trabalho

No modelo anterior, o trabalhador quando adoece sai do sistema de produção e a doença representa uma taxa de extração desse recurso produtivo, o que no longo prazo leva à exaustão. Nessa seção faz-se a introdução do sistema de saúde. Agora, o trabalhador doente será tratado e reconduzido ao sistema de produção. A primeira alteração no modelo inicial é a necessidade de especificar as frações de capital e trabalho que serão alocadas para cada setor, no entanto, a forma como essa alocação se dará vai ser explorada em modelos específicos. O primeiro desses modelos vai considerar que fração da mão-de-obra, a_L, será alocada no sistema de saúde e a fração complementar, $1-a_L$, vai para o sistema produtivo, a exemplo de outros modelos macroeconômicos (Romer, 1996, p. 97), Stamford da Silva (2008), Aghion e Howitt (1992), dentre outros. O gráfico 3, a seguir, mostra o fluxo entre ambos os sistemas:

Gráfico 3: Fluxo população x sistema de saúde



Da população vem a mão-de-obra que será, segundo as frações, alocada no setor produtivo e no setor de saúde, como insumo. Em cada instante, uma fração da população adoece e entra no sistema de saúde. Desse total, uma fração se recupera devido ao esforço empreendido pelo sistema de saúde, que como será abordado adiante é função do capital, do trabalho e da tecnologia do setor de saúde, e volta a compor a força de trabalho. Outras pessoas saem do sistema de saúde mediante óbito[45]. Se for considerada a quantidade de horas disponíveis para o trabalho, pode-se dizer que parte desse total de horas é recuperável e outra parte não.

---

[45] Na realidade, sabe-se que há casos onde o individuo não sai do sistema de saúde (doenças crônicas, por exemplo), e que nesse caso ele é um agente formador de estoque. Nesse trabalho, está sendo considerado que o estoque do sistema de saúde é zero em cada instante do tempo, ou seja, ou o individuo se recupera ou morre. Vale lembrar que também é válida a interpretação da redução de horas disponíveis para o trabalho, isto é, a entrada do trabalhador no sistema de saúde, reduz a quantidade de horas disponíveis para o trabalho.

É correto afirmar que existe uma função de produção no setor de saúde que depende de capital, trabalho e de uma tecnologia, ou seja, existe $Y_S = F(K_S, L_S, M)$ sendo M a quantidade de doentes. Observe que M pode ser substituído por L se o sistema de saúde for preventivo e não curativo. Independente do arranjo entre capital, trabalho e tecnologia, ou seja, independente da forma analítica dessa função de produção, o produto obtido pode ser expresso como $Y_S = bmL$ mostrando o quanto é importante a presença de b na produção do sistema de saúde. Ao longo do texto b será chamado de função esforço do sistema de saúde para recuperar os doentes e será expresso por $b = BG(a_K, a_L)$**.** Note que essa função esforço é um dos componentes da função de produção do setor de saúde e não se confunde com a função de produção do sistema de saúde**.**

A forma analítica da função esforço poderia ser $b = G(a_K, a_L) = Ba_K^{\alpha} a_L^{\beta}$ **,** no entanto, não há registros de trabalhos empíricos comprovando esse formato. Para os fins propostos nesse trabalho, será enfatizado o *efeito* que o esforço do sistema de saúde faz na recuperação das pessoas e não a *forma* como esse esforço é realizado ou, em outras palavras, a forma analítica, nesse trabalho, é menos importante do que o efeito que a função esforço gera. Pelas razões que se seguem, seria desejável que esta função esforço atendesse as seguintes condições:

a. $0 \le b = BG(a_K, a_L) \le 1$

b. O esforço é zero se $a_K = a_L = 0$, isto é, $BG(0,0) = 0$

c. $\lim_{a_K, a_L \to 1} G(a_K, a_L) = 1$

d. $\frac{\partial G}{\partial a_k} > 0, \frac{\partial^2 G}{\partial a_K^2} < 0$ e $\frac{\partial G}{\partial a_L} > 0, \frac{\partial^2 G}{\partial a_L^2} < 0$

e. $\lim_{a_K \to 0} \frac{\partial G}{\partial a_K} = \infty$, $\lim_{a_K \to \infty} \frac{\partial G}{\partial a_K} = 0$, $\lim_{a_L \to \infty} \frac{\partial G}{\partial a_L} = 0$ e $\lim_{a_L \to 0} \frac{\partial G}{\partial a_L} = \infty$

O item "*a*" exige $b \in [0,1]$ para evitar que o sistema de saúde recupere uma quantidade de pessoas maior do que o número de doentes. Essa limitação exclui, por exemplo, os casos de transplantes de órgãos, de clonagem de seres humanos, de recuperação de pacientes com pesquisas de células-tronco, etc. A idéia é não permitir que a população, e principalmente a força de trabalho, cresça além de sua taxa natural. O item "*b*" afirma que sem os insumos a função esforço é identicamente nula, ou seja, o nada, nada cria e nada produz ou, simplesmente, não há milagres. Não se pode deixar de lembrar que o sistema de saúde necessita de alguma tecnologia para ser combinada com capital e trabalho para que esse esforço tenha um desempenho melhor quando comparado ao caso em que a tecnologia não for considerada. Isso serve como argumento para mostrar que a função esforço não é igual a função de produção do sistema de saúde, porque pode ocorrer um esforço muito grande e a produção do sistema de saúde ser zero (o paciente morre, por exemplo).

O item "*c*" corrobora a hipótese de que o sistema de saúde deve ser no máximo eficiente, no entanto, fica claro que essa eficiência é obtida a custa de alocação de todo capital e trabalho no sistema de saúde o que inviabiliza o sistema econômico ou dito de outra forma: a convivência entre sistema econômico e sistema de saúde, baseada nas hipóteses desse modelo, só é possível se o sistema de saúde for ineficiente. O item "*d*" trata da produtividade marginal decrescente para os insumos de produção e o item "*e*", são as condições de Inada (Romer, 1996, p. 9), adaptadas.

Cabem, agora, duas considerações sobre a função de produção do sistema de saúde:

a) O produto gerado pelo setor de saúde é o individuo recuperado ou morto (neste caso pode-se dizer que a produção foi nula) e por essa razão não deve ser visto como um componente do *PIB*, isto é, o *PIB* da economia não se obtém pela soma dos produtos dos dois setores. Apenas o setor de produção gera *PIB*. Dessa forma, é necessário perceber que ao se escrever $Y = C + I$, o consumo e o investimento devem ser repartidos entre ambos os setores, isto é, $C = C_p + C_s$ e $I = I_p + I_s$. Note-se que o sistema de saúde aparece como um "peso" para o sistema produtivo, porque consome – bens finais e serviços – sem produzir.

b) O esforço do sistema de saúde, representado pela função $b = BG(a_K, a_L)$, é a ***causa*** da recuperação das pessoas doentes, ou seja, as pessoas são recuperadas e devolvidas ao sistema produtivo porque existe este esforço, no entanto, a quantidade de recuperados, é de fato, uma variável aleatória. Em que se respalda essa afirmação? Se for considerado $Y_S = bmL$, então $Y_S = 0 \Leftrightarrow b = 0$, ou seja, o esforço para recuperar o doente é nulo. Mas, a única forma de se ter $b = 0$ é se ocorrer $K_S = L_S = 0$. Assim, a quantidade de pessoas recuperadas é um número aleatório no intervalo $[0, mL]$. Como apenas uma fração da população, *mL*, fica doente então, somente uma porção desta fração, *bmL*, poderá ser recuperada e essa fração é exatamente o produto do sistema de saúde. Assim, pode-se expressar, matematicamente, o que foi dito por

$Y_S = \Phi\left(G\left(a_K, a_L\right)mL\right) = bmL$. Isso corrobora o que foi dito antes sobre Y_S e note que esta função pode ser medida em unidades de trabalhadores ou em “horas disponíveis de trabalho de recuperação”. Assim, existe um arranjo no sistema de saúde envolvendo capital e trabalho que serão combinados, segundo determinadas quantidades, para produzir *gente*, de preferência saudável. Isso nem sempre ocorrerá, pois um sistema de produção pode gerar produto indesejado, no caso do sistema de saúde, óbitos, seqüelas após um tratamento, etc.

A função esforço do sistema de saúde terá, num primeiro momento, argumento baseado em trabalho e num modelo subseqüente terá argumento baseado em capital. Dizer que o argumento da função esforço do sistema de saúde é baseado em trabalho significa poder escrever $b = Ba_L$ sem desconsiderar a existência de alguma tecnologia[46] no sistema de saúde, mesmo que mínima tal como o uso de um estetoscópio. Considera-se que há perfeita mobilidade de mão-de-obra entre os setores, isto é, cada trabalhador é capaz de realizar tarefas nos dois setores com igual eficiência. Além disso, vai ser imposta a condição $b = Ba_L \leq 1$, pois se essa restrição não for obedecida o sistema de saúde poderia aumentar a força de trabalho, mesmo na ausência de crescimento populacional[47].

Se o sistema de saúde for rudimentar, $B = 1$, então o sistema de saúde recupera, provavelmente, bem menos do que se desejaria. Por exemplo: considerando uma população com 100 habitantes, no instante inicial, com uma taxa de morbidade $m = 0{,}10$, dez pessoas entrarão no sistema de saúde. Se $b = a_L = 0{,}20$ então o sistema de saúde recuperaria $bm = 0{,}2 \cdot 10 = 2$. Com isso, no instante subseqüente a população ficaria com 92 habitantes. Agora, 9,2 pessoas adoeceriam e $bm = 0{,}2 \cdot 9{,}2 = 1{,}84$ seriam recuperadas. Nesse instante, a população teria de 83,63 pessoas, ficando claro uma tendência à exaustão da população. Por isso, é necessário considerar alguma tecnologia no sistema de saúde que seja capaz de melhorar o esforço do sistema de saúde para aumentar o número de recuperados[48].

---

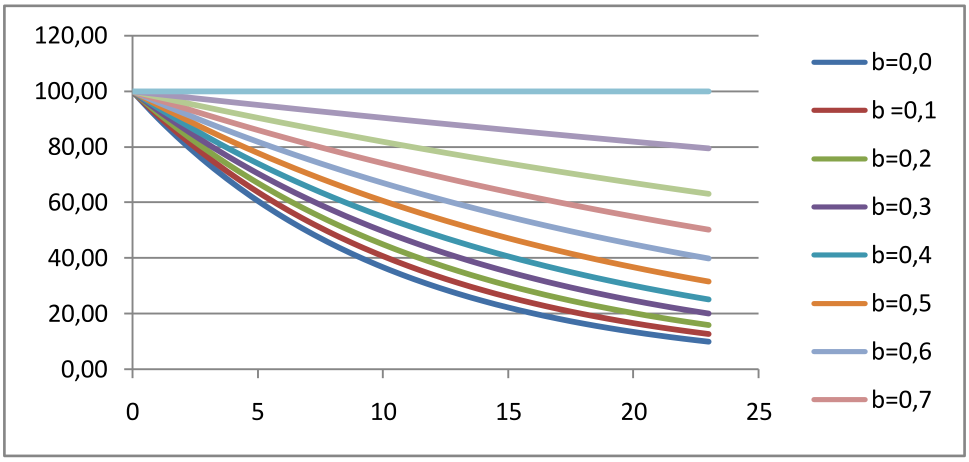
[46] Se a função esforço fosse $b = G\left(a_K, a_L\right) = Ta_K^{\overline{\alpha}} a_L^{\overline{\beta}}$ dizer que o argumento é baseado em trabalho significa que $Ta_K^{\overline{\alpha}} = B, \overline{\beta} = 1$.

[47] Se não ocorrer $b \leq 1$, então o sistema de saúde será capaz de aumentar a população, ou a força de trabalho, mesmo na ausência de crescimento populacional. Isso pode ser feito, através de transplantes de órgãos, clonagem, tratamento com células-tronco, etc.

[48] O modelo será flexibilizado para permitir tecnologia e como será visto no item (3.3) essa tecnologia deve ser maior que um, porque se não for, o numero de recuperado seria menor. Matematicamente, está se multiplicando um número por outro menor do que um. Logo, obtém-se um número menor.

A população se movimenta de acordo com o número de pessoas que entram no sistema de saúde e o número de recuperados. Matematicamente, pode-se escrever $\dot{L} = -mL + bmL = -m(1-b)L$, ou seja, a população decresce à taxa $g_L = -m(1-b)$. Daí, segue que $L(t) = L(0)e^{-m(1-b)t}$. Atribuindo-se valores a b e mantendo m fixo, o comportamento dessa curva seria conforme o gráfico 4, a seguir.

Gráfico 4: Função L(t) para m fixo e b variando décimos entre 0,0 a 1,0



Assim, a medida que b vai crescendo a curva vai ficando mais plana e no limite, $b = 1$, será uma linha reta, indicando que com um sistema de saúde eficiente a população permanece constante.

O modelo a ser discutido agora considera que a função esforço do sistema de saúde é dada por $b = Ba_L$ e a taxa de crescimento populacional é diferente de zero. Admite-se, nesse momento, que $B > 1$, fato que implica num aumento na capacidade de recuperação do sistema de saúde, pois admite existir um nível tecnológico que deve ser incorporado à função esforço para que o desempenho do sistema de saúde seja melhorado. O apêndice B traz a resolução do modelo baseado na decisão de um planejador social que maximiza a utilidade da sociedade, controlando o consumo e a fração de mão-de-obra alocada no setor de saúde, considerando como restrições as equações de movimento do capital e da mão-de-obra, a função de produção suposta Cobb-Douglas, com retornos constantes à escala, isto é, $\alpha + \beta = 1$ e as condições de não negatividade.

O primeiro resultado obtido é a equação de movimento da variável de co-estado que representa o preço sombra do capital é dada por:

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \alpha z \qquad \textbf{(4.1)}$$

Essa equação é a mesma que foi obtida no modelo anterior (equação (3.1.2.3)) quando a economia não tinha sistema de saúde. Ela decorre, como já foi dito, da função de produção Cobb-Douglas e da função utilidade intertemporal.

A taxa de variação do preço sombra do trabalho, doravante denominada taxa de salários, é dada por

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho - m(B-1) - n = \rho + m - mB - n \qquad \textbf{(4.2)}$$

A equação acima mostra o efeito conjunto da morbidade, nível de tecnologia do sistema de saúde e da taxa de crescimento populacional sobre a taxa de salário. A taxa de morbidade aumenta a taxa de variação dos salários porque reduz a força de trabalho (menos horas disponíveis para trabalho faz a taxa de salário aumentar) enquanto a taxa de crescimento populacional e a ação da tecnologia do sistema de saúde sobre os doentes reduzem a taxa de salário porque são determinantes do aumento populacional. Pode-se aceitar que o efeito líquido de nascimentos menos doentes, diminui a taxa de salários. Isso é intuitivo, porque se espera que a taxa de morbidade seja superior a taxa de crescimento populacional. O nível tecnológico do sistema de saúde reduz salários. Comparando a equação (4.2) com a equação (3.5), obtém-se:

$$m = \frac{1}{B}\left[\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L} - n\right] \qquad \textbf{(4.3)}$$

A taxa de morbidade diminui quando o nível tecnológico do sistema de saúde aumenta. A equação (4.3) mostra que a doença tem um custo que depende dos preços sombra de capital e do trabalho, da produtividade marginal do trabalho e do crescimento populacional.

A taxa de crescimento do produto é:

$$g_Y = \frac{g}{\alpha} + \alpha z - x + \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} + \frac{\beta}{\alpha}n - \frac{\beta}{\alpha}g_B \qquad \textbf{(4.4)}$$

Essa expressão mostra que, nesse modelo, a existência de um nível tecnológico no setor de saúde contribui para o aumento do produto, mas essa tecnologia não pode variar para não comprometer o crescimento do produto. Observe que $\frac{\partial g_Y}{\partial g_B} = -\frac{\beta}{\alpha}$, faz essa variação ser suave ou inelástica porque[49] $\beta < \alpha$. Por outro lado, o crescimento populacional aumenta a taxa de crescimento do produto, pelo fato de aumentar a força de trabalho. Para efeito de análise, a tecnologia do sistema de saúde será fixada num determinado nível de modo que $g_B = 0$. Visto que as taxas de crescimento de z e x são dadas, respectivamente, por $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, então, pode-se escrever, no *BGP*, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\alpha\beta} + \frac{m(B-1)}{\alpha} + \frac{n}{\alpha} \tag{4.5}$$

A quantidade de produto por unidade de capital é positiva que depende apenas dos parâmetros do modelo. Analogamente, a fração de consumo por unidade de capital é dada por:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{g}{\alpha\beta} + \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{m(B-1)}{\alpha} + \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{n}{\alpha} + \frac{\rho}{\varepsilon} \tag{4.5a}$$

que pode ser escrita de forma que possa evidenciar o impacto de cada setor:

$$x^* = \underbrace{\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\cdot\frac{g}{\alpha\beta} + \frac{\rho}{\varepsilon}}_{I} + \underbrace{\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{[m(B-1) + n]}{\alpha}}_{II}$$

A parcela I representa uma economia na qual $n = 0$ e $B = 1$, enquanto a parcela II representa o efeito da existência de um nível de tecnologia no sistema de saúde combinado com o crescimento populacional, ou seja, $B > 1$ e $n \neq 0$. Essa parcela precisa ser positiva porque tanto a tecnologia do sistema de saúde quanto o crescimento populacional aumentam o consumo, logo a ação conjunta de ambos não pode ser um fator de redução do consumo por

---

[49] Groth (2003) afirma que mesmo numa estrutura com um setor a calibragem é difícil. Ele considera $\alpha = 0{,}90$ e $\beta = 0{,}50$, nas simulações do seu trabalho. Nos modelos intensivos em capital ficará nítido que é necessário $\alpha > \beta$.

unidade de capital. Isso significa que, necessariamente, $\alpha < \varepsilon$. Usando os resultados obtidos para produto e consumo por unidade de capital, decorre que a taxa de crescimento do produto, no *BGP* é dada por:

$$g_Y^* = \underbrace{\frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}}_{I} + \underbrace{\frac{m(B-1)}{\varepsilon}}_{II} + \underbrace{\frac{n}{\varepsilon}}_{III} \qquad \textbf{(4.6)}$$

Novamente, a parcela I representa a taxa de crescimento do produto de uma economia na qual $B=1$ e $n=0$. A parcela II representa o efeito do nível tecnológico do setor de saúde e III o efeito do crescimento populacional sobre a taxa de crescimento do produto. Comparando a taxa de crescimento do produto dada por (4.6) com a taxa de crescimento do produto do modelo com morbidade e sem sistema de saúde (dada pela equação (3.1.2.7)), nota-se que (4.6) é maior, indicando que a economia cresce mais com um sistema de saúde do que na ausência dele. Logo, ter um sistema de saúde é melhor, para a sociedade, do que não ter[50]. A taxa de crescimento do produto é constante e positiva se $g > \beta(\rho - m(B-1) - n)$. A expressão entre parêntesis deve ser positiva e isso faz

$$1 \le B < \frac{\rho - (n - m)}{m} \qquad \textbf{(4.6a)}$$

Assim, o nível tecnológico do sistema de saúde é limitado superiormente e depende da taxa de impaciência, da taxa de crescimento populacional e da taxa de morbidade. Note que o termo $(n - m)$ considera o efeito líquido entre nascimentos e morbidade.

Dado essas considerações, a atenção volta-se para a trajetória do crescimento balanceado. Pela definição de *BGP*, deve-se ter

$$g_Y^* = g_C^* = g_K^* = \frac{1}{\varepsilon}\left[\frac{g}{\beta} - m(1 - B) + n - \rho\right] \qquad \textbf{(4.7)}$$

Da equação de movimento da fração de mão-de-obra, decorre que $a_L^* = 1$ ou

[50] O argumento que justifica essa premissa será apresentando ao se discutir o modelo no qual o sistema de saúde é rudimentar e não há crescimento populacional.

$$a_L^* = 1 - \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g + \beta(m(B-1)+n)}{\beta}\right] \qquad \textbf{(4.8)}$$

Note-se que $\frac{\partial a_L^*}{\partial g} = \frac{(1-\varepsilon)}{mB\varepsilon\beta} > 0$, ou seja, a_L^* varia positivamente se a taxa de tecnologia do setor produtivo aumentar. Uma interpretação para esse fato é que o aumento da tecnologia no setor de produção reduz, nesse setor, a necessidade de mão-de-obra, aumentando, por conseguinte, a fração de trabalhadores no sistema de saúde. Para que esse ponto seja viável, deve-se ter:

$$0 < \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g + \beta(m(B-1)+n)}{\beta}\right] < 1 \qquad \textbf{(4.8a)}$$

ou seja,

$$\beta\left(\frac{\rho - mB\varepsilon}{1-\varepsilon} - [m(B-1)+n]\right) < g < \beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - [m(B-1)+n]\right) \qquad \textbf{(4.8b)}$$

Essa expressão mostra que a existência do sistema de saúde cria um intervalo para a tecnologia do setor produtivo, fato não observado nos modelos neoclássicos de crescimento econômico. O fato de haver tecnologia no setor de saúde e crescimento populacional não atenua a limitação da taxa de crescimento tecnológico do setor produtivo A amplitude desse intervalo, $\frac{\beta mB\varepsilon}{1-\varepsilon}$, não depende do crescimento populacional, mas capta o efeito do nível tecnológico do setor de saúde. Quanto maior B, mais amplo será o intervalo tecnológico do setor de produção. Lembrando que o limite inferior desse intervalo não pode ser negativo, segue que $\rho > m(B-1) + (1-m)\varepsilon + n$, ou seja, $1 \le B < \frac{\rho - (1-\varepsilon)(1-m)}{m}$. Deve-se, observar, no entanto, a equação (4.6a).

A resolução matemática do modelo, constante no apêndice *B*, mostra que as equações de movimento das variáveis z, x e a_L formam um sistema de equações diferenciais cujos pontos de equilíbrios são comentados aqui. Os detalhes da análise dos tipos de equilíbrio estão no referido apêndice. Esses pontos são dados por:

a) Os pontos $(0,0,1)$, $\left(0,\dfrac{\rho}{\varepsilon},1\right)$, $(0,0,a_L^{**})$, $\left(0,\dfrac{\rho}{\varepsilon},a_L^{**}\right)$, $(z^{**},0,1)$, não possuem interpretação econômica porque o produto ou o consumo é nulo ou porque toda mão-de-obra está alocada no setor de saúde e ainda assim existe produto (o produto deveria ser nulo, neste caso).

b) $\left(z^{**},\dfrac{\rho}{\varepsilon},1\right)$. Nesse ponto a economia só consegue atingir o nível de produto ótimo no longo prazo.

c) $(z^{**},x^{**},1)$. Nesse ponto, tem produto e consumo em níveis ótimos, mas é uma situação contraditória porque a alocação de mão-de-obra no setor de saúde faria o produto ser nulo.

d) (z^{**},x^{**},a_L^{**}). Esse ponto é economicamente viável. Trata-se de um ponto de sela (dois autovalores positivos e um negativo) indicando que existe política.

A taxa do consumo *per capita* é dada por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - \left[m(Ba_L^* - 1) + n\right]$$

ou seja,

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - mBa_L^* + m - n$$

Essa expressão conduz a:

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha} \qquad \textbf{(4.9)}$$

Esse resultado parece contraditório porque se espera que o aumento da população reduza o consumo *per capita*, por exemplo. É necessário explicar porque a taxa de crescimento populacional não afetou a taxa de consumo *per capita*, como a intuição sugere. A razão é que o aumento da população aumenta o produto por um fator $\dfrac{1}{\varepsilon}$. Mas, quando a população aumenta, o consumo por unidade de capital aumenta também e atua como fator de redução do produto, exatamente na mesma proporção. Portanto, a economia produz mais com o aumento da população, mas também consome mais, fazendo com que a taxa de consumo *per capita* fique independente da taxa de crescimento populacional. Por outro lado, o fato de a taxa do consumo *per capita* nessa economia com sistema de saúde ser a mesma obtida em (3.1.2.8) quando havia morbidade e não havia sistema de saúde na economia, pode induzir o pensamento de que o fato da riqueza individual ser a mesma em nos dois casos, a presença do sistema de saúde na economia é irrelevante. Assim, é preciso esclarecer que o fato do nível tecnológico do sistema de saúde e do crescimento populacional não influenciar a taxa de crescimento do consumo *per capita*, tem os seguintes determinantes:

a) A hipótese de rendimentos constantes de escala, que faz o coeficiente do consumo por unidade de capital, x, ser igual a um na equação (4.4), ou seja, se o consumo aumentar o produto cai na mesma proporção;
b) A função utilidade intertemporal, que define x e gera o resultado dado por (4.5a);
c) A linearidade da função esforço do sistema de saúde.

Outra razão que contribui para esse resultado é que a função de utilidade intertemporal usa o consumo agregado e não o consumo *per capita* como faz (Groth, 2002), Márquez e Ruiz-Tamarit (2005), Chilarescu (2008), dentre outros. A opção por usar o consumo agregado é conceitual porque nos trabalhos que tratam de crescimento com recursos exauríveis, o recurso exaurível é um insumo a mais na função de produção, enquanto que nesse trabalho esse recurso é a mão-de-obra e por isso se evitou trabalhar com uma variável que seria denominada "*mão-de-obra per capita*".

A justificativa da importância do sistema de saúde na economia pode ser feita comparando-se as equações do crescimento do produto quando há e quando não há sistema de saúde. Destaque-se, também, que o nível de tecnologia do sistema de saúde aumenta a quantidade de recuperados, fato que pode ser visto como aumento na expectativa de vidas das pessoas. Com isso o bem estar social será maior. Lembrando que, nesse modelo, uma das hipóteses é a inexistência de estoque, observe que os resultados obtidos aqui poderiam ser adequados para analisar um sistema que tem estoque, como é o caso do sistema previdenciário, que também é sustentado pela população economicamente ativa.

O próximo passo é flexibilizar as hipóteses sobre crescimento populacional e nível tecnológico do sistema de saúde e particularizar os resultados. Em resumo: serão estudados os seguintes casos:

a) O sistema de saúde não é rudimentar e a taxa de crescimento da população é nula;

b) O sistema de saúde é rudimentar e a taxa de crescimento da população é positiva;

c) O sistema de saúde é rudimentar e a taxa de crescimento da população é nula

Cada um desses casos se obtém através das possíveis combinações dos parâmetros B e n, fazendo com que os resultados obtidos sejam casos particulares dos resultados encontrados no modelo 4.

4.1 – Sistema de saúde não rudimentar e crescimento populacional nulo

As hipóteses apresentadas do modelo (4) continuam válidas, aqui, exceto pela taxa de crescimento populacional que agora será admitida nula. Nesse sentido, basta fazer $n = 0$ na equação (b.2) do apêndice B para obter $\dot{L} = m(Ba_L - 1)L$ como equação de movimento da mão-de-obra. As condições de ótimo interior geram a mesma equação para a taxa de variação do preço sombra do capital, obtida em (4.1). A taxa de variação do preço sombra do trabalho, quando $n = 0$, é dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho - m(B - 1) = \rho + m - mB \qquad \textbf{(4.1.1)}$$

Decorre da equação acima que a taxa de morbidade influencia o valor do trabalho positivamente, como se obteve no modelo (4). Deve-se ressalvar que o fator mB da equação (4.1.1) não representa morbidade (esse fator é uma ação que ocorre dentro do sistema de saúde enquanto a morbidade atua na população fora do sistema de saúde). A intuição por trás dessa afirmação é que o aumento da morbidade reduz a força de trabalho, ou a quantidade de horas disponíveis para trabalho, logo os salários se tornarão mais elevados. Comparativamente ao modelo com morbidade e sem sistema de saúde, o custo da morbidade, agora, será dado por $m = \frac{1}{B}\left[\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L}\right]$. De modo igual ao resultado obtido no modelo (4), o custo da morbidade diminui se o nível de tecnologia do sistema de saúde aumentar, mas o custo da morbidade sem crescimento populacional é maior do que o custo da morbidade quando há crescimento populacional, por um fator dado por $\frac{n}{B}$.

A taxa de crescimento do produto é dada por

$$g_Y = \frac{g}{\alpha} + \alpha z - x + \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} - \frac{\beta}{\alpha} g_B \qquad \textbf{(4.1.2)}$$

Nota-se, como antes, que a taxa de crescimento do produto cairá, se houver variação da taxa da tecnologia positiva do sistema de saúde, pois $\frac{\partial g_Y}{\partial g_B} = -\frac{\beta}{\alpha} < 0$. Considerando $\alpha > \beta$, (vide nota de rodapé n.º 48, p. 61), o impacto da taxa de variação da tecnologia do sistema de saúde sobre a taxa de crescimento econômico é suave ou inelástico e não depende da taxa de crescimento populacional. Em termos práticos, o modelo mostra uma necessidade de reavaliar procedimentos médicos inovadores tais como transplante de órgãos ou pesquisas com células-tronco, sob a luz da ciência econômica. Se por um lado, tais procedimentos são essenciais para que seja devolvido ao individuo a sua capacidade (motora, visual, etc.) produtiva e são válidos na tentativa de manutenção da vida, por outro lado tais inovações podem estar gerando externalidades negativas para o sistema de produção.

A forma desta influencia negativa pode estar associada com a precificação dessa tecnologia. Como exemplo deste suposto dano, cite-se o caso de uma embolização percutânea, classificada nos códigos da AMB – Associação Médica Brasileira sob os n.os 321000332, 321000051 e 32130390, que tem como hipótese de diagnóstico o aneurisma cerebral. Esse procedimento era realizado, e ainda pode ser, mediante abertura do crânio do paciente e custava ao seguro saúde cerca de R$ 8 mil, sem considerar os custos relativos aos honorários médicos e as despesas de internação. Atualmente esse procedimento é feito usando micro molas, fio guia hidrofílica, cabo destacador, introdutor prelude, micro cateter, balão de oclusão e selador hemostático, que custam – conjuntamente – para a empresa de seguro saúde, R$ 78.313,92 (quando adquiridos diretamente do fabricante) ou até R$ 163.000,00 (quando adquiridos do distribuidor ou do próprio hospital). Registre-se que, com essa tecnologia o paciente recebe alta em 8 horas[51].

---

[51] Todas as informações referentes a embolização percutânea foram fornecidas pela empresa de seguro saúde IDEAL SAUDE, registrada na ANS sob o nº 312171, com sede na cidade do Recife. Os preços citados não incluem honorários médicos.

De que forma essa tecnologia pode prejudicar o sistema produtivo? O DATASUS (www.datasus.gov.br) registra 125.187 casos de internações em 2007 no Brasil[52], por acidente vascular cerebral. Considere agora uma empresa de seguro saúde cobrindo despesas de 10 atendimentos/ano, ou seja, muito menos de 1% da quantidade atendida pelo SUS. Isso significa um custo médio da ordem de R$ 1,21 milhões por ano. O mercado segurador não consegue suportar esse custo e uma conseqüência imediata seria o encerramento das atividades, com a venda da carteira como tem sido observado. Esse fato gera desemprego e reduz a renda e o produto e, em última instância aumenta o sacrifício da população economicamente ativa no sustento dos inativos[53]. É preciso avaliar se o preço pago na recuperação de um trabalhador vai ter retorno financeiro para o sistema produtivo.

Apesar da tecnologia do sistema de saúde ser mutável ao longo do tempo, esse modelo considera que B é constante ou um valor fixo, por questões de simplicidade algébrica e com isso, $g_B = 0$, na equação (4.1.2). Agora, observe $\frac{\partial g_Y}{\partial B} = \frac{\beta m}{\alpha} > 0$. Assim, quando o nível tecnológico do sistema de saúde cresce, a taxa de crescimento do produto crescerá por um fator, $\frac{\beta m}{\alpha}$, que depende da razão entre as elasticidades e da taxa da morbidade, mas não do tamanho tecnológico, B, do sistema de saúde. Assim, é importante ressaltar que o sistema produtivo aceita que o nível da tecnologia cresça (como uma função degrau), mas não suporta inovações tecnológicas[54]. De modo semelhante ao que já foi feito nos itens anteriores, as taxas de crescimento das variáveis z e x são dadas, respectivamente, por $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, pode-se escrever, no *BGP*,

[52] Em Pernambuco foram 107 casos registrados, dos quais resultaram 15 óbitos, ou seja, uma taxa de mortalidade de 13,02%

[53] O que se quer mostrar aqui é que as inovações do sistema de saúde custam caro para o sistema produtivo. Os preços de procedimentos médicos são sugeridos pela AMB e o procedimento mais caro é transplante. Existe uma grande diferença entre o preço cobrado e o custo do procedimento. Essa diferença pode ser atribuída ao nível de tecnologia inerente ao procedimento.

[54] Considere a seguinte analogia: uma impressora simples tem nível de tecnologia considerável. Uma impressora multifuncional agrega mais tecnologia. Então, o que está sendo dito é que o sistema de saúde precisa de uma impressora, mas ela não pode ser multifuncional.

$$z^* = \frac{g}{\alpha\beta} + \frac{m(B-1)}{\alpha} = \frac{g}{\alpha\beta} + \frac{mB}{\alpha} - \frac{m}{\alpha} \qquad \textbf{(4.1.3)}$$

Assim, a razão produto-capital é uma constante positiva, dado que $B > 1$, e depende apenas dos parâmetros do modelo. Comparativamente ao que foi visto no modelo (4), a quantidade de produto por unidade de capital é, agora, menor por um fator $\frac{n}{\alpha}$. Pela expressão de z^*, tem-se a impressão de que a taxa de morbidade é um fator agregador do produto, mas de fato, a morbidade reduz o produto, como se espera, porque aumentando a taxa de doentes, menor será a força de trabalho, menor será o produto. Observe que o fator mB é o efeito da tecnologia do setor de saúde sobre os doentes, logo serão mais pessoas que irão compor o contingente de recuperados. Assim, o aumento da morbidade reduz z^*, porque os doentes não produzem e isso onera o sistema produtivo que precisa sustentar, também, o consumo dos doentes (inativos) e uma contribuição para esse fato vem do nível de tecnologia do sistema de saúde que aumenta z^* por uma quantidade maior do que a redução decorrente da morbidade[55]. De modo igual ao que já foi dito anteriormente, o estudo da sustentação dos inativos pode ser estendido ao sistema previdenciário, por exemplo. A fração do consumo por unidade de capital é dada por:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\left(\frac{g}{\alpha\beta} + \frac{m(B-1)}{\alpha}\right) + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(4.1.4)}$$

Assim, a quantidade de consumo por unidade de capital passa a depender, também, da taxa de morbidade e do tamanho da tecnologia do sistema de saúde, ressalvando-se que vale a pena avaliar separadamente o impacto de cada parcela, escrevendo essa equação como

$$x^* = \underbrace{\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{g}{\alpha\beta} + \frac{\rho}{\varepsilon}}_{I} + \underbrace{\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{m(B-1)}{\alpha}}_{II}$$

55 Como $B > 1 \Rightarrow B - 1 > 0 \Rightarrow m(B-1) > 0 \Rightarrow mB - m > 0 \Rightarrow mB > m$. Assim, o efeito da tecnologia compensa, numa parcela maior, o efeito da morbidade sobre o crescimento econômico.

Note-se que a parcela I representaria o consumo por unidade de capital numa economia na qual o sistema de saúde é rudimentar, ou seja, $B = 1$. A parcela II precisa ser positiva porque se não fosse, então a inserção da tecnologia no modelo reduziria o consumo por unidade de capital, como já visto no modelo (4), fato incoerente com o aumento do produto. Novamente, pode-se concluir que $\alpha < \varepsilon$, quando $B > 1$.

Agora, substituindo as equações (4.1.3) e (4.1.4) na equação (4.1.2), tem-se, no *BGP*:

$$g_Y^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(4.1.5)}$$

Essa equação mostra que o produto é tanto maior quanto maior o nível tecnológico do sistema de saúde. É interessante ver a taxa de crescimento do produto avaliada pelos efeitos individuais das parcelas, isto é:

$$g_Y^* = \underbrace{\frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}}_{I} + \underbrace{\frac{m(B-1)}{\varepsilon}}_{II} \qquad \textbf{(4.1.6)}$$

fica evidenciado que I representa o crescimento econômico quando o sistema de saúde é rudimentar, da mesma forma como foi obtido no modelo (4). A parcela II representa o efeito do sistema de saúde sobre o crescimento econômico. Para que se tenha $g_Y^* > 0$ é necessário que $g > \beta(\rho - m(B-1))$. Essa expressão é maior do que a expressão obtida em (4.3b), quando havia crescimento populacional. Assim, se existe crescimento populacional, então a tecnologia do sistema produtivo tem um limite inferior mais baixo[56]. Observe que $g > 0 \Rightarrow 1 \le B < \frac{\rho + m}{m}$, ou seja, o tamanho da tecnologia do sistema de saúde é função da taxa de morbidade e da taxa de impaciência. Essa expressão é, exatamente, a expressão (4.6a) quando $n = 0$.

No apêndice *B* será mostrado que essa economia é melhor do que a economia sem sistema de saúde e com morbidade. Essa afirmação decorre da comparação entre as taxas de crescimento econômico nas duas economias. Se for comparar essa economia com aquela

---

[56] O nível mais baixo da tecnologia pode estar associado a necessidade de empregabilidade da mão-de-obra. Se a tecnologia for muito alta, então haverá desemprego de mão-de-obra.

economia com morbidade e sem sistema Esse resultado foi discutido no modelo (4), que é uma generalização desse modelo, e mostra que a presença do sistema de saúde é salutar, desde que observado o critério do crescimento tecnológico no setor de saúde. Ou seja, o nível tecnológico do sistema de saúde recupera um número de pessoas maior do que a quantidade que adoece $\left(nB > m\right)$, logo essa tecnologia do sistema de saúde pode ser vista como um fator determinante no aumento da expectativa de vida das pessoas e por isso essa economia tem um nível de bem estar melhor do que a economia com doenças e sem um sistema recuperador. Comparando a taxa de crescimento desse modelo com a taxa de crescimento do modelo (4), nota-se que

$$g_{Y1}^{*} - g_{Y2}^{*} = \frac{n}{\varepsilon} > 0$$

onde, g_{Y1}^{*}, g_{Y2}^{*} representam, respectivamente, as taxas de crescimento do produto dos modelos (4) e (4.1). Portanto, se o sistema de saúde for não rudimentar, a economia com crescimento populacional traz maior bem estar social porque tem maior taxa de crescimento econômico. Isso indica que a presença das pessoas causa um efeito melhor para a economia, principalmente, pela agregação de capital humano.

Finalmente, pela definição de *BGP*, tem-se:

$$g_Y^{*} = g_C^{*} = g_K^{*} = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m\left(B-1\right)}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}.$$

Observe que $\frac{\partial g_Y^{*}}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial g_Y^{*}}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial g_Y^{*}}{\partial B} = \frac{m}{\varepsilon} > 0$, ou seja, a taxa de crescimento do produto cai se aumentar β ou ε e cresce se aumentar B.

Da equação de movimento da fração de mão-de-obra decorre que $a_L^{*} = 1$ ou

$$a_L^{**} = 1 - \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{\left(1-\varepsilon\right)g}{\beta} - \left(1-\varepsilon\right)m\left(B-1\right)\right]$$

Note que,

$$\frac{\partial a_L^{**}}{\partial g} = \frac{\left(1-\varepsilon\right)}{m\beta B\varepsilon} > 0$$

A taxa de variação da fração de mão-de-obra em relação a tecnologia do sistema produtivo é positiva. Com isso, se a taxa de tecnologia do setor produtivo crescer, a fração de mão-de-obra alocada no setor de saúde aumenta e, por conseguinte, cai a quantidade de mão-de-obra alocada no setor produtivo. Para que esse valor seja viável deve-se ter,

$$0 < \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g}{\beta} - (1-\varepsilon)m(B-1)\right] < 1$$

Resolvendo essas desigualdades obtém-se:

$$\beta\left(\frac{\rho - mB\varepsilon}{1-\varepsilon} - m(B-1)\right) < g < \beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1)\right)$$

Esse resultado é um caso particular do modelo (4) quando a taxa de crescimento é nula. A amplitude do intervalo tecnológico passa a ser dada por $\frac{\beta mB\varepsilon}{1-\varepsilon}$, que é, exatamente, o mesmo resultado obtido em (4.8b) e, como já visto, independe da taxa de crescimento populacional. Lembrando, agora, que o limite inferior desse intervalo não pode ser negativo, segue que $\rho > (1-\varepsilon)m(B-1) + mB\varepsilon$, ou ainda, esse resultado pode ser expresso como um limitador para a tecnologia do sistema de saúde, pois decorre dessa relação que $1 \leq B < \frac{\rho + m(1-\varepsilon)}{m}$. Novamente, deve ser observado o valor decorrente da equação (4.1.6).

As equações de movimento das variáveis z, x e a_L formam um sistema cujos pontos de equilíbrios são casos particulares dos pontos obtidos no modelo (4). A dedução desses pontos consta no apêndice *B*. Os pontos são dados por:

a) Os pontos $(0,0,1)$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$, $(0,0,a_L^{**})$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},a_L^{**}\right)$, $(z^{**},0,1)$, não possuem interpretação econômica porque o produto ou o consumo são nulos. Alguns desses pontos apresentam política viável que deve ser entendida como uma política que não deve ser seguida.

b) $\left(z^{**},\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$. Nesse ponto, a quantidade de produto por unidade de capital é ótima, mas o consumo pode ser melhorado. A economia atinge esse ponto no longo prazo, mas é preciso lembrar que se houver alocação da mão-de-obra, inteiramente, no setor de saúde, matematicamente, o produto deveria ser nulo.

c) $\left(c^{**}, x^{**}, 1\right)$. Esse ponto é semelhante ao anterior com a diferença de que agora o consumo está no seu valor ótimo.

d) $\left(c^{**}, x^{**}, a_L^{**}\right)$. Esse ponto é economicamente viável. Trata-se de um ponto de sela com uma única trajetória viável. A economia atinge seus valores ótimos de produto e consumo por unidade de capital alocando apenas uma fração da mão-de-obra no setor produtivo.

A taxa do consumo *per capita* é dada por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - m\left(Ba_L^* - 1\right)$$

ou seja,

$$g_c^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - mBa_L^* + m$$

Somando e subtraindo mB do lado direito da igualdade e usando o fato de $mB\left(1 - a_L^*\right) = \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{(1-\varepsilon)g}{\beta\varepsilon} - \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)m(B-1)$, substituindo e re-ordenando os termos, tem-se:

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha} \tag{4.1.7}$$

Este resultado é idêntico ao resultado obtido no modelo (4), quando havia crescimento populacional. O que se deduz desse modelo, particularizado, é que a tecnologia do sistema de saúde melhora o desempenho do sistema no sentido de recuperar mais pessoas ou de atenuar a perda de produto com a redução da força de trabalho e esse efeito pode ser externado através do aumento na expectativa de vidas das pessoas permitindo uma maior estabilidade na população total. Se o crescimento da população não causa efeito na taxa de crescimento do consumo *per capita* é porque há um efeito compensatório, isto é, a população aumenta, mas o consumo aumenta de modo g_c permanece constante.

4.2 Sistema de saúde rudimentar e taxa de crescimento populacional positiva

Nos modelos anteriores, o esforço do sistema de saúde na recuperação de pessoas doentes era uma função da quantidade de mão-de-obra alocada no setor expressa por $b = Ba_L$, que representava o número de médicos ou a quantidade de horas devotadas à recuperação das pessoas. Admitiu-se, $B > 1$, de forma que o sistema de saúde era considerado não rudimentar. Além disso, foi imposta a condição de $Ba_L \leq 1$ para evitar tratar do aumento da força de trabalho sem que houvesse crescimento populacional. Aqui, será tratado o caso no qual $B = 1$, ou seja, quando o sistema de saúde é rudimentar (possui algum nível de tecnologia, mas que pode ser desprezível, como se o sistema de saúde contasse com um estetoscópio). Todas as hipóteses do modelo (4) serão mantidas. O fato de $B = 1$, permite escrever $b = a_L \leq 1$. As equações obtidos deduzidas no apêndice B serão adaptadas considerando $B = 1$ e $n \neq 0$.Com isso, serão enfatizadas, apenas, as diferenças importantes com o modelos (4) e (4.1).

Inicialmente observe-se que não há alteração na equação de movimento do preço sombra do capital, que leva à regra de Ramsey, visto que essa condição é obtida sempre que se usa função utilidade intertemporal e função de produção do tipo Cobb-Douglas, por conseguinte, independente das características do sistema de saúde e do crescimento populacional. A variação do preço sombra do capital será igual ao resultado obtido antes, ou seja,

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{\alpha Y}{K} = \rho - \alpha z \qquad \textbf{(4.2.1)}$$

Agora, a equação (4.2) passa a ser escrita como

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho - n \qquad \textbf{(4.2.2)}$$

A taxa de crescimento populacional é um fator redutor dos salários. De fato, se a população cresce, então haverá aumento na força de trabalho, reduzindo salários. Isso é intuitivo quando se toma como exemplo economias intensivas em mão-de-obra.

A taxa de crescimento do produto é dada por

$$g_Y = \frac{g}{\alpha} + \alpha z - x + \frac{\beta}{\alpha} n \qquad \textbf{(4.2.3)}$$

O crescimento da população contribui para o crescimento do produto, como esperado, mas de forma parcimoniosa ou inelástica**,** considerando que $\alpha > \beta$. Agora,

$$\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K = \frac{g}{\alpha} - (1 - \alpha) z + \frac{\beta n}{\alpha} \tag{4.2.3a}$$

No *BGP*, $\dot{z} = 0$, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\alpha\beta} + \frac{n}{\alpha} \tag{4.2.3b}$$

Desse resultado decorre que a quantidade de produto por unidade de capital é uma constante positiva que depende da taxa de tecnologia, das elasticidades do produto em relação a *K* e a *L* e da taxa de crescimento populacional. O aumento da população faz crescer a força de trabalho e com isso o produto por unidade de capital cresce por um fator $\frac{1}{\alpha}$. Quanto menor for a elasticidade do capital, maior será o impacto da taxa de crescimento da população sobre o produto por unidade de capital. Como se vê, o valor de z^* obtido em (4.2.3b) é um caso particular do valor obtido em (4.5), sendo a diferença entre os dois casos é dada por $\frac{m(\beta - 1)}{\alpha}$. Esse fator expressa a presença do sistema de saúde. Por outro lado,

$$g_C = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \tag{4.2.3c}$$

Logo, $\frac{\dot{x}}{x} = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - z + x = -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z - \frac{\rho}{\varepsilon} + x$. No *BGP*, $\dot{x} = 0$ e pelo resultado em (4.2.3c) obtém-se:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{g}{\alpha\beta} + \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{n}{\alpha} + \frac{\rho}{\varepsilon} \tag{4.2.3d}$$

Observe que $\frac{\partial x^*}{\partial n} = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{1}{\alpha} = \frac{\varepsilon - \alpha}{\alpha\varepsilon}$. Como o aumento da população corresponde a aumento no consumo por unidade de capital, então $\frac{\partial x^*}{\partial n} > 0 \Rightarrow \varepsilon > \alpha$. Agora, as expressões (4.2.3b) e (4.2.3d) quando substituídas em (4.2.3) geram no *BGP*:

$$g_Y^* = \underbrace{\frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}}_{I} + \underbrace{\frac{n}{\varepsilon}}_{II} \qquad \textbf{(4.2.4)}$$

A taxa do crescimento do produto aumenta com o crescimento populacional e diminui com a taxa de impaciência. Note-se que a parcela I de (4.2.4) é a taxa de crescimento do produto obtida sem crescimento populacional quando se tem um sistema de saúde rudimentar enquanto que a parcela II representa a contribuição, para o crescimento econômico, da taxa de crescimento da população. Comparando a equação (4.2.4) com equação (4.6), nota-se que taxa que a diferença entre ambas é $\frac{m(B-1)}{\varepsilon}$, devida ao efeito da tecnologia do sistema de saúde. A taxa de crescimento do produto dada por (4.6) é maior do que a taxa de crescimento dada por (4.2.4). Comparando, agora, (4.2.4) com a equação (4.1.6) observa-se que a diferença entre ambas é dada por $\frac{m(B-1)-n}{\varepsilon}$.Se ocorrer $m(B-1) > n$, então $B > \frac{n}{m} + 1$, logo, o sistema de saúde não poderia ser rudimentar. Com isso, nesse modelo, é interessante que ocorra $m(B-1) < n$, fato que leva a taxa dada por (4.2.4) ser maior do que a taxa dada por (4.1.6).

Sabe-se, pela definição de *BGP*, que:

$$g_Y^* = g_C^* = g_K^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}$$

Decorre da equação (4.2.4) que, para a taxa de crescimento do produto ser constante e positiva é necessário que $g > \beta(\rho - n)$. Essa condição poderia ser obtida da equação (4.6a) fazendo $B = 1$. O fato de $n > 0$, faz a tecnologia exigida no sistema produtivo ser menor comparativamente a um modelo no qual $n = 0$.

Da equação de movimento da fração de mão-de-obra decorre que $a_L^* = 1$ ou

$$a_L^* = 1 - \frac{1}{m\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)(g + \beta n)}{\beta}\right] \qquad \textbf{(4.2.5)}$$

Note-se que a variação de a_L em relação a g, é positiva, indicando que se a tecnologia crescer então a fração de mão-de-obra alocada no sistema de saúde irá crescer também e em contrapartida haverá redução de trabalhadores no setor produtivo. Isso corrobora o *trade off* entre tecnologia e mão-de-obra já referido. Para que o sistema de saúde tenha um tamanho viável, deve-se ter:

$$0 < \frac{1}{m\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)(g+\beta n)}{\beta}\right] < 1$$

ou seja,

$$\beta\left(\frac{\rho - m\varepsilon}{1-\varepsilon} - n\right) < g < \beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - n\right)$$

Essa expressão poderia ser obtida do modelo (4) bastando fazer $B = 1$. Note que o crescimento populacional desloca (translada) os limites do intervalo tecnológico obtido nos modelos (4) e (4.1). É importante destacar que há uma *translação* nos limites e não uma redução no intervalo (observe que a amplitude do intervalo tecnológico não muda quando se considera crescimento populacional, apenas há um deslocamento no ponto médio, para esquerda, por uma quantidade igual a n). A amplitude do intervalo é dada por $\frac{\beta m\varepsilon}{1-\varepsilon}$ que é um caso particular do resultado obtido nos modelos (4) e (4.1) se $B = 1$.

Das equações de movimento das variáveis z, x e a_L, forma-se um sistema de equações diferenciais cujos pontos de equilíbrio são comentados a seguir:

a) Os pontos $(0,0,1)$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$, $(0,0,a_L^{**})$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},a_L^{**}\right)$, $(z^{**},0,1)$, da mesma forma que antes, não possuem interpretação econômica. A razão está na nulidade do produto ou do consumo. Em qualquer desses pontos a economia é inviável.

b) $\left(z^{**},\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$. Nesse ponto, o nível ótimo do produto é obtido no longo prazo. A diferença em relação ao ponto congruente do modelo (3.2) está no tamanho da fração do produto por unidade de capital, que agora é maior.

c) $(z^{**},x^{**},1)$. Nesse ponto a economia atinge seus valores ótimos de produto e consumo por unidade de capital, no longo prazo. Formalmente, o fato de toda mão-de-obra está alocada no setor de saúde deveria anular o produto.

d) $\left(c^{**}, x^{**}, 1\right)$.Nesse ponto a economia está nos seus níveis ótimos de produto e consumo por unidade de capital sem a necessidade de sacrificar a mão-de-obra, inteiramente, no setor de saúde. Trata-se de um ponto de sela com uma única trajetória viável.

O consumo *per capita* é dado por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - \left[m\left(a_L^* - 1\right) + n\right]$$

ou seja,

$$g_c^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} + m\left(1 - a_L^*\right) - n$$

Usando o valor de $m\left(1 - a_L^*\right)$ encontrado acima, após rearranjar os termos, verifica-se que

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha} \qquad \textbf{(4.2.6)}$$

Assim como o resultado obtido no modelo (4), a equação (4.2.6) mostra que o crescimento populacional não afeta, como se espera, a taxa de crescimento do consumo *per capita*. A razão para esse fato é que o aumento da população aumenta o produto por unidade de capital por um fator $\frac{1}{\varepsilon}$, mas o consumo por unidade de capital também aumenta por esse fator e reduz o produto exatamente na mesma proporção. Assim, a economia produz mais com o aumento da população, mas também consome mais, fazendo com que a taxa de consumo per capita fique independente da taxa de crescimento populacional[57].

4.3 – Sistema de saúde rudimentar sem crescimento populacional.

Os modelos anteriores contemplaram uma economia dividida em dois setores, o setor produtivo e o setor de saúde. Originalmente, equação de movimento da população foi escrita como $\dot{L} = mL\left(Ba_L - 1\right) + nL = L\left[m\left(Ba_L - 1\right) + n\right]$ e mediante combinações dos valores de B e n foi considerado um sistema de saúde rudimentar ou não com crescimento

[57] Os determinantes para esse fato foram relacionados no modelo (4) e estão expressos na página 65.

populacional ou não. Esse modelo complementa tais variações. Aqui será considerado um sistema de saúde rudimentar e crescimento populacional nulo, ou seja, nesse modelo tem-se $B=1$ e $n=0$, o que reduz a equação de movimento da população a $\dot{L}=m(l_L-1)L$. Esse modelo é o mais simples dos modelos que consideram o sistema de saúde intensivo em mão-de-obra.

A otimização do hamiltoniano leva às equações de movimento dos preços sombra do capital e do trabalho. Pelo que foi visto nos modelos anteriores, não há alterações na equação de movimento do preço sombra do capital porque esta equação só depende da função de produção e da função utilidade. Sob a hipótese de que $B=1$ e $n=0$, a equação de movimento do preço sombra do trabalho se reduz a:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu}=\rho \qquad \textbf{(4.3.1)}$$

A equação (4.3.1) diz que a taxa de variação do preço sombra do trabalho se iguala a taxa de impaciência (taxa de juros). Krautkraemer (1998) diz que o benefício marginal de extração de um recurso se iguala ao custo marginal resultado, incluindo o custo do esgotamento do estoque e escreve $\frac{\dot{\lambda}}{\lambda}+\frac{B_s(q,S)-C_s(q,S)}{\lambda}=\delta$ onde $B_s(q,S), C_s(q,S)$ representam benefício e custo marginal, respectivamente, e δ é a taxa de impaciência. Se $B_s(q,S)=C_s(q,S)$, então se obtém a mesma equação acima especificada. Esse resultado tem um importante significado econômico e social, porque iguala a variação do preço sombra do trabalho à taxa impaciência (na verdade, taxa de juros). Sob esse aspecto o trabalhador transforma-se numa *commodity*. Agora, considerando o resultado obtido em (3.1.2.4), qual seja**,**

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu}=-\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L}+m+\rho$$

nota-se que, a expressão $-\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L}+m$ não aparece nesse modelo, ou dito de outra forma: se as taxas de salários dos modelos (3.1) e (4.3) são iguais, então, $m=\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L}$**,** quando há sistema de saúde. Essa expressão relaciona a taxa de morbidade com os preços relativos de capital e trabalho e a produtividade marginal do trabalho. Portanto, $\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L}$ representa o custo social por não tratar doentes ou por não ter um sistema de saúde (observe que esse resultado é, de fato, um caso particular do resultado (4.3)). O custo da doença foi tratado por Winslow (1951), onde o capítulo primeiro do seu trabalho começa dizendo *the values of human health are not be to measured in monetary terms alone*[58]. O autor faz diversas considerações sobre a expectativa de vida, os investimentos em saúde, etc. mostrando que o sistema de saúde tem uma função social importante na economia.

A taxa de crescimento do produto é dada por

$$g_Y = \frac{g}{\alpha} + \alpha z - x \qquad \textbf{(4.3.2)}$$

Como se observa por, a taxa de alocação da mão-de-obra, a_L, não influencia diretamente a taxa de crescimento do produto, mas poderia fazê-lo através de z ou de x. Por isso, é importante determinar, como antes, z e x. Dado que $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, segue que, no *BGP*,

$$z^* = \frac{g}{\alpha\beta} \qquad \textbf{(4.3.3)}$$

Assim, a razão produto-capital é constante porque depende da tecnologia e da elasticidade do produto em relação a *K* e a *L*. E,

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{g}{\alpha\beta} + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(4.4.4)}$$

Para que $x^* > 0$ é suficiente $\alpha < \varepsilon$. Essa condição, deduzida nos modelos anteriores, é observada porque a contribuição do produto deve ser positiva para o consumo por unidade de capital, ou seja, se o produto aumenta o consumo deve aumentar e isso só será possível de $\frac{\partial x^*}{\partial z^*} = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) > 0$. Decorre desses resultados que:

---

[58] Tradução livre: Os valores da saúde humana não são mensurados apenas em termos monetários.

$$g_Y^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(4.4.5)}$$

A taxa de crescimento do produto é constante e positiva se $g > \beta\rho$. Além disso, g_Y^*, realmente independe da taxa de alocação de mão-de-obra e da taxa de morbidade. Nota-se que $\frac{\partial g_Y^*}{\partial g} = \frac{1}{\beta\varepsilon} > 0$ e que $\frac{\partial g_Y^*}{\partial \beta} = -\frac{g}{\beta^2\varepsilon} < 0$, isto é, aumentando a tecnologia do setor produtivo, a taxa de crescimento do produto aumenta enquanto que aumentando a elasticidade da mão-de-obra a taxa do produto cai (isso equivale a dizer que diminuindo a elasticidade do produto em relação ao capital, a taxa de crescimento do produto cai), logo se houver aumento na elasticidade do produto em relação ao capital, a taxa de crescimento do produto aumentará. O nível de tecnologia capaz de sustentar a economia deve ser maior do que a taxa de impaciência ponderada pela elasticidade do trabalho, ou seja, $g > \beta\rho$.

Seja, $g_{Y1}^* = \frac{g}{\beta} - m$ a taxa de crescimento do produto obtido no modelo (3.1) quando havia morbidade, mas não havia o sistema de saúde e $g_{Y_2}^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}$, a taxa de crescimento do produto obtida acima. Subtraindo essas taxas obtém-se:

$$g_{Y_2}^* - g_{Y_1}^* = \left(\frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon}\right) - \frac{g}{\beta} + m = \frac{g(1-\varepsilon)}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} + m$$

Agora, basta olhar que o lado direito dessa igualdade é positivo porque, conforme se verá logo a seguir, $g > \frac{\beta(\rho - m\varepsilon)}{1-\varepsilon}$. Assim, a taxa de crescimento do produto quando há sistema de saúde é maior do que a taxa de crescimento do produto de uma economia com uma taxa de morbidade e sem sistema de saúde. Esse argumento serve para justificar que uma economia com sistema de saúde é melhor do que uma economia sem sistema de saúde e com morbidade. A questão é a seguinte: a equação dada por (4.4.5) é menor do que a equação dada por taxa de crescimento dada por (4.6), logo, por transitividade, se deduz que uma economia com sistema de saúde traz um bem estar social maior.

Pela definição de *BGP*, segue que $g_Y^* = g_K^* = g_C^* = \dfrac{g}{\beta\varepsilon} - \dfrac{\rho}{\varepsilon}$. Agora é preciso descobrir se existe algum caminho viável (o conceito de caminho viável segue as definições usadas por Stamford da Silva (2008); Groth,(2003)) que leve ao *BGP*. Para isso, note-se que a equação de movimento do trabalho faz $a_L^* = 1$ ou

$$a_L^{**} = 1 - \frac{1}{m}\left(x^* - \frac{g}{\alpha}\right) = \frac{\beta(m-\rho) + (1-\varepsilon)(g-\beta m)}{m\beta\varepsilon} \qquad \textbf{(4.4.6)}$$

Observe que

$$\frac{\partial a_L^{**}}{\partial g} = \frac{(1-\varepsilon)}{m\beta\varepsilon} > 0$$

Ou seja, a alocação de mão-de-obra no setor de saúde aumenta quando a tecnologia do setor produtivo aumenta. Por conseguinte, aumento de tecnologia no setor produtivo reduz a quantidade de trabalhadores nesse setor. Para que o ponto dado por (4.4.6) faça sentido, deve-se ter:

$$0 < \frac{1}{m\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g}{\beta}\right] < 1$$

Após algumas manipulações algébricas pode-se escrever essa restrição como $\dfrac{\beta(\rho - m\varepsilon)}{(1-\varepsilon)} < g < \dfrac{\beta\rho}{(1-\varepsilon)}$, que define o intervalo tecnológico do setor produtivo. Aqui, as seguintes considerações:

a) O fato de $0 < a_L < 1$ impõe a restrição $g > \dfrac{\beta}{(1-\varepsilon)}(\rho - m\varepsilon)$. No entanto, pelo resultado (4.4.5) deve-se ter $g > \beta\rho$, portanto, $g > \max\left(\dfrac{\beta}{1-\varepsilon}(\rho - m\varepsilon), \beta\rho\right)$. Se $\rho > m$ então $\max\left(\dfrac{\beta}{1-\varepsilon}(\rho - m\varepsilon), \beta\rho\right) = \dfrac{\beta(\rho - m\varepsilon)}{1-\varepsilon}$, caso contrário, o máximo é $\beta\rho$. Essa relação define um limite superior para a taxa de morbidade.

b) Ao contrário do que é visto em modelos de crescimento neoclássico, a tecnologia do setor produtivo nesse modelo (assim como nos casos anteriores) deve ser limitada para que o sistema de saúde tenha um tamanho viável, ou seja, para que a quantidade de trabalhadores alocados no sistema de saúde represente uma fração entre 0 e 1. Isso pode ser dito de outra forma: se a tecnologia do sistema de produção crescer além de $\frac{\beta\rho}{1-\varepsilon}$, a única alternativa é alocar todos os trabalhadores no sistema de saúde implicando na inexistência de produção, de consumo e na inviabilidade dessa economia. Assim, para que faça sentido alocar mão-de-obra nos dois setores e com isso definir produção e consumo, é necessário que a tecnologia do sistema produtivo pertença ao intervalo tecnológico.

c) Note-se que $\frac{\partial a_L^{**}}{\partial m} = \frac{1}{m^2}\left(x^* - \frac{g}{\alpha}\right) > 0$. Logo, se a taxa de morbidade crescer, o tamanho do sistema de saúde deve crescer também, o que é racional porque mais doentes irão necessitar de mais pessoas tratando-os.

d) De modo semelhante, $\frac{\partial a_L^{**}}{\partial g} = \frac{1-\varepsilon}{m\beta\varepsilon} > 0$, ou seja, o crescimento da tecnologia da produção aumenta a fração de mão-de-obra alocada no sistema de saúde, reduzindo a quantidade de mão-de-obra alocada no setor de produção, como foi dito acima. Esse resultado tem conotações econômicas interessantes porque aumento na fração de mão-de-obra alocada no setor de saúde decorre do aumento da taxa de morbidade, ou seja, cresceu o número de inativos (pessoas que não produzem). Observe que isso tem outra leitura: o crescimento tecnológico reduz a quantidade de mão-de-obra no setor produtivo, aumentando a quantidade de inativos (desempregados, por exemplo) que serão sustentados pela população economicamente ativa.

As equações de movimento das variáveis, z, x e a_L, formam um sistema de equações diferenciais, cujos pontos de equilíbrio são casos particulares dos pontos obtidos no modelo (4) e por isso deixarão de ser comentados.

A taxa do consumo per capita é dada por

$$g_c = g_C - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} + m\left(- a_L^{*}\right)$$

Usando o fato de $a_L^* = 1 - \frac{1}{m}\left(x^* - \frac{g}{\alpha}\right)$, essa expressão se reduz a:

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$

Esse resultado é o mesmo obtido nos modelos (4), (4.1) e (4.2). Ele foi desenvolvimento aqui para enfatizar que não há alteração na taxa de consumo *per capita* quando comparada a uma economia com morbidade e sem sistema de saúde. O resultado fundamental aqui é a importância da taxa tecnológica do sistema produtivo e a necessidade de capital e trabalho terem rendimentos decrescentes para que haja sustentabilidade econômica. Considerando que o consumo *per capita* em ambas as situações permanece o mesmo (mais ainda: depende dos mesmos parâmetros), isso quer dizer que a riqueza individual da economia não muda – por razões alheias – quer exista ou não um sistema de saúde. Isso pode suscitar a idéia de que o sistema de saúde é dispensável, o que se observa é que em termos agregados, a economia está melhor com o sistema de saúde porque a população é maior e tem maior longevidade.

Observe que $\frac{\partial g_c^*}{\partial \alpha} = \frac{g}{(1-\alpha)^2} > 0$, indicando que se aumentar a elasticidade do produto em relação ao capital, aumenta também a taxa do consumo *per capita*. Com isso, $\alpha < 1$ é uma condição necessária para que o sistema seja sustentável e quanto mais próximo de um, maior será o consumo *per capita*.

4.4 Resumo dos modelos intensivos em mão-de-obra

Ao longo dos quatros modelos estudados notou-se algumas prerrogativas importantes como a equação da taxa de salário que leva à regra de Hotelling descrita nos trabalhos de Krautkraemer (1998), Groth (2002), Stamford da Silva (2008). A importância desse resultado foi analisada sob vários aspectos, considerando o sistema de saúde rudimentar e, posteriormente, admitindo mais recursos tecnológicos para o sistema de saúde. A presença do sistema de saúde tem importância no crescimento econômico porque aumenta a expectativa de vida das pessoas fato que corrobora o resultado de que a taxa de crescimento do produto ter sido maior numa economia com sistema de saúde, comparativamente a uma economia sem sistema de saúde. A importância do sistema de saúde existe porque há o lado humano que destina ao doente atenção, oração, etc. e o efeito desses recursos relacionados com a fé são objetos de estudos de alguns trabalhos recentes (Sanches, Oliveira e Nappo, 2004; Souza *et al (2001)*, dentre outros)[59], e atestam o efeito da religiosidade no tratamento de pacientes.

Os sistemas de equações diferenciais dos modelos apresentam oito pontos de equilíbrios, que de forma geral, e por simplicidade de grafia, foram anotados como $P_1 = (0,0,1)$, $P_2 = (0, x_1^*, 1)$, $P_3 = (0,0,a_L^*)$, $P_3 = (0, x_2^*, a_L^*)$, $P_4 = (z^*,0,1)$, $P_5 = (z^*, x_1^*, 1)$, $P_6 = (z^*, x_1^*, 1)$, $P_7 = (z^*, x_1^*, a_L^*)$ e $P_8 = (z^*, x_2^*, a_L^*)$, onde $x_{1,2}^*$ é o valor ótimo do consumo por unidade de capital que depende do valor que z^* assume. A maioria desses pontos se mostrou economicamente inviável e sem interpretação econômica, com exceção para os pontos $(z^*, x_2^*, 1)$ e (z^*, x_2^*, a_L^*), onde se observa viabilidade econômica. O ponto $(z^*, x_2^*, 1)$ tem um grande problema: a economia chega aos seus valores ótimos de produto e consumo por unidade de capital no longo prazo, sacrificando toda mão-de-obra num único setor, portanto, a política existente aqui deve ser evitada. Nos demais pontos que apresentaram inviabilidade econômica as causas são devidas a fatores como a alocação da mão-de-obra ser feita totalmente no setor de saúde, não haver produção ou existir mão-de-obra em ambos os setores, mas o produto e/ou o consumo são identicamente nulos.

Nos pontos de interesse econômico, dependendo do tamanho da tecnologia, existe política, ou seja, controlando a quantidade de mão-de-obra que vai trabalhar no setor de saúde, e o consumo, é possível encontrar crescimento econômico com taxa positiva, ou dito de outra forma: a economia é sustentável com o sistema de saúde, embora o crescimento tecnológico do setor de saúde precise ser visto com muito cuidado. O uso da quantidade de mão-de-obra alocada no setor de saúde como força de controle é importante para que o sistema tenha um tamanho viável.

5 Modelo com sistema de saúde: função esforço baseada em capital

No modelo (4), o esforço do sistema de saúde para recuperar pessoas doentes era baseado na fração da mão-de-obra alocada no setor de saúde, ou seja, o setor de saúde era intensivo em mão-de-obra. Duas alternativas foram desenvolvidas: uma considerava o sistema de saúde com recursos tecnológicos e outra considerava o sistema de saúde rudimentar. Em

---

[59] A maioria dos trabalhos que estudam as correlações entre religiosidade e saúde é baseada nos trabalhos do prof. Dr. Harold G Koenig que é co-diretor do *Center for Spirituality, Theology and Health* no Duke University Medical Center

ambos os casos considerava-se a existência de crescimento populacional ou não. Os resultados obtidos mostram que a economia pode ser sustentável, desde que sejam observadas algumas condições.

No modelo que se segue a economia continuará dividida em dois setores, o setor produtivo e o setor de saúde, mas agora o esforço para recuperar as pessoas doentes será baseado na fração de capital, a_K, alocada no sistema de saúde, ou seja, agora se considera o sistema de saúde intensivo em tecnologia de modo que a presença da mão-de-obra seja desprezível. Se, matematicamente, a função esforço do sistema de saúde fosse representada por $b = Ta_K^{\overline{\alpha}} a_L^{\overline{\beta}}$, o modelo a ser tratado agora considera $\overline{\alpha} = 1$ e $Ta_L^{\overline{\beta}} = B$, o que permite escrever, simplesmente, $b = Ba_K$. O modelo vai considerar $B > 1$ significando que o sistema de saúde não é rudimentar ou que existe um nível tecnológico no sistema de saúde capaz de tornar o sistema mais eficiente[60]. Supõe-se, também, que a população cresce a uma taxa $n \neq 0$. Deve-se manter a restrição $b = Ba_K \leq 1$, enfatizando, mais uma vez, que a função esforço do sistema de saúde não pode recuperar um número de pessoas maior do que mL - quantidade de doentes.

Novamente o planejador social se depara com o problema de maximizar a utilidade social considerando como restrições as equações de movimento do capital e da mão-de-obra, a função de produção (admitida ser Cobb-Douglas com rendimentos constantes de escala) e as condições de não negatividade. A resolução do modelo, com as deduções matemáticas, está no apêndice *C* de modo que o texto vai mostrar e discutir os resultados obtidos.

A primeira observação se faz acerca da taxa de variação do preço sombra do trabalho que agora passa a ser dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho + m\left(\frac{(\alpha - \beta)(1 - Ba_K) + \beta(B - 1)}{\alpha}\right) - n \qquad \textbf{(5.1)}$$

Nessa equação se vê que a taxa de variação do preço sombra do trabalho diminui com o aumento da tecnologia no setor de saúde e com o aumento da população e que o aumento da população causa um impacto negativo maior do que a tecnologia do setor de saúde. A taxa de crescimento populacional é um fator de incremento do produto porque aumenta a força de

[60] O entendimento de um sistema de saúde mais eficiente é considerado na forma do que foi apresentado na página 59.

trabalho. Note-se também que se aumentar a fração do capital alocada no setor de saúde vai haver redução na taxa de variação do preço sombra do capital, doravante chamada, simplesmente, de taxa de salários. Por outro lado, o nível tecnológico do sistema de saúde é importante para decidir se a morbidade aumenta ou não a taxa de salário. Observe que se $B=1$, a morbidade influencia positivamente a taxa de salário porque, como será visto a seguir, $\alpha > \beta$. No caso em que $B>1$, essa influência só será positiva se $B < \frac{\alpha}{(\alpha-\beta)g_K+\beta}$.

A taxa de crescimento do produto é dada por:

$$g_Y = \frac{g}{\beta} + \alpha z - \frac{\alpha}{\beta}x - \frac{\alpha}{\beta}g_B + m(B-1) + n \qquad \textbf{(5.2)}$$

onde se observa que a taxa de crescimento do produto diminui se a taxa da tecnologia do sistema de saúde aumentar. Esse resultado também foi obtido quando o argumento da função esforço do sistema de saúde era baseado em trabalho. Observe que, nesse modelo com capital, o impacto da taxa de crescimento tecnológico do sistema de saúde sobre a taxa de crescimento econômico é elástico, conforme se visto logo a seguir. Isso pode ser visto comparando as variações da taxa de crescimento do produto encontrada aqui, $\frac{\partial g_Y}{\partial g_B} = -\frac{\alpha}{\beta}$, com a taxa de crescimento do produto do modelo (4) dada por $\frac{\partial g_Y}{\partial g_B} = -\frac{\beta}{\alpha}$. Em contrapartida, a taxa de salário sofre uma redução maior quando se usa capital do que quando se usa trabalho. Portanto, quer o esforço do sistema de saúde seja baseado na alocação de mão-de-obra, quer seja baseado na alocação de capital, a tecnologia do sistema de saúde não pode crescer indefinidamente, sob pena de inviabilizar a economia. É interessante destacar esse antagonismo: a tecnologia do sistema de saúde quando o esforço é baseado em capital faz o produto crescer mais do que quando o esforço é baseado em mão-de-obra, no entanto, o crescimento do produto é mais penalizado quando se usa tecnologia[61]. Para a análise que se segue, de modo semelhante ao que foi discutido no modelo (4), será considerado que B é constante, ou seja, o tamanho da tecnologia do sistema de saúde é dado, muito embora esteja submetido a observação de critérios ou restrições. Com isso, $g_B = 0$.

Agora, a fração do produto por unidade de capital, agora, é dada por:

---

[61] Aqui vale a analogia feita na nota de rodapé n.º 51 na página 69.

$$z^* = \frac{g}{\beta^2} + \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^* + \frac{m(B-1)}{\beta} + \frac{n}{\beta} \qquad \textbf{(5.3)}$$

Se o consumo por unidade de capital aumentar então o produto por unidade de capital deve diminuir, logo $\frac{\partial z^*}{\partial x^*} = \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right) < 0$ e isso só será possível se ocorrer $\alpha > \beta$ (isso justifica o uso dessa informação na equação (5.1)). Nota-se que existe uma relação direta entre z e x, apesar de mantida a hipótese de retorno constante de escala para a função de produção. Agora é necessário determinar x para se conhecer z (ou vice-versa) e usando o fato de $\frac{\dot{x}}{x} = g_X = g_C - g_K$, resulta $\frac{\dot{x}}{x} = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - z + x$. Logo, no *BGP*, $\dot{x} = 0$ chega-se a:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(5.4)}$$

Portanto,

$$z^* = \frac{\varepsilon(g + \beta m(B-1) + \beta n) - (\alpha - \beta)\rho}{\alpha(\beta - \alpha)(1 - \varepsilon)} \qquad \textbf{(5.4a)}$$

e

$$x^* = \frac{(1-\alpha)g + \beta(n(B-1) + n) + \beta^2\rho}{\alpha(\beta - \alpha)(1 - \varepsilon)} \qquad \textbf{(5.4b)}$$

Com isso,

$$g_Y^* = \frac{g + \beta(n(B-1) + n) - \alpha\rho}{(\beta - \alpha)(1 - \varepsilon)} \qquad \textbf{(5.4c)}$$

Para que se tenha crescimento econômico positivo é necessário que $g > \alpha\rho - \beta(n(B-1) + n)$. Comparando essa equação com a equação (3.1.2.7), vai se perceber que a taxa de crescimento dada por (5.4c) é maior, indicando, mais uma vez que a economia com sistema de saúde gera um bem estar social maior[62]. Por outro lado, esse resultado mostra que o nível de tecnologia do sistema de produção é menor quando o sistema de saúde não é

---

[62] Esse argumento será desenvolvido no modelo mais simples (sistema de saúde rudimentar e sem crescimento populacional) e, por transitividade, comparado aos demais modelos intensivos em capital.

rudimentar e quando há crescimento populacional. Lembrando que no modelo (4) obteve-se $g > \beta\rho - \beta\left[n(B-1)+n\right]$, tem-se que

$$\alpha\rho - \beta\left[n(B-1)+n\right] - \left[\beta\rho - \beta\left[n(B-1)+n\right]\right] = (\alpha-\beta)\rho > 0$$

logo, se o sistema de saúde não for rudimentar e houver crescimento populacional, então o nível de tecnologia do setor produtivo é menor quando o esforço do sistema de saúde tem como argumento capital. Assim, esse modelo faz a sociedade atingir um bem estar maior.

Agora, da equação de movimento da fração de capital tem-se que $a_K = 1$ ou

$$a_K^{**} = 1 - \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta\left(n(B-1)+n\right)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) \qquad \textbf{(5.5)}$$

Observe que,

$$\frac{\partial a_K^{**}}{\partial g} = \frac{\alpha(1-\varepsilon)}{m\beta B\left(\beta - \alpha(1-\varepsilon)\right)} > 0$$

Então, o crescimento populacional não influencia nesta taxa de variação da alocação da fração de alocação do capital, mas o nível de tecnologia do sistema de saúde, sim. Quanto maior o nível tecnológico do sistema de saúde, menor a taxa de variação da fração de alocação do capital em relação a tecnologia do sistema produtivo. Para que o sistema de saúde tenha um tamanho viável, deve-se ter:

$$0 < \frac{1}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta\left(n(B-1)+n\right)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) < 1 \qquad \textbf{(5.5a)}$$

Determinando o valor de g na desigualdade acima, obtém-se:

$$\beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n - \frac{mB\left(\beta-\alpha(1-\varepsilon)\right)}{\alpha(1-\varepsilon)}\right] < g < \beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n\right]$$

A amplitude desse intervalo é dada por $\frac{m\beta B\left(\beta-\alpha(1-\varepsilon)\right)}{\alpha(1-\varepsilon)}$, onde, nitidamente, apenas a tecnologia do sistema de saúde influencia (aqui também não há influencia da taxa de crescimento populacional). Observando a relação decorrente de (5.4c), deve-se verificar que

$$g > \max\left[\beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n - \frac{mB\left(\beta-\alpha(1-\varepsilon)\right)}{\alpha}\right), \alpha\rho - \beta\left(m(B-1)+n\right)\right]$$

Basta subtrair esses dois limites para perceber que o máximo é $\alpha\rho-\beta\left(m(B-1)+n\right)$. Mais uma vez, a introdução de nível tecnológico no setor de saúde e o crescimento populacional, não atenuam a limitação da taxa de tecnologia do setor produtivo.

Usando as equações de movimento das variáveis, z, x, a_K, forma-se um sistema de equações diferenciais cujos pontos de equilíbrio estão classificados e comentados a seguir:

a) $(0,0,1)$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$, $(0,0,a_K^{**})$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},a_K^{**}\right)$, $(0,x^{**},1)$, $(0,x^{**},a_K^{*})$, $(z^{**},0,1)$, $(z^{**},0,a_K^{**})$. Nesses pontos a economia é inviável porque não existe produção ou não existe consumo.

b) $(z^{**},x^{**},1)$. Nesse ponto, a economia atinge seus valores ótimos de produção e consumo por unidade de capital, no longo prazo, quando alocar toda mão-de-obra no setor de saúde. De modo igual a que já foi visto, se $a_K = 1$, não deveria haver produto nem consumo, no entanto, existe política que leva a economia para esse ponto porque o mesmo é um ponto de sela, com uma única trajetória viável.

c) (z^{**},x^{**},a_K^{**}). Nesse ponto existe um tamanho ótimo viável para o sistema de saúde e está bem definida a quantidade de produto e consumo por unidade de capital sem que seja necessário alocar todo capital no setor de saúde (como ocorre no ponto b, acima). Trata-se de um ponto de sela com uma única trajetória viável, isto é, existe política capaz de conduzir a economia para esse ponto de equilíbrio.

O consumo *per capita* é dado por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = g_C^* - \left[m(Ba_K - 1) + n\right]$$

ou seja,

$$g_c^* = g_C^* + m - mBa_K - n$$

Manipulações algébricas simples (vide apêndice *C*) mostram

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$

No modelo (4), tanto quanto nos seus casos particulares, notou-se que a taxa de consumo *per capita* não é influenciada pelo crescimento populacional. Das justificativas apresentadas para esse fato, a mais forte é a linearidade da função esforço do sistema de saúde. Aqui, num modelo no qual o sistema de saúde não é rudimentar e existe crescimento tecnológico, usando capital como argumento da função esforço do sistema, observa-se que a taxa de crescimento do consumo *per capita* não sofre qualquer alteração. O fato comum entre essas duas situações é a linearidade da função esforço do sistema de saúde.

Aqui, também, passa-se a flexibilizar as hipóteses sobre crescimento populacional e nível tecnológico do sistema de saúde no intuito de particularizar os resultados. Da mesma forma que foi feito no caso do sistema de saúde intensivo em mão-de-obra serão estudados os seguintes casos:

a) O sistema de saúde não é rudimentar e a taxa de crescimento da população é nula;
b) O sistema de saúde é rudimentar e a taxa de crescimento da população é positiva;
c) O sistema de saúde é rudimentar e a taxa de crescimento da população é nula

5.1. Sistema de saúde não rudimentar sem crescimento populacional

No modelo (5) foi considerado que o sistema de saúde era não rudimentar, ou seja, dispunha de recursos tecnológicos e se suponha que a taxa de crescimento populacional era positiva. Agora, o modelo discutido nesse item vai considerar um sistema de saúde não rudimentar, com a função esforço sendo representada por $b = Ba_K$ e $B > 1$, mas não haverá crescimento populacional. s necessário para que o sistema possa recuperar um número maior de pessoas. Em termos matemáticos a resolução é a mesma do apêndice *C* considerando $n = 0$. Nesse caso, a taxa de variação do preço sombra do trabalho será dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho + m\left[\frac{(\alpha - \beta)(1 - Ba_K) + \beta(B - 1)}{\alpha}\right] \qquad \textbf{(5.1.1)}$$

Pela equação (5.1.1), nota-se que a taxa de variação do preço sombra do trabalho diminui se a fração do capital alocado no sistema de saúde aumentar e/ou se o nível tecnológico do sistema de saúde aumentar, fato já observado no modelo (5). O nível tecnológico do sistema de saúde reduz a taxa de salário porque aumenta a força de trabalho. Novamente, admite-se que $\alpha > \beta$, pois o argumento apresentado no modelo (5) continuará válido aqui, conforme se verá adiante.

A taxa de crescimento do produto é dada por:

$$g_Y = \frac{g}{\beta} + \alpha z - \frac{\alpha}{\beta}x - \frac{\alpha}{\beta}g_B + m(B - 1) \qquad \textbf{(5.1.2)}$$

onde se observa que a taxa de crescimento do produto diminui se a taxa da tecnologia do sistema de saúde aumentar, como se observou no modelo anterior. Cabe lembrar que esse resultado foi obtido independente do tipo de argumento da função esforço do setor de saúde, mas no modelo com capital, o impacto da taxa de crescimento tecnológico do sistema de saúde sobre a taxa de crescimento econômico é elástico. Como, $\frac{\partial g_Y}{\partial g_B} = -\frac{\alpha}{\beta}$, não depende do crescimento populacional, as considerações feitas no modelo (5) continuam válidas aqui (vide página 89), mas é interessante destacar que a tecnologia do sistema de saúde – quando o esforço é baseado em capital – faz o produto crescer mais do que se o esforço fosse baseado em mão-de-obra, no entanto, o crescimento do produto é mais penalizado quando se usa tecnologia. De modo igual ao que foi feito nos modelos anteriores, considera-se B constante, de forma que $g_B = 0$.

O produto por unidade de capital é dado por

$$z^* = \frac{g}{\beta^2} + \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^* + \frac{m(B - 1)}{\beta} \qquad \textbf{(5.1.3)}$$

Note que o fato de $\frac{\partial z^*}{\partial x^*} = \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right) < 0$, ou seja, incrementos na quantidade de consumo por unidade de capital reduz o produto por unidade de capital, impõe $\alpha > \beta$ e que a morbidade reduz o produto, porque diminui a força de trabalho. Agora, para determinar z^* é necessário conhecer o consumo por unidade de capital. Como $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, tem-se $\frac{\dot{x}}{x} = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - z + x$. No *BGP*, $\dot{x} = 0$, resultando em:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(5.1.3a)}$$

Com isso,

$$z^* = \frac{\left(g + m\beta\left(\beta - 1\right)\right)\varepsilon - \left(\alpha - \beta\right)\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha\left(1 - \varepsilon\right)\right)} \qquad \textbf{(5.1.3b)}$$

e a quantidade de consumo por unidade de capital é dada por:

$$x^* = \frac{\left(\varepsilon - \alpha\right)\left(g + m\beta\left(\beta - 1\right)\right) + \beta^2\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha\left(1 - \varepsilon\right)\right)} \qquad \textbf{(5.1.3c)}$$

Utilizando o fato de que $\varepsilon > \alpha$, nota-se que o numerador de (5.1.3c) é positivo, logo isso obriga do denominador também ser, isto é, $\beta > \alpha\left(1 - \varepsilon\right)$ porque a fração de consumo por unidade de capital é positiva. Esse resultado será utilizado, a partir daqui, sem mais nenhuma necessidade de comentário ou demonstração.

Colocando as equações (5.1.3b) e (5.1.3c) em (5.1.2), tem-se, no *BGP*:

$$g_Y^* = \frac{g + \beta m\left(\beta - 1\right) - \alpha\rho}{\left(\beta - \alpha\left(1 - \varepsilon\right)\right)} \qquad \textbf{(5.1.4d)}$$

Essa equação é um caso particular da equação (5.4c) quando a taxa de crescimento populacional é nula. Ratificando o que já foi visto antes: o nível tecnológico do sistema de saúde influencia positivamente a taxa de crescimento do produto. Segue daí que $g > \alpha\rho - \beta m\left(\beta - 1\right)$ é uma condição necessária para que o crescimento do produto seja positivo. Agora, a taxa da tecnologia do setor produtivo é menor quando comparada ao modelo (5), por não ter crescimento populacional. Então, diante dessa nova restrição, o sistema produtivo exige uma taxa de crescimento tecnológico menor. Observe que $g > 0 \Rightarrow 1 \leq B < \frac{\alpha\rho - \beta m}{\beta m}$. Decorre daqui que a taxa de morbidade é um limitador da tecnologia do sistema de saúde não rudimentar. Mais adiante, nos casos estudados a seguir, será investigado se isso permanece quando o sistema de saúde for rudimentar.

Da equação de movimento da fração do capital decorre que, no equilíbrio, $a_K = 1$ ou

$$a_K^{**} = 1 - \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta m(B-1)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) \qquad \textbf{(5.1.5d)}$$

Nota-se, pela expressão acima, que se a taxa de morbidade aumentar então de a_K deverá aumentar, numa nítida relação de que havendo mais doentes será necessário mais capital para tratá-los. Decorre também dessa relação que $\frac{\partial a_K^{**}}{\partial g} = \frac{\alpha(1-\varepsilon)}{m\beta B(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} > 0$, isto é, aumentos na tecnologia do sistema produtivo diminuem a quantidade de capital alocada no sistema produtivo porque aumentam a fração de capital alocada no setor de saúde. Para que (5.1.5d) faça sentido, é preciso ter

$$0 < \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta m(B-1)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) < 1$$

Determinando g na desigualdade acima, tem-se:

$$\beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - \frac{mB(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)}\right] < g < \beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1)\right]$$

Observe que fazendo $n = 0$ em (5.5a), chega-se a esse mesmo resultado. A amplitude do intervalo é dada por $\frac{m\beta B(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)}$ que é o mesmo resultado do modelo (5) porque a taxa de crescimento populacional não influencia na amplitude desse intervalo. Agora, lembrando que $g > \alpha\rho - \beta m(B-1)$, segue que:

$$g > \max\left[\beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - \frac{mB(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)}\right), \alpha\rho - \beta m(B-1)\right]$$

Podem-se usar as equações de movimento das variáveis z, x e a_K, para formar um sistema de equações diferenciais, cujos pontos de equilíbrios são os mesmos obtidos no modelo (5) com a diferença de que, agora, não há crescimento populacional. Os pontos são dados por:

a) $(0,0,1)$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},1\right)$, $(0,0,a_K^{**})$, $\left(0,\frac{\rho}{\varepsilon},a_K^{**}\right)$, $(0,x^{**},1)$, $(0,x^{**},a_K^{*})$, $(z^{**},0,1)$, $(z^{**},0,a_K^{*})$. Conforme visto no modelo (5), nesses pontos não há produto ou consumo, fazendo a economia ser insustentável. Os valores ótimos de z, x e a_K são casos particulares do modelo (5) quando $n = 0$.

b) $(z^{**},x^{**},1)$. Nesse ponto, a economia atinge os valores ótimos de produção e consumo por unidade de capital, no longo prazo, conforme visto no modelo anterior. Mais uma vez, a alocação do capital inteiramente no setor de saúde deveria fazer o produto ser nulo, no entanto, esse registra nível de produção e consumo ótimos. Trata-se de um ponto de sela com uma única trajetória viável, mostrando que a política que conduz a esse ponto não deveria ser adotada.

c) (z^{**},x^{**},a_K^{**}). A diferença entre esse ponto e o anterior é que a economia chega aos valores ótimos sem a necessidade de alocar o capital inteiramente no setor de saúde. Trata-se de um ponto de sela com uma única trajetória viável.

O consumo *per capita* é dado por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = g_C^* - m(Ba_K - 1)$$

ou seja,

$$g_c^* = g_C^* + m - mBa_K$$

Após algumas manipulações algébricas, chega-se a:

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$

Esse resultado se iguala ao resultado obtido no modelo (5) e nos modelos de (4) a (4.3). Novamente, isso não quer dizer que o sistema de saúde é inócuo, porque foi visto que há contribuições do sistema de saúde para o sistema econômico. A leitura que deve ser feita é que existe uma taxa de consumo *per capita* positiva e o grande achado é que a elasticidade do produto tem um papel fundamental na teoria do crescimento econômico, tanto com recursos exauríveis quanto com recursos recuperáveis, como é o caso deste modelo.

5.2 Sistema de saúde rudimentar com crescimento populacional

No modelo (5) foi considerado um sistema de saúde não rudimentar no qual o esforço para recuperar pessoas doentes era baseado na fração do capital alocado no sistema de saúde. Admitiu-se, ainda, haver crescimento populacional natural positivo. O modelo (5.1) tratou o caso quando não havia crescimento populacional. Os resultados apontaram para a sustentabilidade econômica e destacaram a importância do setor de saúde no crescimento econômico. Nesse item será discutido o caso de um sistema de saúde rudimentar e taxa de crescimento populacional $n \neq 0$. Em termos matemáticos, a questão se resume a fazer $B = 1$ nas equações do apêndice C. com isso, a taxa de variação do preço sombra do trabalho, quem tem sido tratada por taxa de salário, passa a ser dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho + \frac{m(\alpha - \beta)(1 - a_K)}{\alpha} - n \qquad \textbf{(5.2.1)}$$

Essa equação mostra que a taxa de crescimento populacional reduz a taxa de salário da mesma forma observada (na mesma intensidade) do modelo (5). A razão, já se sabe, decorre do aumento na oferta de mão-de-obra. Agora, pode-se destacar que a taxa de morbidade aumenta a taxa de salários, admitindo-se que $\alpha > \beta$. Note-se que se a fração do capital, a_K, aumentar então a taxa de salário diminui e que, apenas no longo prazo, quando $a_K = 1$, esse resultado é idêntico ao resultado obtido no modelo (4.2).

A taxa de crescimento do produto é obtida fazendo-se $B = 1$ na equação (5.2) para se obter:

$$g_Y = \frac{g}{\beta} + \alpha z - \frac{\alpha}{\beta} x + n \qquad \textbf{(5.2.2)}$$

A equação (5.2.2) mostra que a taxa de crescimento do produto não é influenciada pela tecnologia do sistema de saúde (o termo g_B não aparece na equação) como ocorreu nos modelos para os quais o sistema de saúde era não rudimentar. O produto por unidade de capital é dado por:

$$z^* = \frac{g}{\beta^2} + \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^* + \frac{n}{\beta} \qquad \textbf{(5.2.3)}$$

que mostra o impacto positivo do crescimento populacional no produto por unidade de capital. Note-se que, a única forma de z^* ser independente de x^* é se ocorrer $\alpha = \beta$, fato que não será possível pelas conclusões anteriores. Assim, aumentos em x^* reduzem z^* e com isso, aqui também, $\alpha > \beta$. A taxa de consumo por unidade de capital é dada por:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(5.2.3a)}$$

Usando as equações de z e x, obtém-se:

$$z^* = \frac{(g + \beta n)\varepsilon - (\alpha - \beta)\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha(1 - \varepsilon)\right)} \qquad \textbf{(5.2.3b)}$$

Como é necessário ter $z^* > 0$, segue que $g > \frac{(\alpha - \beta)\rho}{\varepsilon} - \beta n$. A quantidade de consumo por unidade de capital será dada por:

$$x^* = \frac{(\varepsilon - \alpha)(g + \beta n) + \beta^2\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha(1 - \varepsilon)\right)} \qquad \textbf{(5.2.3b)}$$

Utilizando os valores obtidos para produto e consumo por unidade de capital, determina-se que a taxa de crescimento do produto, a saber:

$$g_Y^* = \frac{g + \beta n - \alpha\rho}{\beta - \alpha(1 - \varepsilon)} \qquad \textbf{(5.2.3d)}$$

Note que, se $n = 0$, a equação (5.2.3d) determinaria a taxa de crescimento do produto de uma economia na qual o sistema de saúde é rudimentar e não há crescimento econômico. Decorre daí, que a taxa de crescimento do produto será positiva se $g > \alpha\rho - \beta n$. Isso, mostra que há uma ampliação no intervalo da tecnologia, ou seja, o limite inferior torna-se menor comparativamente ao caso com taxa de crescimento populacional nula. Isso reforça o sentimento de que aumento da população impõe um nível tecnológico menor porque as pessoas precisam ser empregadas na produção. Agora, pelos resultados obtidos, deve-se ter:

$$g > \max\left(\frac{(\alpha - \beta)\rho}{\varepsilon} - \beta n, \alpha\rho - \beta n \right) = \alpha\rho - \beta n$$

por analogia ao que foi visto nos modelos (5) e (5.1).

Agora, diante de condições que permitem um *BGP*, cabe descobrir os caminhos viáveis. Da equação de movimento de $\dot{a}_K$, decorre que, no equilíbrio, $a_K = 1$, ou

$$a_K^{**} = 1 - \frac{\alpha}{m\beta}\left[\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta n}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} \right]$$

Observe que

$$\frac{\partial a_K^{**}}{\partial g} = \frac{\alpha(1-\varepsilon)}{m\beta(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} > 0$$

Note que essa expressão é um caso particular do resultado obtido em (5.1.5d), quando $B = 1$. Novamente, para que esse ponto faça sentido é preciso que:

$$0 < \frac{\alpha}{m\beta}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta n}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} \right) < 1$$

Agora, determinando o valor de g na desigualdade acima, tem-se:

$$\beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - n - \frac{m(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)} \right] < g < \beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - n \right]$$

A amplitude desse intervalo é $\dfrac{m\left(\beta-\alpha(1-\varepsilon)\right)}{\alpha(1-\varepsilon)}$ que é um caso particular do resultado obtido em (5.1.5d). Nota-se, mais uma vez, que o crescimento populacional não influencia na amplitude do intervalo e ele apenas translada os limites do intervalo tecnológico comparativamente ao caso no qual $n=0$. Pode-se dizer, em resumo, que o crescimento populacional aumenta o produto, mas não atenua a limitação da tecnologia do setor produtivo.

O resultado do item (5.1.4d) mostra que $g>\alpha\rho-\beta m(B-1)$. Comparando o resultado de (5.2.3d), isto é, fazendo $\left(\alpha\rho-\beta m(B-1)\right)-\left(\alpha\rho-\beta n\right)=\beta\left(n-m(B-1)\right)$, a intuição indica que essa expressão é negativa, pelo seguinte: a taxa de crescimento populacional[63] se situa em torno de 2%, $B>1$ e a taxa de morbidade é maior do que a taxa de crescimento populacional (vide nota de rodapé n.º 42 na página 49 para o caso brasileiro). Logo, é muito provável que $n<m(B-1)$ indicando que a presença do crescimento populacional reduz mais o limite da taxa de tecnologia que o nível tecnológico do setor de saúde.

As equações de movimento das variáveis z,x e a_K formam um sistema cujos pontos de equilíbrio são casos particulares dos pontos obtidos no modelo (5). Por essa razão, os comentários sobre o tipo de equilíbrio serão desconsiderados aqui e sugere-se avaliar esses pontos no apêndice C fazendo $B=1$. É importante esclarecer que o fato de o sistema de saúde ser, agora, rudimentar só causa alteração na dimensão dos pontos de equilíbrios e dos autovalores (os sinais permanecem inalterados).

O consumo *per capita* é dado por

$$g_c^*=g_C^*-g_L=\frac{g+\beta n-\alpha\rho}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)}-\left(m(a_K-1)+n\right)$$

ou seja,

$$g_c^*=\frac{g+\beta n-\alpha\rho}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)}+m(1-a_K)-n$$

O apêndice *C* mostra que, admitindo $B=1$, obtém-se:

$$g_c^*=\frac{g+\beta n-\alpha\rho}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)}+\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{\beta\rho-(1-\varepsilon)(g+\beta n)}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)}\right)=\frac{g}{\beta}$$

[63] Romer (1996) usa 2%, o IBGE (2000) calculou a taxa de crescimento da população brasileira em 1,6%.

O crescimento populacional não afeta a taxa de crescimento do consumo *per capita*, a exemplo do que se viu no modelo, nem mesmo se o sistema de saúde for rudimentar. Mais uma vez, este resultado pode induzir ao sentimento de que se não há alteração na riqueza individual, então o sistema de saúde não seria essencial à economia. Essa idéia deve ser descartada porque a presença do sistema de saúde tem aspectos sociais importantes e se verificou que o produto agregado é maior com o sistema de saúde.

5.3 Sistema de saúde rudimentar e crescimento populacional nulo

Nesse item é discutido as questões relacionadas a uma economia sem crescimento populacional e com um sistema de saúde rudimentar. Esse modelo, assim como ocorreu com o modelo (4.3), é o mais simples dos modelos que consideram a função esforço do sistema de saúde baseada intensiva em capital. Os resultados aqui obtidos serão particularidades do modelo (5). O planejador social irá resolver o problema de maximização constante no apêndice C considerando, agora, $B=1$ e $n=0$. Com isso, de variação do preço sombra do trabalho é dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho + \frac{m(\alpha-\beta)(1-a_K)}{\alpha} \tag{5.3.1}$$

onde, se vê que a taxa de variação do preço sombra do trabalho diminui se a fração do capital alocado no sistema de saúde aumentar. Mais ainda, essa taxa de variação seria igual a taxa de impaciência. Note que, se $a_k = 1$, o resultado obtido em (5.3.1) seria igual ao resultado obtido em (4.3.1), ou seja, a variação do preço sombra do trabalho é maior quando se aloca capital no sistema de saúde. Como o sistema de saúde é rudimentar, a taxa de morbidade aumenta a taxa de variação do preço sombra do trabalho porque aumenta o número de doentes, reduzindo a força de trabalho. O impacto da morbidade nesse modelo é mais suave quando comparado aos modelos intensivos em mão-de-obra. Note-se, também, que o efeito da morbidade sobre a taxa de salário depende, somente, das elasticidades e da fração do capital, a_K, quando sistema de saúde é rudimentar[64]. Mais uma vez, essa afirmação considera $\alpha > \beta$, baseado em argumentos já discutido nos modelos mais sofisticados que esse.

---

[64] Quando o sistema de saúde era não rudimentar a taxa de salário dependia também do nível tecnológico do sistema de saúde.

A taxa de crescimento do produto é, agora, dada por:

$$g_Y = \frac{g}{\beta} + \alpha z - \frac{\alpha}{\beta} x \qquad \textbf{(5.3.2)}$$

Cabe lembrar que nos modelos com argumento em mão-de-obra, a hipótese de retorno constante de escala fez o consumo por unidade de capital ter coeficiente igual a um na equação da taxa de crescimento do produto. Assim, um aumento no consumo reduzia, na mesma proporção, a taxa de crescimento do produto e agora isso não ocorre, pois $\frac{\partial g_Y}{\partial x} = -\frac{\alpha}{\beta}$, ou seja, agora o efeito do consumo sobre o produto é elástico pelo fato de $\alpha > \beta$. Note que esse resultado foi obtido em todos os demais modelos que trataram o sistema de saúde intensivo em capital e que o resultado independe se o sistema de saúde é rudimentar ou não e se a economia tem crescimento populacional ou não.

Visto que, as taxas de crescimento de z e x são dadas, respectivamente, por $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, pode-se escrever:

$$\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K = \frac{g}{\beta} - (1-\alpha)z + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x$$

No *BGP*, $\dot{z} = 0$, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\beta^2} + \frac{1}{\beta}\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^* \qquad \textbf{(5.3.3)}$$

Pela equação (5.3.3) se observa que z^* depende de x^*, como ocorreu nos demais modelos de (5) a (5.2), e esse fato não foi observado nos modelos que usaram a_L como argumento da função esforço do sistema de saúde. O consumo por unidade de capital é dado por

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(5.3.3a)}$$

Nota-se que, mesmo nesse modelo simples, deve ser observado $\alpha < \varepsilon$ porque incrementos no produto correspondem a incrementos no consumo. Das equações z^* e x^*, decorre que:

$$z^* = \frac{g\varepsilon - (\alpha - \beta)\rho}{\alpha(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} \qquad \textbf{(5.3.3b)}$$

O fato de $z^* > 0$, impõe $g > \frac{(\alpha-\beta)\rho}{\varepsilon}$ (a seguir se justifica que o denominador de (5.3.3b) é positivo) e esse valor é positivo pelo fato de $\alpha > \beta$. Agora, substituindo (5.3.3b) em (5.3.3a), a razão consumo-capital será dada por:

$$x^* = \frac{(\varepsilon - \alpha)g + \beta^2\rho}{\alpha(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} \qquad \textbf{(5.3.3c)}$$

Como $\alpha < \varepsilon$, o numerador de (5.3.3c) é positivo, o denominador também será, ou seja, $\beta > \alpha(1-\varepsilon)$. Agora, colocando os resultados de (5.3.3c) e (5.3.3b) em (5.3.2) e arrumando os termos, obtém-se:

$$g_Y^* = \frac{g - \alpha\rho}{(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} \qquad \textbf{(5.3.4)}$$

Portanto, $g > \alpha\rho$ é uma condição necessária para que o produto cresça a uma taxa positiva. É interessante observar a simetria em relação aos modelos intensivos em mão-de-obra, onde uma das condições obtidas foi $g > \beta\rho$. Agora, com base no resultado obtido em (3.6.6), deve-se observar que $g > \max\left(\alpha\rho, \frac{\rho(\alpha-\beta)}{\varepsilon}\right)$. Deve-se observar que $\max\left(\alpha\rho, \frac{\rho(\alpha-\beta)}{\varepsilon}\right) = \alpha\rho$, pois $\frac{\rho(\alpha-\beta)}{\varepsilon} - \alpha\rho < 0$ (se ocorresse o contrário então $\beta < \alpha(1-\varepsilon)$, contradizendo o resultado em (5.3.3c).

Observe que a taxa de crescimento obtida acima é maior do que a taxa de crescimento dada por **(**3.1.9**),** onde não havia sistema de saúde. Isso pode ser visto fazendo

$$\frac{g - \alpha\rho}{(\beta - \alpha(1-\varepsilon))} - \frac{g}{\beta} + m = \frac{\beta(g - \alpha\rho) - g(\beta - \alpha(1-\varepsilon)) + m\beta(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\beta(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}$$

Usando o fato de que $g > \alpha\rho$, logo, existe uma constante positiva, R, tal que $g = \alpha\rho + R$ ou $\alpha\rho = g - R$. Substituindo $\alpha\rho$, que aparece no numerador da expressão acima, por $\alpha\rho = g - R$, obtém-se $\alpha g(1-\varepsilon) + m\beta(\beta - \alpha(1-\varepsilon)) + \beta R > 0$. Portanto, uma economia com sistema de saúde, mesmo rudimentar, é melhor do que uma economia sem sistema de saúde e com morbidade. Agora, por transitividade, pode-se inferir que esse resultado permanece válido se for estendido aos demais modelos intensivos em capital.

A comparação direta entre o sistema intensivo em mão-de-obra e o sistema intensivo em capital requer mais atenção porque o nível de tecnologia difere em cada caso. Subtraindo a equação dada por (4.4.5) da equação (5.3.4), obtém-se:

$$\frac{g-\alpha\rho}{(\beta-\alpha(1-\varepsilon))} - \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{\rho}{\varepsilon} = \frac{(\alpha-\beta)(g(1-\varepsilon)-\beta\rho)}{\beta\varepsilon(\beta-\alpha(1-\varepsilon))}$$

Cujo sinal vai depender do nível de tecnologia. Se for observado o resultado obtido em (4.4.5), essa expressão seria negativa e o sistema rudimentar sem crescimento populacional intensivo em trabalho é melhor do seu análogo intensivo em capital.

Dado que existem condições que levam a economia para um *BGP*, o objetivo agora é identificar qual seria essa trajetória. Usando a equação de movimento da fração de capital tem-se que, no equilíbrio, $a_K = 1$ ou

$$a_K = 1 - \frac{\alpha}{m\beta}\left(\frac{\beta\rho-(1-\varepsilon)g}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)}\right)$$

Observe que

$$\frac{\partial a_K^*}{\partial g} = \frac{\alpha(1-\varepsilon)}{m\beta(\beta-\alpha(1-\varepsilon))} > 0$$

A taxa de variação da fração de alocação do capital em relação a taxa de crescimento tecnológico do setor produtivo é a mesma obtida no modelo (5.2) que considerava um sistema de saúde rudimentar com crescimento populacional não nulo. Isto significa que aumento na taxa de tecnologia do sistema produtivo vai aumentar a alocação de capital no sistema de saúde e, em contrapartida, vai reduzir a fração de capital alocado no sistema de produção. Destaque-se agora, que para esse ponto tenha significado econômico é necessário e suficiente que $0 < a_K < 1$. Com isso,

$$0 < \frac{1}{m\beta}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) < 1$$

Determinando a taxa de crescimento tecnológico, g, na desigualdade acima, tem-se:

$$\beta\left(\frac{\rho - m(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{1-\varepsilon}\right) < g < \frac{\beta\rho}{1-\varepsilon}$$

Observe que o limite superior para a taxa de crescimento tecnológico é o mesmo obtido no modelo onde o esforço do sistema de saúde era dado por $b = a_L$, ou seja, quando o sistema de saúde dependia apenas da alocação da mão-de-obra no setor de saúde. A amplitude desse intervalo é $\frac{m\beta(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{1-\varepsilon}$, que é um resultado obtido nos modelos anteriores. Deve-se lembrar que, de (5.3.4) resulta $g > \alpha\rho$ e mais uma vez chega-se a $g > \max\left(\frac{\beta(\rho - m(\beta - \alpha(1-\varepsilon)))}{1-\varepsilon}, \alpha\rho\right)$. Agora, se $\rho > m\beta$ então $\beta\left(\frac{\rho - m(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{1-\varepsilon}\right) > \alpha\rho$

As equações de movimento das variáveis $\dot{z}, \dot{x}$ e $\dot{a}_K$ formam um sistema cujos pontos de equilíbrio são particularidades do modelo expresso discutido no item (5) e por isso deixarão de ser comentados. Reserva-se ao apêndice C a dedução matemática desses pontos que podem ser obtidos fazendo $B = 1$ e $n = 0$, em todas as equações constantes do referido apêndice.

Um referencial para verificar a sustentabilidade é a taxa de consumo *per capita*. Para ver isso basta lembrar que

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g - \alpha\rho}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} - m(a_K - 1)$$

ou seja,

$$g_c^* = \frac{g - \alpha\rho}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} + m(1 - a_K)$$

Manipulações algébricas mostram que:

$$g_c^* = \frac{g - \alpha\rho}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} + \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$

Este resultado é idêntico aos resultados obtidos em todos os modelos que trataram o sistema de saúde intensivo tanto em capital quanto em mão-de-obra. O que se deduz é que se o sistema de saúde for rudimentar ou não, não faz qualquer diferença entre usar mão-de-obra ou capital como argumento da função esforço do sistema de saúde para alterar a taxa de crescimento da riqueza individual. Isto quer dizer que a economia não enxerga qualquer diferença entre usar mão-de-obra ou capital para computar a taxa de crescimento do consumo *per capita*. Mais uma vez, a linearidade da função esforço do sistema de saúde, a forma analítica da função de produção e a hipótese de retorno constante de escala contribuíram para esse resultado.

5.4 Resumo dos modelos intensivos em capital

Ao longo de quatro modelos, o argumento da função esforço do sistema de saúde foi baseado na alocação do capital. Alternativamente, foi considerado um sistema de saúde rudimentar e um sistema de saúde com mais recursos tecnológicos, crescimento populacional nulo ou não. Em todos os modelos se percebe que a presença do sistema de saúde torna a economia mais rica (produto e consumo agregados são maiores) quando comparada a uma economia sem sistema de saúde, embora a riqueza individual seja a mesma em todas as situações analisadas. O nível tecnológico do sistema de saúde aumenta produto, amplia o intervalo da tecnologia do setor produtivo e afeta a taxa de salários. Nota-se que essa variável é suficientemente importante para merecer estudos mais aprofundados.

Em todos os modelos, os sistemas de equações diferenciais deduzidos das equações de movimento de z, x e a_K mostraram alguns pontos de equilíbrios sem interpretação econômica. Nesses pontos não existe produto ou consumo, fazendo a economia ser inviável. O que se observou nos quatro modelos discutidos é que a economia é viável e que existem políticas para conduzir a economia para os pontos de equilíbrio com interpretação econômica. O fato de não haver alterações na taxa de crescimento do consumo *per capita*, não significa que o sistema de saúde é desprezível porque, como foi visto, o sistema de saúde tem impacto na qualidade de vida das pessoas, fazendo com que o produto agregado seja maior quando comparado a uma economia sem sistema de saúde e com morbidade. O fato de se ter a mesma taxa de consumo *per capita* nos modelos estudados, se deve ao fato de a função esforço do sistema de saúde ser linear.

6 Conclusões

O trabalho traz dois modelos, subdivididos em casos particulares, para discutiu o impacto que o sistema de saúde causa no crescimento econômico. Isso foi feito dividindo-se a economia em dois setores: o setor produtivo e o setor de saúde[65]. Os modelos desenvolvidos seguiram a ótica de um planejador social, que no uso de suas atribuições poderia alocar as frações de capital e trabalho em ambos os setores, por decreto, ou por um critério técnico (tal como a minimização dos custos de cada insumo), mas o fez mediante a busca da maximização da utilidade social e foi desse contexto que saíram os diversos resultados relacionados com o tamanho ótimo para o sistema de saúde, as relações entre os parâmetros do modelo para dar sustentabilidade à economia, os caminhos para se chegar a regra de Hotelling, fundamentalmente obtida nos modelos de crescimento econômico com recursos exauríveis.

O primeiro dos resultados vem da taxa de variação do preço sombra do trabalho. Nos modelos intensivos em mão-de-obra**,** a taxa de variação do preço sombra do trabalho tinha relação direta com a taxa de impaciência (taxa de juros). Esse resultado tem um caráter prático bastante forte porque valoriza a mão-de-obra qualificada. Nos modelos baseados em capital, além da taxa de impaciência, a fração de alocação do capital e a taxa de morbidade são fatores que influenciam na variação do preço sombra do trabalho. Esses resultados foram intensificados com a inserção do crescimento populacional e do nível tecnológico do sistema de saúde. No entanto, vale ressaltar que a inserção de um nível tecnológico no sistema de saúde, $B > 1$, e de uma taxa positiva para o crescimento populacional, não alteraram a taxa de crescimento do consumo *per capita*, ou seja, chama a atenção o fato de $g_c = \dfrac{g}{\beta} = \dfrac{g}{1-\alpha}$ quando existe ou não um sistema de saúde. É preciso ver esse resultado com uma confirmação de que a sustentabilidade do sistema econômico, a exemplo dos modelos com recursos exauríveis (Stiglitz, 1973), depende da elasticidade do produto.

Um fato que merece ser mais detalhadamente investigado, que será objeto de estudos empíricos, é definir uma forma analítica para a função de produção do setor de saúde. É preciso ter cuidado ao se considerar $Y_S = F(K_S, L_s) = AK_S^{\overline{\alpha}} L_S^{\overline{\beta}}$, porque a hipótese comum de que $\overline{\alpha}, \overline{\beta} < 1$ faz a produção cair se estes parâmetros crescerem. As intuição pode indicar que

[65] Ao longo do texto o setor produtivo e o setor de saúde foram tratados como sistema produtivo e sistema de saúde.

a função de produção do setor de saúde seja do tipo proporções fixas, com algum nível de substitutibilidade entre os insumos. Outro fator preponderante é que não há nenhuma razão plausível para aceitar retornos constantes de escala. Pelo contrário, as pesquisas com células-tronco conduzem à intuição de retornos crescentes. Outra questão que reforça a insegurança em afirmar que a função de produção do sistema de saúde é do tipo Cobb-Douglas está associada com a essencialidade do insumo discutida no texto (Dasgupta e Heal, 2001, p. 198). Claramente, doentes formam a matéria prima de um sistema de saúde curativo, mas não necessariamente num sistema preventivo. Portanto, o produto do sistema de saúde depende de capital, mão-de-obra, de doentes e do arranjo dessas variáveis que estão inseridas na função esforço.

Cabe destacar que o produto do sistema de saúde é, de fato, uma variável aleatória, assim como é qualquer sistema produtivo, ou seja, nada garante que a produção de uma indústria, se mantenha constante ao longo de um mês por conta da incerteza (falta de energia, a matéria prima pode ser insuficiente, pode ocorrer alagamentos, greves, etc.), que afeta a produção. No caso do sistema de saúde essa incerteza está presente, também, pela aleatoriedade da doença tanto quanto o resultado de um procedimento médico.

Portanto, para todos os fins, o esforço realizado pelo sistema de saúde (envolvendo alta tecnologia, mão-de-obra especializada, drogas, etc.) gera um número qualquer, em cada instante, no intervalo $[0, M]$, sendo M a quantidade de doentes (para efeitos empíricos, pode-se trabalhar com a média). Logo, conhecer função de produção do setor de saúde tem uma forte associação com o conhecimento da distribuição de probabilidade dos *recuperados* ou do número de óbitos[66]. Com isso, a equação de movimento da população seria dada por $\dot{L} = \theta mL - mL = -(1-\theta)mL$, onde θ é uma variável aleatória. Sob a hipótese de que não há formação de estoque no sistema pode-se pensar, erroneamente, que θ tem distribuição de Bernoulli, assumindo valores 0 e 1 com probabilidade p e $(1-p)$, respectivamente[67], quando, na verdade, θ assume qualquer valor no intervalo $[0,1]$. Observe que isso abre a possibilidade de se estudar o sistema de saúde do ponto de vista da programação dinâmica.

---

[66] O DATASUS, exemplo, registra o número de atendimentos ambulatoriais, número de internações e a quantidade de óbitos por CID, registrados no setor público. Pode-se criar uma *Proxy* para representar o número de recuperados e daí avaliar a distribuição de probabilidade. No entanto, isso não será feito aqui.

[67] Suponha que a população tenha 100 indivíduos e que 10 adoecem e entram no sistema de saúde. Podem sair os 10, nenhum ou pode sair qualquer valor entre 0 e 10. O fato do sistema não ter estoque não quer dizer que todos sobrevivem ou todos morrem.

No caso específico de modelo para o sistema de saúde, pode-se usar uma distribuição de probabilidade de Poisson (a variável aleatória representava a quantidade de pessoas recuperadas em cada instante de tempo), mas a distribuição de probabilidade da mortalidade (sobrevivência) das pessoas é fruto de hipóteses assumidas e perfeitamente adaptáveis, dada a situação. Por exemplo, Hall e Jones (2006, p. 8), admitem que a taxa de mortalidade do indivíduo é o inverso do seu *status* de saúde. Um modelo com essa característica pode ser usado para estudar o impacto da *AIDS* nos países africanos, por exemplo, como uma verificação empírica do trabalho de Ainsworth e Over (1993).

Gupta e Varga (2002, p. 95) destacam várias "leis de mortalidade" propostas por Moivre (1729), Gompertz (1825) e Makeham (1860), que são usados na área de demografia e há uma variedade muito grande de modelos que tratam de mortalidade[68]. Além dos relacionados acima, Gupta e Varga (2002) ainda citam: Thiele (1872), Wittstein (1883), Perks (1932), Weibull (1951), Beard (1963), Heligman e Pollard (1980), Coale e Kisker (1990), Himes, Preston e Condran (1993).

Ressalte-se que os modelos acima citados são criticados pelo fato das distribuições de probabilidade para mortalidade (sobrevivência), apresentarem alguma dificuldade de manipulação algébrica. Como alternativa, em Atuária, utiliza-se as chamadas tabelas de mortalidade (também conhecidas como tabelas de vida). Vilanova (1969, p. 19) considera a taxa de mortalidade distribuída uniformemente no intervalo [t, t+1] e se essa hipótese fosse admitida aqui então θ com distribuição uniforme em $[0,1]$, resulta $E(\theta) = \frac{1}{2}$. Pode-se, também, considerar que a taxa de morbidade é gaussiana[69].

De uma forma simplista o sistema de saúde pode ser classificado como ineficiente, eficiente ou super eficiente se a fração de recuperados for menor, igual ou maior do que um[70], respectivamente. Assim, há duas formas de abordagem, a saber:

---

[68] Para mais detalhes vide Franco, Oliveira e Albuquerque (2006, p. 3).

[69] Em Freitas (2002, p. 59) demonstra-se que a morbidade (exceto causas externas) segue uma distribuição normal.

[70] Cabe ressaltar que a idéia de um sistema de saúde super eficiente é fortemente corroborada pelo avanço tecnológico atual do sistema de saúde que transforma indivíduos com limitações físicas – diabéticos, cegos, amputados, etc. – em indivíduos capazes através de transplantes de órgãos ou procedimento cirúrgico. Nesse modelo, será descartada, por simplicidade, a hipótese de super eficiência do sistema de saúde, mas essa consideração não proíbe que se analise o comportamento da economia em tal situação.

1) A quantidade de pessoas que entram no sistema de saúde é $M = mL$. Como existe uma taxa de mortalidade, ϕ, a quantidade de pessoas que voltará a compor a força de trabalho é $L_b = mL - \phi mL = (1-\phi)mL$. Se $\phi = 0$, o sistema é eficiente (todos voltam) e se $\phi = 1$, o sistema é ineficiente (todos morrem);
2) Outra forma de analisar a questão é considerar uma taxa de recuperação de doentes, θ, de modo que o total de pessoas recuperadas seja dado por $L_b = \theta M = \theta mL$. Se $\theta = 0$, o sistema é ineficiente (ninguém volta para a população) e se $\theta = 1$ o sistema é eficiente, todos os doentes foram recuperados. Note que, essa taxa de recuperação é simplesmente a fração de pessoas vivas, isto é, $\theta = 1 - \phi$.

Voltando a tratar dos modelos apresentados nesse trabalho, deve-se lembrar que foram apresentados pontos de equilíbrio alguns dos quais sem interpretação econômica. Nesses pontos não havia produto ou consumo, mas alguns apresentavam política econômica que não devem ser implantadas sob pena de inviabilizar o sistema econômico.

Cabe, ressaltar que não se pode exigir desses modelos resultados similares aos modelos de crescimento com recursos exauríveis porque, apesar da morbidade atuar como taxa de extração, o recurso extraído é recuperado e devolvido ao sistema produtivo. Isso é um fato que merece mais investigação (até que ponto reciclar vai afetar o crescimento econômico?).

Dentre os modelos nota-se a ausência de duas importantes considerações:

1) Poderia ter sido proposto um modelo onde o esforço do sistema de saúde usasse conjuntamente mão-de-obra e capital, no entanto, ao se escrever $b = Ba_K a_L$, por exemplo, está se admitindo uma função do tipo Cobb-Douglas, com retornos crescentes e elasticidades unitárias. Pelo que foi dito anteriormente, não há certeza de que essa seja a forma analítica da função esforço do sistema de saúde e esse fato vai servir para futuros trabalhos empíricos.
2) A endogenização da tecnologia tem sido tratada em diversos trabalhos (Romer, 1990; Jones, 1995, Barbier, 1999) e precisa ser feita, também, como extensão desse trabalho, para o sistema de saúde. Nesse trabalho sugeriu-se o esboço de um modelo para tratar desse aspecto com a seguinte linha de pensamento:

$$\max_{c, a_K, A} \int_0^\infty U(C) e^{-\rho t} dt, \rho > 0$$

sujeito às restrições

$$\dot{K} = I = Y - C$$

$$\dot{L} = mL(b - 1)$$

$$\dot{A} = \sigma L_A A$$

$$Y = F(K, L) = A\left[(1 - a_K)K\right]^{\alpha} L^{\beta}$$

onde σ é o parâmetro de pesquisa e desenvolvimento, L_A é a quantidade de trabalhadores devotados a *P&D*. Esse modelo tem um grau de dificuldade maior do que os apresentados, pelo seguinte:

a) Romer (1990), Barbier (1999), dentre outros, consideram o capital humano total será dividido em duas frações: uma fração será alocada no setor de produção e outra fração irá para o setor de P&D. Considerando o sistema de saúde, não está claro, ainda, se é mais conveniente ter três setores – produção, saúde e P&D – e, neste caso, a parte matemática fica bastante complexa, ou se o setor de P&D está inserido no setor de produção (o setor de produção gera bens e tecnologia para o setor de saúde);
b) A morbidade atua sobre a população total ou as pessoas do setor P&D não adoecem?

Há uma necessidade de formatar melhor as hipóteses relacionadas com a endogenização da tecnologia, por isso esse modelo não será apresentado aqui e ficará como objeto de estudo futuro. Da mesma forma, há uma necessidade de se avaliar conjuntamente do sistema de saúde sobre o crescimento econômico quando se combina capital e trabalho, mesmo que se utilizando uma função $F(K, L)$, mas antes é necessário especificar formalmente alguns pontos primordiais como os que foram citados acima.

A análise do impacto do sistema de saúde sobre o crescimento econômico trouxe alguns indicativos que servirão como objetos de referência de pesquisas futuras, dentre os quais, o efeito negativo da tecnologia do sistema de saúde sobre a taxa de crescimento do produto, nos modelos apresentados.

Os pontos de equilíbrio mostram que a dinâmica dos modelos não é elementar. Nos modelos cujo esforço era baseado em mão-de-obra, foram obtidos oito pontos de equilíbrios, enquanto nos modelos com capital, foram obtidos dez pontos, mostrando que a dinâmica é muito complexa. Obviamente, nem todos os pontos mostraram interesse econômico, mas nem por isso devem ser abandonados porque alguns deles mostraram a política que deve evitada e não a política que deve ser implantada.

É notório que as discussões sobre o assunto não se encerram aqui. Uma grande necessidade será discutir a função de produção do sistema de saúde, tanto quanto o que as políticas públicas pretendem ofertar: se um sistema de saúde que se preocupa com a doença – onde o doente é essencial – ou um sistema de saúde que se preocupa com a saúde, onde o doente não é essencial porque a preocupação é minimizar as doenças.

Fica registrada a necessidade de aprofundar as discussões sobre o impacto da tecnologia do sistema de saúde sobre o crescimento econômico. Essa variável tem contribuído de forma relevante para a melhoria da qualidade de vida das pessoas, aumentando a expectativa de vida.

7 Referências

AGHION, P.; HOWITT, P. A model of Growth through Creative Destruction. **Econometric,** 60 (march) 323 – 51, 1992.

______. **Endogenous Growth Theory.** Cambridge: MIT Press, 1998.

AGUAYO-RICO, Andrés et al. Empirical Evidence of the Impact of the Health on Economic Growth. **Issues Political Economic**, v.3, Aug. 2005.

AINSWORTH, Martha; OVER, Mead. 1993. AIDS and African development. **World Bank Research Observer,** v.9, n. 2, p. 203-30,

ANGELL, Marcia. A Verdade sobre Laboratórios Farmacêuticos. São Paulo, Record, 2007, p. 322

ARROW, K., Uncertainty and the welfare economics of medical care. **American Economic Review,** n. 53, 1963.

______. The Economic Implications of Learning By Doing. **Review of Economic Studies**, Jun. 1962.

ARRUDA, Adriana, STAMFORD DA SILVA, Alexandre., RAMOS, Francisco de Souza. Um Jogo de Sinalização no Mercado de Saúde. **Revista Textos Econômicos**, **PET – ECONOMIA**, UFPE, 2003.

BANCO MUNDIAL. Relatório sobre o desenvolvimento Mundial, 1993: Investindo em Saúde. **Fundação Getúlio Vargas.** Rio de Janeiro.

BARBIER, Edward B. Endogenous Growth and Natural Resources Scarcity. **Environmental and Resources Economics.** 13: 51 – 73, 1999.

BARCELOS DA COSTA, Achyles. O Desenvolvimento Econômico na visão de Joseph Schumpeter. **Instituto Humanitas Unisinos,** São Leopoldo, RS, v.3, n. 37, 2006, 22 p.

BARROS, Maria Elizabeth, PIOLA, Sérgio Francisco; VIANNA, Sólon Magalhães. **Políticas de Saúde para o Brasil:** diagnósticos e perspectivas. Brasília, DF: IPEA, 1996, Texto para discussão, n. 301.

BARRO, Robert J., SALA-I-MARTIN, Xavier. Economic Growth. 2ª Ed. MIT, London, 2004.

BARRO, R. J. A Reformulation of the Economic Theory of Fertility. **Quartely Journal Economics**, v. 103, n. 1, p. 2-25, 1988

BASSANEZI, R.C, FERREIRA Jr., Wilson C. Equações Diferenciais com Aplicações. Harbra, 1998, São Paulo

BECKER, Gary S. **An Economic Analisys of Fertility**: In: National Bureau of Economic Research (ed) Demographic Economic Change in Devevolped Countries. Princeton: Princeton University Press, 1960. p. 209-231

______. A Theorical Analisys. **The Journal of Political Economy**. v. 70, n. 5, p. 9-39, Oct. 1962. Part 2: Investiment in Humans Begins (Oct 1962) p. 9 – 39.

BLOOM, David E.; CANNING, David. **Health and Economic Growth:** Recociling Micro and Macro Evidences. Havard School of Publi Health, Fev/2005.

BOTSARIS, Alex. Sem Anestesia, o desabafo de um médico: os bastidores de uma medicina cada vez mais distante e cruel. Rio de Janeiro, Objetiva, 2001. 322 p.

CARRARO, André; FONSECA, Pedro César Dutra da. **O desenvolvimento Econômico no Primeiro Governo Vargas (1930-1935).** Estudos da CEPE, UNISCA, V. 19, p. 77-89, 2003.

CHIANG, Alpha C. **Elements of Dynamic Optimization.** McGraw-Hill, 1992

CHILARESCU, Constantin. An Analytical Solutions for a model of endogenous growth. **Economic Modelling.** 25, 2008, 1175 – 1182.

CLARK, Colin W. Mathematical Bioeconomics: Optimal Management of Renewable Resources. 2. ed. Jonh Wiley & Sons, Inc, 1990.

DASGUPTA, P.S., HEAL, G.M. Economic Theory and Exhaustible Resources. Cambrige University Press. New York, 2001.

DATASUS. www.datasus.gov.br. Acesso em 25/10/2008.

DINOPOULOS, Elias, THOMPSON, Peter. Scale Effects in Schumpeterian Models of Economic Growth. **Journal of Evolutionary Economics**, vol 9, Issue 2, may 1998.

______. Schumpeterian Growth without Scale Effects. **Journal of Economic Growth**. 3: 313 – 335, December, 1998.

DUARTE DE ARAÚJO, José. O Custo da doença: revisão literária. **Revista de Saúde Pública**. v. 9, n. 2, jun. 1975.

ELÍASSON, Lúdvik, TURNOVSKY, Stephen. Renewable resources in na Endogenously growing economy: balancead growth and transitional dynamics. **Journal of Environmental Economics and Management.** 48(2004): 1018 – 1049.

FRANCO, Jorcely Victório, OLIVEIRA, Juarez de Castro; ALBUQUERQUE, Fernando R. P de C e. Utilização de Modelos para Estimar Mortalidade Brasileira nas idades Avançadas. In: ENCONTRO DE ESTUDOS POPULACIONAIS,15, 2006, ABEP, 2006.

FREITAS, Maurício Assuero Lima de. Viabilidade Econômica e Eficiência do Sistema de Saúde: O caso do pólo médico da cidade do Recife**.** Dissertação de Mestrado. PIMES/UFPE, 2002.

FONSECA, Daniel Almeida, OREIRO, José Luiz. Convergência e Divergência nos níveis de renda per capita: uma crítica à aplicabilidade dos modelos neoclássicos de crescimento econômico. **Economia, Curitiba, v. 30,** n 2 (28) p 7 – 34, jul/dez, 2004.

GOLDBARG, Marco César e LUNA, Henrique P.L. Otimização Combinatória e e Programação Linear: Modelos e Algoritmos. Campus. Rio de Janeiro, 2000. 649 p.

GROSSMAN, Michael. On the concept of Health Capital and the Demand for Health Care. **Journal of Political Economic,** v. 80, n. , p. 223-35, mar. 1972

GROSSMAN, G.M.; HELPMAN, E. Endogenous innovation in the theory of growth. **Journal Economics of Perspectives.** n.8, p. 23-33, 1993.

GROTH, Cristihian. Can non-renewable resources alleviate the knife-edge character of endogenous growth? **Oxford Economic Papers,** Local, v. 53, p. 386-311, 2002.

______. Strictly Endogenous Growth with Non-renewable Resources implies an Unbouded Growth Rate. **Institute of Economics, University of Copenhagen**, 2003.

GUPTA, A.K; VARGA, T. **An Introducition to Actuarial Mathematics.** Kluwer Academic Publishers, 2002.

HARTZ, Zulmira Maria de Araújo. Avaliação dos programas e saúde: perspectivas teórico metodológicas e políticas institucionais. **Ciência e Saúde Coletiva.** 3(2): 331 – 53, 1999

HALL, ROBERT E; JONES, CHARLES I. The Value of Life and Rise in Health Spending. **Quarterly Journal of Economic**, v. 39, n. 33, Feb. 2007.

HOWITT, Peter. Health, Human Capital and Economic Growth**:** a Schumpeterian perspective. Brown University, Feb. 2005.

IBGE. www.ibge.gov.br. Acesso em 25/10/2008.

JONES, Charles I. R & D Basead Models of Economic Growth. **Jounal of Political Economy,** vol 103, n.º 4 (aug), 1995, pp 759 – 7 84

______. Growht with or without scales effects? **Stanford University**, dec 1998, 14 pp.

KORTUM, Samuel S., Research, Patenting, and Technological Change. ***Econometrica***, 1997, *65* (6), 1389 - 1419.

KRAUTKRAEMER, Jeffrey A. Nonrenewable resources Scarcity. **Journal of Economic Literature.** Vol XXXVI (December 1998), pp. 2065 - 2107

LIMA DE MORAES, Danielle Serra e JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação dos Recursos Hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública,** 2002; 36(3) 370 – 3

MALTHUS, Thomas R. Princípios de Economia Política: Ensaio sobre a população. Nova Fronteira: Os Economistas, São Paulo, 1998.

MANKIW, N.G., ROMER, D., WEIL, David N. A Contribution to the empirics of economic growth. **The Quartely Journal of Economic.** Vol 107, n.º 2 (may, 1992): 407 – 437

MARINHO, Alexandre. Estudo de Eficiência em Hospitais Públicos e Privados com a Geração de Rankings, IPEA, 1998

MÁRQUEZ, J. AZNAR, RUIZ-TAMARIT, J.R. Renewable Natural Resources and Endogenous Growth. **Macroenconomic Dynamics.** 9, 2005, 170 – 197.

MAYER, D. , H. Mora, R. Cermeño and S. Duryeau. 2000. Salud, Crecimiento y Distribución en Latinoamérica y el Caribe: Un Estudio de Determinantes y Comportamiento Regional y Local. *Documentos Técnicos - Investigaciones en Salud Pública*, Panamerican Health Organization

MELAMED, Clarice e COSTA, Nilton do Rosário. Inovações no Financiamento Federal à Atenção Básica. **Ciência e Saúde Coletiva.** 8(2): 393 – 301, 2003

MONHEIT, A.C e VISTNES, J.P. The demand for dependent health insurance: How important is the cost of family coverage? **Journal of Health Economics.** 23(2005), 1108 - 1131

MUSKHIN, S.J. Health as investiment. **Journal of Political Economic,** 70 (5 part II), 129 – 57, 1964

PIOLA, Sérgio F. e Vianna, Solon M. *Economia da Saúde: Conceito e Contribuição para a Gestão da Saúde*, IPEA, 1995**.**

PERETTO, Pietro. Technological Change and Population Growth. **Journal of Economic Growth**. 3: 283 – 311 (dec, 1998). .

PHELPS, EDMUND. The Golden Rule of Accumulation: a Faber Growthmen. **The American Economic Review**. v. 51. n. 3, p. 638 – 33, Sep. 1961.

_____. Models of Technical Progress and the Golden Rule of Research. **The Review Economic Studies**. v. 33, n. 2, p. 133 – 35, Apr. 1966.

OSTERDAL, Lars Peter. Axioms for health care resource allocation**. Journal of Health Economics**, 23 (2005) 679 – 702.

OREIRO, José Luís. Progresso Tecnológico, Crescimento Econômico e as Diferenças Internacionais nas Taxas de Crescimento da Renda Per-Capita: Uma Crítica aos Modelos Neoclássicos de Crescimento. **Revista Economia e Sociedade,** v. 12, 31 – 67, 1999.

RAMSEY, F.P. A mathematical theory of saving. **Economic Journal.** 38 (december): 543 – 559, 1928.

RICARDO, David. Princípios de Economia Política e Tributação. **Os Economistas, 3ª Ed.** São Paulo, Nova Cultura, 1998

RODRIGUES, Ana Sofia Domingues. Ensaio sobre a literatura de análise dos efeitos da educação no crescimento econômico. **Gestão e Desenvolvimento,** v. 12, 199-218, 2003.

ROMER, David. **Advanced Macroeconomics**. São Paulo: McGraw-Hill, 1996.

ROMER, P.M**. Human Capital and Growth:** Theory and Evidence**.** NBER, work n.° 3173**,** nov, 1989.

______. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy.** Local, v.98, n. 5, p. 71-102, 1990.

SANCHEZ, Z.M.; OLIVEIRA, L.G.; NAPPO, S.A. - Fatores protetores de adolescentes contra o uso de drogas com ênfase na religiosidade. **Ciência & Saúde Coletiva** 9(1): 43-55, 2004.

SCHULTZ, Theodore W. Investiment in Human Capital. **The American Economic Review**. , v.51, n. 1, p. 1-17, mar. 1991.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico.** São Paulo: Nova Cultura, 1998. (Os Economistas)

SEGERSTROM, Paul. Endogenous Growth Without Scale. **American Economic Review**, vol 88 n.° 5 (dec,1998): 1290 – 1310.

SILVEIRA, Fernando G, OSÓRIO, Rafael G., PIOLLA, Sérgio F. Os Gastos das Famílias com saúde. **Ciência e Saúde Coletiva.** 7(4): 719 – 731, 2002.

SMITH, Adam. A riqueza das Nações: investigação sobre sua natureza e suas causas. Nova Fronteira: Os Economistas, São Paulo, 1998.

SOLOW, Robert. A contribution to the Theory of Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics.** v. 70, 65-93, Feb. 1956.

SORKIN, Alan.L. Health Economics in Developing Countries. Lexington, MA: Lexington Books, 1997.

SOUZA, P.L.R.; TILLMANN, I.A.; HORTA, C.L.; OLIVEIRA, F.M. - A religiosidade e suas interfaces com a medicina, a psicologia e a educação. **Psiquiatria e Prática Médica** 34 (4): 112-117, 2001.

STAMFORD DA SILVA, Alexandre. Growth with exhaustible resource and endogenous extraction rate**. Economic Modelling.** 25, 2008, 1165 – 1173.

STIGLITZ, Joseph**.** Growth with Exhaustible Natural Resources: The Competitive Economy. **Review of Economic Studies,** 1972.

______**.** Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths. **Review of Economic Studies.** 1973.

______**.** A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources. Columbia University. NBER 0077, august, 1980.

TAYLOR, C. E., HALL, M.F. Health population and economic development. **Science,** 157. 651 – 7, 1967

TEIXEIRA, Luciana, Mac Dowell, Maria Cristina, Bugarin, Maurício. Consórcios Intermunicipais de Saúde: Uma análise à Luz da Teoria dos Jogos. **Revista Brasileira de Economia.** 57(3): 253 – 281, jan/mar 2003.

TSAPROUNIS, D**.,** The Administrative Efficiency of Hospitals and the Effect of Electronic Data Interchange: A Critical Evaluation of the Stochastic Frontier and the Data Envelopment Analysis Models to Efficiency Measurement, Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy The City University of New York, 1997

UGÁ, MARIA A. D. *et all*. Descentralização e alocação de recursos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS)**. Ciência & Saúde Coletiva**, 8(2) 317 – 337, 2003.

VILANOVA, WILSON. **Matemática Atuarial.** São Paulo: Pioneira,1969.

WEBER, Jean E. **Matemática para Economistas e Administração**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1996.

WINSLOW, C.E.A. **The Cost of Sickness and the price of health.** Geneva: World Health Organization, 1951. (Monograph Series,nº 7)

World Health Organization. www.who.int/en. Consultado em março/2007

YOUNG, Alwyn. Growth without Scale Effects. **Journal of Political Economy,** 1998, *106* (1), 41 – 63.

ZUCCHI, P., BITTAR, O.J.N.V, HADDAD, N., Produtividade em Hospitais de Ensino de Acordo com alguns Indicadores Hospitalares, **Revista Pan-americana de Saúde Pública**, 4(5) 311-6, São Paulo, 1998.

APÊNDICE A

A resolução do modelo passa pela ação de um planejador social que tem por objetivo maximizar a utilidade dos indivíduos sujeito as restrições dadas pelas equações, ou seja, o problema se resume a

$$\max_{c} \int_0^{\infty} U(C) e^{-\rho t} dt, \rho > 0$$

$$\dot{K} = I = Y - C \text{ , } K(0) = K_0 > 0 \qquad \textbf{(A.1)}$$

$$\dot{L} = -M = -mL \quad L(0) = L_0 > 0 \qquad \textbf{(A.2)}$$

$$Y = F(K, L) = AK^{\alpha} L^{\beta} \qquad \textbf{(A.3)}$$

A linha de investigação agora é descobrir se há caminhos que levem ao *BGP*. Nesse sentido o planejador social se defronta com o seguinte problema especificado no pela maximização da integral imprópria com as restrições dadas pelas condições (A.1) a (A.3). O hamiltoniano é dado por:

$$H = \frac{C^{1-\varepsilon} - 1}{1 - \varepsilon} + \lambda [Y - C] - \mu m L \qquad \textbf{(A.4)}$$

cujas condições para um ótimo interior são:

$$\frac{\partial H}{\partial C} = C^{-\varepsilon} - \lambda = 0 \Rightarrow C^{-\varepsilon} = \lambda \qquad \textbf{(A.4a)}$$

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial K} = -\frac{\lambda \alpha Y}{K} + \rho \lambda \qquad \textbf{(A.4b)}$$

Na literatura da equação (3.4b) se obtém a regra de Ramsey dividindo ambos os lados por λ. Esta é uma das regras padrão de modelos de crescimento com recursos exauríveis (Barbier, 1999) e sempre será obtida caso a função de produção seja Cobb-Douglas e a função utilidade seja a intertemporal com elasticidade constante. A regra de Ramsey diz que a taxa do consumo per capita se igual a diferença entre a taxa de impaciência e a produtividade marginal do capital relativamente a elasticidade da utilidade marginal do consumo. A equação (A.4b) diz que a variação do preço sombra do capital é igual a taxa de impaciência (taxa de juros) menos a produtividade marginal do capital.

Se a produtividade marginal do capital crescer então a variação do preço sombra diminui em relação a taxa de juros. A equação de movimento da variável de co-estado, μ, preço sombra da mão-de-obra é dada por:

$$\dot{\mu} = -\frac{\partial H}{\partial L} = -\left[\lambda F_L - \mu m\right] + \rho\mu \qquad \textbf{(A.4c)}$$

Barbier (1999) atesta que duas regras são obtidas nos modelos neoclássicos de crescimento com recursos exauríveis: a regra de Ramsey e a regra de Hotelling, que de uma forma geral diz que “a taxa de crescimento do recurso exaurível se igual a diferença entre a taxa de crescimento do produto e a produtividade marginal do capital físico”. Observe que nesse modelo, apesar de ter o padrão neoclássico de crescimento, a regra de Hotelling não é válida porque a variável L não pode ser controlada e também pelo fato de *L*, ser o próprio recurso exaurível. No caso de Stiglizt (1972), Groth (2002), Stamford da Silva (2008) a função de produção é dada por $Y = F(K, L, R)$, ou seja, o recurso exaurível é independente de capital e trabalho e por essa razão os autores encontram a regra de Hotelling.

Dividindo ambos os lados da equação (A.4c) por μ, obtém-se:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = -\frac{\lambda}{\mu}\frac{\beta Y}{L} + m + \rho \qquad \textbf{(A.4d)}$$

Esse resultado mostra que o preço sombra do trabalho depende dos preços relativos de capital e trabalho e das taxas de impaciência e morbidade. Essa equação será novamente abordada no apêndice *B* porque existe nela uma interpretação econômica interesse que é o custo da doença. As duas equações seguintes representam as condições de transversalidade.

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t}\lambda K = 0 \qquad \textbf{(A.4e)}$$

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t}\mu L = 0 \qquad \textbf{(A.4f)}$$

A equação (A.4B) pode ser escrita como $\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \alpha z$. Agora, utilizando o fato de $F_K = \alpha z$ onde $z = \frac{Y}{K}$, a solução dessa equação diferencial é dada por

$$\lambda(t) = \lambda(0)\, e^{(\rho - \alpha z)t} \qquad \textbf{(A.4g)}$$

Substituindo (A.4g) em (A.47e) e arrumando os termos, obtém-se:

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t}\lambda(0)\, e^{(\rho-\alpha z)t} K(t) = \lambda(0) \lim_{t\to\infty} e^{-\alpha z t} K(t) = 0$$

Finalmente, o fato de $\alpha \in (0,1)$, faz a equação (A.4e) ser atendida. Agora, observe-se que a equação (A.4f) pode ser escrita como uma equação diferencial linear de primeira ordem expressa como $\dot{\mu} - (\rho + m)\mu = -\lambda F_L$ cuja solução é dada por

$$\mu(t) = \left[-\int_0^T \lambda(t) F_L e^{-(\rho+m)t} dt + V \right] e^{(\rho+m)t} \qquad \textbf{(a.4h)}$$

Usando (A.4g) e arrumando os termos, obtém-se

$$\mu(t) = \left[-\lambda(0) \int_0^T F_L e^{-(m+\alpha z)t} dt + V \right] e^{(\rho+m)t} \qquad \textbf{(A.4i)}$$

onde V é uma constante determinada pelas condições iniciais.Colocando (A.4i) em (A.4f) fica:

$$-\lambda(0) L(0) \lim_{t\to\infty} \left[\int_0^T F_L e^{-(m+\alpha z)t} + V \right] = 0$$

Esse limite é zero porque as funções são positivas, logo não poderia gerar um limite negativo, ou seja, se esse limite fosse qualquer valor diferente de zero, então haveria funções positivas gerando um limite negativo para valores de positivos do tempo. Isso é um absurdo. Com isso, a condição de transversalidade em (A.4f) é válida.

É possível fazer a análise dos pontos de equilíbrio do modelo baseada no consumo e no capital *per capita* a exemplo do que se faz em Solow. A taxa de crescimento do produto é obtida diferenciando-se logaritmicamente, em relação ao tempo, a equação (3.1.3), ou seja:

$$g_Y = g + \alpha g_K + \beta g_L \qquad \textbf{(A.5)}$$

Agora, dado que $z = \frac{Y}{K}$, tem-se que $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$. Subtraindo g_K de ambos os lados da equação (3.1.8) e utilizando (3.1.5a) chega-se a:

$$\frac{\dot{z}}{z} = g - (1 - \alpha) g_K - \beta m \qquad \textbf{(A.5a)}$$

Agora, a partir da equação (A.5) e usando o fato de que $g_K = z - x$, pode se escrever,

$$\frac{\dot{z}}{z} = -\beta z + \beta x + g - \beta m \qquad \textbf{(A.5b)}$$

Isso significa que, no *BGP*, $\dot{z} = 0$, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\beta} + x^* - \beta m \qquad \textbf{(A.5c)}$$

Agora, diferenciando logaritmicamente em relação ao tempo a equação (A.4a) e usando a equação (A.4b), obtém-se:

$$g_C = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(A.5d)}$$

Usando o fato de que

$$\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K = -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z - \frac{\rho}{\varepsilon} + x \qquad \textbf{(A.5e)}$$

Tem-se, no *BGP*, $x^* = 0$, ou seja,

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \quad \textbf{(A.5f)}$$

Substituindo (A.4f) em (A.4c) e arrumando os termos, tem-se:

$$z^* = \frac{1}{\alpha}\left[\frac{g\varepsilon}{\beta} + \frac{\rho}{\beta} - m\varepsilon\right] \quad \textbf{(A.5g)}$$

e,

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{1}{\alpha}\left[\frac{g\varepsilon}{\beta} + \frac{\rho}{\beta} - m\varepsilon\right] + \frac{\rho}{\varepsilon} \quad \textbf{(A.6h)}$$

Agora, colocando as equações (A.4g) e (A.4h) na equação (A.5), tem-se:

$$g_Y^* = \frac{g}{\beta} - m = \frac{g}{1-\alpha} - m \quad \textbf{(A.6)}$$

Portanto, a taxa de crescimento do produto depende da taxa de crescimento da tecnologia, da elasticidade do produto em relação ao capital e da taxa de morbidade. A taxa do produto diminui se a morbidade aumentar e aumenta se a elasticidade do produto em relação ao capital aumentar (isso quer dizer que se houver aumento na elasticidade do produto em relação a mão-de-obra, o produto cai). Observe também que a taxa de crescimento tecnológico é de fundamental importância para a sustentabilidade da economia. A equação (A.6) deixa claro que a taxa de crescimento do produto, será positiva se, e somente se, $g > (1-\alpha)m = \beta m$, ou seja, o crescimento tecnológico tem que superar a morbidade ponderada pela elasticidade do trabalho. É importante destacar que a tecnologia tem um limite inferior, mas não superior.

Observe que, a partir das equações, (A.5a) e (A.5e) formam um sistema de equações diferenciais dado por

$$\begin{cases} \dot{z} = -\beta z^2 + (\beta x + g - \beta m) z \\ \dot{x} = x^2 - \left[\left(1 - \dfrac{\alpha}{\varepsilon} \right) z + \dfrac{\rho}{\varepsilon} \right] x \end{cases} \qquad \textbf{(A.7)}$$

A aproximação linear desse sistema é dada por:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\beta z + \beta x + g - \beta m & \beta z \\ -\left(1 - \dfrac{\alpha}{\varepsilon}\right) x & x \end{bmatrix} \qquad \textbf{(A.7a)}$$

Os pontos de equilíbrio de (A.7) são dados por $P_1 = (0,0)$, $P_2 = (0, x^*)$, $P_3 = (z^*, 0)$ e $P_4 = (z^*, x^*)$, onde z^*, x^* são dados por (3.5g) e (3.5h), respectivamente. Dos pontos relacionados, apenas o ponto $P_4 = (z^*, x^*)$ tem interpretação econômica, porque nele estão bem definidas as quantidades de produto e de consumo por unidade de capital. No ponto $P_2 = (0, x^*)$, o produto é zero e ainda assim há consumo (a economia deve consumir seu capital inicial) enquanto que em $P_3 = (z^*, 0)$, há produto, mas não há consumo. No ponto $P_1 = (0,0)$ a economia simplesmente não existe. Avaliando (3.1.10a), em $P_1 = (0,0)$ observa-se que os autovalores são dados por $\lambda_1 = g - \beta m$ que é positivo porque $g > \beta m$ e $\lambda_2 = 0$. Logo, o ponto é altamente instável.

No ponto $P_2 = (0, x^*)$, $\lambda_1 = \beta x^* + g - \beta m$, que é positivo (pois, $g > \beta m$) e $\lambda_2 = x^* > 0$, logo existem dois autovalores positivos, o que significa que o ponto é um repulsor nodal. No ponto $P_3 = (z^*, 0)$, os autovalores são dados $\lambda_1 = -(g - \beta m)$ e $\lambda_2 = 0$, logo o ponto é um atrator instável. Finalmente, no ponto $P_4 = (z^*, x^*)$ os autovalores decorrem da resolução do sistema $\det(A - \lambda I) = 0$, ou seja,

$$\begin{vmatrix} a - \lambda & \beta z^* \\ -\left(1 - \dfrac{\alpha}{\varepsilon}\right) x^* & x^* - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

onde, $a = -2\beta z^{*} + \beta x^{*} + g - \beta m = -(g - \beta m)$, pela equação (3.5b). Esse determinante conduz a equação do segundo grau dada por

$$\lambda^{2} - (a + x)\lambda + x\left[a + \beta\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z\right] = 0$$

O discriminante dessa equação é dado por

$$\Delta = (a + x)^{2} - 4x\left[a + \beta\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z\right]$$

Usando o fato de $a = -(g - \beta m)$ e a equação (3.1.8b), nota-se

$$x\left[a + \beta\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z\right] = -x\left(g - \beta m + \frac{\beta\rho}{\varepsilon}\right) < 0$$

Logo, o discriminante é positivo. Portanto os autovalores são dados por

$$\lambda = \frac{(a + x) \pm \sqrt{(a + x)^{2} - 4x\left[a + \beta\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z\right]}}{2}$$

que mostra dois autovalores com sinais contrários. Assim, $P_{4} = (z^{*}, x^{*})$ é um ponto de sela, ou seja, existe política que conduza a economia para esse ponto de equilíbrio.

Agora, determinando a taxa de crescimento do consumo[71] *per capita*, $c = \dfrac{C}{L}$ tem-se que:

$$g_{c} = g_{C} - g_{L} = \bar{g} + m = \bar{g} = \frac{g}{1-\alpha} \qquad \textbf{(A.8)}$$

---

[71] Observe-se que o consumo e o produto *per capita* possuem a mesma taxa de crescimento no *BGP*, pois $y = \dfrac{Y}{L}$ e, portanto, $g_{y} = g_{Y} - g_{L} = g_{C} - g_{L} = g_{c}$ pelo resultado do lema 2.

A taxa de crescimento do consumo *per capita* depende da taxa de tecnologia e da elasticidade do trabalho (ou do capital). Stamford da Silva (2008), ao tratar de crescimento com recursos exauríveis, e taxa de extração endógena, determinou que o consumo *per capita* como $g_c = \frac{g - n(1-\alpha-\beta)}{1-\alpha}$. Se for suposto $n = 0$ tem-se, exatamente, a taxa encontrada em (3.1.11). Stiglitz (1972,1973), tratando de crescimento com recursos naturais exauríveis, encontrou que a taxa de consumo *per capita* converge para $\frac{\alpha_2 n + \lambda}{(1-\alpha_1)(\alpha_1+\alpha_2)}$, onde λ, α_1 e α_2, representam o crescimento tecnológico e as elasticidade, respectivamente. Note que sob a hipótese de retorno constante de escala e crescimento populacional nulo, a taxa determinada em (A.8) é exatamente o ponto de convergência do trabalho de Stiglitz.

Considerando que existem condições que levam a um *BGP*, o interesse é avaliar o tipo de equilíbrio. Diferenciando logaritmicamente a equação (3.4a), em relação ao tempo, obtém-se:

$$-\varepsilon \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{\lambda}}{\lambda} \qquad \textbf{(A.9)}$$

Agora, dividindo ambos os lados da equação (3.1.7b) por λ e igualando a (A.1), obtém-se:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\varepsilon}(F_K - \rho) = \frac{1}{\varepsilon}(\alpha A k^{\alpha-1} - \rho) \qquad \textbf{(A.10)}$$

onde se usou $F_K = \frac{\alpha Y}{K}$ e $K = kL$. Agora, dividindo-se por L a função de produção em (3.1.3), obtém-se $y = Ak^{\alpha}$, onde $y = \frac{Y}{L}, k = \frac{K}{L}$, são o produto e o capital *per capita*, respectivamente. De modo igual, dividindo a equação (3.1.1), por L, segue que $\frac{\dot{K}}{L} = \frac{Y}{L} - \frac{C}{L} = y - c$. Considerando que $\dot{k} = \frac{\dot{K}}{L} - k\frac{\dot{L}}{L}$, obtém-se:

$$\dot{k} = y - c + km \qquad \textbf{(A.10a)}$$

As equações (A.10) e (A.10a) formam um sistema de equações diferenciais dado por:

$$\begin{cases} \dot{c} = \dfrac{1}{\varepsilon}\left(\alpha A k^{\alpha-1} - \rho\right) c \\ \dot{k} = A k^{\alpha} - c + km \end{cases} \qquad \textbf{(A.10b)}$$

No estado estacionário, $\dot{c} = \dot{k} = 0$. Daí, $c^* = A\left(k^*\right)^{\alpha} + k^* m$ e $\left(k^*\right) = \left(\dfrac{\rho}{\alpha A}\right)^{-\frac{1}{1-\alpha}}$ formam um ponto de equilíbrio. Esse sistema apresenta quatro pontos de equilíbrio, dados por $\left(0,0\right)$, $\left(0,k^*\right)$, $\left(c^*,0\right)$ e $\left(c^*,k^*\right)$. A matriz jacobiana associada ao sistema de equações em (A3) é dada por

$$J = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{\varepsilon}\left(\alpha A k^{\alpha-1} - \rho\right) & \dfrac{1}{\varepsilon}\alpha\left(\alpha-1\right) A k^{\alpha-2} c \\ -1 & \alpha A k^{\alpha-1} + m \end{bmatrix} \qquad \textbf{(A.10c)}$$

Portanto

$$J\left(c^*, k^*\right) = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{\alpha\left(\alpha-1\right)A}{\varepsilon}\left(k^*\right)^{\alpha-2} c^* \\ -1 & \alpha A\left(k^*\right)^{\alpha-1} + m \end{bmatrix} \qquad \textbf{(A.10d)}$$

No ponto $\left(0,0\right)$, os autovalores são dados por $\lambda_1 = -\dfrac{\rho}{\varepsilon}$ e $\lambda_2 = m$, logo se trata de um ponto de sela, ou seja, existe trajetória viável. No ponto, $\left(0,k^*\right)$, tem-se $\lambda_1 = 0$ e $\lambda_2 = m$, ou seja, trata-se de equilíbrio instável. No ponto, $\left(c^*,0\right)$, por não se ter uma matriz triangular, os autovalores são obtidos por meio de

$$\begin{vmatrix} -\dfrac{\rho}{\varepsilon} - \lambda & a \\ -1 & m - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

onde $a = \dfrac{\alpha\left(\alpha-1\right)A\left(k^*\right)^{\alpha-2} c^*}{\varepsilon}$ é negativo. Daí decorre que os autovalores serão dados por:

$$\lambda = \frac{\left(m - \dfrac{\rho}{\varepsilon}\right) \pm \sqrt{\left(m + \dfrac{\rho}{\varepsilon}\right)^2 - 4a}}{2}$$

O discriminante é positivo porque $a < 0$, logo existirão duas raízes reais e desiguais, com sinais contrários, indicando um ponto de sela. Finalmente, observe que $\det J\left(^{*}, k^{*}\right) < 0$, pois $\alpha < 1$ e que o traço de J é positivo, portanto, os autovalores de (A.10d) dados por $\lambda = \frac{Tr(J) \pm \sqrt{\left(Tr(J)\right)^2 - 4\Delta}}{2}$ possuem sinais contrários, o que faz de $\left(^{*}, k^{*}\right)$ um ponto de sela. Portanto, o sistema é instável[72].

---

[72] Se $A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$, os autovalores associados a A são as raízes do polinômio $\lambda^2 - (a+d)\lambda + bc - ad = 0$, onde $Tr(A) = a + d$ e $\Delta = ad - bc$, são o traço e o determinante da matriz, respectivamente. As raízes desse polinômio são dadas por $\lambda = \frac{(a+d) \pm \sqrt{(a+d)^2 - 4\Delta}}{2}$. Logo, se $\Delta < 0$, o autovalor dado por $\lambda = \frac{(a+d) + \sqrt{(a+d)^2 - 4\Delta}}{2}$ é positivo.

APÊNDICE B

Nesse apêndice são deduzidas as equações quando o sistema de saúde é não rudimentar, com crescimento populacional, considerando que a função esforço do sistema de saúde é intensiva em mão-de-obra. O objetivo do planejador social é:

$$\max_{c,a_L} \int_0^\infty U(C) e^{-\rho t} dt, \rho > 0$$

sujeito às restrições

$$\dot{K} = I = Y - C \qquad \textbf{(B.1)}$$

$$\dot{L} = mL(B-1) + nL = L[m(Ba_L - 1) + n] \qquad \textbf{(B.2)}$$

$$Y = F(K, L) = AK^\alpha [(1 - a_L)L]^\beta \qquad \textbf{(B.3)}$$

e condições de não negatividade. A população e o capital inicial são dados. O hamiltoniano será dado por:

$$H = \frac{C^{1-\varepsilon} - 1}{1-\varepsilon} + \lambda[Y - c] + \mu L[m(Ba_L - 1) + n] \qquad \textbf{(B.4)}$$

As condições para ótimo interior são dadas por:

$$\frac{\partial H}{\partial aC} = C^{-\varepsilon} - \lambda = 0 \Rightarrow C^{-\varepsilon} = \lambda \qquad \textbf{(B.4a)}$$

e

$$\frac{\partial H}{\partial a_L} = -\frac{\lambda Y}{1 - a_L} + \mu mLB = 0 \qquad \textbf{(B.4b)}$$

que pode ser escrita como

$$\frac{\lambda \beta Y}{1 - a_L} = \mu mLB \qquad \textbf{(B.4c)}$$

As equações de movimento das variáveis de co-estado são:

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial K} + \lambda\rho = -\lambda F_K + \rho\lambda$$

Isto é, $$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{\alpha Y}{K} = \rho - \alpha z \qquad \textbf{(B.4d)}$$

e,

$$\dot{\mu} = -\frac{\partial H}{\partial L} + \mu\rho = -\left[\frac{\lambda\beta Y}{L} + \mu\left[m\left(Ba_L - 1\right) - n\right]\right] + \rho\mu$$

Da equação (B.4c) decorre que $\frac{\lambda\beta Y}{L} = \mu m\left(1 - a_L\right)B$, logo o termo entre colchetes se reduz a $\mu\left[m\left(B - 1\right) - n\right]$ e com isso, a taxa de variação do preço sombra do capital é dada por:

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho - m\left(B - 1\right) - n = \rho + m - mB - n \qquad \textbf{(B.4e)}$$

As condições de transversalidade são válidas. Como antes, a taxa de crescimento do produto é obtida pela diferenciação logarítmica, em relação ao tempo, da equação (B.3), a saber:

$$g_Y = g + \alpha g_K - \frac{\beta a_L}{1 - a_L} g_{a_L} + \beta g_L \qquad \textbf{(B.5)}$$

Para determinar (B.5) é necessário conhecer a taxa de alocação da mão-de-obra. Diferenciando logaritmicamente, em relação ao tempo, a equação (B.4c), tem-se:

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} + g_Y + \frac{\dot{a}_L}{1 - a_L} = \frac{\dot{\mu}}{\mu} + g_L + g_B \Rightarrow \frac{a_L}{1 - a_L} g_{a_L} = \frac{\dot{\mu}}{\mu} - \frac{\dot{\lambda}}{\lambda} - g_Y + g_L + g_B$$

Substituindo os resultados obtidos em (B.4d) e (B.4e), tem-se:

$$\frac{a_L}{1-a_L} g_{a_L} = \alpha z - m(B-1) - n - g_Y + g_L + g_B \qquad \textbf{(B.5a)}$$

Colocando (B.5a) em (B.5) e arrumando os termos, obtém-se:

$$g_Y = \frac{g}{\alpha} + \alpha z - x + \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} + \frac{\beta}{\alpha} n - \frac{\beta}{\alpha} g_B \qquad \textbf{(B.5b)}$$

De modo semelhante ao que já foi feito, a tecnologia do sistema de saúde será fixada num determinado nível de modo que $g_B = 0$. Visto que as taxas de crescimento de z e x são dadas, respectivamente, por $\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, então, pode-se escrever:

$$\frac{\dot{z}}{z} = g_Y - g_K = \frac{g}{\alpha} - (1-\alpha)z + \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} + \frac{\beta n}{\alpha}$$

No *BGP*, $\dot{z} = 0$, portanto,

$$z^* = \frac{g}{\alpha\beta} + \frac{m(B-1)}{\alpha} + \frac{n}{\alpha} \qquad \textbf{(B.5c)}$$

Agora, dado que $\frac{\dot{x}}{x} = g_C - g_K$, diferenciando logaritmicamente, em relação ao tempo, a equação (3.3.5a) obtém-se:

$$g_C = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(B.5d)}$$

Daí, $\frac{\dot{x}}{x} = -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z - \frac{\rho}{\varepsilon} + x$. No *BGP*, $\dot{x} = 0$ e pelo resultado em (B.5c) obtém-se:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{g}{\alpha\beta} + \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{m(B-1)}{\alpha} + \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{n}{\alpha} + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(B.5e)}$$

Agora, as expressões (B.5c) e (B.5e), quando substituídas em (B.5b), fornecem, no *BGP*:

$$g_Y^* = \frac{g}{\beta\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} \qquad \textbf{(B.5f)}$$

Pela definição de *BGP*, deve-se ter

$$g_Y^* = g_C^* = g_K^* = \frac{1}{\varepsilon}\left[\frac{g}{\beta} - m(1-B) + n - \rho\right].$$

De modo igual ao que foi feito anteriormente, é preciso descobrir se há algum caminho viável que leve a economia a um *BGP*. Reescrevendo a equação (3.5.5b), no *BGP*, como

$$\alpha z^* - g_Y^* = x^* - \frac{\beta m(1-B)}{\alpha} - \frac{\beta}{\alpha}n - \frac{g}{\alpha}$$

e colocando esse resultado em (3.5.5a), com $g_B = 0$, obtém-se:

$$\frac{\dot{a}_L}{1-a_L} = x - \frac{\beta}{\alpha}\left[m(B-1) + n\right] - \frac{g}{\alpha} - mB(1-a_L)$$

Dessa equação e das equações de $\frac{\dot{z}}{z}$ e $\frac{\dot{x}}{x}$, forma-se o sistema:

$$\begin{cases} \dot{z} = -\beta(z^*)^2 + \frac{1}{\alpha}\left[g - \beta m(1-B) + \beta n\right]z^* \\ \dot{x} = (x^*)^2 - \left[\left(1-\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z + \frac{\rho}{\varepsilon}\right]x^* \\ \dot{a}_L = (1-a_L^*)\left[x^* - \frac{\beta}{\alpha}\left[m(B-1)+n\right] - \frac{g}{\alpha} - mB(1-a_L^*)\right] \end{cases} \qquad \textbf{(B.6)}$$

Fazendo, $\dot{a}_L = 0$ tem-se $a_L^* = 1$ ou $mB(1 - a_L^*) = x^* - \frac{g}{\alpha} - \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} - \frac{n}{\alpha}$, onde $x^* - \frac{g}{\alpha} - \frac{\beta m(B-1)}{\alpha} - \frac{n}{\alpha} = \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{(1-\varepsilon)g}{\beta\varepsilon} - \frac{m(1-\varepsilon)(B-1)}{\varepsilon} - \frac{(1-\varepsilon)n}{\varepsilon}$. Com isso, tem-se

$$a_L^* = 1 - \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)\left[g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right]}{\beta}\right] \qquad \textbf{(B.6a)}.$$

Para que esse ponto seja viável, deve-se ter:

$$0 < \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)\left[g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right]}{\beta}\right] < 1$$

ou seja,

$$\beta\left(\frac{\rho - mB\varepsilon}{1-\varepsilon} - \left[m(B-1) + n\right]\right) < g < \beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - \left[m(B-1) + n\right]\right)$$

Agora, passa-se a avaliar os pontos de equilíbrio do sistema (3.5.6), usando a aproximação linear é dada por:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\beta z^* + \frac{g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)x^* & x^* & 0 \\ 0 & (1 - a_L^*) & x^* - \frac{g + m(B-1) + \beta n}{\alpha} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(B.7)}$$

Novamente, aqui são citados, apenas, os pontos sem interpretação econômica. Como se sabe, (B.6) possui pontos de equilíbrio que são classificados como segue:

a) $P_1 = (0,0,1)$. Esse ponto é idêntico ao ponto obtido nos modelos anteriores. A produção é zero porque não há mão-de-obra no setor produtivo e também não há consumo. A economia está estagnada com o capital no seu valor inicial. A economia é inviável. Avaliando (B.7) em $P_1 = (0,0,1)$, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\left[\frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha}\right] \end{bmatrix}$$

Os autovalores são dados por $\lambda_1 = \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} > 0$, $\lambda_2 = 0$ e $\lambda_3 = -\lambda_1 < 0$ Os autovalores mudam de tamanho, mas não de sentido. Nota-se, pelos valores acima, que se tem uma generalização dos modelos (3.2), (3.3) e (3.3) discutidos anteriormente.

b) $P_2 = \left(0, \frac{\rho}{\varepsilon}, 1\right)$. Nesse ponto, comparativamente ao que se discutiu no item “b” do modelo (3.2), a economia é inviável porque, apesar de haver alocação de mão-de-obra no setor produtivo, a produção é identicamente nula. A economia registra um nível de consumo, apesar de não haver produção. Isso é um indicativo de que a economia está “consumindo” o seu próprio capital, posto que $g_K = -\frac{\rho}{\varepsilon}$. Avaliando (3.5.7) em P_2 tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ -\left(1-\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{\rho}{\varepsilon} & \frac{\rho}{\varepsilon} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} \end{bmatrix}$$

Os autovalores são dados por $\lambda_1 = \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} > 0$, $\lambda_2 = \frac{\rho}{\varepsilon} > 0$ e $\lambda_3 = \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha}$. O sinal de λ_3, da mesma forma que antes, deve ser tal que mantenha a tecnologia no intervalo ótimo. Com isso, tem-se:

I) Se ocorrer, então $\lambda_3 < 0$, e nesse caso, como antes, tem-se um ponto de sela com um único caminho viável.

II) Se $\beta\left(\frac{\rho - mB\varepsilon}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n\right) < g < \frac{\alpha\rho}{\varepsilon} - \beta m(B-1) - \beta n$, então $\lambda_3 > 0$, e os três autovalores são positivos indicando que o ponto é um repulsor nodal. A economia não tem como ser levada a esse ponto mesmo considerando o efeito da tecnologia do sistema de saúde e do crescimento populacional.

III) Finalmente, se ocorrer $\lambda_3 = 0$, então $\frac{\rho}{\varepsilon} = \frac{g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha}$. Há dois autovalores positivos e um nulo.

c) $P_3 = \left(0{,}0{,}1 - \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g + \beta(B-1) + \beta n}{\alpha}\right]\right)$. Nesse ponto está bem definido o tamanho de cada um dos setores da economia e apesar de trabalhadores no sistema de produção, o produto é nulo, assim como o consumo. A economia é inviável, o capital permanece igual ao valor inicial. Avaliando (3.5.7) em P_3 tem-se:

$$
\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha} \end{bmatrix}
$$

Os autovalores são dados por $\lambda_1 = \frac{g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha} > 0$, $\lambda_2 = 0$ e $\lambda_3 = -\lambda_1$. Há dois autovalores com sinais contrários e um autovalor nulo.

d) $P_4 = \left(0, \frac{\rho}{\varepsilon}, 1 - \frac{1}{mB\varepsilon}\left[\rho - \frac{(1-\varepsilon)g + \beta m(B-1) + \beta n}{\alpha}\right]\right)$. Nesse ponto está bem definida a quantidade de mão-de-obra a ser alocada no sistema de produção, mas não há produção. A economia é inviável e “consome” seu capital inicial que decresce à taxa $g = -\frac{\rho}{\varepsilon}$ a partir do seu valor inicial. Avaliando (B.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ -\left(1-\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{\rho}{\varepsilon} & \frac{\rho}{\varepsilon} & 0 \\ 0 & \frac{1}{m\varepsilon}\left[\rho-\frac{(1-\varepsilon)g}{\beta}-m(B-1)\right] & \frac{\rho}{\varepsilon}-\frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} \end{bmatrix}$$

A análise desse ponto é idêntica ao que foi feito nos itens “b” acima – que é uma generalização dos modelos anteriores – diferindo apenas no tamanho do autovalor pela presença da tecnologia do sistema de saúde e pela taxa de crescimento populacional. Os autovalores são $\lambda_1 = \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} > 0$, $\lambda_2 = \frac{\rho}{\varepsilon} > 0$ e $\lambda_3 = \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha}$, que pode ter qualquer sinal. Aqui, continuam válidas as observações e conclusões do item “b” acima**.**

e) $P_5 = (z^*,0,1)$.Nesse ponto, o produto atinge seu valor ótimo no longo prazo quando a mão-de-obra tende a ser alocada inteiramente no setor de saúde. Não há consumo, logo a economia é inviável. O capital cresce, a partir do seu valor inicial a uma taxa $g_K = z$, miraculosamente. Avaliando (B.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha} \end{bmatrix}$$

Os autovalores são $\lambda_1 = -\frac{g+\beta m(B-1)+\beta n}{\alpha}$, $\lambda_2 = 0$ e $\lambda_3 = \lambda_1$, logo, existem dois autovalores com sinais negativos e um autovalor igual a zero. O ponto é estável.

A taxa do consumo *per capita* é dada por

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - \left[n(Ba_L^*-1)+n\right]$$

ou seja,

$$g_c^* = g_C^* - g_L = \frac{g}{\beta\varepsilon} + \frac{m(B-1)}{\varepsilon} + \frac{n}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - mBa_L^* + m - n$$

Somando e subtraindo mB do lado direito da igualdade e usando o fato de $mB(1-a_L^*) = \frac{\rho}{\varepsilon} - \frac{(1-\varepsilon)g}{\beta\varepsilon} - \frac{m(1-\varepsilon)(B-1)}{\varepsilon} - \frac{(1-\varepsilon)n}{\varepsilon}$, após o re-ordenamento dos termos, tem-se:

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$

APÊNDICE C

Nesse apêndice são deduzidas as equações referentes ao modelo onde o sistema de saúde é não rudimentar, com crescimento populacional, e a função esforço do sistema de saúde é intensiva em capital. O planejador social, agora, tem o seguinte problema:

$$\max_{c,a_K} \int_0^\infty U(C)e^{-\rho t}dt, \rho > 0$$

sujeito às restrições

$$\dot{K} = I = Y - C \quad \textbf{(C.1)}$$

$$\dot{L} = mL(B-1) + nL = L[m(Ba_K - 1) + n] \quad \textbf{(C.2)}$$

$$Y = F(K, L) = A[(1 - a_K)K]^{\alpha} L^{\beta} \quad \textbf{(C.3)}$$

e condições de não negatividade. A população e o capital inicial são dados. O hamiltoniano é dado por:

$$H = \frac{C^{1-\varepsilon} - 1}{1-\varepsilon} + \lambda[Y - c] + \mu L[m(Ba_K - 1) + n] \quad \textbf{(C.4)}$$

As condições para ótimo interior são dadas por:

$$\frac{\partial H}{\partial C} = C^{-\varepsilon} + \lambda = 0 \Rightarrow C^{-\varepsilon} = \lambda \quad \textbf{(C.4a)}$$

e

$$\frac{\partial H}{\partial a_K} = -\frac{\lambda \alpha Y}{1 - a_k} + \mu m L B = 0$$

que pode ser escrita como

$$\frac{\lambda \alpha Y}{1 - a_K} = \mu m L B \quad \textbf{(C.4b)}$$

As equações de movimento das variáveis de co-estado são decorrentes das de:

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial K} + \lambda\rho = -\lambda F_K + \rho\lambda$$

ou seja,

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - \frac{\alpha Y}{K} = \rho - \alpha z \qquad \textbf{(C.4c)}$$

que é um resultado idêntico ao que se obteve nos modelos anteriores. Agora,

$$\dot{\mu} = -\frac{\partial H}{\partial L} + \mu\rho = -\left[\frac{\lambda\beta Y}{L} + \mu\left[m\left(Ba_K - 1\right) - n\right]\right] + \rho\mu$$

Decorre da equação (3.9.3b) que $\frac{\lambda\beta Y}{L} = \frac{\beta\mu m\left(1 - a_K\right)B}{\alpha}$ e substituindo esse resultado na expressão entre colchetes, acima, obtém-se

$$-\mu\left[m\left(\frac{\left(\alpha - \beta\right)\left(1 - Ba_K\right) - \beta\left(B - 1\right)}{\alpha}\right) - n\right]$$

Com isso,

$$\frac{\dot{\mu}}{\mu} = \rho + m\left(\frac{\left(\alpha - \beta\right)\left(1 - Ba_K\right) - \beta\left(B - 1\right)}{\alpha}\right) - n \qquad \textbf{(C.4d)}$$

As condições de transversalidade obedecem aos critérios abordados nos modelos anteriores. A taxa de crescimento do produto, obtida da diferenciação logarítmica da equação (C.3), é dada por

$$g_Y = g + \alpha g_K - \frac{\alpha a_K}{1 - a_K} g_{a_k} + \beta g_L \qquad \textbf{(C.4e)}$$

Para especificar (C.3e) é necessário conhecer a taxa de alocação do capital, fato que pode ser obtido pela diferenciação logarítmica, em relação ao tempo, da equação (C.3b), a saber:

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda}+g_Y+\frac{\dot{a}_K}{1-a_K}=\frac{\dot{\mu}}{\mu}+g_L+g_B \Rightarrow \frac{a_K}{1-a_K}g_{a_K}=\frac{\dot{\mu}}{\mu}-\frac{\dot{\lambda}}{\lambda}-g_Y+g_L+g_B$$

Utilizando os resultados obtidos em (C.3c) e (C.3d), obtém-se:

$$\frac{a_K}{1-a_K}g_{a_K}=\alpha z+\frac{m(\alpha-\beta)(1-a_K)}{\alpha}-g_Y+g_L+g_B \quad \textbf{(C.4f)}$$

Colocando (C.3f) em (C.3e) e arrumando os termos, obtém-se:

$$g_Y=\frac{g}{\beta}+\alpha z-\frac{\alpha}{\beta}x+m(B-1)+n-\frac{\alpha}{\beta}g_B \quad \textbf{(C.4g)}$$

Esse modelo, também considera que a tecnologia do sistema de saúde é fixada em algum nível maior do que um, o que significa que $g_B=0$. Considerando que as taxas de crescimento de z e x são dadas, respectivamente, por $\frac{\dot{z}}{z}=g_Y-g_K$ e $\frac{\dot{x}}{x}=g_C-g_K$, pode-se escrever:

$$\frac{\dot{z}}{z}=g_Y-g_K=\frac{g}{\beta}-(1-\alpha)z+\left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x+m(B-1)+n$$

No *BGP*, $\dot{z}=0$, portanto,

$$z^*=\frac{g}{\beta^2}+\frac{1}{\beta}\left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x^*+\frac{m(B-1)}{\beta}+\frac{n}{\beta} \quad \textbf{(C.5)}$$

Agora, mais uma vez, é necessário determinar x para se conhecer z (ou vice-versa) e isso pode ser feito a partir da diferenciação logarítmica, em relação ao tempo, a equação (C.4a) que fornece:

$$g_C=\frac{\alpha z}{\varepsilon}-\frac{\rho}{\varepsilon} \quad \textbf{(C.5a)}$$

Como $\frac{\dot{x}}{x} = g_X = g_C - g_K$, resulta $\frac{\dot{x}}{x} = \frac{\alpha z}{\varepsilon} - \frac{\rho}{\varepsilon} - z + x$. No *BGP*, $\dot{x} = 0$ chega-se a:

$$x^* = \left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right) z^* + \frac{\rho}{\varepsilon} \qquad \textbf{(C.5b)}$$

Substituindo (C.5b) em (C.5a), arrumando os termos, obtém-se:

$$z^* = \frac{\varepsilon\left(g + \beta m(B-1) + \beta n\right) - (\alpha - \beta)\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha(1-\varepsilon)\right)} \qquad \textbf{(C.5c)}$$

Com isso, (C.5c) será reescrita como

$$x^* = \frac{(\varepsilon - \alpha)\left[g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right] + \beta^2\rho}{\alpha\left(\beta - \alpha(1-\varepsilon)\right)} \qquad \textbf{(C.5d)}$$

Agora, substituindo as equações (C.5c) e (C.5d) em (C.4G) e arrumando os termos, obtém-se:

$$g_Y^* = \frac{g + \beta\left(m(B-1) + n\right) - \alpha\rho}{\left(\beta - \alpha(1-\varepsilon)\right)} \qquad \textbf{(C.5e)}$$

Agora, a idéia é descobrir se há caminhos viáveis que levem ao *BGP*. Da equação (C.5g) decorre que, no *BGP*,

$$\alpha z^* - g_Y^* = \frac{\alpha}{\beta} x^* - \frac{g}{\beta} - m(B-1) - n$$

Substituindo esse valor na equação (C.4f) e utilizando as equações que definem $\frac{\dot{z}}{z}$ e $\frac{\dot{x}}{x}$, forma-se o sistema:

$$
\begin{cases}
\dot{z} = -\beta z^2 + \left[\left(1-\dfrac{\alpha}{\beta}\right)x + \dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n\right]z \\
\dot{x} = x^2 - \left[\left(1-\dfrac{\alpha}{\varepsilon}\right)z + \dfrac{\rho}{\varepsilon}\right]x \\
\dot{a}_K = (1-a_K)\left[\dfrac{\alpha}{\beta}x - \dfrac{g}{\beta} - \dfrac{m\beta(B-1)}{\alpha} - n - \dfrac{m\beta B(1-a_K)}{\alpha}\right]
\end{cases}
\qquad \textbf{(C.6)}
$$

Fazendo $\dot{a}_K = 0$ tem-se $a_K = 1$ ou $\dfrac{m\beta B(1-a_K)}{\alpha} = \dfrac{\alpha}{\beta}x - \dfrac{g}{\beta} - \dfrac{m\beta(B-1)}{\alpha} - n$, onde:

$$
\frac{\alpha}{\beta}x - \frac{g}{\beta} - \frac{m\beta(B-1)}{\alpha} - n = \frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)\left(g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right)}{\alpha}
$$

Se $B=1$ e/ou $n=0$, então esse ponto se restringe ao obtido nos itens anteriores. Com isso,

$$
a_K = 1 - \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)\left(g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) \qquad \textbf{(C.6a)}
$$

Para que o ponto tenha interesse econômico, deve-se ter:

$$
0 < \frac{1}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)\left(g + \beta\left(m(B-1) + n\right)\right)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) < 1
$$

Determinando o valor de g na desigualdade acima, obtém-se:

$$
\beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n - \frac{mB(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)}\right] < g < \beta\left[\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n\right]
$$

A amplitude desse intervalo é dada por $\dfrac{mB(\beta - \alpha(1-\varepsilon))}{\alpha(1-\varepsilon)}$ onde, nitidamente, apenas a tecnologia do sistema de saúde influencia. Observe que os limites são generalizações dos resultados anteriores. Agora, deve-se ter o cuidado de que

$$g > \max\left[\beta\left(\frac{\rho}{1-\varepsilon} - m(B-1) - n - \frac{mB(\beta-\alpha(1-\varepsilon))}{\alpha}\right), \alpha\rho - \beta(n(B-1)+n)\right]$$

que, por analogia ao que foi feito anteriormente sabe-se que esse máximo é $g > \alpha\rho - \beta(n(B-1)+n)$. Mais uma vez, a introdução de nível tecnológico no setor de saúde e o crescimento populacional, não atenuam a limitação da taxa de tecnologia do setor produtivo. Agora, o tamanho do setor produtivo é dado por

$$1 - a_K = \frac{1}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta(n(B-1)+n)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right)$$

A aproximação linear de (3.9.6) é, de uma forma generalizada, dada por:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\beta z + \frac{g}{\beta} + m(B-1) + n & \left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)z^{**} & 0 \\ -\left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x & x & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{\beta}(1-a_K^*) & \frac{\alpha}{\beta}x - \frac{g}{\beta} - m(B-1) - n \end{bmatrix} \qquad \textbf{(C.7)}$$

Desse ponto em diante o trabalho segue o roteiro dos modelos discutidos nos itens anteriores e passa a verificar a dinâmica a partir dos pontos de equilíbrios do sistema dado por (C.6). Como se vê, e já foi feito, inicialmente serão discutidos os pontos que satisfazem o sistema abaixo, em função da relação existente, agora, entre as variáveis z e x.

$$\begin{cases} z\left[-\beta z + \left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x + \frac{g}{\beta} + m(B-1) + n\right] = 0 \\ x\left[x - \left(1-\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)z + \frac{\rho}{\varepsilon}\right] = 0 \end{cases}$$

Como se sabe a solução trivial resolver esse sistema, mas existem outras soluções que devem satisfazer

$$\begin{cases} -\beta z + \left(1-\dfrac{\alpha}{\beta}\right)x = -\dfrac{g}{\beta} - m(B-1) - n \\ -\left(1-\dfrac{\alpha}{\beta}\right)z + x = -\dfrac{\rho}{\varepsilon} \end{cases}$$

Novamente, ter-se-á, quatros pontos que satisfazem ambas as equações, a saber: $(0,0)$, $(0,x^{**})$, $(z^{**},0)$ e (z^{**},x^{**}) dados pelas equações (C.5c) e (C.5d), respectivamente. Dessa forma, para determinar todos os pontos de equilíbrios do sistema (C.7), basta acrescentar os demais valores que z, x e a_K podem assumir, para obter:

a) $P_1 = (0,0,1)$. Esse ponto é uma solução trivial de (C.6). Independente do modelo utilizado esse ponto foi obtido e com o mesmo significado: todo o capital é alocado no setor de saúde, inviabilizando a produção e a economia. O capital fica inalterado no seu valor inicial. Avaliando (3.9.7) em $P_1 = (0,0,1)$, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\left[\dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n\right] \end{bmatrix}$$

Os autovalores são $\lambda_1 = \dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n$, $\lambda_2 = 0$ e $\lambda_3 = -\lambda_1 < 0$.

b) $P_2 = \left(0, \dfrac{\rho}{\varepsilon}, 1\right)$. Nesse ponto não há produção, apesar de haver consumo. Todo o capital é alocado no sistema de saúde. A economia consome seu próprio capital, que decresce a taxa $\dfrac{\rho}{\varepsilon}$. A economia é inviável. Avaliando (C.7) em P_2 tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{g}{\beta} + \left(1-\dfrac{\alpha}{\beta}\right)\dfrac{\rho}{\varepsilon} + m(B-1) + n & 0 & 0 \\ -\left(1-\dfrac{\alpha}{\varepsilon}\right)\dfrac{\rho}{\varepsilon} & \dfrac{\rho}{\varepsilon} & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{\alpha\rho}{\beta\varepsilon} - \dfrac{g}{\beta} - m(B-1) - n \end{bmatrix}$$

Os autovalores são dados por $\lambda_1 = \dfrac{g}{\beta} + \left(1 - \dfrac{\alpha}{\beta}\right)\dfrac{\rho}{\varepsilon} + m(B-1)$, $\lambda_2 = \dfrac{\rho}{\varepsilon} > 0$ e $\lambda_3 = \dfrac{\alpha\rho}{\beta\varepsilon} - \dfrac{g}{\beta} - n$. É necessário que $\lambda_1 > 0$, pois se ocorrer ao contrário, então $g < \dfrac{(\alpha - \beta)\rho}{\varepsilon} - m\beta(B-1) - n$, violando o resultado obtido em (3.9.5f). De modo igual ao que já foi visto, é necessário decidir o sinal de λ_3 e mais uma vez dispõe-se de três alternativas:

I) $\lambda_3 = 0$, se ocorrer $g = \dfrac{\alpha\rho}{\varepsilon} - m\beta(B-1) - n$. Se isso ocorrer, dois autovalores serão positivos e um será nulo. O ponto é instável.

II) Se $\dfrac{\alpha\rho}{\varepsilon} - m\beta(B-1) - n < g < \dfrac{\beta\rho - n}{1-\varepsilon}$, então $\lambda_3 < 0$. Nesse caso, tem-se um ponto de sela, com uma única trajetória viável.

III) Se $\alpha\rho - \beta m(B-1) < g < \dfrac{\alpha\rho}{\varepsilon} - \beta m(B-1) - n$, então $\lambda_3 > 0$. Nesse caso, há três autovalores positivos, o ponto é instável e não há política que conduza a economia para esse ponto de equilíbrio.

c) $P_3 = \left(0{,}0{,}1 - \dfrac{\alpha}{m\beta B}\left(\dfrac{\beta\rho - (1-\varepsilon)(g + \beta(m(B-1)+n))}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right)\right)$. Neste ponto o sistema de saúde está bem definido, assim com o sistema produtivo, no entanto, não há produção nem consumo, nem variação do capital, em relação ao seu valor inicial. A economia é inviável. Avaliando (3.9.7) em P_3 tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{\alpha}{m\beta B}\left(\dfrac{\beta\rho - (1-\varepsilon)(g + \beta(m(B-1)+n))}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) & -\left[\dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n\right] \end{bmatrix}$$

Os autovalores são dados por $\lambda_1 = \dfrac{g}{\beta} + m(B-1) + n > 0$, $\lambda_2 = 0$ e $\lambda_3 = -\lambda_1$. Nesse caso tem-se um ponto de sela, com uma trajetória viável. No entanto, esse ponto mostra que se há uma política ela não deve ser implantada porque levaria a economia para um estado inviável.

d) $P_4 = \left(0, \frac{\rho}{\varepsilon}, 1 - \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta(m(B-1)+n)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right)\right)$. Nesse ponto está bem definida a quantidade de capital a ser alocada no sistema de produção, no entanto, a quantidade de produto por unidade de capital é nula. A economia, inviável, “consome” seu capital que decresce do seu valor inicial à taxa $g_K = -\frac{\rho}{\varepsilon}$. Avaliando (C.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g}{\beta} + \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)\frac{\rho}{\varepsilon} + m(B-1) + n & 0 & 0 \\ -\left(1 - \frac{\alpha}{\varepsilon}\right)\frac{\rho}{\varepsilon} & \frac{\rho}{\varepsilon} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{m\beta B}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta(m(B-1)+n)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) & \frac{\alpha\rho}{\beta\varepsilon} - \frac{g}{\beta} - m(B-1) - n \end{bmatrix}$$

Nesse caso os autovalores assumem os mesmos valores encontrados no item “b” acima, por isso a análise é idêntica.

e) $P_7 = (0, x^{**}, 1)$. Nesse ponto, o capital está alocado inteiramente no setor de saúde. Não existe produção, mas registra-se consumo por unidade de capital diferente de zero. A economia está “consumindo” capital. Avaliando (3.9.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^{**} + \frac{g}{\beta} + m(B-1) + n & 0 & 0 \\ -\left(1 - \frac{\alpha}{\beta}\right)x^{**} & x^{**} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta(m(B-1)+n)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} \end{bmatrix}$$

onde x^{*} é dado pela equação (C.5d). Os três autovalores são dados pelos elementos da diagonal principal da matriz acima e não será feita análise porque esse ponto não tem interesse econômico. Registre-se apenas que $\lambda_2 = x^{**} > 0$ e $\lambda_3 = \frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)g + \beta m(B-1)}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} > 0$ e que se $\lambda_1 > 0$, tem-se um repulsor nodal de modo que não há política que leve a economia para esse ponto. Se não, então se trata de um ponto de sela, com uma política viável que não deveria ser implantada.

f) $P_8 = \left(0, x^{**}, a_K^{*}\right)$. A primeira diferença entre esse ponto e o ponto anterior consiste na alocação do capital que não se faz inteiramente no sistema de saúde. Apesar disso, não a produção embora haja consumo. A segunda diferença está no fato de que $a_{32} \neq 0$ na matriz abaixo, muito embora isso não afete os autovalores que serão os mesmos do item anterior.

Avaliando (3.9.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\left[\left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x^{**} + \frac{g}{\beta} + \beta m(B-1)\right] & \left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)z^{*} & 0 \\ -\left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)x^{*} & x^{*} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{\beta}\left(1-a_K^{*}\right) & \frac{\beta\rho-(1-\varepsilon)\left[g+\beta\left(m(B-1)\right)+n\right]}{\beta-\alpha(1-\varepsilon)} \end{bmatrix}$$

Os autovalores são idênticos aos obtidos no item anterior, por isso, submetidos à mesma análise. Esse ponto, também, não apresenta interesse econômico porque mostra uma situação de desperdício, ou seja, apesar de haver capital e trabalho no sistema produtivo, não há produção.

g) $P_9 = \left(z^{**}, 0, 1\right)$. Novamente ressalta-se que não interesse em conduzir a economia para esse ponto, porque não há consumo. Mais ainda, o capital está alocado do sistema de saúde e, apesar disso, registra-se um nível de produção diferente de zero. Avaliando (C.7) nesse ponto, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{x} \\ \dot{a}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\beta z^{**} + \frac{g}{\beta} + m(B-1) + n & \left(1-\frac{\alpha}{\beta}\right)z^{**} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{g+\beta\left(m(B-1)+n\right)}{\beta} \end{bmatrix}$$

onde z^{*} é dado pela equação (C.5c). Os autovalores são dados pelos elementos da diagonal principal. Não será feita análise por que não há interesse econômico nesse ponto.

h) $P_{10} = \left(k^{**}, 0, a_K^*\right)$. Esse caso guarda semelhança com o que discutido no item anterior. Aqui existe uma fração de capital alocada no sistema de saúde, existe produção, mas não existe consumo, o que faz a economia ser inviável. A diferença em relação ao item anterior é fato de $a_{32} \neq 0$, na matriz do item anterior. No entanto, mas uma vez não há alteração na análise, porque os autovalores apenas estão deslocados por um fator igual a $m(B-1)+n$

O consumo *per capita* é dado por

$g_c^* = g_C^* - g_L = g_C^* - \left[m(Ba_K - 1) + n\right]$, ou seja, $g_c^* = g_C^* + m - mBa_K - n$

Somando e subtraindo mB no lado direito dessa igualdade e arrumando os termos, tem-se:

$$g_c^* = g_C^* + mB\left(1 - a_K^*\right) - m(B-1) - n$$

Agora, usando o valor $mB\left(1 - a_K^*\right)$ determinado em (C.6), fica:

$$g_c^* = \frac{g + \beta\left[m(B-1)+n\right] - \alpha\rho}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)} + \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{\beta\rho - (1-\varepsilon)\left[g + \beta\left(m(B-1)+n\right)\right]}{\beta - \alpha(1-\varepsilon)}\right) - m(B-1) - n$$

$$g_c^* = \frac{g}{\beta} = \frac{g}{1-\alpha}$$